



# **UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIA APLICADAS**

**CARRERA DE TEXTILES**

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

**TÍTULO DE INGENIERA TEXTIL**

**TEMA:**

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS APLICANDO  
PLASMA A UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN”**

**ELABORADO POR:**

Quilo Tabango Lilian Alexandra

**DIRECTOR:**

MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

**IBARRA-ECUADOR**

**2022 - 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

La UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional determina la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación y el cumplimiento con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

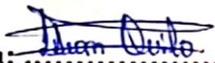
DATOS DE CONTACTO			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD:</b>		172596473-6	
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>		Quilo Tabango Lilian Alexandra	
<b>DIRECCIÓN:</b>		El Chaupi - Olmedo – Cayambe	
<b>EMAIL:</b>		<a href="mailto:laquilot@utn.edu.ec">laquilot@utn.edu.ec</a>	
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	0990546604	<b>TELÉFONO MÓVIL:</b>	0991450554
DATOS DE LA OBRA			
<b>TÍTULO:</b>		“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS APLICANDO PLASMA A UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN”	
<b>AUTOR:</b>		Quilo Tabango Lilian Alexandra	
<b>FECHA:</b>		10/01/2023	
<b>PROGRAMA:</b>		Pregrado	
<b>TÍTULO DEL QUE SE OPTA:</b>		Ingeniera Textil	
<b>ASESOR/DIRECTOR:</b>		MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo	

## 2. CONSTANCIAS

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

Ibarra, 10 de enero del 2023

**EL AUTOR:**

Firma:  .....

**Nombre:** Quilo Tabango Lilian Alexandra

**C.I.** 1725964736



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

**CERTIFICACIÓN DEL ASESOR**

En calidad de director del Trabajo de Grado presentado por la egresada, Quilo Tabango Lilian Alexandra para optar el título de **INGENIERA TEXTIL**, cuyo tema es **“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS APLICANDO PLASMA A UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN”**, 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, 10 de enero del 2023



Firmado electrónicamente por:  
**WILLAM RICARDO  
ESPARZA ENCALADA**

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada  
**DIRECTOR DE TESIS**

## **DEDICATORIA**

*Con amor incondicional, este trabajo de investigación quiero dedicar a Dios por cada una de sus bendiciones recibidas, a mis padres, y a mis hermanos, quienes han sido mi fuerza, mi fortaleza, mi guía, mi apoyo, mi motor para seguir adelante cumpliendo mis metas, además por depositar su confianza y fe en mí.*

*De igual manera dedico este proyecto a cada uno de mis amigos, compañeros y familiares, quienes con sus palabras, mensajes y consejos me alentaron a culminar con mi etapa universitaria.*

***Lilian Alexandra Quilo Tabango***

## AGRADECIMIENTO

*Principalmente agradezco a Dios por darme la vida, salud, cuidarme y guiarme durante mi etapa universitaria, porque sin su bendición nada de esto hubiese sido posible, y por supuesto quiero agradecer a mis padres, Fausto Quilo y Mercedes Tabango, por su cariño, amor, comprensión, consejos, confianza y apoyo incondicional que me supieron brindar en la trayectoria estudiantil.*

*De igual manera quiero agradecer a mi hermana mayor quien me supo apoyar incondicionalmente y motivar en los momentos buenos y malos, a quien admiro y amo con todo el corazón, siendo mi principal motor para seguir adelante.*

*A mis hermanos quienes siempre estuvieron ahí para guiarme y apoyarme económicamente como emocionalmente, mil gracias.*

*Agradezco también al MSc. Willam Esparza, por ser mi director de tesis, por su paciencia, por sus palabras de aliento, por su permanente preocupación durante el desarrollo del proyecto. Además, mil gracias por compartir sus conocimientos, experiencias, sabiduría y por su buena voluntad de ayudar.*

*Sin duda quiero agradecer a la gloriosa Universidad Técnica de Norte en especial a la carrera de Textiles, y a cada uno de los docentes quienes supieron guiarnos por el buen camino con sus enseñanzas, consejos, sermones, conocimientos, valores en mi formación personal y profesional.*

***Lilian Alexandra Quilo Tabango***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

CERTIFICACIÓN DEL ASESOR .....	iii
DEDICATORIA.....	iv
AGRADECIMIENTO .....	v
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	ix
ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE ANEXOS .....	xi
RESUMEN.....	xii
ABSTRACT.....	xiii
CAPÍTULO I.....	1
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Descripción del tema. ....	1
1.2. Antecedentes. ....	2
1.3. Importancia del estudio. ....	3
1.4. Objetivo general. ....	4
1.5. Objetivos específicos .....	4
1.6. Características del sitio del proyecto.....	4
CAPÍTULO II .....	6
2. ESTADO DEL ARTE. ....	6
2.1. Estudios previos.....	6
2.1.1. Plasma.....	6
2.1.2. Tejido de Algodón.....	8
2.1.3. Obtención de plasma .....	9
2.2. Marco legal.....	10
2.2.1. Constitución de la República del Ecuador .....	10
2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Norte.....	10

2.2.3.	TULSMA .....	11
2.3.	Marco Conceptual.....	11
2.3.1.	Plasma.....	11
2.1.2.	Algodón.....	13
2.1.3.	Tejido Punto Jersey .....	14
2.1.4.	Proceso de Descrude.....	14
2.1.5.	Equipos para la obtención de plasma .....	15
<b>CAPÍTULO III.....</b>		<b>18</b>
3.	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>18</b>
3.1.	Tipos de investigación .....	18
3.1.1.	Investigación Hipotética.....	18
3.1.2.	Investigación Analítica .....	19
3.1.3.	Investigación Experimental .....	19
3.1.4.	Investigación Comparativa.....	19
3.2.	Diseños de proceso.....	20
3.2.1.	Diseño General del proceso.....	20
3.2.2.	Diseño Muestral del proceso .....	21
3.3.	Equipos y materiales .....	21
3.3.1.	Proceso de descrude y blanqueo.....	22
3.3.2.	Método de aplicación.....	27
3.3.3.	Dinamómetro Titán .....	30
3.3.4.	Martindale.....	31
3.4.	Ensayos de laboratorio.....	32
3.4.1.	Prueba de resistencia al desgarramiento: método de lengüeta en base a la norma D2261.....	33
3.4.2.	Prueba de pilling en base a la norma ISO 12945-2.....	33
<b>CAPÍTULO IV.....</b>		<b>35</b>

<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1. Resultados</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1.1. Prueba de resistencia al desgarro</b> .....	<b>35</b>
<b>4.1.1. Prueba de resistencia al pilling</b> .....	<b>37</b>
<b>4.1.2. Tabla general de resultados de resistencia al desgarro y pilling</b> .....	<b>38</b>
<b>4.2. Discusión de resultados</b> .....	<b>38</b>
<b>4.2.1. Análisis de la varianza</b> .....	<b>39</b>
<b>4.2.2. Normalidad de los datos</b> .....	<b>40</b>
<b>4.2.3. Análisis de resultados</b> .....	<b>40</b>
<b>CAPÍTULO V</b> .....	<b>45</b>
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	<b>45</b>
<b>5.1. Conclusiones</b> .....	<b>45</b>
<b>5.2. Recomendaciones</b> .....	<b>46</b>
<b>6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	<b>47</b>
<b>7. ANEXOS</b> .....	<b>53</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b>	Ubicación de la planta académica textil .....	5
<b>Figura 2</b>	Estructura de plasma ionizado.....	13
<b>Figura 3</b>	Generador de plasma. ....	16
<b>Figura 4</b>	Frasco de Vidrio. ....	17
<b>Figura 5</b>	Diseño General del proceso.....	20
<b>Figura 6</b>	Diseño Muestral del proceso .....	21
<b>Figura 7</b>	Curva de Tintura.....	23
<b>Figura 8</b>	Muestra del tejido para ensayo de resistencia al desgarro.....	29
<b>Figura 9</b>	Máquina Dinamómetro Titán .....	31
<b>Figura 10</b>	Máquina Martindale .....	32
<b>Figura 11</b>	Análisis de varianza de datos de la resistencia al desgarre y al pilling .....	39
<b>Figura 12</b>	Normalidad de datos de resistencia al desgarro y al pilling. ....	40
<b>Figura 13</b>	Datos de resistencia al desgarro .....	41
<b>Figura 14</b>	Datos de Resistencia al pilling .....	42
<b>Figura 15</b>	Gráfico Box Plot prueba de resistencia al desgarre y pilling .....	43
<b>Figura 16</b>	Gráfico Matrix plot prueba de resistencia al desgarre y resistencia al pilling. ....	44

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b>	Aplicaciones de plasma en textiles .....	8
<b>Tabla 2</b>	Equipos y materiales para la aplicación de plasma.....	22
<b>Tabla 3</b>	Receta de descruce.....	23
<b>Tabla 4</b>	Datos del Proceso.....	25
<b>Tabla 5</b>	Cálculos de la Receta del proceso de Descruce.....	26
<b>Tabla 6</b>	Parámetros establecidos para la aplicación de plasma.....	28
<b>Tabla 7</b>	Escala para el control y evaluación de la formación de pilling. ....	34
<b>Tabla 8</b>	Datos estadísticos obtenidos de la muestra 0, sin aplicación de plasma.....	35
<b>Tabla 9</b>	Datos estadísticos obtenidos de la muestra 1, tiempo 5 segundos. ....	36
<b>Tabla 10</b>	Datos estadísticos obtenidos de la muestra 2, tiempo 7 segundos.....	36
<b>Tabla 11</b>	Datos estadísticos obtenidos de la muestra 3, tiempo 10 segundos.....	37
<b>Tabla 12</b>	Análisis de resultados de la prueba al pilling.....	37
<b>Tabla 13</b>	Resumen general de las pruebas de resistencia al desgarro y pilling .....	38

## ÍNDICE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Proceso de descrude del tejido jersey 100% algodón. ....	53
<b>Anexo 2</b> Preparación materiales e instrumentos.....	54
<b>Anexo 3</b> Método de aplicación de plasma.....	54
<b>Anexo 4</b> Ensayo de resistencia al desgarró.....	55
<b>Anexo 5</b> Ensayo de resistencia al pilling.....	57
<b>Anexo 6</b> Certificado de asistencia al laboratorio de Calidad.....	58

## RESUMEN

La investigación está basada en la caracterización de un tejido jersey 100% algodón, mediante la aplicación de plasma a diferentes tiempos. Para llevar a cabo, se realizó la respectiva investigación teórica y con ello se consiguió ejecutar la parte práctica. Posteriormente, se analizaron los valores obtenidos a través del software estadístico con el fin de verificar cual obtuvo mejores resultados. Con el avance de la tecnología, en la actualidad se ha visto nuevas aplicaciones de acabados textiles que a su vez permiten la realización de nuevos productos de manera ecológica. Por lo tanto, para el desarrollo de este proyecto se utilizó un tejido jersey 100% algodón, un equipo generador de plasma (recipiente al vacío y microondas), materiales e instrumentos, para la realización de proceso experimental se generó plasma dentro de un horno microondas y se aplicó al sustrato textil en tiempos de 5, 7 y 10 s. Finalizado el proceso, las probetas fueron llevadas a ensayos de resistencia al desgarre en base a la norma D2261 y de resistencia al pilling de acuerdo a la norma ISO 12945-2. Mediante el software estadístico Past 4 los resultados fueron analizados, obteniendo datos normales con una confiabilidad del 95%, encontrando el  $p > 0.05$ , concluyendo que, con la aplicación de plasma al tejido jersey 100% algodón mejoró sus propiedades físicas, en resistencia al desgarre con una fuerza de 29,75 N (CV=17,67) y resistencia al pilling de 1000 ciclos (CV=0).

**Palabras claves:** plasma, tejido, algodón.

## ABSTRACT

The study is based on the application of plasma at various times to characterize a jersey fabric made entirely of cotton. The appropriate theoretical research was conducted to carry it out, along with the practical component. Subsequently, the values were analyzed through statistical software to verify which obtained the best results. With the advancement of technology, new applications of textile finishes have been seen today, which in turn allow the ecologically making of new products. Therefore, for the development of this project, we used a 100% cotton jersey fabric, plasma generator equipment (a vacuum vessel and microwave), materials, and instruments. For the experimental process, plasma was generated inside a microwave oven and applied to the textile substrate in times of 5, 7, and 10 seconds. At the end of the process, the specimens were tested for tear resistance according to standard D2261 and for pilling resistance according to ISO 12945-2. Using Past 4 statistical software, the results were analyzed, obtaining normal data with a reliability of 95% and finding  $p > 0.05$ . In conclusion, with the application of plasma to the 100% cotton jersey fabric, its physical properties improved, in terms of tear resistance with a force of 29.75 N (CV=17.67) and pilling resistance of 1000 cycles (CV=0).

Keywords: plasma, fabric, cotton.



*Reviewed by Victor Raúl Rodríguez Viteri*

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN.

### 1.1. Descripción del tema.

El objetivo principal de este estudio es determinar las propiedades físicas de un tejido jersey 100% algodón mediante la deposición de plasma, siendo una de las formas de otorgar a los textiles nuevas propiedades y características físicas, debido a que este método permite cambiar su estructura superficial. De acuerdo con Shahidi et al. (2016), en comparación a los métodos químicos tradicionales, el tratamiento por deposición de plasma es una alternativa eficiente, es decir, consume menos materiales, insumos, agua, energía, etc., al ser “un método seco resulta ser ambiental y amigable con el trabajador, además permite lograr la alteración de la superficie sin modificar las propiedades a granel de los diferentes materiales” (Zille, 2020, párr. 1)

Con este proyecto se busca disminuir la problemática ambiental que generan las industrias textiles en los procesos de acabados químicos y generar tejidos con buenas características de confort y con requisitos específicos, ya que algunos tejidos por su naturaleza son vulnerables en algunos aspectos tales como resistencia, flexibilidad, pilling, entre otros, por tal motivo se pretendió emplear este tipo de método a los textiles, con la finalidad de obtener nuevos productos. La tecnología del plasma ha adquirido una gran importancia entre todos los procesos de modificación de superficies textiles disponibles, debido a que se trata de un método seco, ecológico y respetuoso con el ambiente (Shishoo, 2007).

El plasma obtenido a través de un microondas es muy fácil y amigable con el medio ambiente, empleando solamente energía eléctrica sin la necesidad de utilizar agua ni productos químicos, aportando directamente al ambiente y al producto final (Almeida et al., 2006). Por tal motivo se empleó este tipo de método, con el fin de determinar las propiedades físicas del tejido en diferentes tiempos, posteriormente a ello se realizó los respectivos ensayos de

resistencia al desgarramiento mediante el uso de Dinamómetro con base a la norma D2261 y ensayo el pilling con el uso de equipo Martindale con base a la norma ISO 12945-2. Finalmente se analizó los diferentes resultados mediante el uso de programas estadísticos, que permitió determinar el tiempo óptimo de aplicación del plasma en el tejido.

## **1.2. Antecedentes.**

Con base a Naebe et al., (2021), el “uso de plasma en un acabado textil es un enfoque único que puede reducir significativamente el uso de agua y energía, ya que este método no requiere agua ni secado, lo que supone un considerable ahorro de agua y energía”(p. 3). Además, por ser “un proceso respetuoso con el medio ambiente, genera la modificación sostenible de la superficie de los textiles” (Haji & Kan, 2021, párr. 1), con ello permitiendo disminuir la contaminación ambiental y por su puesto los costos de fabricación.

El plasma es un método utilizado para la modificación de la superficie de los textiles, que permite mejorar sus características y propiedades físicas, además el tratamiento con plasma puede imponer varias modificaciones en la superficie de las fibras, incluida la limpieza, activación, injerto, grabado y polimerización, entre otras, además mediante una selección precisa del gas y de las variables del proceso como la presión, el caudal, la potencia, la frecuencia y la duración, se puede ajustar el tipo y el alcance de la modificación (Haji & Kan, 2021). Sin embargo este tipo de método permite recubrir a los tejidos otorgándoles acabados específicos o deseados, “estos revestimientos superficiales pueden tener propiedades como la capacidad de repeler el agua u otros líquidos” (Thierry, 2021, párr. 1).

Vilaplana & Cabanes (2012) mencionan, que la implantación de esta tecnología de deposición de plasma polímeros llevaría a la obtención de tejidos y prendas con elevadas propiedades técnicas y optimizadas en confort al tacto y térmico, además permite otorgar a los sustratos textiles capas finas funcionales (thin films) produciendo un acabado repelente a

líquidos, aceites, bacterias, etc. Este método aporta una serie de innovaciones y ventajas en relación a lo existente en el mercado, debido a la reducción de procesos húmedos que causen efluentes líquidos y residuos contaminantes en la industria textil.

### **1.3. Importancia del estudio.**

Se conoce que la industria textil aporta en la contaminación ambiental, es por tal motivo que se recomienda optar por nuevos procesos o métodos de acabados textiles, que no causen efectos negativos al medio ambiente, además es importante reemplazar algunos de los métodos tradicionales que otorgan características especiales y requeridas a los textiles con el fin de evitar un excesivo gasto de insumos, productos químicos, energía eléctrica, etc., y generar un producto de buena calidad (Saleem et al., 2021). Sin embargo, esta técnica promete importantes beneficios a la industria textil a través de mejoras en dos áreas vitales: el costo de fabricación y las soluciones a los problemas de impacto ambiental. El costo de fabricación se reduciría como resultado de la velocidad de procesamiento y la mejora de la calidad, debido a que hay una reducción en la necesidad de energía, agua y productos químicos de procesamiento, y con ello se podrían obtener importantes beneficios ambientales (Lakshmanan & Raghavendran, 2017).

Con la utilización del tratamiento de plasma, las superficies tanto de las fibras como de los tejidos procesados puede dotar de nuevas propiedades y características funcionales, libre de productos químicos mediante un método amigable con el ambiente, además una vez que este gas altamente cargado se pone en contacto con la superficie del tejido, parte de la energía se transfiere del plasma a la superficie del sustrato, cambiando a su vez la propiedad del tejido. (Nagolger, 2021).

#### **1.4. Objetivo general.**

- Determinar las propiedades físicas aplicando plasma a un tejido Jersey 100% algodón.

#### **1.5. Objetivos específicos**

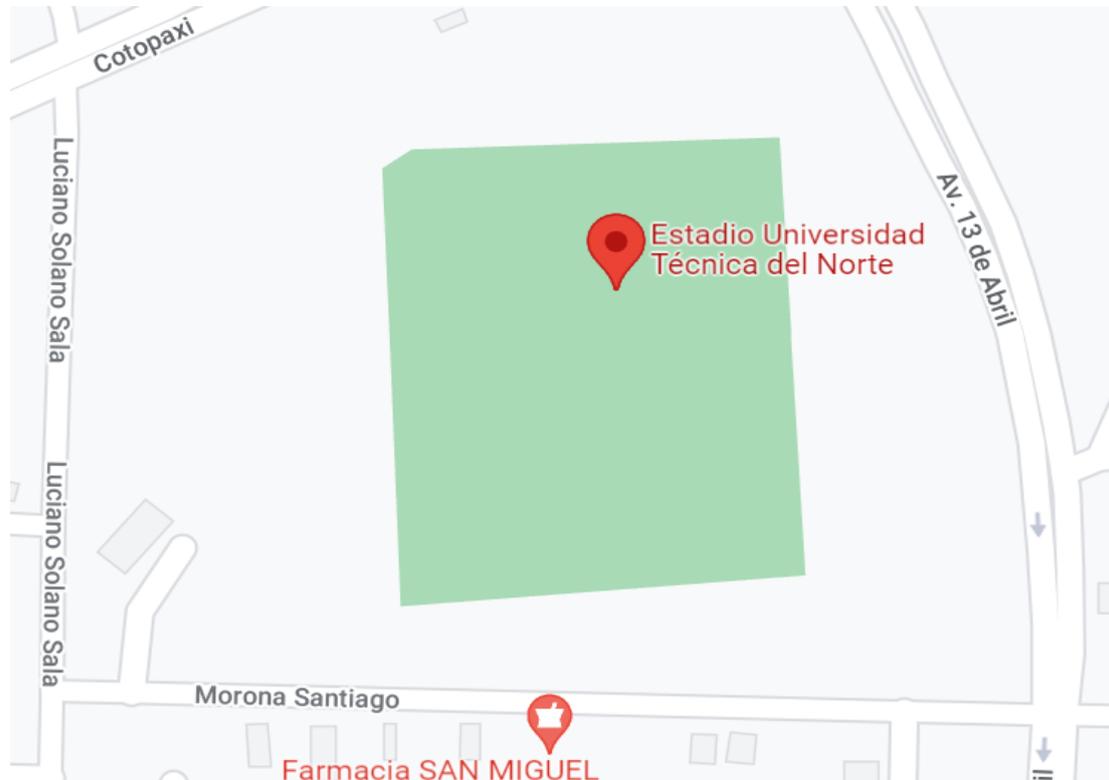
- Investigar información de estudios previos mediante fuentes como libros, revistas, artículos científicos, tesis, etc., que tengan relación con los tratamientos de plasma en tejidos.
- Aplicar plasma sobre un tejido jersey 100 % algodón a diferentes tiempos, para la obtención de datos que permitan determinar los cambios generados en los tejidos.
- Realizar ensayos de resistencia al desgarro y pilling mediante el uso de los equipos estandarizados del laboratorio adquiriendo resultados numéricos.
- Analizar la base de datos obtenidos a través de programas estadísticos con el fin de determinar el tiempo óptimo de la aplicación del plasma.

#### **1.6. Características del sitio del proyecto.**

El proyecto se desarrolló en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, en los laboratorios de la Carrera de Textiles perteneciente a la Universidad Técnica de Norte, en donde se puede encontrar una amplia gama de equipos y máquinas estandarizadas de alta tecnología, como se observa en la **Figura 1**; está ubicada en el sector Azaya, calles Morona Santiago y Luciano Solano Sala con las coordenadas 0,38° Norte y 78,12° Oeste.

## Figura 1

*Ubicación de la planta académica textil*



**Fuente:**(Google Maps, 2022)

El laboratorio de la Carrera de Textiles cuenta con varios equipos estandarizados que son empleados principalmente para el análisis y el control de calidad de las telas, además, brindan a los estudiantes un gran esfuerzo académico-práctico preparándolos a futuro para que puedan desenvolver con facilidad en el ámbito laboral.

## **CAPÍTULO II**

### **2. ESTADO DEL ARTE.**

#### **2.1. Estudios previos.**

En este capítulo se da a conocer una recopilación de información y datos a través de investigaciones bibliográficas, acerca de estudios previos, marco legal y marco conceptual, las cuales son de gran importancia dentro del desarrollo de este proyecto de investigación.

##### **2.1.1. Plasma**

Los tratamientos con plasma es una de las técnicas que permite modificar la estructura superficial de los materiales textiles, sin alterar su propiedad volumétrica. Con base a Banupriya & V.Maheshwari (2017) mencionan, “el tratamiento con plasma de gas de oxígeno se impartió al tejido de bambú/algodón en la unidad de plasma colocando las muestras en el electrodo inferior, con una presión base de  $5 \times 10^{-2}$  mbar, frecuencia de 60 KHz a temperatura ambiente” (p. 2). Este tipo de método fue aplicado en un tejido de bambú/algodón para otorgar un acabado antibacteriano, además este tejido tratado con plasma se ha caracterizado para validar el injerto; y se ha realizado la fijación del extracto de hierbas en una nano encapsulación.

Según (Szulc et al., 2018) mencionan:

Actualmente, el plasma de baja temperatura (LTP) se está volviendo más popular en química, para la descomposición de gases contaminantes, modificación de superficies, en medicina para el tratamiento de células cancerosas, prevención de infecciones nosocomiales y la terapia de heridas infectadas. La radiación UV, las especies reactivas de oxígeno (ROS) y las

especies reactivas de nitrógeno (RNS), como el oxígeno atómico (O), el ozono (O<sub>3</sub>), el hidroxilo (OH), el NO y el NO<sub>2</sub> son relevantes para el proceso y juegan un papel importante en la actividad antimicrobiana de LTP indicaron que las ROS y RNS generadas por el plasma provocaban una desintegración progresiva localizada de la pared celular de los microorganismos (párr. 1).

Sin embargo, la deposición de plasma en textiles se ha convertido un método más utilizado, por ser fácil de manipular y más ecológico, aportando directamente en la modificación del textil y al medio ambiente. Una forma de otorgar recubrimiento a un textil es mediante la deposición por plasma, “en el momento en que llega el plasma al sustrato se da la nucleación y crecimiento de la película. Esto especialmente depende del tipo de sustrato y de su temperatura” (Capote Rodríguez et al., 2015). Gracias a la alta energía cinética con que llegan las partículas, favorece la movilidad superficial y la reactividad de estas en el textil, y mediante dicha reacción se obtienen capas con alta densidad y una buena adherencia al sustrato.

En el ámbito textil, desde hace décadas se han llevado a cabo importantes trabajos de investigación alrededor del mundo en muchos laboratorios, que ocupan los tratamientos con plasma de baja presión en diversos materiales fibrosos, mostrando resultados muy comprometedores con respecto a las mejoras en varias propiedades funcionales de los tejidos aplicados con plasma (Admin, 2014). Además, existen muchas maneras de como inducir la ionización de los gases, tales como por descarga de barrera dieléctrica, por descarga de corona, por descarga luminiscente y por la técnica de plasma a presión atmosférica.

Este tratamiento de tejidos por plasma presenta varias ventajas y beneficios como: ayuda optimizando las propiedades superficiales de los materiales sin alterar a granel su estructura, aplicable para todo los sustratos, en la mayoría de los procesos pueden ser en seco, de tal manera reduce el consumo de agua y energía para procesos posteriores y tiene una ventaja

económica ya que no se consumen químicos, generando reducción de costos de insumos y tiempos de producción en comparación a los métodos tradicionales.

En la **Tabla 1**, se presenta las varias aplicaciones de plasma en los textiles:

**Tabla 1**

*Aplicaciones de plasma en textiles*

<b>Solicitud</b>	<b>Material</b>	<b>Tratamiento</b>
-Acabado hidrofílico	-PP, animal domésticos	-Plasma de oxígeno
-Acabado hidrofóbico	-Algodón y mezclas	-Plasma de siloxano
-Acabado antiestático	-Rayón, PET	-Plasma compuesto
-En fieltro reducido	-Lana	-Plasma de oxígeno
-Resistencia a las arrugas	-Algodón	- Plasma de nitrógeno
-Capilaridad mejorada	-Algodón	- Plasma de oxígeno
-Teñido mejorado	-MASCOTA	- Plasma de SiCl <sub>4</sub>
-Mejorar el cobertizo	-Poliamida	- Plasma de aire

Nota: La tabla muestra las distintas aplicaciones del plasma en los textiles. Fuente: (Admin, 2014)

### **2.1.2. Tejido de Algodón**

Los tejidos de algodón son muy utilizados y populares debido a sus excelentes propiedades que ofrece tales como; la suavidad, la regeneración, la afinidad con la piel, la biodegradación y por su puesto las propiedades higroscópicas. Pero en contacto con el cuerpo humano, los tejidos de algodón generan un entorno ideal para el crecimiento microbiano por su capacidad para retener oxígeno, calor y humedad, así como el sudor o nutrientes de derrames.

Es por tal motivo, que se ha desarrollado una formulación de revestimiento antimicrobiano en un tejido de algodón mediante el uso del óxido de zinc como un catalizador. Para llevar a cabo el tratamiento con plasma se utilizó un aparato a chorro de plasma a presión atmosférica,

en donde la tela de algodón se movió automáticamente a una velocidad de 10 mm/s y la máquina produjo una descarga estable a presión atmosférica con radiofrecuencia y una potencia de salida de 120 W, además se utilizó una boquilla rectangular que cubría el área activa 50,8mm \* 1mm, la cual se encontraba montada verticalmente sobre el tejido de algodón y, los gases portador y reactivo empleados fueron helio: 30 L/min y oxígeno: 0,2 L/min (Kan & Lam, 2013). Con este método se ha demostrado que la adición de óxido de zinc como catalizador ha mejorado las propiedades antibacterianas y las propiedades mecánicas como de tracción, flexión, compresión y cizallamiento.

Además, el tejido de algodón 100% expuesto a un tratamiento con plasma a presión atmosférica permitirá mejorar la calidad de teñido con pigmentos, para Kan & Man (2018), “El tratamiento con plasma a presión atmosférica antes del teñido puede mejorar el rendimiento del color de un tejido de algodón teñido con pigmento amarillo con concentraciones de pigmento de 1 g/L y 5 g/L” (p. 14). Sin embargo, este tipo de tratamiento no fue tan beneficioso en cuanto al nivel de color, debido a que en algunos tejidos de algodón teñidos con pigmentos amarillos empeoraron tras el tratamiento con plasma a presión, lo que puede deberse a la agregación de partículas de pigmento en la superficie de la fibra.

### **2.1.3. Obtención de plasma**

Para la obtención del plasma existe una amplia gama de equipos y máquinas, una de las formas de conseguir el plasma es mediante el uso de un microondas. El proceso de generación de plasma en un microondas se obtiene en condiciones de corriente continua se entiende relativamente bien donde, “la multiplicidad de avalancha de electrones en un gas neutro se produce a través de la ionización por impacto de electrones cuando los electrones o fotones con suficiente energía colisionan con átomos y moléculas neutras presentes en el medio” (Barnes et al., 2018). Sin embargo, bajo la influencia de un campo eléctrico oscilante en lugar de un campo de corriente continua, los iones y los electrones oscilan de un lado a otro entre los

electrodos y, para una frecuencia muy alta sólo un número muy pequeño de partículas cargadas son capaces de alcanzar los electrodos límite, reduciendo la pérdida difusiva de energía de los electrones.

## **2.2. Marco legal**

En esta sección se detalla la investigación planteada con las regulaciones legales a nivel nacional y las líneas de investigación que cuenta la Universidad Técnica del Norte.

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

Con base a la Constitución de la República del Ecuador menciona los siguientes artículos referentes al medio ambiente (CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR, 2008).

Art. 83.- Literal 6 detalla: Respetar los derechos de la naturaleza, preservar un ambiente sano y utilizar los recursos naturales de modo racional, sustentable y sostenible.

El Art. 395.- Literal 1 menciona: El Estado garantizará un modelo sustentable de desarrollo, ambientalmente equilibrado y respetuoso de la diversidad cultural, que conserve la biodiversidad y la capacidad de regeneración natural de los ecosistemas, y asegure la satisfacción de las necesidades de las generaciones. (pp. 41, 188)

### **2.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica de Norte**

Con base a la Universidad Técnica del Norte (2022), presenta las 10 líneas de investigación las cuales se encuentran en vigencia hasta el día de hoy, siendo utilizadas por todas las carreras del campo universitario.

1. Producción Industrial y Tecnología Sostenible.
2. Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible.

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

La Carrera de Textiles se enfoca en dos líneas de investigación las cuales son los números 1 y 9, estas se basan en la Producción industrial y tecnología sostenible y Gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socio-económico.

### **2.2.3. TULSMA**

De acuerdo a TULSMA (2017) indica que: la norma de calidad del aire ambiente o nivel de inmisión tiene como objeto principal el preservar la salud de las personas, la calidad del aire ambiente, el bienestar de los ecosistemas y del ambiente en general. Para cumplir con este objetivo, esta norma establece los límites máximos permisibles de contaminantes en el aire ambiente a nivel de suelo. La norma también provee los métodos y procedimientos destinados a la determinación de las concentraciones de contaminantes en el aire ambiente (pp. 308, 309).

## **2.3. Marco Conceptual**

En esta sección se detalla los conceptos más relevantes del proyecto de investigación mediante fuentes bibliográficas, que permitirá sustentar la investigación.

### **2.3.1. Plasma**

Con base a Shishoo (2007) detalla, “el plasma comprende de una mezcla dinámica de iones, electrones, neutrones, fotones, radicales libres, especies excitadas metaestables y fragmentos

moleculares poliméricos, estando en el sistema general a temperatura ambiente” (p. 6). Esto permite la funcionalización superficial tanto de las fibras y textiles sin afectar sus propiedades de volumen, debido a que estas especies se mueven bajo campos electromagnéticos, gradientes de difusión, etc., sobre los materiales textiles colocados, depositados o pasados por el plasma, permitiendo de esta una amplia gama de modificaciones superficiales.

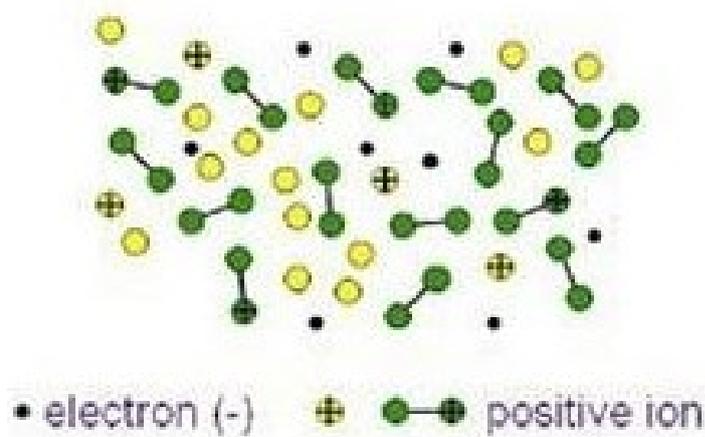
Por otro lado, para Banupriya & V.Maheshwari (2017), “el plasma es un gas ionizado con igual densidad de cargas positivas y negativas que existe en un rango extremadamente amplio de temperatura y presión. Es un estado gaseoso de la materia que contiene especies excitadas, como iones, electrones libres” (p. 1).

De acuerdo a (Jaeger et al., 2014):

El plasma es un gas ionizado y también se le llama el cuarto estado de la materia. Para la formación de un plasma, se puede calentar un gas o se necesita un exceso de electrones libres para desplazar electrones en los átomos y moléculas del gas a granel. En los plasmas no térmicos, la temperatura de los electrones es mucho más alta que la temperatura del gas a granel. Aunque el electrón puede alcanzar varias decenas de miles de K, la temperatura del gas se mantiene en niveles de temperatura por debajo de 40°C. (párr. 1) En la **Figura 2**, se observa la estructura de un gas ionizado.

## Figura 2

### *Estructura de plasma ionizado*



Fuente: (Admin, 2014)

### 2.1.2. Algodón

Para Hosseini & Salizadeh (2011), el algodón es una fibra natural caracterizada por ser fibras suaves, frescas, conocidas como transpirables y absorbentes, esta fibra de algodón es capaz de retener agua de 24 a 27 veces su peso, además, son resistentes, pueden resistir el desgaste por abrasión y las altas temperaturas, por lo general estas fibras se mezclan con otras fibras tales como nailon, lino, poliéster y lana con el afán de mejorar las propiedades de cada fibra. Por otro lado, esta fibra de algodón es un material celulósico de origen vegetal muy común y altamente utilizada en muchos aspectos de la vida, pero carece de buenas propiedades mecánicas.

De acuerdo con Sirghie et al. (2012) menciona que: “el algodón es un buen conductor del calor, es susceptible al daño por moho, se vuelve amarillo y se debilita cuando se expone a la luz solar prolongada” (párr. 1). El tejido algodón es el material más ecológico, ligero y posee poca electricidad, además, al ser una fibra natural es biodegradable y se compone únicamente de celulosa, que puede ser utilizada de diversas formas, desde compuestos reforzados hasta productos completamente diferentes. El algodón posee un valor de utilización extremadamente

alto, es ampliamente utilizado en una variedad de campos como el militar, la confección y la decoración de interiores debido a sus excelentes propiedades tales como comodidad, suavidad, calidez, bajo costo, entre otros (Chen et al., 2022).

### **2.1.3. Tejido Punto Jersey**

De acuerdo con McKee et al. (2017), el tejido de punto jersey es un patrón de tejido relativamente simple que se caracteriza por bucles de hilo entrelazados. Este tipo de tejidos brindan flexibilidad, alta resistencia y propiedades mecánicas altamente biaxiales. Los tejidos de punto proporcionan una construcción alternativa que se caracteriza por bucles de hilo entrelazado, además la curvatura del hilo en esta arquitectura proporciona capacidad de estiramiento incluso cuando están fabricados con hilo con una alta resistencia a la tracción.

Los tejidos de punto son tejidos mucho más cómodos, ya que se adaptan al movimiento del cuerpo, la estructura del bucle contribuye a la elasticidad más allá de lo que pueden los hilos o fibras por sí solos. Un tejido de punto es propenso a engancharse y tiene un mayor potencial de encogimiento que un tejido. Para Blair (2007), “la estructura de bucle también proporciona muchas celdas para atrapar el aire y, por lo tanto, proporciona un buen aislamiento en el aire en calma, ya que los tejidos no suelen ser muy resistentes al viento o al agua” (párr. 1).

### **2.1.4. Proceso de Descrude**

Según Zillane (2012) detalla qué: el descrudado es el proceso de pretratamiento de gran importancia para fibras textiles y tejidos, mediante el cual las impurezas naturales (cera, aceite, goma, grasa, hojas), así como las añadidas (durante el proceso de fabricación), se lavan y eliminan por completo como sea posible. Este proceso tiene algunos objetivos que se plasman a continuación.

- En primer lugar, como objetivo principal es eliminar las impurezas de los materiales textiles.

- En segundo lugar, las fibras textiles y tejidos se dejan en un estado altamente absorbente sin sufrir ningún daño químico o físico significativo.
- Sobre todo, después del proceso de descruce, los materiales textiles se vuelven aptos para el próximo proceso.

De acuerdo con Inglesby & Zeronian (2017) menciona qué:

La tela de algodón gris que se obtiene después de tejer contiene impurezas naturales como aceite, grasa, cera, pectina y materia colorante dentro de la estructura de la fibra, e impurezas añadidas de productos químicos de apresto (p. ej., almidón, alcohol polivinílico, lubricantes) que generalmente se aplican a los hilos de urdimbre para evitar roturas durante el proceso. el proceso de tejido, así como el aceite y la grasa de la máquina debido a la contaminación. (p. 4)

La presencia de estas impurezas dificulta la humectación y la blancura del tejido. Por lo tanto, se requiere una eliminación eficiente de estas impurezas durante la preparación del tejido de algodón para garantizar procesos efectivos de teñido, estampado y acabado.

### **2.1.5. Equipos para la obtención de plasma**

El equipo generador de plasma utilizado en esta investigación es un horno microondas y con otros instrumentos que se describirán a continuación:

Los hornos de microondas son uno de los electrodomésticos más utilizados en las cocinas domésticas y comerciales, al menos en el mundo desarrollado. Este equipo ahorra tiempo al calentar los alimentos relativamente rápido con poca pérdida de calidad. Todd (2014) menciona, la fuente de energía en el horno de microondas es “el magnetrón que convierte la energía eléctrica en ondas de radio muy cortas, con una frecuencia de aproximadamente 2450 MHz, la energía de las olas es fácilmente absorbida por el agua, las grasas y los azúcares” (párr. 1). Mediante vibraciones muy rápidas las altas temperaturas generadas calientan los alimentos.

Las microondas son utilizadas en la industria como una fuente de energía térmica, siendo una forma de energía electromagnética que como las ondas de radio o luz ocupan una parte del espectro electromagnético de potencia o energía, siendo de características de ondas cortas que viajan a la velocidad de la luz (Ciro et al., 2006). El calentamiento por microondas (MW), produce un calentamiento interno eficiente con un perfil de calentamiento homogéneo. Para Hessel et al. (2013), “En el calentamiento dieléctrico la transferencia de energía se produce por rotación de dipolos y conducción iónica a través de inversiones de dipolos y desplazamiento de iones cargados presentes en la mezcla de reacción” (p. 21). Con una frecuencia de 2,45 GHz, la más común de los hornos de microondas. La **Figura 3**, presenta a un microondas y un frasco de vidrio dentro de este, como fuente de generación del plasma.

### **Figura 3**

*Generador de plasma.*



#### **2.1.5.1. Frasco de vidrio**

Según Longa (2019) manifiesta, el frasco de vidrio es utilizado en los laboratorios, este posee un fondo plano, su cuerpo se caracteriza por su forma de botella y cuenta con una tapa de rosca de PP con anillo vertido sin goteo. Este tipo de frasco de vidrio o botella redonda de 500 ml se puede emplear para el almacenamiento, así como la mezcla y muestreo. El frasco de vidrio observado en la **Figura 4**, es utilizado principalmente en procedimientos de laboratorios, como para la filtración al vacío (Pradillo, 2018).

## Figura 4

*Frasco de Vidrio.*



### 2.1.5.2. Vacuum

De acuerdo con VAC AERO Internacional (2019), el indicador de vacío (vacuum) es un instrumento utilizado principalmente como un medidor de presión, que mide la presión al vacío, es decir en un recipiente que opera a una presión subatmosférica. Este instrumento permite determinar y controlar con precisión el nivel de vacío de recipiente o cámara en un momento dado. En la actualidad existen distintos tipos de medidores al vacío, se encuentran diseñados para utilizarse con vacuómetros pasivos y cada uno presenta ciertas características y beneficios.

## CAPÍTULO III

### 3. METODOLOGÍA.

En el siguiente capítulo, se detalla información acerca de los diferentes métodos de investigación, equipos, materiales y variables relevantes que se emplearon en el desarrollo de este proyecto, con el fin de analizar los resultados obtenidos. En primer lugar, se realizó la preparación de las probetas, posterior a ello se llevó a cabo el proceso de aplicación de plasma al tejido, luego se realizó los respectivos ensayos en los equipos estandarizados del laboratorio, para finalmente realizar la discusión de los resultados y concluir con los datos. A continuación, se detallan las normas empleadas en los ensayos:

- **Norma D2261.** Método de prueba estándar para la resistencia al desgarramiento de las telas mediante el procedimiento de lengüeta.
- **Norma ISO 12945-2.** Determinación de la tendencia a formación de bolitas (pilling) en textiles.

#### 3.1. Tipos de investigación

Para este proyecto se utilizaron los siguientes tipos de investigación, que fueron empleados para alcanzar los objetivos planteados:

##### 3.1.1. Investigación Hipotética

De acuerdo con Lau & Chan (2019), la investigación hipotética es un método empleado con el fin de probar teorías e hipótesis. Sin embargo, este tipo de método tiene gran importancia, porque es uno de los más básicos y comunes a todas las disciplinas científicas.

La investigación hipotética se utilizó en este proyecto, para conocer si el experimento va a ser factible o no, por tal razón se generó una incertidumbre hasta conocer y analizar los resultados obtenidos en los ensayos respectivos.

### **3.1.2. Investigación Analítica**

La investigación analítica según Labajo (2017), “es aquel método de investigación que consiste en la desmembración de un todo, descomponiéndolo en sus partes o elementos para observar las causas, la naturaleza y los efectos” (p. 24). Además, permite conocer más al objeto que se va estudiar, con lo cual se puede realizar analogías, hacer explicaciones, conocer su comportamiento y por su puesto establecer nuevas teorías.

Este tipo de investigación analítica fue utilizada con el fin de analizar la base de datos obtenidos en los respectivos ensayos de resistencia al desgarramiento y pilling, además se realizó la comparación y el análisis de cada una de las probetas, lo que permitió visualizar de mejor manera los resultados para argumentar una discusión sobre los datos.

### **3.1.3. Investigación Experimental**

La investigación experimental implica la manipulación de variables para establecer relaciones de causa y efecto. Las características claves son métodos controlados y la asignación aleatoria de los participantes en grupos controlados y experimentales, además ayuda a la recopilación de datos más importantes, facilita tomar mejores decisiones. (McLeod, 2012).

Este tipo de investigación es el más importante, ya que permitió realizar el proceso de aplicación de plasma a las probetas del tejido jersey 100% algodón, mediante una variable tiempo. Además, ayudó a conocer y verificar si con la aplicación de plasma, mejoraron las propiedades del tejido y verificar cual fue el tiempo más idóneo para un mejor resultado.

### **3.1.4. Investigación Comparativa**

De acuerdo con Adiyia & Ashton (2017), la investigación comparativa se lo realiza principalmente para explicar y comprender mejor los procesos causales que intervienen en la creación de un acontecimiento o características, por lo general reuniendo variaciones en la variables o variables explicativas. Sin embargo para Miri & Shahrokh (2019), “la investigación

o análisis comparativo es un término amplio que incluye tanto la comparación cuantitativa como la cualitativa” (p. 7).

La investigación comparativa fue empleada con la finalidad de analizar y valorar los resultados obtenidos de las probetas con plasma, para determinar cuál de las muestras generó resultados satisfactorios.

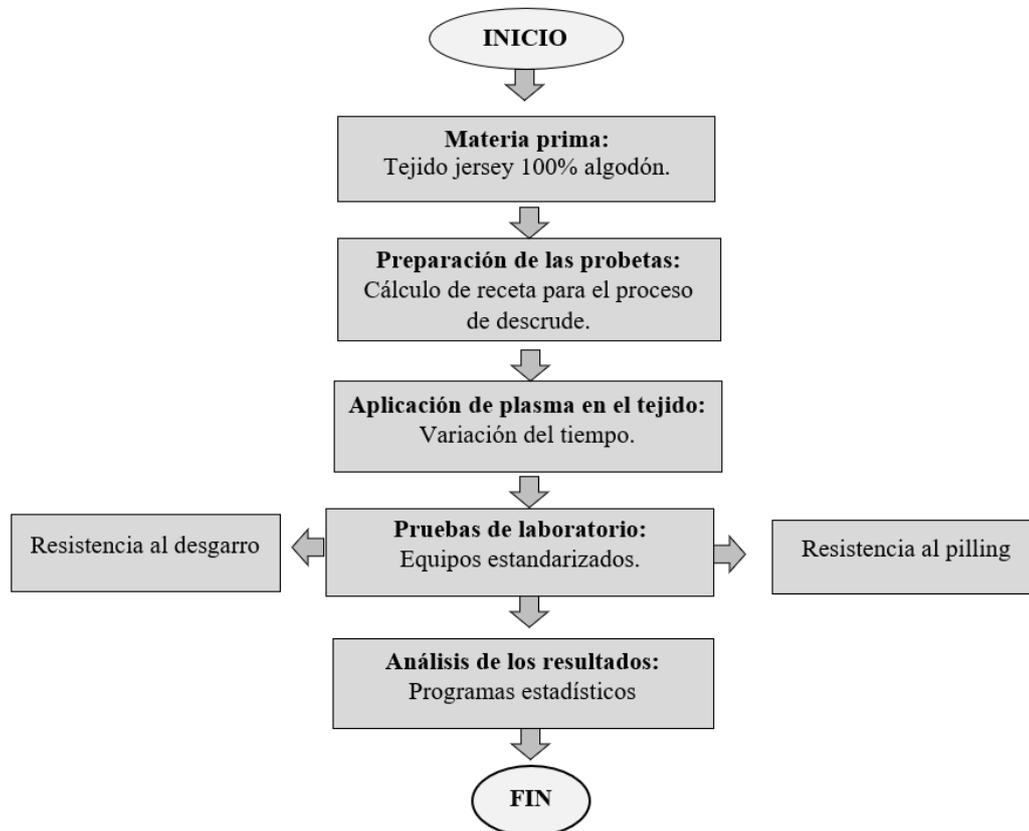
### 3.2. Diseños de proceso

#### 3.2.1. Diseño General del proceso

En la **Figura 5**, se puede observar de manera detallada el proceso de forma general, el procedimiento desde la preparación de la materia prima, la deposición de plasma en el tejido y el análisis del producto final.

**Figura 5**

*Diseño General del proceso*

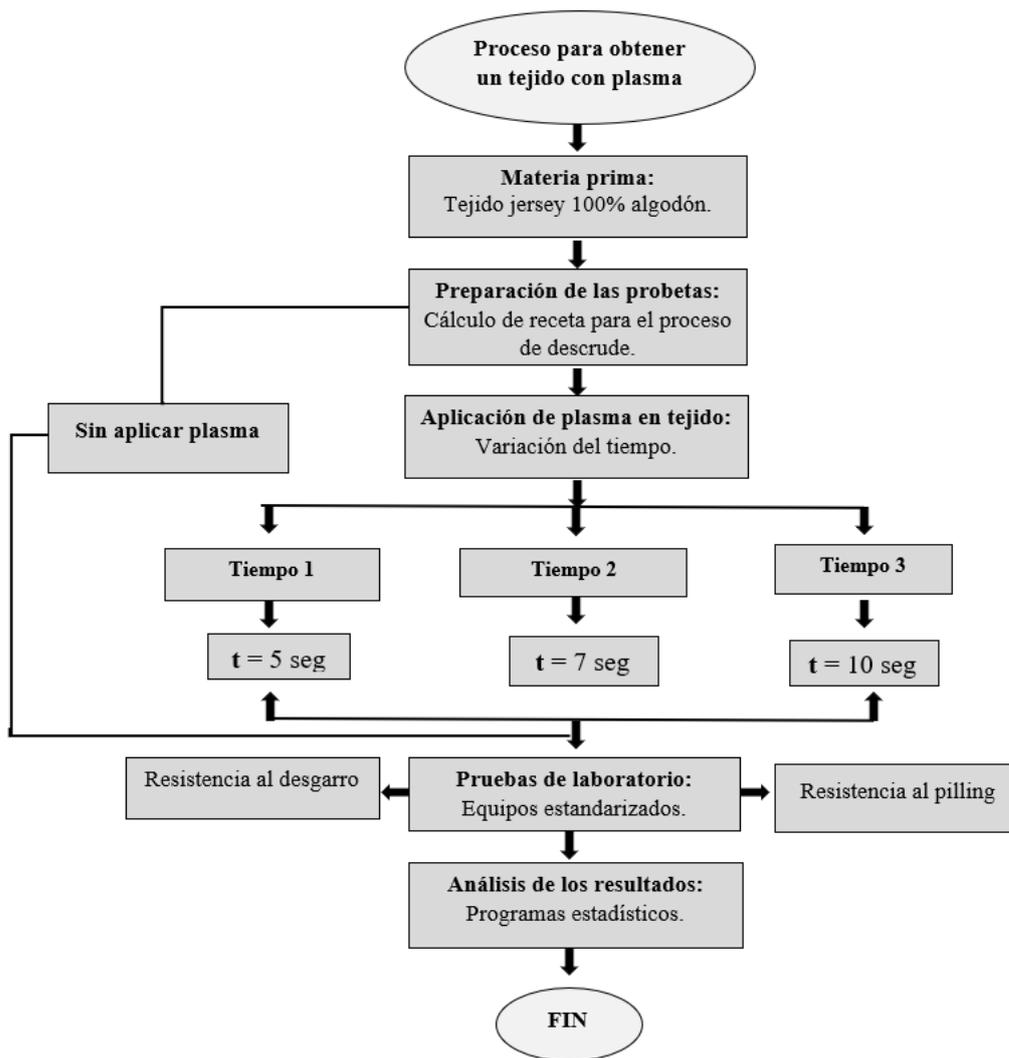


### 3.2.2. Diseño Muestral del proceso

En la **Figura 6**, se detalla de manera clara y concisa como se realizó el proceso en cada probeta que fue sometida a la deposición del plasma al tejido, detallando en cada muestra la variable tiempo.

**Figura 6**

*Diseño Muestral del proceso*



### 3.3. Equipos y materiales

En la siguiente **Tabla 2**, se detalla de manera distributiva los equipos, materiales e instrumentos empleados en el proceso de obtención de plasma (gas ionizado), siendo estos claves para la ejecución de este proyecto de investigación.

**Tabla 2***Equipos y materiales para la aplicación de plasma.*

<b>ÍTEM</b>	<b>TIPO</b>
<b>Equipo</b>	- Microondas - Bomba al vacío - Manómetro
<b>Materiales</b>	- Frasco de vidrio templado -Neplo de media - Llave de paso - Bushing de 1/2 a 1/4 - Adaptador de manguera de 1/2 a 1/4 - Manguera de 1/4 - Silicona fría - Tijera
<b>Materia prima</b>	-Tejido 100% algodón

### **3.3.1. Proceso de descruce y blanqueo**

Esta fase es la primera en realizarse, el proceso consiste en tratar al tejido en una solución caliente de álcali, a fin de eliminar las impurezas naturales presentes en las fibras y tejidos de algodón, tales como pectinas, ceras, suciedad, aceites, grasas, lubricantes, entre otras. Además, el proceso de descruce tiene como finalidad hacer que las fibras o los tejidos se sean más blancas y más absorbentes en las etapas posteriores. En la **Tabla 3**, se puede observar la receta que se empleó para el descruce.

**Tabla 3**

*Receta de descrude*

Producto	g/l
Detergente	1
Hidróxido de sodio	2
Peróxido de hidrógeno	2
<b>Neutralizado</b>	
Ácido Fórmico	0,75

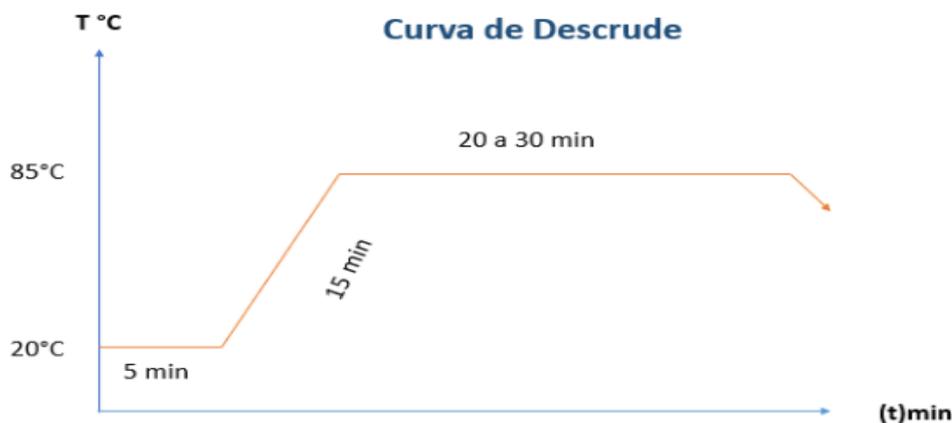
**Nota:** Se detalla los productos a utilizar y sus cantidades.

### 3.3.1.1. Curva de proceso

La **Figura 7**, presenta la curva de proceso de descrudado del tejido jersey 100% algodón, esta da a conocer el tiempo y la temperatura a utilizar durante la ejecución de proceso, siendo de gran ayuda los datos detallados en la curva.

**Figura 7**

*Curva de Tintura*



Nota: Curva de proceso de descrude de un tejido de algodón

### 3.3.1.2. Productos químicos

Los productos químicos y auxiliares empleados en el proceso de descrude, son importantes ya que ayudan al tejido a limpiar de todas las impurezas, suciedad, entre otros elementos presentes. A continuación, se detalla a cada uno.

- **Detergente.**

Estos productos son sustancias tensoactivas que realizan la acción de detergencia sobre superficies sucias y, esto no es más que la separación por disolución de la suciedad presente en una superficie, esta disolución se da por la facilidad de penetración de la sustancia detergente en solución con agua. Esto se lleva a cabo debido a que existe una baja en la tensión superficial del agua, facilitando así la acción del detergente (Farm, 2020).

- **Peróxido de hidrógeno (H<sub>2</sub>O<sub>2</sub>).**

Es también conocido como agua oxigenada, es un compuesto químico poderoso con características de un líquido altamente oxidante, por lo general se presenta como un líquido ligeramente más viscoso que el agua, además, se caracteriza por ser incoloro y por tener un sabor amargo. Para Posthaves (2018), el peróxido de hidrógeno es inestable y se descompone lentamente en oxígeno y agua con liberación de calor, aunque no es inflamable, es un agente oxidante que puede causar combustión espontánea cuando entra en contacto con materia orgánica o algunos metales, como el cobre, la plata o el bronce.

- **Hidróxido de Sodio**

Este producto es conocido también con el nombre de álcali o sosa cáustica, por lo general se requiere para neutralizar los grupos carboxílicos de la celulosa y los existentes en la pectina. Sin embargo, para un descrudado satisfactorio es necesario que la concentración de NaOH en la solución no sea inferior a 4 g/l, dando un pH=12. Cuando la solución de sosa cáustica se pone en contacto con el algodón, parte de este es absorbido por la fibra, debido a la débil acidez de los grupos hidroxilo de la celulosa (Brouillette, 2021).

### 3.2.1.3. Procedimiento

La ejecución del proceso de descruce se inició mediante la adquisición de la materia prima, productos químicos, auxiliares y equipos necesarios [anexo 1](#). En la **Tabla 4**, se detalla información relevante para realizar el proceso:

**Tabla 4**

*Datos del Proceso*

<b>Hoja de Proceso</b>		
<b>Datos generales</b>		
Artículo	Tejido jersey de algodón	
Composición	100% Co	
Peso	0,75 kg	
Color/Proceso	Descruce	
Relación de Baño:	1:40	

*Nota:* Datos generales del tejido jersey 100% algodón

Con base en la **Tabla 4**, se realizó los respectivos cálculos de insumos y productos químicos utilizados en el proceso de descruce, con ello se puede saber la cantidad de volumen de agua, los pesos de productos y auxiliares. A continuación, se especifica los pasos del proceso de descruce:

- Pesar el tejido jersey 100% algodón.
- Calcular el volumen de agua.

$$\text{Volumen} = \text{Peso Tela} / \text{R: B}$$

$$\text{Volumen} = \frac{0,75 \text{ kg}}{1 \text{ kg} / 40 \text{ L}}$$

$$\text{Volumen} = \frac{0,75 \text{ kg} \times 40 \text{ L}}{1 \text{ kg}} = 30 \text{ L}$$

- Calcular los productos químicos.

$$a. 1 \text{ g Detergente} \quad \rightarrow \quad 1 \text{ L}$$

$$x = ? \quad 30 \text{ L}$$

$$x = \frac{1 * 30}{1} = 30 \text{ g Detergente}$$

b. 2g Hidróxido de sodio → 1 L  
 x =? 30 L

$$x = \frac{2 * 30}{1} = 60 \text{ g Hidróxido de sodio}$$

c. 2g Peróxido de hidrógeno → 1 L  
 x =? 30 L

$$x = \frac{2 * 30}{1} = 60 \text{ g Peróxido de hidrógeno}$$

d. 0,75g Ácido Fórmico → 1 L  
 x =? 30 L

$$x = \frac{0,75 * 30}{1} = 25 \text{ g Ácido fórmico}$$

De acuerdo con los cálculos realizados ya es posible iniciar con el proceso de descruce, en la **Tabla 5** , presenta las cantidades exactas que se van a utilizar durante el descruce del tejido jersey 100% algodón.

**Tabla 5**

*Cálculos de la Receta del proceso de Descruce*

<b>Producto/ Insumo</b>	<b>Cantidad</b>
Volumen agua	30 L
Detergente	30 g
Hidróxido de sodio	60 g
Peróxido de hidrógeno	60 g
Ácido fórmico	25 g

**Nota:** En la tabla se detalla las cantidades a utilizar para realizar el descruce de un tejido de algodón

- Pesar los productos químicos que se van a utilizar en el proceso de descruce.
- Cargar diésel al caldero y encender para ejecutar el proceso.
- Encender la máquina de tintura, con la finalidad preparar el equipo para su uso.
- Cargar el volumen de agua a la máquina.
- Abrir la llave de ingreso de vapor en la máquina hasta llegar a una temperatura de 40° C, para cargar el tejido.
- Pesar y preparar los productos químicos mediante la disolución de estas.
- Añadir los productos químicos al baño de acuerdo al tiempo y temperatura establecida.
- Seguir la curva de proceso del descruce.
- Controlar la temperatura y el tiempo del baño de descruce a través de un termómetro digital.
- Descargar el agua y el tejido.
- Realizar el lavado N° 1 a temperatura ambiente.
- Neutralizar el tejido con la utilización del ácido fórmico.
- Realizar el lavado final en frío con la finalidad de eliminar los residuos de ácido fórmico y de los demás productos empleados.
- Centrifugar el tejido durante 15 min, para la extracción del agua en un 70% con el fin de continuar con normalidad el siguiente proceso.
- Finalmente realizar el proceso de secado durante 45 min, obteniendo un tejido totalmente limpio.

### **3.3.2. Método de aplicación**

Para la realización de este proyecto, se empleó un método experimental a través del uso de equipos y materiales detallados anteriormente. El equipo utilizado para la generación del plasma (gas ionizado), fue un microondas de cocina siendo este el instrumento principal, además se emplearon; un frasco de vidrio, una bomba al vacío, un manómetro, un termómetro digital, un cronómetro y muestras del tejido.

En la siguiente **Tabla 6**, se detalla los parámetros de tiempo, presión y temperatura:

**Tabla 6**

*Parámetros establecidos para la aplicación de plasma*

Ítem	Tiempo [s]	Temperatura [°C]
Muestra 1	5	23
Muestra 1	5	22,5
Muestra 1	5	22,2
Muestra 1	5	22,3
Muestra 1	5	22,7
Muestra 2	7	28
Muestra 2	7	27,4
Muestra 2	7	28,2
Muestra 2	7	26
Muestra 2	7	25,5
Muestra 3	10	28,2
Muestra 3	10	28,5
Muestra 3	10	28
Muestra 3	10	27,4
Muestra 3	10	28,2

*Nota:* Se da a conocer a cada una de las muestras a que temperatura fue aplicado el plasma.

### **3.3.2.1. Muestras del tejido**

Las muestras empleadas para la aplicación de plasma (gas ionizado), fueron cortadas en las dimensiones de acuerdo a la norma a utilizar. Para el ensayo de resistencia al desgarro en base a la norma D2261, menciona que la dimensión del tejido es de 200 mm x 75 mm (L x A). En cambio, para la resistencia al pilling es de 150 mm x 150 mm, en este caso se utilizó esta dimensión para posteriormente realizarle un corte circular en base a la norma 12135-2 [anexo 2](#).

## Figura 8

*Muestra del tejido para ensayo de resistencia al desgarro.*



*Nota:* La figura que la muestra 1 se encuentra sin aplicación de plasma, y muestra 2 con aplicación de plasma

### 3.3.2.2. Preparación del frasco de vidrio

La preparación del frasco de vidrio se realizó mediante la adaptación de piezas en la tapa, con la ayuda de una silicona en frío se unió la tapa con una llave de paso, además se adaptó una manguera de  $\frac{1}{4}$ . Esta manguera sirve para adaptar al manómetro y a la bomba al vacío, esta a su vez permite la extracción del aire del frasco y generar vacío del mismo.

### 3.3.2.3. Extracción de aire del frasco

Para realizar la extracción del aire en el frasco de vidrio, primeramente, se introduce las muestras del tejido, posterior a ello se conectó la bomba al vacío con el frasco para dejarlo al vacío, controlando la presión atmosférica y el tiempo a través del instrumento manómetro y un cronómetro. Y posterior a ello se introduce el frasco en el microondas durante un tiempo determinado, observando la creación del plasma.

#### **3.3.2.4. Descripción del proceso**

El método de aplicación de plasma (gas ionizado) en el tejido jersey 100% algodón, se llevó a cabo mediante los siguientes pasos [anexo 3](#):

- Preparar el tejido.
- Cortar en muestras de acuerdo con lo establecido en las normas ISO 12945-2 y la D2261.
- Una vez preparado el frasco, abrir la tapa de este e introducir las muestras del tejido y posteriormente cerrarlo.
- Adaptar el frasco con la bomba al vacío y el equipo manómetro, siendo este el que ayuda a controlar la presión de la atmósfera con la que extrae el aire del frasco.
- Encender la bomba al vacío y abrir la llave de paso para la extracción de aire, esperar durante unos 20 a 30 min para generar el vacío dentro del frasco.
- Al haber culminado con el tiempo establecido, cerrar la llave de paso del frasco para evitar fugas y apagar la bomba al vacío.
- Introducir el frasco con las muestras al microondas, poner en marcha este durante un tiempo establecido.
- Observar la obtención de plasma (gas ionizado) y la deposición en las probetas.
- Sacar el frasco del microondas, luego extraer las muestras del frasco y medir la temperatura de estas.
- Guardar las muestras según el tiempo determinado.

#### **3.3.3. Dinamómetro Titán**

De acuerdo con James Heal (2021), el dinamómetro Titán es un probador de fuerza universal que ha sido diseñado para precisión, eficiencia y facilidad de uso. Por lo general las pruebas de tracción se ha empleado para comprender y determinar la carga máxima a la cual

puede soportar un material textil, es decir la muestra se somete a una tensión controlada hasta su rotura. Las propiedades que puede medir este instrumento Titán incluyen la máxima resistencia a la tracción, el alargamiento máximo, la resistencia a la rotura y la reducción del área.

Además, el dinamómetro puede analizar muestras más grandes en una amplia gama de pruebas que incluyen tensión, compresión, estiramiento y recuperación, desgarrado, pelado, pelado por adhesión y entre otras aplicaciones. Esta máquina es muy utilizada en una variedad de aplicaciones que incluyen hilos, costuras, telas, correas, cuerdas, zapatos, etc. Por otro lado, se encuentra programado a través de un software avanzado denominado TestWise, para pruebas más rápidas e inteligentes, disponible en una capacidad de 5 KN. Observado en la **Figura 9**.

### **Figura 9**

*Máquina Dinamómetro Titán*



Fuente: (James Heal, 2021)

#### **3.3.4. Martindale**

El Martindale es un equipo en cargado de medir la abrasión y formación de bolitas (pilling), cuenta con un software TestWise Touch, además, puede disponer de 6 hasta 9 estaciones. Se

encuentra diseñada para probar la resistencia a la abrasión y el pilling en una amplia gama de aplicaciones en tejidos y materiales, incluidos cuero, madera, laminados, tapicería, materiales de ropa, entre otras, siendo uno de los más elegidos por muchos de los principales laboratorios y minoristas del mundo (James Heal, 2016).

El instrumento Martindale en la actualidad cuenta con una pantalla táctil, permitiendo al cliente un fácil e intuitivo acceso. El uso de este equipo es muy similar a los dispositivos utilizados en el diario vivir haciendo que las distintas funciones y la navegación sea de forma más rápida y sencilla, lo que garantiza que los usuarios se conviertan en unos expertos al instante. En la **Figura 10**, se puede apreciar el instrumento de la marca James Heal:

### **Figura 10**

#### *Máquina Martindale*



Fuente: (James Heal, 2016)

### **3.4. Ensayos de laboratorio**

Para llevar a cabo las pruebas de laboratorio y la obtención de datos, se utilizaron los equipos estandarizados de la Carrera de Textiles y con sus respectivas normas técnicas. A continuación, se describen cada una:

### **3.4.1. Prueba de resistencia al desgarramiento: método de lengüeta en base a la norma D2261.**

Fuerza de desgarro. Calcula la fuerza de desgarramiento de la lengüeta como la fuerza de desgarramiento promedio para cada dirección de ensayo y condición para cada unidad de muestreo de laboratorio y para el lote (Norma D2261, 2011). La resistencia al rasgado es la fuerza promedio requerida para propagar el rasgado a través de una longitud específica de un espécimen de una película plástica de tracción necesaria para la rotura de una probeta

### **3.4.2. Prueba de pilling en base a la norma ISO 12945-2.**

Para realizar los ensayos de resistencia al pilling, se utilizó el equipo Martindale. Las pruebas se hicieron en el laboratorio de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, se hizo un análisis para cada una de las 3 muestras. La norma empleada en el análisis de la resistencia al pilling fue ISO 12945-2.

Con base a la Norma ISO 12945-2 (2000), explica las dimensiones de las probetas, primeramente se realiza la preparación, mediante la utilización de un sacabocados cada una de las muestras son cortadas con un diámetro de 14 cm, siendo necesario tomar en cuenta que para un ensayo la norma menciona utilizar 3 probetas, por ende, es importante cortar seis muestras ya que son utilizadas tanto en la parte superior e inferior de las posiciones de la máquina Martindale. Posterior a ello, se coloca un filtro junto con la muestra en cada posición del equipo, tomando en cuenta que la parte superior derecha del tejido roce con la parte inferior de esta. Se inicia la prueba a partir de los 500 ciclos. En **Tabla 7**, se encuentra detallada la escala de control y evaluación en la formación de bolitas (pilling).

**Tabla 7**

*Escala para el control y evaluación de la formación de pilling.*

<b>Escala de Valoración Pilling</b>	
<b>Grado</b>	<b>Descripción</b>
5	No cambio
4	Ligeras pelusas en la superficie y/o bolitas parcialmente formadas
3	Pelusa superficial moderada y/o pilling moderado
2	Pelusa superficial clara y/o pilling claro
1	Pelusa superficial densa y/o pilling severo

Nota: La escala para el control y evaluación de la formación pilling fuente: (Norma ISO 12945-2, 2000)

## CAPÍTULO IV

### 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.

En este capítulo se da a conocer los resultados obtenidos de cada probeta durante los ensayos realizados. Además, se detallan los valores adquiridos en las pruebas de resistencia al desgarro y resistencia al pilling realizados en el laboratorio Carrera de Textiles. Luego se lleva a cabo el análisis estadístico con el fin verificar la confiabilidad de los datos, mediante el uso de tablas y gráficos para su interpretación.

#### 4.1. Resultados

##### 4.1.1. Prueba de resistencia al desgarro

Se da a conocer la información numérica obtenida en los ensayos realizados, observada en el [anexo 4](#). En la **Tabla 8**, que se presenta a continuación se da a conocer el resultado de evaluación de resistencia al desgarro en la tela sin aplicación de plasma, según la norma ASTM-D2261, para posteriormente analizar la información adquirida.

**Tabla 8**

*Datos estadísticos obtenidos de la muestra 0, sin aplicación de plasma.*

<b>RESULTADOS OBTENIDOS M0</b>				
<b>Nº.</b>	<b>Ancho probeta (mm)</b>	<b>Separación de mordazas (mm)</b>	<b>5 picos más altos (N)</b>	<b>Pico único (N)</b>
1	75	100	20,93	21,68
2	75	100	21,86	22,56
3	75	100	24,91	25,38
4	75	100	20,83	20,98
5	75	100	24,42	24,99
	<b>Media</b>		22,59	23,12
	<b>Desviación típica</b>		1,95	1,97
	<b>Límites de confianza</b>		±2,41	±2,44
	<b>Coefficiente de Variación</b>		8,61%	8,53%

En la **Tabla 9**, da a conocer los resultados obtenidos de la prueba de desgarro en la muestra número 1, esta al ser sometida a la aplicación de plasma a un tiempo de 5 segundos.

**Tabla 9**

*Datos estadísticos obtenidos de la muestra 1, tiempo 5 segundos.*

<b>RESULTADOS OBTENIDOS M1</b>				
<b>Nº.</b>	<b>Ancho probeta (mm)</b>	<b>Separación de mordazas (mm)</b>	<b>5 picos más altos (N)</b>	<b>Pico único (N)</b>
1	75	100	21,72	22,64
2	75	100	21,45	22,4
3	75	100	21,52	22,04
4	75	100	18,12	18,33
5	75	100	19,01	19,68
	<b>Media</b>		20,36	21,02
	<b>Desviación típica</b>		1,68	1,91
	<b>Límites de confianza</b>		±2,08	±2,37
	<b>Coefficiente de Variación</b>		8,23%	9,10%

En la **Tabla 10**, se detallan los resultados obtenidos de la prueba de desgarro en la muestra número 2, esta al ser sometida a la aplicación de plasma a un tiempo de 7 segundos.

**Tabla 10**

*Datos estadísticos obtenidos de la muestra 2, tiempo 7 segundos*

<b>RESULTADOS OBTENIDOS M2</b>				
<b>Nº.</b>	<b>Ancho probeta (mm)</b>	<b>Separación de mordazas (mm)</b>	<b>5 picos más altos (N)</b>	<b>Pico único (N)</b>
1	75	100	17,91	18,52
2	75	100	20,32	21,2
3	75	100	24,27	24,52
4	75	100	23,93	24,43
5	75	100	26,71	27,3
	<b>Media</b>		22,63	23,19
	<b>Desviación típica</b>		3,49	3,39
	<b>Límites de confianza</b>		±4,32	±4,20
	<b>Coefficiente de Variación</b>		15,41%	14,62%

En la **Tabla 11** **Tabla 9**, se da a conocer los resultados obtenidos de la prueba de desgarro en la muestra número 3, al ser sometida a la aplicación de plasma a un tiempo de 10 segundos.

**Tabla 11**

*Datos estadísticos obtenidos de la muestra 3, tiempo 10 segundos*

<b>RESULTADOS OBTENIDOS M3</b>				
<b>Nº.</b>	<b>Ancho probeta (mm)</b>	<b>Separación de mordazas (mm)</b>	<b>5 picos más altos (N)</b>	<b>Pico único (N)</b>
1	75	100	23,95	24,93
2	75	100	18,44	18,67
3	75	100	28,09	29,75
4	75	100	22,4	23,27
5	75	100	20,58	21,27
	<b>Media</b>		22,69	23,58
	<b>Desviación típica</b>		3,65	4,17
	<b>Límites de confianza</b>		±4,53	±5,17
	<b>Coefficiente de Variación</b>		16,09%	17,67%

#### 4.1.1. Prueba de resistencia al pilling

Mediante el empleo de la norma 12945-2: Determinación de la tendencia a formación de bolitas (pilling) en textiles, se realizó el respectivo ensayo, donde se obtuvo los resultados numéricos, valorados en una escala del 1 al 5, siendo 1 el valor más severo y el 5 más bueno [anexo 5](#). En la **Tabla 12**, se detallan los valores obtenidos de las probetas analizadas.

**Tabla 12**

*Análisis de resultados de la prueba al pilling.*

<b>Prueba – Tendencia de formación de pilling</b>				
<b>Ciclos</b>	<b>Sin plasma</b>	<b>Con plasma 5s</b>	<b>Con plasma 7s</b>	<b>Con plasma 10s</b>
<b>500</b>	1	1	2	2
<b>1000</b>	1	1	1	1

*Nota:* En la tabla se detalla de manera general los resultados de la prueba al pilling con su respectiva valoración, 1 equivale a la formación de pelusa superficial densa y/o pilling severo y 2 la formación de pelusa superficial clara y/o pilling clara.

#### 4.1.2. Tabla general de resultados de resistencia al desgarro y pilling

Una vez que las pruebas de laboratorio se hayan concluido es importante generalizarlas. Por lo tanto, en la **Tabla 13**, se detalla un resumen de los resultados adquiridos en la medición de resistencia al desgarro y resistencia al pilling, donde se plasman los datos principales a analizar, obtenidos de cada muestra.

**Tabla 13**

*Resumen general de las pruebas de resistencia al desgarro y pilling*

N°	DSP (N)	DCP5 (N)	DCP7 (N)	DCP10 (N)	P500 CSP	P500 CP5	P500 CP7	P500 CP10	P1000 CSP	P1000 CP5	P1000 CP7	P1000 CP10
1	21,68	22,64	18,52	24,93	1	1	2	2	1	1	1	1
2	22,56	22,4	21,2	18,67	1	1	2	2	1	1	1	1
3	25,38	22,04	24,52	29,75	1	1	2	2	1	1	1	1
4	20,98	18,33	24,43	23,27	1	1	2	2	1	1	1	1
5	24,99	19,68	27,3	21,27	1	1	2	2	1	1	1	1

*Nota:* se detalla el significado de las codificaciones presentes en la tabla 13; DSP: Prueba al Desgarro Sin Plasma, DCP: Prueba al desgarro con plasma, CPS: Prueba al Pilling Sin Plasma, CP: Prueba al Pilling con Plasma.

#### 4.2. Discusión de resultados

Los datos obtenidos en la prueba de resistencia al desgarro y resistencia al pilling fueron tabulados y analizados estadísticamente, presentado de manera general todos los resultados.

Para proceder a realizar la respectiva validación de datos, se analizó estadísticamente los valores numéricos empleado el uso del programa estadístico PAST 4, analizando la varianza y el test de normalidad con el fin de obtener gráficos estadísticos y asegurar la fiabilidad de los resultados. Posteriormente se realizó un análisis comparativo entre cada una de las pruebas.

#### 4.2.1. Análisis de la varianza

En el análisis estadístico realizado se aprecia los valores obtenidos de las pruebas de resistencia al desgarre y pilling, en la que se da a conocer algunos datos relevantes tales como: la media, el estándar de error, la desviación estándar, el coeficiente de variación, estos obtenidos en cada distribución muestral, llevado a cabo en el programa estadístico PAST 4.

**Figura 11**

Análisis de varianza de datos de la resistencia al desgarre y al pilling

	DSP (N)	DCP5 (N)	DCP7 (N)	DCP10 (N)	P500CSP	P500CP5	P500CP7	P500CP10	P1000CSP
<b>N</b>	5	5	5	5	5	5	5	5	5
<b>Min</b>	20.98	18.33	18.52	18.67	1	1	2	2	1
<b>Max</b>	25.38	22.64	27.3	29.75	1	1	2	2	1
<b>Sum</b>	115.59	105.09	115.97	117.89	5	5	10	10	5
<b>Mean</b>	23.118	21.018	23.194	23.578	1	1	2	2	1
<b>Std. error</b>	0.8823627	0.8544261	1.51604	1.863219	0	0	0	0	0
<b>Variance</b>	3.89282	3.65022	11.49188	17.35792	0	0	0	0	0
<b>Stand. dev</b>	1.973023	1.910555	3.389968	4.166284	0	0	0	0	0
<b>Median</b>	22.56	22.04	24.43	23.27	1	1	2	2	1
<b>25 prcntil</b>	21.33	19.005	19.86	19.97	1	1	2	2	1
<b>75 prcntil</b>	25.185	22.52	25.91	27.34	1	1	2	2	1
<b>Skewness</b>	0.2828472	-0.8270545	-0.3913919	0.6166923	0	0	0	0	0
<b>Kurtosis</b>	-2.743308	-1.707751	-0.5913574	0.5592385	0	0	0	0	0
<b>Geom. mean</b>	23.05114	20.94617	22.98882	23.29075	1	1	2	2	1
<b>Coeff. var</b>	8.534575	9.090089	14.61571	17.67022	0	0	0	0	0

En la **Figura 11**, se detalla el análisis de la varianza de la prueba resistencia al desgarre y pilling, en donde muestra que el coeficiente de variación máximo es de la probeta con aplicación de plasma a 10 segundos (DCP10) con un valor de 17,67%, por lo tanto, se observa que existe una dispersión de datos, a comparación de la probeta sin aplicación de plasma (DSP) con un valor menor de 8,53%. Sin embargo, se puede observar en las pruebas de resistencia al pilling, que coeficiente de variación se mantiene uniforme, es decir no existe dispersión de datos. Concluyendo que, con el análisis de datos se puede verificar que, si existe cierta variación de datos antes y después de la aplicación de plasma, destacando que la dispersión de datos mejora a medida que el tiempo de aplicación de plasma aumenta, es decir, que DCP10 posee buenas características de resistencia al desgarro, a diferencia de la DSP.

#### 4.2.2. Normalidad de los datos

Para el análisis de confiabilidad se lo hizo mediante la normalidad de datos con la finalidad de conocer que tan confiables son los valores obtenidos de cada una de las pruebas de resistencia al desgarro y al pilling. Uhm & Yi (2021) afirman que, “si el valor p es mayor o igual a 0.05 si existe normalidad y si es menor la distribución de los datos no es normal”.

**Figura 12**

*Normalidad de datos de resistencia al desgarro y al pilling.*

	DSP (N)	DCP5 (N)	DCP7 (N)	DCP10 (N)	P500CSP	P500CP5	P500CP7	P500CP10
<b>N</b>	5	5	5	5				
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0.8903	0.8491	0.9582	0.9797				
<b>p(normal)</b>	0.3586	0.1918	0.7957	0.933				
<b>Anderson-Darling A</b>	0.3249	0.4275	0.2321	0.1742				
<b>p(normal)</b>	0.3569	0.1758	0.6194	0.8459				
<b>p(Monte Carlo)</b>	0.3981	0.1947	0.7319	0.9233				
<b>Lilliefors L</b>	0.2286	0.3036	0.2423	0.1728				
<b>p(normal)</b>	0.5325	0.1373	0.4383	0.8955				
<b>p(Monte Carlo)</b>	0.5391	0.1416	0.4355	0.9179				
<b>Jarque-Bera JB</b>	0.6221	0.6807	0.3319	0.2968				
<b>p(normal)</b>	0.7327	0.7115	0.8471	0.8621				
<b>p(Monte Carlo)</b>	0.3562	0.2575	0.8107	0.8485				

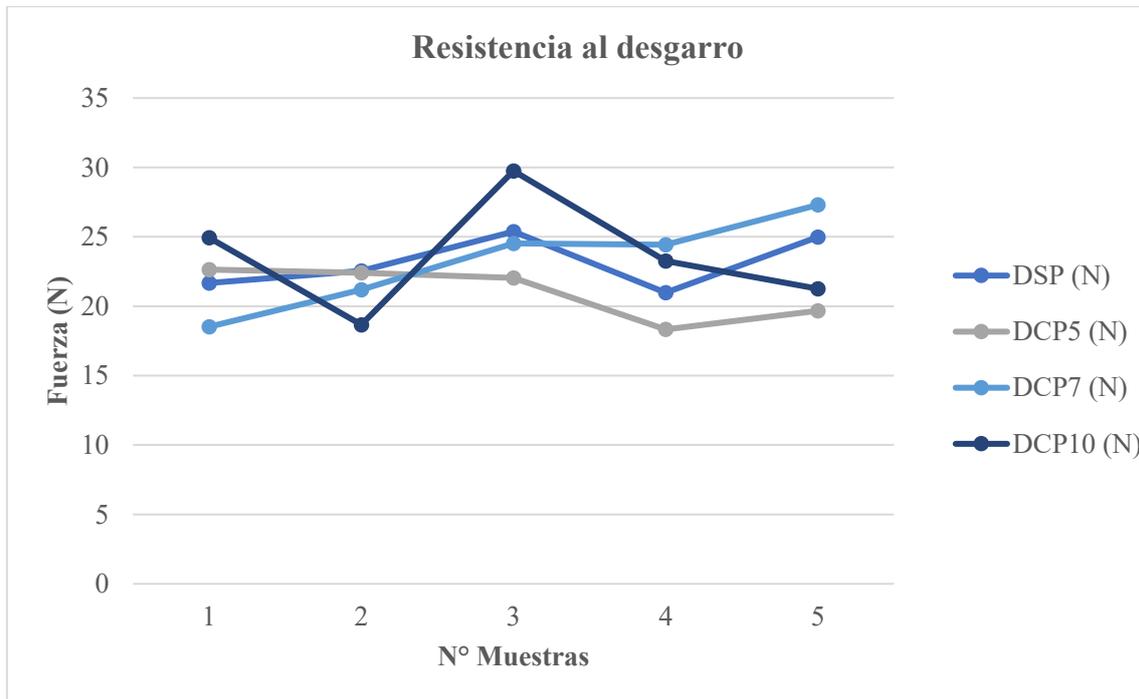
En la **Figura 12**, se puede observar los resultados obtenidos en la prueba de resistencia al desgarro y pilling, para medir los valores se utiliza el test de la normalidad. Para ello, se considera cuatro métodos del programa estadístico PAST 4, siendo Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A, Lilliefors L y Jarque-Bera JB, p(normal), donde se observa que p valor en los métodos mencionados es mayor 0.05, de modo que, se puede afirmar que los datos obtenidos en la experimentación tienen una confiabilidad del 95%.

#### 4.2.3. Análisis de resultados

En esta sección se detalla de manera clara los resultados obtenidos, mediante la utilización del programa estadístico PAST 4, en el cual se realizará un análisis comparativo de cada ensayo realizado, llevando a cabo la interpretación de datos con la ayuda de gráficos.

**Figura 13**

*Datos de resistencia al desgarro*

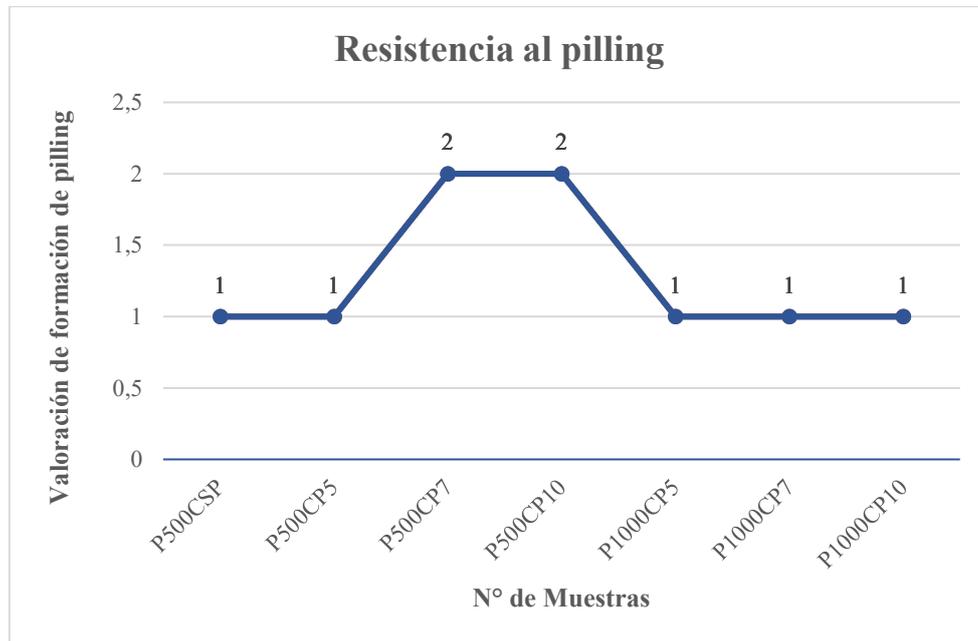


*Nota:* se detalla el significado de las codificaciones; DSP: Prueba al Desgarro Sin Plasma, DCP5 (C): Prueba al desgarro con plasma a 5 segundos, DCP7 (C): Prueba al desgarro con plasma a 7 segundos, DCP10 (C): Prueba al desgarro con plasma a 10 segundos.

En la **Figura 13**, los resultados demuestran que, de las cinco probetas analizadas en la prueba de resistencia al desgarro a 10 segundos, la muestra N° 3 DCP10 (N), presento mayor resistencia al desgarro con una fuerza de 29.75 N, seguida de la DCP7 (N) por la muestra N° 5 con una fuerza de 27.3 N. Por otra parte, se puede observar que las dos pruebas de DCP5 y DSP tienen menor resistencia al desgarro, es decir que a mayor tiempo de exposición de plasma el tejido tiende a mejorar sus propiedades físicas. Por la tanto se evidencia que, existe cambios en el tejido jersey 100% algodón, en cuanto a la resistencia al desgarro mediante el método de lengüeta, es decir que el plasma (gas ionizado) actúa como un acabado físico.

**Figura 14**

*Datos de Resistencia al pilling*

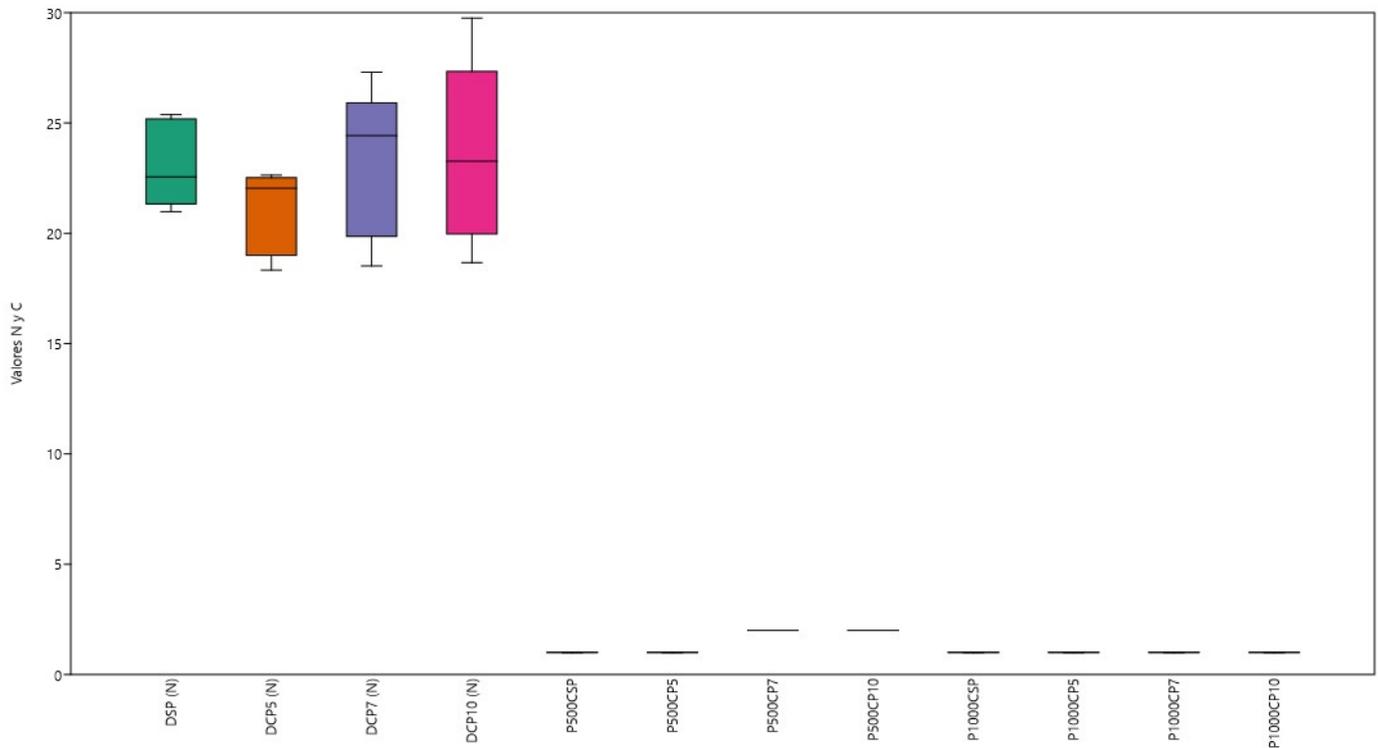


**Nota:** se detalla el significado de las codificaciones; PCSP: Prueba al Pilling Sin Plasma, PCP5 (C): Prueba al Pilling con plasma a 5 segundos, PCP7 (C): Prueba al Pilling con plasma a 7 segundos, PCP10 (C): Prueba al Pilling con plasma a 10 segundos.

De acuerdo al resultado de resistencia al pilling, se observa en la **Figura 14**, que las muestras sometidas a plasma a siete y diez segundo, presentan una elevada resistencia al pilling con una valoración de 2 (Pelusa superficial clara y/o pilling claro) en los primeros 500 ciclos, es decir que resistieron a 500 ciclos más, generando al tejido jersey un cambio notable en su superficie, con la formación de pelusa clara, caso contrario, sucedió en las muestras sin plasma y con plasma a cinco segundos, estas a los primeros 500 ciclos ya obtuvieron una valoración de 1 (Pelusa superficial densa y/o pilling severo), se deduce a partir de ello, que la aplicación de plasma no presenta mejoras en sus propiedades al pilling, pero si un ligero cambio a mayor tiempo de exposición de plasma.

**Figura 15**

*Gráfico Box Plot prueba de resistencia al desgarro y pilling*

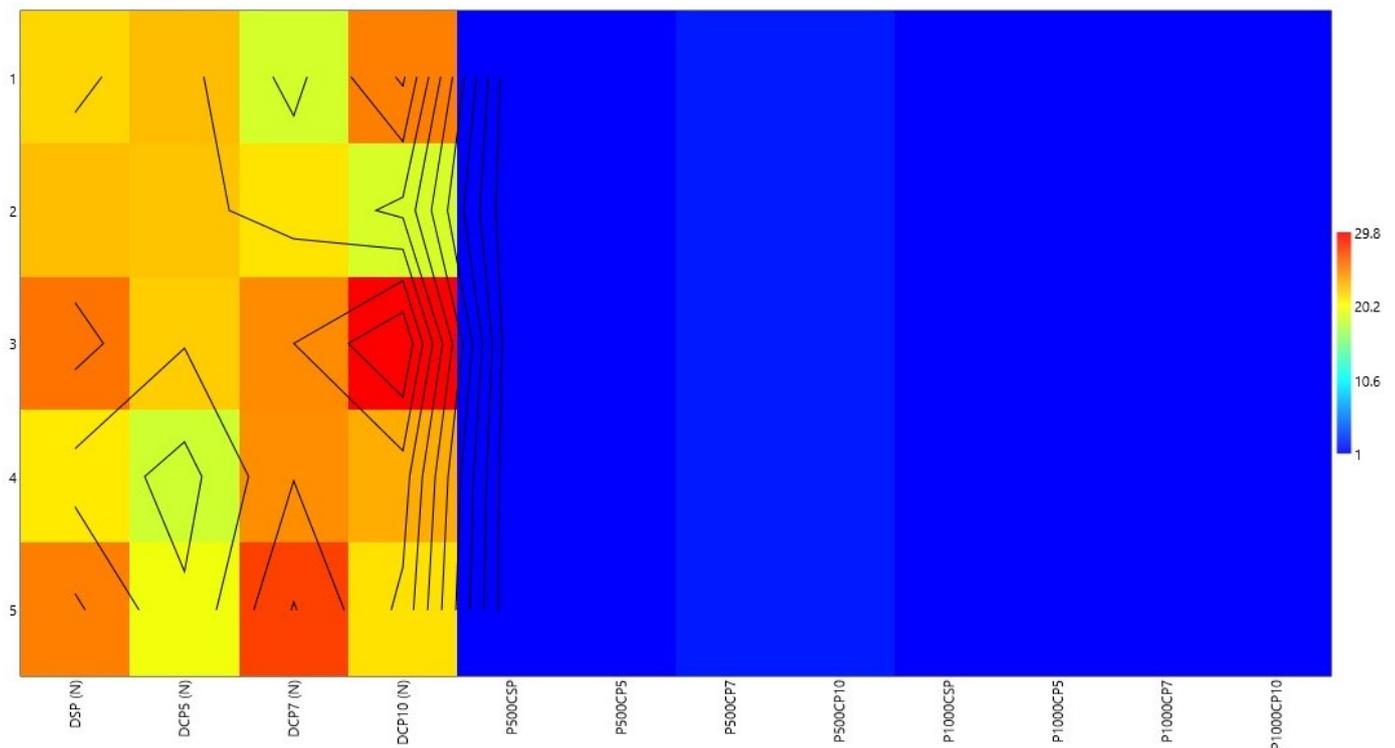


**Nota:** en el gráfico se detalla las variables en el eje y, la fuerza en N y los ciclos C y en el eje X, se observa el número de muestras.

Según el gráfico BoxPlot en la **Figura 15**, se da a conocer de manera general los resultados obtenidos mediante la realización de la prueba de resistencia al desgarro y pilling, el cual indica el comportamiento de cada uno de los valores, en donde se puede observar que, la muestra con aplicación de plasma a diez segundos (DCP10), tiende a poseer una mayor tendencia estadística, es decir, las muestras a mayor tiempo de aplicación de plasma si adquieren un cambio en su estructura superficial, considerando con ello que, si existe una mejora en sus características. Además, se evidencia que los resultados de resistencia al pilling, no presentan buenos resultados, debido a que no son resistentes a la fricción, ya que a los primeros 500 ciclos la superficie del tejido, empezó con la migración de sus fibras hacia el exterior generando pelusa enredada y bolitas, pero las muestras con mayor tiempo de aplicación de plasma soportaron unos 1000 ciclos, obteniendo una cierta resistencia.

**Figura 16**

*Gráfico Matrix plot prueba de resistencia al desgarro y resistencia al pilling.*



**Nota:** se detalla el significado de las codificaciones; DSP: Prueba al Desgarro Sin Plasma, DCP5 (N): Prueba al desgarro con plasma a 5 segundos, DCP7 (N): Prueba al desgarro con plasma a 7 segundos, DCP10 (N): Prueba al desgarro con plasma a 10 segundos. PCSP: Prueba al Pilling Sin Plasma, PCP5 (C): Prueba al Pilling con plasma a 5 segundos, PCP7 (C): Prueba al Pilling con plasma a 7 segundos, PCP10 (C): Prueba al Pilling con plasma a 10 segundos.

En la **Figura 16**, se puede apreciar de forma visual el uso de los colores más representativos y la correlación entre ellos para el análisis, en donde se observa que en el eje de las “X” representa los diferentes tiempos de aplicación de plasma en el tejido, en cuanto al eje de las “Y” detalla el número de muestras sometidas a los diferentes ensayos en el laboratorio, en donde se puede evidenciar la valoración de los colores, siendo el color rojo representado con el valor más alto, mientras que el color azul representa el valor mínimo. De manera que se identifica que, el ensayo de DCP10 (resistencia al desgarro con plasma a 10 segundos), en especial la muestra número 3 presenta que obtuvo el mejor resultado en resistencia al desgarro, mientras que la resistencia al pilling no presenta cambios en su estructura superficial, ya que los resultados en el gráfico se mantienen constantes.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

#### 5.1. Conclusiones

- Mediante el proceso de investigación, al recopilar y analizar diferentes fuentes bibliográficas confiables, se obtuvo una amplia información acerca de acabados con plasma (gas ionizado) dentro de la industria textil y los beneficios de este en un tejido, además se realizó la parte práctica el cual ayudó a concluir cual probeta tuvo mejor resultado en propiedades físicas.
- El proceso de aplicación de plasma en el sustrato textil se llevó a cabo, a diferentes tiempos (5, 7 y 10) y para la obtención del plasma se utilizó varios materiales y equipos tales como: horno microondas, bomba al vacío, un vacuómetro, termómetro, frasco de vidrio y adaptadores para generar el vacío; en total se realizaron tres muestras a tiempos determinados. Concluyendo que, con el análisis de los gráficos las muestras con aplicación de plasma a 10 segundos, presentó mejores propiedades físicas de resistencia al desgarro con una fuerza de 29,75 N (CV=17,67) y resistencia al pilling de 1000 ciclos (CV=0) a diferencia de las otras muestras.
- De acuerdo a las normas D2261 (resistencia la desgarro) ISO 12945-2 (resistencia al pilling), se realizaron las pruebas físicas a las muestras con y sin acabado, con base a los datos obtenidos en los ensayos a diferentes tiempos (5, 7 y 10 s) con aplicación de plasma, se concluye que, la muestra con aplicación de plasma a diez segundos (DCP10), tiende a poseer una mayor resistencia al desgarro, es decir, las muestras a mayor tiempo de aplicación de plasma adquieren cambios en su estructura superficial, considerando con ello, que existen mejoras en sus propiedades, Además, se evidencia que los resultados de resistencia al pilling, no presentan mejores resultados.

- Con la utilización del software estadístico PAST 4, se evaluó el grado de confiabilidad de los valores adquiridos en los diferentes ensayos, en donde de acuerdo con los métodos Shapiro-Wilk W, Anderson Darling, Lilliefors L, Jarque-Bera JB y p(normal) son  $p > 0,05$  indicando que los datos son normales con 95% de confiabilidad.

## **5.2. Recomendaciones**

- Es recomendable buscar y recopilar información en fuentes bibliográficas confiables, por lo general de artículos científicos, libros y revistas de la base de datos digitales como: Scopus, Elibro, Science Direct, entre otras, con la finalidad de evitar cualquier tipo de información errónea al momento de realizar la parte teórica y práctica del proyecto de investigación.
- Se recomienda utilizar los equipos y materiales necesarios para la obtención de plasma dentro de un horno microondas, se debe utilizar materiales resistentes a altas temperaturas  $140^{\circ}\text{C}$ , para que no exista error en la aplicación del plasma en el tejido, además, es importante considerar el tiempo de deposición, porque a mayor tiempo el tejido tiende amarillarse, por lo tanto, el tiempo máximo de exposición de plasma en el tejido es de 10 segundos.
- Para realizar los diferentes ensayos, es importante basarse en las normas utilizados de acuerdo al número de muestras necesarias a analizar, además se recomienda conocer el equipo estandarizado del laboratorio y la correcta manipulación durante el proceso de la prueba.
- Por último, es recomendable conocer y manejar el software estadístico Past 4 empleado para realizar la discusión de los resultados, además, es de gran importancia saber conocer analizar los datos obtenidos y por su puesto cómo interpretar las gráficas obtenidas en programa estadístico Past 4.

## 6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- 12945-2, N. I. (2000). *ISO 12945-2 Textiles. Tendencia a la formación de bolitas. Parte 2= Martindale.pdf*.
- Adiyia, M., & Ashton, W. (2017). Comparative Research. *Anthropology News*, 36, 1–13.  
<https://doi.org/10.1111/an.1995.36.8.43.1>
- Admin. (2014, April 22). *Plasma treatment of textiles -I | the Textile Education*.  
<https://texeducation.wordpress.com/2014/04/22/plasma-treatment-of-textiles-i/>
- Almeida, L., Carneiro, N., & Souto, A. P. (2006). *Aplicación del plasma en la industria textil*.  
<http://repositorium.sdum.uminho.pt/handle/1822/18647>
- Banupriya, J. M., & V.Maheshwari, M. P. (2017). A STUDY ON PLASMA TREATED BAMBOO/COTTON BLENDED FABRIC FOR ASSESSING ANTIBACTERIAL ACTIVITY IN NANO ENCAPSULATED TEXTILES. *International Journal of Advanced Research*, 5(4), 635–638. <https://doi.org/10.21474/IJAR01/3858>
- Barnes, B. K., Ouro-Koura, H., Derickson, J., Lebarty, S., Omidokun, J., Bane, N., Suleiman, O., Omagamre, E., Fotouhi, M. J., Ogunmolasuyi, A., Dominguez, A., Gonick, L., & Das, K. S. (2018). Plasma Generation by Household Microwave Oven for Surface Modification and Other Emerging Applications. *American Journal of Physics*, 89(4), 372–382. <https://doi.org/10.1119/10.0002706>
- Blair, K. B. (2007). Materials and design for sports apparel. *Materials in Sports Equipment*, 60–86. <https://doi.org/10.1533/9781845693664.1.60>
- Brouillette, M. (2021). Scientists are scrambling to understand hoe the microbes in thawing permafrost might alter climate-change predictions. *The Buried Carbon Bomb*.
- Capote Rodríguez, G., Marulanda Cardona, D. M., & Olaya Flórez, J. J. (2015). *Producción*,

*caracterización y aplicaciones de recubrimientos producidos por plasma.*

Chen, Y., Liao, Y., Wan, C., Zhang, G., & Zhang, F. (2022). Synthesis of a novel P-N reactive ammonium phosphate-based flame retardant for durable finishing of cotton fabric. *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*, 634, 127967. <https://doi.org/10.1016/J.COLSURFA.2021.127967>

Ciro, H., Meléndez, J., & Meléndez, J. (2006). NUMERICAL SIMULATION OF A THERMAL PROCESS BY MICROWAVES WITH EMPHASIS IN FOODS. *Año*, 73, 155–166.

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. *Registro Oficial*, 449(20), 25–2021.  
[www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

D2261, N. (2011). *Designación: D2261 - 11.*

Farm. (2020, November 2). *¿Qué es un detergente emulsionante? | Basic Farm.*  
<https://basicfarm.com/blog/que-es-detergente-emulsionante-ventajas/>

Google Maps. (2022, April 27). *Estadio Universidad Técnica del Norte - Google Maps.*  
<https://www.google.com/maps/place/Estadio+Universidad+Técnica+del+Norte/@0.3788325,-78.1230531,17.73z/data=!4m12!1m6!3m5!1s0x8e2a3b4f62261b13:0xea67a4160fd90f41!2sEstadio+Universidad+Técnica+del+Norte!8m2!3d0.3791785!4d-78.1221017!3m4!1s0x8e2a3b4f62261b13:0xea67a4160fd90f41!8m2!3d0.3791785!4d-78.1221017>

Haji, A., & Kan, C.-W. (2021). Plasma treatment for sustainable functionalization of textiles. *Green Chemistry for Sustainable Textiles*, 265–277. <https://doi.org/10.1016/B978-0->

- Heal, J. (2021). *Dinamómetro Titan*. <https://www.jamesheal.com/instrument/titan>
- Hessel, V., Cravotto, G., Fitzpatrick, P., Patil, B. S., Lang, J., & Bonrath, W. (2013). Industrial applications of plasma, microwave and ultrasound techniques: Nitrogen-fixation and hydrogenation reactions. *Chemical Engineering and Processing: Process Intensification*, 71(September), 19–30. <https://doi.org/10.1016/j.cep.2013.02.002>
- Hosseini, R., & Salizadeh, M. (2011). Properties of fibers and fabrics that contribute to human comfort. *Improving Comfort in Clothing*, 61–78. <https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.61>
- Inglesby, M. K., & Zeronian, S. H. (2017). The accessibility of cellulose as determined by dye adsorption. *Cellulose*, 3(1), 165–181. <https://doi.org/10.1007/BF02228799>
- Jaeger, H., Knorr, D., Meneses, N., Reineke, K., & Schlueter, O. (2014). Food Safety: Shelf Life Extension Technologies. *Encyclopedia of Agriculture and Food Systems*, 289–303. <https://doi.org/10.1016/B978-0-444-52512-3.00050-4>
- James Heal. (2016). *Martindale Abrasion & Pilling Tester*.
- Kan, C. W., & Lam, Y. L. (2013). Low Stress Mechanical Properties of Plasma-Treated Cotton Fabric Subjected to Zinc Oxide-Anti-Microbial Treatment. *Materials*, 6(1), 314. <https://doi.org/10.3390/MA6010314>
- Kan, C. W., & Man, W. S. (2018). Pigment Dyeing of Atmospheric Pressure Plasma-Treated Cotton Fabric. *Applied Sciences 2018, Vol. 8, Page 552*, 8(4), 552. <https://doi.org/10.3390/APP8040552>
- Labajo, E. (2017). *El Método Científico* . [https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-02-08-El Método Científico I.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/107-2017-02-08-El%20M%C3%A9todo%20Cient%C3%ADfico%20I.pdf)

- Lakshmanan, S. O., & Raghavendran, G. (2017). Low water-consumption technologies for textile production. *Sustainable Fibres and Textiles*, 243–265.  
<https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102041-8.00009-3>
- Lau, J., & Chan, J. (2019, September 11). *PHIL102: El Método Hipotético-Deductivo* | *Academia Saylor*. <https://learn.saylor.org/mod/page/view.php?id=21605>
- Longa, C. (2019, July 25). *MATRAZ DE ERLLENMEYER* 🧪 *Qué Es, Función, Para Que Sirve 2020*. <https://materialesdelaboratoriohoy.us/vidrio/matraz-de-erlenmyer/>
- McKee, P. J., Sokolow, A. C., Yu, J. H., Long, L. L., & Wetzel, E. D. (2017). Finite element simulation of ballistic impact on single jersey knit fabric. *Composite Structures*, 162, 98–107. <https://doi.org/10.1016/J.COMPSTRUCT.2016.11.086>
- McLeod, S. (2012). *Experimental Methods in Psychology* | *Simply Psychology*.  
<https://www.simplypsychology.org/experimental-method.html>
- Miri, S. M., & Shahrokh, Z. D. (2019). *A Short Introduction to Comparative Research A Short Introduction to Comparative Research Philosophy of Science and Research Method*. October.
- Naebe, M., Haque, A. N. M. A., & Haji, A. (2021). Plasma-assisted antimicrobial finishing of textiles: A review. *Engineering*. <https://doi.org/10.1016/J.ENG.2021.01.011>
- Nagolger, S. (2021). *Plasma in textile technology - Plasma.com*.  
<https://www.plasma.com/en/plasma-in-textile-technology/>
- Posthavent. (2018, August 4). *Peróxido de hidrógeno, el único agente germicida compuesta sólo de agua y oxígeno* | *Noticias* | *Poscosecha - Frutas, hortalizas y ornamentales*.  
[https://www.poscosecha.com/es/noticias/peroxido-de-hidrogeno-el-unico-agente-germicida-compuesta-solo-de-agua-y-oxigeno/\\_id:80724](https://www.poscosecha.com/es/noticias/peroxido-de-hidrogeno-el-unico-agente-germicida-compuesta-solo-de-agua-y-oxigeno/_id:80724)

- Pradillo, B. (2018, June 6). *El matraz Kitasato - Orbitales Moleculares*.  
<https://www.orbitalesmoleculares.com/el-matraz-kitasato/>
- Saleem, M., Naz, M. Y., Shoukat, B., Shukrullah, S., & Hussain, Z. (2021). Functionality and applications of non-thermal plasma activated textiles: A review. *Materials Today: Proceedings*, 47, S74–S82. <https://doi.org/10.1016/J.MATPR.2020.05.158>
- Shahidi, S., Wiener, J., & Ghoranneviss, M. (2016). Plasma-Enhanced Vapor Deposition Process for the Modification of Textile Materials. *Plasma Science and Technology - Progress in Physical States and Chemical Reactions*. <https://doi.org/10.5772/62832>
- Shishoo, R. (2007). Plasma technologies for textiles: A volume in Woodhead Publishing Series in Textiles. *Plasma Technologies for Textiles: A Volume in Woodhead Publishing Series in Textiles*, 1–322.
- Sirghie, C., Kozłowski, R. M., & Roskwitalski, Z. (2012). Cotton fibres. *Handbook of Natural Fibres*, 1, 11–23. <https://doi.org/10.1016/B978-1-84569-697-9.50002-3>
- Szulc, J., Urbaniak-Domagala, W., Machnowski, W., Wrzosek, H., Łacka, K., & Gutarowska, B. (2018). Low temperature plasma for textiles disinfection. *International Biodeterioration & Biodegradation*, 131, 97–106.  
<https://doi.org/10.1016/J.IBIOD.2017.01.021>
- Thierry, C. (2021). *Tratamiento con plasma de textiles*. <https://www.thierry-corp.com/plasma-knowledgebase/plasma-treatment-of-textiles>
- Todd, E. C. D. (2014). Foodborne Diseases: Overview of Emerging Food Technologies. *Encyclopedia of Food Safety*, 1, 253–261. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-378612-8.00416-9>
- TULSMA. (2017). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO*

AMBIENTE. 407. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

Uhm, T., & Yi, S. (2021). *A comparison of normality testing methods by empirical power and distribution of P-values*. <https://doi.org/10.1080/03610918.2021.1963450>

Universidad Técnica del Norte. (2022, April 27). *CONVOCATORIA INVESTIGA UTN 2022 – Universidad Técnica del Norte*. <https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>

VAC AERO Internacional. (2019, December 11). *Medidores de vacío*. <https://vacaero.com/information-resources/vac-aero-training/248209-vacuum-gauges.html>

Vilaplana, J., & Cabanes, S. (2012). Aplicación de la tecnología de plasma polimerización en sustratos textiles para uso técnico. *3C Tecnología*, 1–16. <http://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2012/08/1.TECNOLOGIA-PLASMA-POLIMERIZACION.pdf>

Zillane, M. (2012, February 16). *What Is Scouring | Objectives And Effects Of Scouring | Methods of Scouring | Textile Fashion Study*. <https://textilefashionstudy.com/scouring-objectives-effects-methods-of-scouring/>

Zille, A. (2020). Plasma technology in fashion and textiles. *Sustainable Technologies for Fashion and Textiles*, 117–142. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-102867-4.00006-2>

## 7. ANEXOS.

### Anexo 1

*Proceso de descruce del tejido jersey 100% algodón.*



## Anexo 2

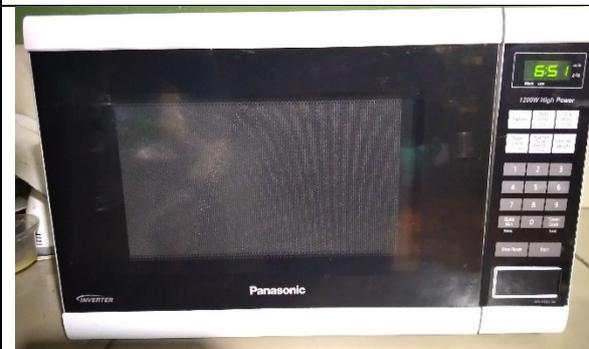
*Preparación materiales e instrumentos.*



A. Adaptación de la bomba al vacío



B. Corte de muestras



C. Adquisición de un Microondas



D. Obtención de materiales

Fuente: Propia

## Anexo 3

*Método de aplicación de plasma.*



A. Introducción de las muestras en el frasco de vidrio



B. Extracción de aire mediante la utilización de una bomba al vacío



C. Adquisición de un Microondas



D. Introducción del frasco



E. Aplicación de plasma al tejido



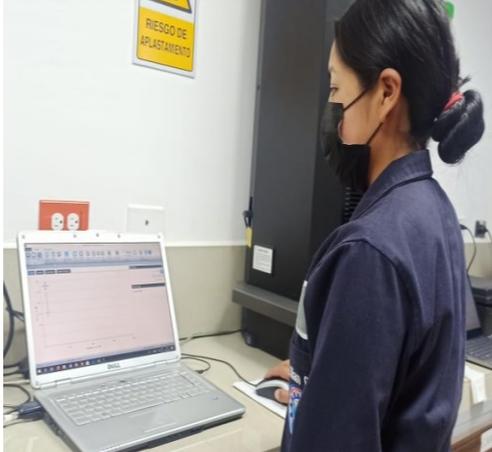
F. Medición de temperatura de las muestras

#### Anexo 4

##### *Ensayo de resistencia al desgarro*



A. Adaptar la muestra en el equipo  
Dinamómetro



C. Ejecutar el ensayo a través de  
programa

B. Verificar que se encuentre bien  
colocado



D. Observar el proceso.



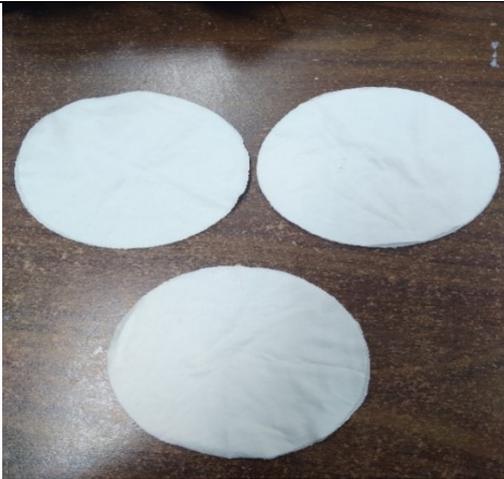
E. Casar la muestra para posteriormente  
introducir la siguiente.



F. Verificar los resultado mediante la  
rotura y en el programa.

## Anexo 5

### *Ensayo de resistencia al pilling*



A. Corte de muestras



B. Colocar la tela en los soportes.



C. Colocación de muestras en el equipo Martindale



D. Proceso de resistencia al pilling en el equipo.



E. Análisis en cada una de las muestras



F. Evaluación de resultados

## Anexo 6

*Certificado de asistencia al laboratorio de Calidad*



# UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

## LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE TEXTILES



Ibarra, 07 de julio del 2022

### CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, Ingeniero **Fausto Gualoto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Ingeniería Textil:

#### CERTIFICO

Que la señorita **LILIAN ALEEXANDRA QUILO TABANGO**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 1725964736, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Proyecto de Tesis de grado titulado "**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS APLICANDO PLASMA A UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN**", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **DINAMÓMETRO TITAN 5 MODELO 1410**- Resistencia al desgarro de la tela en base a la Norma ASTM D2261.
- **MARTINDALE**- Determinación de la tendencia a formación de bolitas (pilling) en textiles en base a la Norma ISO 12945-2.

Además, se le ayudo con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en cada una de las normas.

Atentamente:



Fausto Gualoto M.  
FAUSTO EDMUNDO  
GUALOTO MAFLA

**ING. GUALOTO FAUSTO M.**  
**RESPONSABLE DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX**