



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,

MODALIDAD PRESENCIAL

TEMA:

**“APLICACIÓN DE SULFATO DE HIERRO EN TEJIDO JERSEY POLAR
100% POLIESTER PARA DISMINUIR LA CARGA ELECTROSTÁTICA”**

Trabajo de titulación previo a la obtención de título de Ingeniera Textil.

Línea de investigación: gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico.

Autor: Chileno Chileno Martha Veronica

Director: MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

Ibarra – 2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO			
CÉDULA DE IDENTIDAD		020233788-7	
APELLIDOS Y NOMBRES		Chileno Chileno Martha Veronica	
DIRECCIÓN		Cochapamba Sur- Quito – Pichincha	
EMAIL		mvchilenoc@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO		TELÉFONO MÓVIL	0997304929

DATOS DE LA OBRA

TÍTULO	“APLICACIÓN DE SULFATO DE HIERRO EN TEJIDO JERSEY POLAR 100% POLIESTER PARA DISMINUIR LA CARGA ELECTROSTÁTICA”
AUTOR	Chileno Chileno Martha Veronica
FECHA	30/11/2023
CARRERA/PROGRAMA	Pregrado ☒ Posgrado ☐
TÍTULO POR EL QUE SE OPTA	INGENIERA TEXTIL
DIRECTOR	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autor 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 la defensa de la Universidad en caso de reclamación por terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de Noviembre de 2023

EL AUTOR:

Firma:

A handwritten signature in black ink, enclosed within an oval-shaped scribble. The signature appears to read 'Martha Verónica Chileno Chileno'.

Nombre: Chileno Chileno Martha Veronica

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 30 de Noviembre de 2023

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

Haber revisado el presente informe final del trabajo de Integración Curricular, el mismo que se ajusta a las normas vigentes de la Universidad Técnica del Norte; en consecuencia, autorizo su presentación para los fines legales pertinentes.



firmado electrónicamente por:
WILLAM RICARDO
ESPARZA ENCALADA

(f).....

MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

C.C: 1001589017

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité calificado del trabajo de integración curricular “APLICACIÓN DE SULFATO DE HIERRO EN TEJIDO JERSEY POLAR 100% POLIESTER PARA DISMINUIR LA CARGA ELECTROSTÁTICA” Elaborado por Martha Veronica Chileno Chileno previo a la obtención del título Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f).....

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

C.C. 1001589017



(f).....

MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

C.C. 1001458973

DEDICATORIA

El presente trabajo dedico especialmente a Dios y a la virgen del Quinche por haberme dado la sabiduría, la fortaleza y la bendición cada día para seguir adelante con mis estudios, además, culminar mi formación académica.

A mis queridos padres Zoila Chileno y Segundo Chileno y a mis hermanos, quienes siempre estuvieron al pendiente de todo, quienes han sido mi motor, mi guía, además la confianza depositada en mí para seguir adelante cumpliendo esta etapa importante en mi vida.

Martha Chileno

AGRADECIMIENTO

Principalmente agradezco a Dios y a la virgen del Quinche, por darme la bendición y guiar mi etapa universitaria y culminar una meta más en mi vida.

Agradezco a mis padres, Zoila Chileno y Segundo Chileno, que siempre me han brindado su apoyo incondicional y han confiado en mí, con su esfuerzo y sacrificio me ayudaron a culminar mis estudios. A mis hermanos y a mi familia que siempre me han apoyado e incentivado, en mis momentos tristes y de alegría para poder continuar y culminar mis estudios.

Agradezco a cada uno de mis amigos y compañeros, por los momentos que hemos compartido consejos, ánimos tanto personal y académico durante la etapa universitaria.

A todos los docentes y laboratoristas de la Carrera de Textiles, por haber compartido a lo largo de estos años sus conocimientos, consejos, valores, experiencias propias y enseñanzas, no solo para el desarrollo profesional, si no también personal.

A mi tutor de tesis MSc. Willam Esparza, que ha sido mi principal guía de trabajo de titulación, quien me ha guiado con su paciencia y compartido sus conocimientos.

Martha Chileno

RESUMEN

El presente trabajo investigación se basa en la aplicación de sulfato de hierro a un tejido jersey polar 100% poliéster, con el objetivo de disminuir la carga electroestática. Por lo que, los tejidos con fibras sintéticas son propensas acumular cargas electroestáticas en la parte superficial del sustrato textil por medio de frotamiento con los mismos tejidos o con diferentes tipos de tejidos textiles, además, se descargan con chispas generando incomodidad. También, tienden atraer diversas partículas hacia el sustrato textil como: pelusas, polvos, hilos y entre otros, también, tienden a manchar por la adhesión al tejido textil, por lo tanto, tienden a formar el pilling presentando un aspecto no deseado. Para ello se aplicó el acabado por el proceso de agotamiento en máquina de prelavado, formulando en base a cuatro diferentes concentraciones de sulfato de hierro: 10%, 25%, 50%, 100% respectivamente para cada receta. Para la fijación las probetas se sometieron a 150°C por el túnel de secado, después, las probetas fueron sometidos a pruebas de resistencia eléctrica en ohmios con el equipo multímetro y la determinación de tendencia de los textiles a la formación de pilling con el equipo Martindale, aplicando la norma ISO 12945-2. Obteniendo los datos de resultados de cada una de las pruebas para analizar mediante software PAST 4, indica la confiabilidad de los datos ($p > 0,05$), concluyendo que, el acabado con sulfato de hierro mejoró las propiedades físicas, aún más después del lavado, especialmente, el acabado con 25% de concentración del producto, por lo que, presenta la resistencia al pilling de 5000 ciclos. Sin embargo, se consiguió que el sulfato de hierro sirve como un colorante para las fibras sintéticas porque se tinturó uniforme.

Palabras clave: Tejido polar, textil, Sulfato de hierro, pilling, carga electroestática.

ABSTRACT

The present research work is based on the application of iron sulfate to a 100% polyester polar fleece fabric, with the aim of reducing electrostatic charge. Fabrics made of synthetic fibers are prone to accumulate electrostatic charges on the surface of the textile substrate through rubbing with similar or different types of textile fabrics. Additionally, these charges discharge as sparks, causing discomfort. Synthetic fabrics also tend to attract various particles such as lint, dust, threads, among others, and are susceptible to staining due to adhesion to the textile, leading to the formation of undesired pilling. To achieve this, the finishing process was applied through exhaustion in a pre-washing machine, using four different concentrations of iron sulfate: 10%, 25%, 50%, and 100%, respectively, for each recipe. For fixation, the samples were passed through a drying tunnel at 150°C, and then the test specimens were subjected to electrical resistance tests in ohms using a multimeter and the determination of the textiles' tendency to pilling formation using the Martindale apparatus, applying the ISO 12945-2 standard. Obtaining the data of the results of each of the tests to be analysed using PAST 4 software, which indicated the reliability of the data ($p>0.05$). It was concluded that the iron sulfate finishing improved the physical properties, especially after washing, with the 25% concentration of the product showing the best results, presenting a pilling resistance of 5000 cycles. Furthermore, it was found that iron sulfate can serve as a dye for synthetic fibers, providing a uniform dyeing effect.

Keywords: Fleece, textile, iron sulphate, pilling, electrostatic charging.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	i
CONSTANCIAS.....	ii
CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	iii
APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR.....	iv
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTO	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT.....	viii
ÍNDICE DE CONTENIDOS	ix
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. Objetivo específico a alcanzar.....	4
1.6. Características del sitio del proyecto.....	4
2 ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1. Estudios previos	6
2.1.1. Tejido jersey polar 100% poliéster	6
2.1.2. Textiles.....	7
2.1.3. Pilling.....	7
2.1.4. Sulfato de hierro.....	8
2.1.5. Ligante	9
2.2. Marco legal.....	10
2.2.1. Constitución de la Republica del Ecuador	10
2.2.2. Reglamento de régimen académico	10
2.2.3. Tulsma.....	11
2.3. Marco conceptual	11

2.3.1.	Tejido jersey polar 100% poliéster	11
2.3.2.	Textiles conductores	12
2.3.3.	Carga electrostática.....	13
2.3.4.	Sulfato de hierro.....	13
2.3.5.	Ligante	14
3	METODOLOGÍA.....	15
3.1.	Tipos de investigación a aplicar	15
3.1.1.	Investigación analítica	15
3.1.2.	Investigación experimental	16
3.1.3.	Investigación comparativa	16
3.2.	Flujogramas.....	16
3.2.1.	Flujograma de proceso general	17
3.2.2.	Flujograma de proceso muestral	18
3.3.	Equipos y materiales	19
3.3.1.	Equipos	19
3.3.2.	Materiales.....	22
3.4.	Procedimiento.....	26
3.4.1.	Norma	29
3.5.	Pruebas de laboratorio.....	30
3.5.1.	Prueba de resistencia en ohmios (Ω)	30
3.5.2.	Prueba de resistencia al pilling	31
3.5.3.	Prueba al lavado.....	33
4	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
4.1.	Resultados	34
4.1.1.	Tabla de resultado de resistencia en ohmios (Ω).....	34
4.1.2.	Tabla de resultado de resistencia al pilling	35
4.1.3.	Tabla de resultado de resistencia al pilling después del lavado.....	35
4.1.4.	Tabla general de resultados de resistencia al pilling y resistencia en ohmios	36
4.2.	Discusión de resultados.....	37
4.2.1.	Normalidad de los datos.....	37
4.2.2.	Análisis de la varianza	40
4.2.3.	Interpretación de los resultados en resistencia de pilling y resistencia en ohmios.	43

5	Conclusiones y recomendaciones	48
5.1.	Conclusiones	48
5.2.	Recomendaciones.....	49
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	51
	ANEXOS	55

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	<i>Especificaciones técnicas del sulfato de hierro.....</i>	8
Tabla 2	<i>Características del ligante.....</i>	14
Tabla 3	<i>Caracterización del tejido</i>	25
Tabla 4	<i>Recetas para el acabado con sulfato de hierro</i>	27
Tabla 5	<i>Toma de medidas de resistencia en ohmios (Ω).....</i>	31
Tabla 6	<i>Pruebas de la resistencia a la formación al pilling con el acabado de sulfato de hierro</i>	32
Tabla 7	<i>Resultado de resistencia en ohmios del tejido jersey polar 100% poliéster con acabado de sulfato de hierro</i>	34
Tabla 8	<i>Resultado de grado de pilling de acabado con sulfato de hierro.....</i>	35
Tabla 9	<i>Resultados de la resistencia a la formación del pilling después del lavado</i>	36
Tabla 10	<i>Tabla general de los datos de la resistencia al pilling con acabado y después del lavado, resistencia en ohmios.</i>	36

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	<i>Coordenadas de ubicación de laboratorio Textil</i>	5
Figura 2.	<i>Sulfato de hierro</i>	14
Figura 3.	<i>Flujograma de proceso general</i>	17
Figura 4.	<i>Flujograma de proceso muestral</i>	18
Figura 5.	<i>Máquina de prelavados</i>	19
Figura 6.	<i>Túnel de secado</i>	20
Figura 7.	<i>Equipo: Martindale</i>	21
Figura 8.	<i>Multímetro</i>	21
Figura 9.	<i>Wascator</i>	22
Figura 10.	<i>Tejido jersey polar 100% Poliéster bajo el microscopio y fibra de poliéster</i>	25
Figura 11.	<i>Curva de proceso de acabado con sulfato de hierro</i>	28
Figura 12.	<i>Prueba de lavado en equipo wascator</i>	33
Figura 13.	<i>Normalidad de los datos de la resistencia al pilling y la resistencia en ohmios</i>	39
Figura 14.	<i>Análisis de varianza de la resistencia al pilling y resistencia en ohmios</i>	41
Figura 15.	<i>Gráfico matix plot</i>	43
Figura 16.	<i>Gráfico de barras</i>	45

Índice de anexos

Anexo 1.	Proceso de pruebas preliminares en laboratorio	55
Anexo 2.	Proceso de acabado en planta con diferentes concentraciones de sulfato de hierro	56
Anexo 3.	Pruebas de resistencia a la formación del pilling y resistencia eléctrica	57
Anexo 4.	Extracto de ficha técnica de sulfato de hierro	58
Anexo 5.	Extracto de ficha técnica de álcali	58
Anexo 6.	certificado de asistencia al laboratorio de calidad	60

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1. Descripción del tema

En la industria textil los tejidos sintéticos jersey polar 100% poliéster aparece para reemplazar las fibras de animales; además, de imitar a los tejidos de lana. El poliéster es una fibra sintética derivado del petróleo, tiene la capacidad de 0,4% de absorber la humedad y presenta una desventaja, cómo la generación de las cargas electrostáticas o acumulación de electrones, por lo tanto, generan el pilling. Como también, atraen polvos, partículas pequeñas, pelos de animales y entre otros, por el rozamiento de los tejidos pueden desprender chispa (J. Carrion Fite, 2014).

En la producción de las fibras sintéticas durante el procedimiento, obtienen a grandes velocidades, por lo cual, estas generan las cargas electrostáticas en la superficie del sustrato textil; debido al roce y la fuerza de fricción, principalmente en ambiente seco y además el poliéster tiene baja absorción de agua por esta razón tiene una baja conductividad eléctrica (Roy Choudhury, 2017).

Las fibras sintéticas son malas conductoras de electricidad, es por ello por lo que, se procede aplicar el tratamiento previo o un acabado a este tipo de tejido antes de la confección de artículos textiles. Los metales conducen la electricidad y disminuye al aumentar la temperatura, los electrones se mueven cuando tienen el contacto con el metal. El sulfato de hierro es un compuesto químico iónico y es un antiestático para prevenir o reducir la electricidad estática neutralizando la carga eléctrica en las superficies (Capote, 2011).

Los metales son buenos conductores de electricidad y calor de tal manera se aplicó un acabado con sulfato de hierro y ligante al tejido para que adquiriera la propiedad, además, obtener

un tejido que permita el paso de la corriente eléctrica asimismo, disminuyendo la electricidad electrostática y determinar si es posible que la adhesión de un metal pueda permitir el flujo de electrostática de los tejidos que van hacer tratados (García Ovejero, 2014).

1.2. Antecedentes

El agente químico “Sulfato de hierro (FeSO_4) de color verde, se utilizan en diversas industrias como la medicina, alimentaria, textil, agricultura y entre otros. El hierro es un ion metálico y es un antiestático como también usan como mordiente para tinturar lana” (POSSEHL, 2021).

El ligante es a base de macromoléculas de cadena larga, que se emplean en los textiles porque tienen buenas propiedades como la adhesión, cohesión, estabilidad, la cual tienden a formar películas sobre el género textil y se seca a una temperatura de 150°C a 170°C (Bayetero, 2017).

Las cargas electrostáticas en tejidos de poliéster se almacenan porque no son buenos conductores de electricidad, y no tienen la capacidad de disipar las cargas almacenadas en el tejido, estas a su vez causa una sensación incómodo (Hakeim et al., 2015).

Los acabados antiestáticos en los tejidos tienen el objetivo de reducir la carga electrostática de la superficie del sustrato textil, porque se forman después del contacto o por el roce entre dos materiales que a la vez por el cambio de electrones o iones de los sustratos textiles (Bonaldi, 2018). Además, las cargas se generan cuando existen poca humedad y secas del género textil, por lo tanto, se requiere de un metal para que pase la corriente eléctrica sin ocasionar problema y se convierta en un textil conductor (Roy Choudhury et al., 2011).

“Un material conductor a todo volumen con cargas libres, los metales son excelentes conductores, ya que poseen electrones libres sin la necesidad de aporte de energía. La medición

de la carga de electricidad electrostática se realiza con el equipo voltímetro o con un dispositivo para medir la carga estática en unidad de medida en ohmios” (García Ovejero, 2014).

1.3. Importancia del estudio.

La industria textil produce varias fibras sintéticas para remplazar las fibras naturales, ya que son derivados del petróleo por ende estas fibras y tejidos son propensas a generar la acumulación de cargas electrostáticas. Al aplicar sulfato de hierro que es un metal y tiene propiedades antiestáticas por lo cual es un buen conductor de electricidad y calor. Como también permite el paso de la corriente eléctrica (García Ovejero, 2014).

El ligante se caracteriza por donar electrones y tiene la capacidad de recubrir en el textil los auxiliares, sulfato de hierro y las modificaciones son mínimas de las propiedades ya que forman películas sobre el género textil, por otra parte, ayudan a disminuir los defectos que tiene el tejido. Así mismo, impulsar para que utilicen ciertos acabados antiestáticos con otros tipos de metales en el tejido jersey polar 100% poliéster para evitar accidentes laborales y la incomodidad al usar los artículos del tejido polar 100% poliéster (Carvajal, 2021).

Los agentes aditivos antiestáticos para disminuir la carga electrostática, que se implementa mediante las partículas conductoras que tienen los productos metálicos durante el acabado textil. El sulfato de hierro debido a sus propiedades, mejoran la conductividad eléctrica (Simiele et al., 2020). La disminución de las carga almacenadas de un sustrato textil realizaron mediante la utilización de aditivos como lubricantes, aditivos y acabados antiestáticos (Roy Choudhury, 2017). El sustrato textil después de haber realizado el debido tratamiento con caseína adquirieron “la recuperación de la humedad, mejoro la conductividad eléctrica y antibacteriana” (Ali et al., 2021).

1.4. Objetivo general.

Aplicar sulfato de hierro en tejido jersey polar 100% poliéster para disminuir la carga electrostática.

1.5. Objetivo específico a alcanzar.

- Indagar en fuentes bibliográficas libros, revistas, artículos científicos, etc. Para investigar información técnica, métodos y procesos adecuados para la aplicación de sulfato de hierro con ligante en un tejido jersey polar 100% poliéster para disminuir la carga electrostática.
- Aplicar el sulfato de hierro con ligante en tejido jersey polar 100% poliéster a diferentes concentraciones por agotamiento comprobando la variación de la carga electrostática en resistencia mediante el equipo multímetro para obtener datos que sirvan para en el análisis de resultado.
- Analizar los resultados obtenidos en laboratorio mediante el uso del software past4, Excel, statgraphics, Word, y herramientas estadísticas para la comparación del sustrato textil más óptimo.

1.6. Características del sitio del proyecto

El proyecto de investigación se realizó en la Carrera de Ingeniería Textil, Figura 1 donde se encuentra laboratorios equipados normalizados ubicados en las coordenadas 0.3781026467264352, -78.1225236700845

CAPÍTULO II

2 ESTADO DEL ARTE

2.1. Estudios previos

2.1.1. Tejido jersey polar 100% poliéster

El tejido jersey 100% poliéster, es un tejido de punto con un ligamento básico que es fácil de reconocer por la diferencia de mallas. Se obtiene el tejido con la filamento de poliéster que es derivado del petróleo “polímero de macromoléculas lineales cuya cadena contiene un 85% en peso de un éster de diol y del ácido terftálico” (Helwig et al., 2015). La fibra de poliéster es muy versátil que se usa en un campo amplio en la industria textil debido a sus propiedades y características.

El sustrato textil tiene un acabado físico como es el perchado, el tejido pasa por los cilindros recubiertos de agujas metálicas y extrae las fibras hacia la superficie del tejido, las capas recubren todo el tejido y aumenta la capacidad aislante. Es por ello el género textil brinda la suavidad y mantiene el calor (Mauricio, 2018). Además, la aplicación de “grafeno en tejido poliéster/algodón 65/35 al 1%, 3%, 5% y 10% ., por la técnica de estampado con los auxiliares y se termofijo a una temperatura 150°C. Comprobó que a concentración de grafeno al 10% obtuvo la conductividad y la resistencia eléctrica disminuye” en cada lavado (Guacales, 2019, p. 62).

De igual importancia, la aplicación de “nanopartículas de níquel en la superficie de tejido de poliéster con los agentes químicos por recubrimiento, para la obtención del sustrato textil con conductividad eléctrica y la muestra presentó una resistividad eléctrica inferior a 2 ohmios (Ω)” (Krifa, 2021, p. 1)

2.1.2. Textiles

Los textiles conductores tienen las propiedades de paso de la corriente eléctrica, ya que tienen electrones libres por lo tanto “el género textil conductor es la base de la fabricación de los textiles, con acabados antiestáticos o acabados con principales metales, por ende, se les denomina conductores” (García Ovejero, 2014). El tejido con acabado con metales tiene buena durabilidad y conductividad. Por ejemplo, un tejido conductor a base de silicona tiene buena conductividad ya que fijó muy bien en el género textil, por último, está se forma una estructura mediante el enlace entre el sustrato y la silicona formando una estructura de enlace de reticulación híbrida por lo cual dio las características de elasticidad y una excelente red conductor. La recuperación de la elasticidad tiene un 78,3% y el conductor a base de silicona se ha preparado a 150°C durante un tiempo de cuatro minutos (An et al., 2022).

Los textiles con acabado a base de metales como: el carbón o fibras que ya tienen este tipo de acabados en su estructura renovados con la nanotecnología tienen un excelente conductor textil para la aplicación en tecnología. Como también utilizaron “ formulaciones conductoras que contenían diferentes tipos de hojuelas de metal de tamaño de una micra de cobre y plata, para formar recubrimientos altamente conductores de electricidad y la adición de la melamina donde se encapsula las partículas de los metales” en el sustrato textil (Malm et al., 2019, p. 1)

2.1.3. Pilling

El pilling “es un defecto indeseado que consta en la formación de bolas de fibras enredadas en la parte superficial del tejido, sobre todo en tejidos abiertos” (Solé Antonio, 2013). En los tejidos de fibras sintéticas es donde aparecen este tipo de defecto, por la carga electrostáticas ya que son malas conductoras de electricidad estática y acumulan en la superficie,

además, el sustrato textil tiene la capacidad de atraer partículas contaminantes como polvo, pelusas y entre otros, por el rozamiento de tejidos también se producen el pilling.

2.1.4. Sulfato de hierro

El sulfato de hierro se ha aplicado en la agricultura para reducir el pH alcalino del suelo, también usan como fertilizantes para las plantas (RELUBQUIM, 2022). En la industria textil usan como mordiente para tinturar lana y para tratamientos de aguas residuales de la industria textil, como también, son aplicados principalmente para el tratamiento y purificación del agua además, tienen efectos bactericidas al mismo tiempo. El “proceso químico de coagulación / floculación para la remoción de los compuestos orgánicos y color de efluentes de algodón, acrílico y poliéster. El resultado fue eficiente en la remoción de color en algodón es el 91%, en acrílico 94% y en poliéster es incoloro” (Rodrigues et al., 2013, p. 1).

Tabla 1

Especificaciones técnicas del sulfato de hierro

Parámetro	Contenido
Fórmula química	Fe SO ₄ .7H ₂ O
Peso molecular	278
Concentración	99.5%
Hierro (Fe)	20%
Azufre (S-SO ₄)	11%
Plomo (pb)	20ppm máx.
Cadmio (Cd)	10ppm máx.

Parámetro	Contenido
Insolubles	0,5%
Densidad Aparente	1.1 -1.3 g/cc
Presentación física	Cristal de color verde – azul
PH (solución al 10%)	4.14
Solubilidad (20°C)	350g/l
Humedad	4%
Humedad relativa crítica (30°C)	60%
Índice de salinidad	65

Fuente: (RELUBQUIM, 2022)

2.1.5. Ligante

El ligante textil tiene la capacidad de fijar o adherir formando una película donde todas las partículas de los agentes o productos quedan sujetas en el tejido. por lo cual, utilizó los siguientes “auxiliares como catalizador al 5%, fijador al 23%, y el ligante al 5%” (Fernández, 2020). Por el método de agotamiento donde se lograron conseguir excelentes resultados, por lo que al porcentaje que utilizó de grafeno ayudó a la conductividad eléctrica. De la misma forma, utilizaron el “ligante textil blinder al 3% a 70°C durante 10 minutos para fijar dióxido de zinc mediante el ligante en el tejido por lo que, son capaces de englobar en sus estructura” (Vera, 2020, p. 19).

Ligante que se aplicó por el “método de agotamiento utilizó el 3% de ligante para el acabado antibacterianas como también la temperatura de secado fue de 105°C a 110°C para que se fijen bien los productos y adquirieron buenos resultados” (Tituaña, 2018, p. 32).

2.2. Marco legal

2.2.1. Constitución de la Republica del Ecuador

De acuerdo con la Constitución de la República del Ecuador menciona los siguientes artículos, referentes al medio ambiente (Constitución República del Ecuador, 2008) afirma que:

Art.3.-Literal 2 menciona que: prevenir la contaminación, mantener y recuperar la calidad ambiental. Literal 3.- mantener y mejorar la cantidad y calidad del agua, manejando sustentables las cuencas hidrográficas.

Art. 32. La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo y a la seguridad social, los ambientales sanos y otros que sostienen el buen vivir.

Art.397.- En el caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además, de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca (p.6,192).

2.2.2. Reglamento de régimen académico

El presente proyecto de investigación está relacionado con las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte y de la carrera Textiles:

- Producción Industrial y Tecnología Sostenible.

- Gestión, producción, productividad, Innovación y Desarrollo socio- económico (CUICYT, 2022, pág. 1).

2.2.3. Tulsma

Según Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (TULSMA), que norma todo lo referente de carácter ambiental del Ecuador, cómo menciona en el siguiente en el artículo 1:

Procedimientos y regulan las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, con relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que pueden afectar a almacenamiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza (Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, 2017, p.152).

2.3. Marco conceptual

2.3.1. Tejido jersey polar 100% poliéster

Es un tejido de punto por trama la cual forman mallas horizontales y es ligamento básico de todos los tejidos, por lo tanto, no presenta diversos inconvenientes su tisaje. El tejido jersey tiene más porcentaje de elasticidad en sentido horizontal que en sentido vertical. Además, el tejido tuvo un proceso de acabado físico que es el perchado que en la superficie del tejido son levantadas las fibras y a la vez forman una capa de fibras sueltas también modifica la apariencia y el tacto suave (Mauricio, 2018).

Las características del poliéster son las siguientes:

- Tratan de parecer a las fibras naturales
- Muy buena resistencia a la absorción
- Produce carga electrostática
- Posee menos absorción de la humedad (Colorquímica, 2016, p. 1).

Las propiedades del poliéster que permiten que sean muy versátil son las siguientes:

- Posee una gran resistencia ante los microorganismos
- Sensibilidad a bases fuertes y ácidos a concentraciones altos
- Tiene la capacidad de resistir al clima y presenta sensibilidad a la luz ultravioleta
- Presenta una menor adsorción de humedad del 0,4% a 0,6%
- Tiene la capacidad de recuperar rápido después de una deformación.
- La fibra tiene carga electrostática, por consiguiente, atrae la pelusa hacia la superficie del sustrato textil (Colorquímica, 2016, p. 1).

2.3.2. Textiles conductores

Los textiles conductores son destacados en el desarrollo de los diferentes tejidos inteligentes mediante la tecnología, que son aplicados en diferentes áreas de la industria textil, así mismo, son empleados para la detección de sistemas emergentes y entre otros:

Los textiles conductores tienen la capacidad de la conductividad eléctrica, para la aplicación de protección de tejidos inteligentes, electrónicos, electromagnéticos que son dirigidos a varias áreas que se pueden obtener mediante acabados o la obtención de hilos con la adición de partículas de metales. Como también, los

conductores en los sistemas emergentes de comunicación inalámbrica sensores concentrados en el cuerpo (Krifa, 2021).

2.3.3. Carga electrostática

La carga electrostática tiene propiedades intrínseca de las partículas estática, como también, “representa un exceso o deficiente de electrones en la superficie de la partícula y controla el comportamiento de las partículas en un eléctrico” (Vettorel et al., 2017). Por tanto, (Roy Choudhury et al., 2011) menciona que “Las cargas electrostáticas se acumulan en las fibras textiles, especialmente con poca humedad y en condiciones secas y las cargas son difícil de desaparecer, por el roce pueden generar descargas y chispas”(p1).

Los tejidos sintéticos que son recubiertos por agentes metálicos adquieren la propiedad de textiles conductores, la cual, disipan las cargas electrostáticas. Además, los tejidos que tienen fibras metálicas incorporadas disminuyen la carga y proporciona la protección efectiva contra la radiación electromagnética (Rubežiene et al., 2015).

2.3.4. Sulfato de hierro

El sulfato de hierro (**Figura 2**) es un metal y “que tiene la composición química iónica y fórmula (FeSO_4). Asimismo, conocido como sulfato ferroso vitriolo verde, vitriolo del compuesto, sulfato de hierro en forma de gránulo, especialmente de color verde o azul, además, son soluble en agua” (RELUBQUIM, 2022).

Figura 2.*Sulfato de hierro***Fuente:** Propia

2.3.5. Ligante

El ligante tiene la capacidad de fijar o sujetar las partículas en los sustratos textiles. “Generalmente es definido como un átomo por lo general concede 1 o varios electrones mediante el vínculo de manera ordenada, además, es una sustancia que forma película compuesta de macromoléculas de cadena larga” (PORTILLA, 2017, p. 58). El ligante garantizan que las partículas de cualquier aditivo o auxiliares se queden bien fijado en sustrato textil.

Tabla 2*Características del ligante*

Propiedades	Especificación
Aspecto	Líquido blanco
Sólido (135°C, 1 hora)	40.0% ± 1.0
pH	7.0 ± 0.5

Fuente: Adaptado de (COLORQUÍMICA, 2010)

Capítulo III

3 METODOLOGÍA

Dentro de este capítulo se da a conocer otros métodos utilizados para el desarrollo del proyecto de investigación, de la misma manera, en las normas que se ha regido, investigaciones para ejecutar el procedimiento óptimo como también los diferentes materiales, productos y técnicas que intervienen dentro de la investigación. Mediante la metodología empleada se determinará el estudio si es cuantitativo o cualitativo (Albarracín et al., 2022).

3.1. Tipos de investigación a aplicar

El estudio por lo cual se ha planteado tres tipos de indagaciones que se dará a conocer la continuidad, son importantes cada uno ellos para alcanzar los objetivos formulados, como disminuir la carga electrostática de un tejido jersey polar 100% poliéster y la resistencia a la formación del pilling.

3.1.1. Investigación analítica

El método de la investigación analítica tiene el objetivo de analizar acerca de un cierto fenómeno con las respectivas herramientas analíticas. Como también, este tipo de investigación utiliza la información valedera de los estudios ya desarrollado y después realizan una evaluación crítica. El método más utilizado en el área académico para el avance de la investigación, y también permite uso del método científico para solucionar cualquier situación complicada. De la misma forma se responsabiliza de “desglosar las secciones que conforman la totalidad del caso a estudiar; establece las relaciones de causa, efecto y naturaleza”(Richards, 2018). Referente a los análisis elaborados pueden generar analogías y nuevas teorías.

3.1.2. Investigación experimental

La investigación experimental es un método científico por lo cual trata de obtener datos suficientes para comprobar las hipótesis y continuar realizando el experimento. Además, utilizan una o más variables de investigación para probar o analizar el ascenso y descenso de la variable de efectos de un fenómeno con el objetivo de detallar de qué manera causa un caso particular (Llopis, 2018).

De igual importancia, las técnicas y herramientas empleadas en el procedimiento con el fin de la obtención de conocimientos teóricos verídicos y la demostración científica mediante la utilización de herramientas o instrumentos confiables. Por lo tanto, pueden replicar los estudios por que presentan respuestas eficaz y veras. El “método científico desarrolla la parte experimental mediante las observaciones; preguntas, hipótesis, experimentos, utilizan técnicas análisis, la difusión de los resultados” (Llopis, 2018, p. 1).

3.1.3. Investigación comparativa

La investigación comparativa es un método de comparación sistemática, la cual, se usa para la comprobación de la hipótesis con el fin de descubrir una conexión que es basado mediante los archivos, varios argumentos para ejecutar el estudio correspondiente. Por lo cual, trata de ubicar entre dos o más elementos juntos para detectar semejanzas y alcanzar a precisar un caso a fin de llevar a cabo. Mediante este método se consigue llevar a cabo nuevas hipótesis con el fin de mejorar, las fases en la que destaca la observación de diferentes variables como la similitud de la misma (Canaan, 2019).

3.2. Flujogramas

La parte de la práctica del estudio de desarrollo incluyendo el uso de diferentes concentraciones del sulfato de hierro y auxiliares químicos en un tejido polar 100%

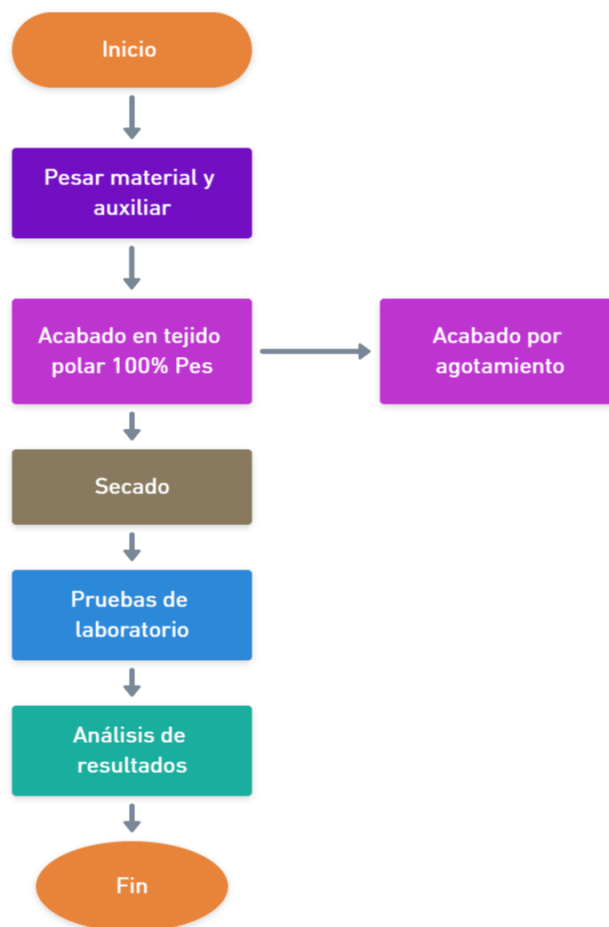
poliéster, para disminuir la carga electrostática a través de un acabado mediante el proceso de agotamiento. En cada uno de los diagramas de flujo se da a conocer los pasos a seguir general y muestral, como también los equipos y máquina utilizados para el desarrollo de este trabajo de investigación.

3.2.1. Flujograma de proceso general

En la **Figura 3**, se describe el procedimiento a seguir de la manera generalmente para la obtención de tejido jersey polar 100% poliéster con acabado de sulfato de hierro.

Figura 3.

Flujograma de proceso general



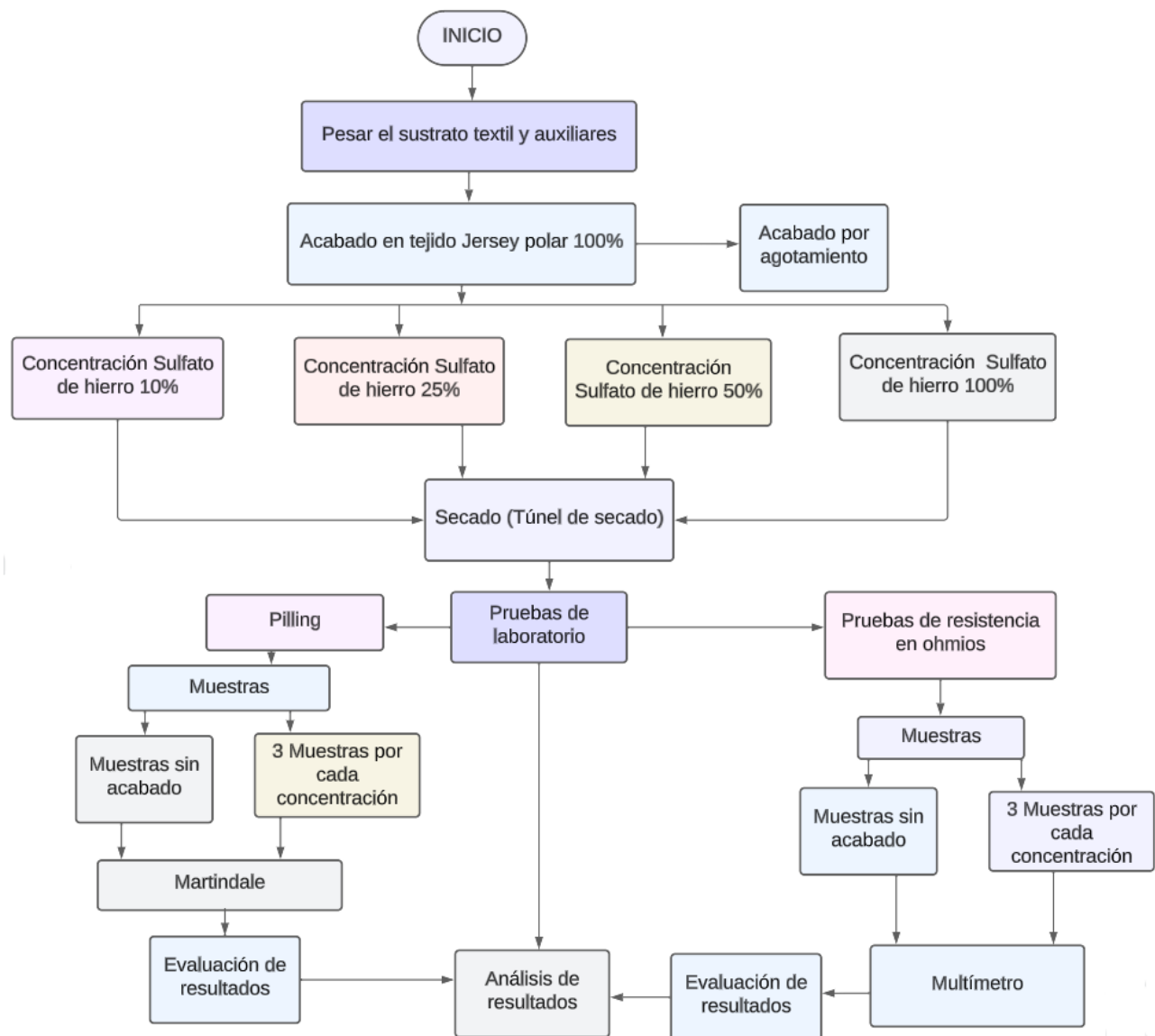
Fuente: Propia

3.2.2. Flujograma de proceso muestral

La siguiente **Figura 4**, se demuestra el proceso realizado para la aplicación de sulfato de hierro a diferentes concentraciones en tejido jersey polar 100% poliéster y posterior a ello se realizó el ensayo normalizado en Lab.

Figura 4.

Flujograma de proceso muestral



Fuente: Propia

3.3. Equipos y materiales

3.3.1. Equipos

- **Máquina de prelavados**

Es una máquina industrial que tiene ventajas tanto mecánica y técnica. Que está fabricado por un cilindro, además, soldado a la malla protectora de prendas que tiene un prototipo cernido. En la parte superior lateral se encuentra el ingreso y salida de las prendas. En esta máquina se pueden dar acabados al sustrato textil, por el método de agotamiento con diferentes auxiliares de diferentes densidades (Pelozo, 2023).

Figura 5.

Máquina de prelavados



- **Termómetro**

Es un dispositivo de medida de temperatura exacta, la cual, inicia con la dilatación de un fluido de una columna angosta por el tubo cuando están sujeto al calor, se mide a una escala

graduada de la temperatura, por lo cual, es un instrumento importante ya que ayuda a controlar el proceso, sin embargo, existe varios y se emplea de acuerdo a su uso (Dominguez, 2016).

- **Túnel de secado**

Es un equipo de la planta textil que se utiliza para el proceso de secado de las muestras o sustratos textiles que tienen la aplicación de resinas, ligantes para que se queden termofijados a una temperatura de 150°C (Nahita, 2015).

Figura 6.

Túnel de secado



Fuente: Propia

- **Martindale**

Es un equipo que se utilizado en la industria textil para evaluar la resistencia de la abrasión multidireccional además, el pilling de los tejidos textiles en la parte superficial, que se da el respectivo ciclo según la norma, así mismo, se realiza la evaluación según la apariencia del sustrato textil mediante la plantilla correspondiente (CTEX, 2020a).

Figura 7.*Equipo: Martindale***Fuente:** (CTEX, 2020)

- **Multímetro**

Es una herramienta utilizado para medición de los valores eléctricos de tensión en voltios, corriente eléctrica en amperios y la resistencia en ohmios que proporcionan datos confiables y de precisión, además, que son aplicados en la industria eléctrica y electrónica (Truper, 2020).

Figura 8.*Multímetro***Fuente:** Propia

- **Wascator**

Máquina de lavado normalizada para el laboratorio textil para determinar el encogimiento dimensional y el aspecto después del lavado. Se programan con tarjetas de memoria bloqueadas (CTEX, 2020a).

Figura 9.

Wascator



Fuente: (CTEX, 2020a)

- **Balanza**

Es un dispositivo que es empleado para la medición de masa o cuerpo y sustancias, como por ejemplo pesar productos químicos como colorantes, auxiliares, muestras de sustrato textil con sus respectiva unidad de medida que proporciona datos precisos y confiables (Jconnelly, 2020).

3.3.2. Materiales

- **Vasos de precipitación**

Los vasos precipitados se utilizan en laboratorio para medir volúmenes con precisión; los productos químicos, además deben resistir el choque térmico. Por lo cual, la mayoría de los vasos son de vidrio borosilicato que se puede usar para preparar o calentar auxiliares en diferentes concentraciones (Segeevna, 2021).

- **Varilla agitadora**

La varilla agitadora del laboratorio es de una sola pieza de vidrio sólido de borosilicato, que se usa para mezclar productos químicos (Zakuro, 2016).

- **Álcali**

Según (COLORQUIMICA, 2018) menciona que es un “álcali, que permite controlar el pH, principalmente en máquinas de circulación con bajo relación de baño. Por ende, es un producto corrosivo al estar en contacto con la piel, puede causar irritaciones” Por lo cual, es un producto alcalino y regularizado.

- **Ligante**

Es un agente químico que se utiliza para diferentes acabados y estampación textil por las propiedades que tiene, además, es de “dispersión acrílica pura, auto reciclable, de tamaño de partícula fino. Tiene pH 7.0 ± 0.5 , que se usa para sustratos textiles de poliéster, poliéster algodón y poliéster viscosa, además, tiene el objetivo de mejorar la solidez” (COLORQUÍMICA, 2010, p. 1)

- **Sulfato de hierro**

El sulfato de hierro agente químico que tienen sus propiedades, por lo cual, se utilizan en diversas aplicaciones como en la agricultura, textil para el tratamiento de aguas residuales y elaboración de colorantes, es un conductor en rango de temperaturas, por lo tanto, “es un

químico iónico de color verde que se encuentra en forma de sal pentahidratado” (RELUBQUIM, 2022).

- **Intercambiador iónico**

Es un producto químico que se utiliza para tintura y para acabados de sustratos textiles por las propiedades “como retenedor de pigmentos tiene la apariencia de líquido transparente y es soluble en agua temperada, la dosificación al iniciar es de 3%” (SEYQUIN CIA.LTADA., 2019, p. 1).

- **Tejido de punto jersey polar 100% poliéster**

Es un tejido de punto jersey 100% poliéster que tiene un acabado físico, que pasa por una máquina perchadora donde sobre salen pequeñas fibras hacia la parte superficial del tejido y se conoce como tejido polar, además, utilizan para múltiples usos textiles (Mauricio, 2018).

- **Caracterización del tejido**

Se determinó que la composición del tejido jersey polar es 100% poliéster mediante el método microscópico, donde se observó las fibras a lo largo de su eje longitudinal son cilíndricos y lisos. Donde, se coloca una muestra y mediante bajo la luz polarizada a una medida de 4x/0.10 (aumento) de capacidad se identifican el tipo de fibra (AATCC, 2010).

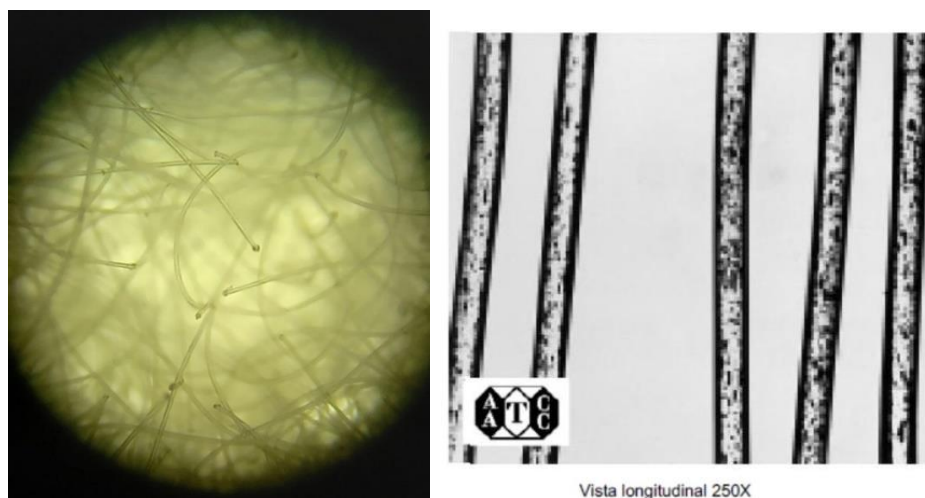
- a) Microscopio con aumento de 4x/0.10
- b) Cortar las muestras de 5x5 cm
- c) Separar las fibras de poliéster
- d) Colocar las fibras en portaobjeto
- e) Colocar el portaobjeto en el microscopio
- f) Verificar las características físicas de las fibras

En la siguiente (**Figura 10**) se pueden observar la imagen bajo el microscopio del sustrato textil

y se realizó la comparación con la imagen de la norma AATCC, por lo tanto, se afirma que el sustrato textil es 100% poliéster.

Figura 10.

Tejido jersey polar 100% Poliéster bajo el microscopio y fibra de poliéster



Fuente: Propia

En la siguiente (**Tabla 3**) se detallan datos de la caracterización realizado mediante el equipo de microscopio por lo que se determinó la composición del tejido jersey polar 100% poliéster.

Tabla 3

Caracterización del tejido

Caracterización		
Composición:	poliéster 100 %	
Tipo:	Punto	
Ligamento:	Jersey	
Gramaje:	220 g/m ²	

Fuente: Propia

3.4. Procedimiento

El procedimiento que se ejecutó en la presente investigación:

- Se desarrolló el acabado por el método de agotamiento en la máquina de prelavados de jean, con los respectivos auxiliares y la aplicación de sulfato de hierro en diferentes concentraciones. Una vez, terminado el proceso se procede a secar en un túnel de secado a una temperatura de 150°C.
- **Número de probetas:** Para realizar el ensayo de conductividad en ohmios se necesitan cuatro especímenes porque son cuatro concentraciones del sulfato de hierro. En cambio, para la prueba del pilling según la ISO 12495-2 se requiere al menos tres juegos de probetas con un diámetro de 140 ± 5 o 150 ± 2 mm de ancho como también de longitud y se coloca en cada plato.
- **Concentración del sulfato de hierro**

Se utilizaron métodos experimentales para establecer la dosis máxima y mínima a utilizar de sulfato de hierro. Por lo cual, se efectuó varias pruebas preliminares en laboratorio (ver **Anexo 1**) para determinar la cantidad apropiada, por lo cual se inició con 10%, 25%, 30%, 40%, 50%, 60%, 75%, 85% y 100% de sulfato de hierro, en donde, los resultados no aportaron porque no tiene continuidad eléctrica debido a que el equipo multímetro no fue capaz de realizar lecturas correspondientes. Para la prueba de pilling se optó aplicar cuatro formulaciones, utilizando para la receta como tal, partiendo con 10%, 25% de concentración así mismo, se empleó dos concentraciones más de 50% y 100%.

En la **Tabla 4** se especifican las siguientes dosificaciones del sulfato de hierro y los auxiliares, para realizar los cálculos con relación al peso del sustrato textil para colocar las cantidades exactas en el proceso de agotamiento en máquina de prelavados de jean. La relación de baño (R/B) para la primera receta es de 1/50 con peso (p) del sustrato de 79,23g, segunda receta R/B: 170 y p 56,5g para la muestra tres R/B: 1/60, p: 64g y para última muestra la R/B: 1/30 y p135g, por lo tanto, para proceso de acabado se utilizaron cuatro litros de agua, por último, se centrifugó y seco a una temperatura de 150°C a 10 rpm en el túnel de secado.

Tabla 4

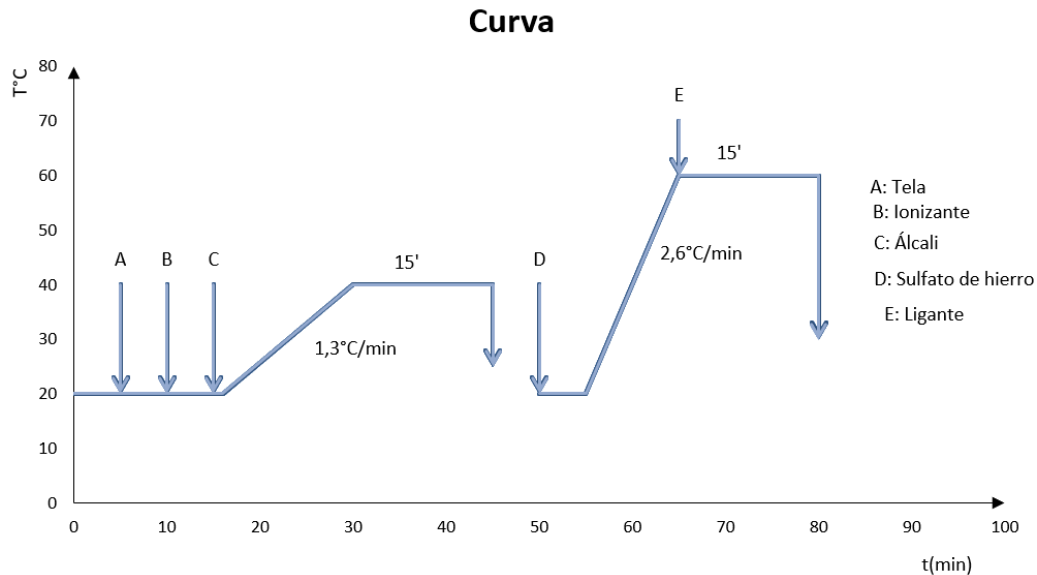
Recetas para el acabado con sulfato de hierro

	Receta 1		Receta 2		Receta 3		Receta 4	
	P: 79,23g		P: 56,5g		P: 64g		P: 135g	
Producto	Dosificación		Dosificación		Dosificación		Dosificación	
	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)	(%)	(g)
Ionizante	3	2,37	3	1,7	3	1,92	3	4
Álcali	1	0,79	1	0,56	1	0.64	1	1,35
Sulfato de hierro	10	7,93	25	14,12	50	3	100	135
Ligante	3	2,37	3	1,7	3	1,92	3	4

Mediante la **figura 11**, se puede visualizar la curva del proceso que se aplicó para el acabado con cuatro concentraciones de sulfato de hierro.

Figura 11.

Curva de proceso de acabado con sulfato de hierro



Fuente: Propia

Se debe seguir la curva de proceso para la aplicación del sulfato de hierro, con el fin de dar un acabado que se requiere, ya que es una secuencia a seguir como:

- Pesar el tejido.
- Calcular el agua de acuerdo con la relación de baño empleado
- Calcular los auxiliares de acuerdo con el peso del tejido
- Colocar a 15°C el tejido, ionizante y álcali
- Subir la temperatura a 1,3min/°C por 15 minutos y mantener por 15 minutos a 40°C y botar el baño
- Colocar a 20°C el sulfato de hierro y subir la temperatura a 1,5min/°C por 10 minutos

- A 60°C colocar ligante y mantener por 15 minutos y botar el baño

3.4.1. Norma

- **ISO 12945-2 - Determinación la tendencia a formación de pilling en textiles**

La norma muestra cómo se debe aplicar y da a conocer cada uno de los puntos y parámetros para llevar a cabo el ensayo correctamente en laboratorio y los datos sean exactos, como también, da a conocer como es el funcionamiento correcto y las graduaciones. Por último, indica cómo se deben calificar de acuerdo con los parámetros de la norma, que puede rechazar o aceptar de acuerdo con los resultados de cada una de las probetas:

La norma ISO 12945-2 tiene el objetivo de aplicar este procedimiento para todos los ensayos de determinación de la tendencia de los textiles a la formación de pelusilla y de bolitas en la superficie aplicando el método del Martindale modificado que se realiza en laboratorio. El ensayo consiste en frotar una probeta circular y se ubica en la parte superficial donde específicamente se realiza el frotamiento de los mismos, por lo cual, pasa por una fuerza definida representada una curva de Lissajous con la probeta, tiene la capacidad de girar de una manera fácil alrededor del eje que atraviesa por el centro, perpendicular al plano de la muestra circular sobre una superficie para realizar el frote por el mismo tejido, o La formación de pelusilla y de bolitas es evaluada visiblemente posteriormente de la etapa determinada en la prueba (Norma ISO 12945-2, 2016, p. 3).

La identificación y manipulación de muestras; las muestras que ingresen al laboratorio se codificarán y deben mantenerse dentro de los sobres de manila previamente identificado con el número de la muestra.

- **Pretratamiento:** Las muestras se lavan o limpian de acuerdo con los métodos que se va a aplicar por lo cual, se efectúa de acuerdo con ello.
- **Toma de muestras:** la probeta a colocar en el porta-probetas deben ser un disco de 140 ± 5 mm de diámetro. La probeta para colocar en el plato de formación de bolitas puede tener 140 ± 5 o 150 ± 2 mm de longitud y anchura, según el caso.
- **Números de probetas:** La norma indica tres juegos de probetas, ya que un juego exacto consta de una muestra para el porta-probetas y además una muestra se coloca en el plato correspondiente donde aparecen las formaciones de pilling.

3.5. Pruebas de laboratorio

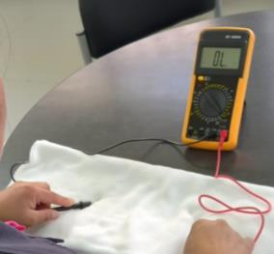
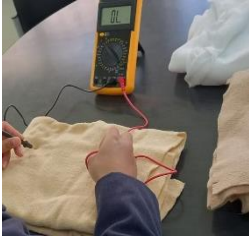
Las pruebas respectivas se desarrollan en el laboratorio, una vez realizado el respectivo acabado con 10%, 25%, 50% y 100% de concentración de sulfato de hierro y auxiliares en máquina de prelavado de jean y después se somete al proceso de secado a 150°C .

3.5.1. Prueba de resistencia en ohmios (Ω)

La prueba de resistencia en ohmios se ejecuta después de dar el acabado respectivo al sustrato textil con diferentes concentraciones de sulfato de hierro y después de pasar por el proceso de termofijado a 150°C por el equipo de túnel de secado. Se procede a medir la resistencia con un multímetro en ohmios, ubicando los terminares en diferentes puntos del tejido. como se muestra en la siguiente **Tabla 5** se realizó el ensayo de resistencia en ohmios (Ω) con el equipo multímetro, para lo cual, se debe prender el equipo, girar el selector y colocar en ohmios luego colocar los terminales el primero el color negro y después el color rojo.

Tabla 5

Toma de medidas de resistencia en ohmios (Ω)

M1	M2 - 10%	M3 - 25%	M4 50%	M5-100%
				

Nota: Medición de resistencia en ohmios de tejido jersey polar 100% poliéster, sin acabado y con acabado de sulfato de hierro con concentración de 10%, 25%, 50% y 100%.

3.5.2. Prueba de resistencia al pilling

El proceso respectivo que se realizó para la prueba de resistencia a la formación del pilling, se debe seguir la norma, ya que indica cómo se debe llevar a cabo esta prueba. Con un sacabocado de 154 cm^2 se debe realizar 6 cortes del tejido porque la norma pide tres pares de muestras. Todas las probetas se deben colocar al derecho del tejido en las dos porta muestras porque el tejido tiende a formar pilling en la parte superficial, por lo cual, se debe colocar en el plato para la formación del pilling la muestra y poner una pesa sobre el plato para acoplar el anillo porta-probeta, mediante un mecanismo de sujeción para fijar el anillo.

Después, se coloca la placa guía del porta-probetas y se asegura con movimiento uniforme, a sí mismo, se debe colocar la muestra para la formación del pilling, la cual debe estar asegurados cada una de las muestras. Las probetas para ensayar van desde 500 ciclos a 7000 ciclos, por cada categoría se va evaluando de acuerdo con la plantilla que varían desde el 1 al 5 siendo el número uno: la formación del pilling muy severa; número 2: la formación del pilling severo; número 3: la

formación del pilling moderado; numero 4: la formación del pilling leve y el número 5: sin pilling.

En la **Tabla 6**, pueden observar las probetas que se sometieron a pruebas de laboratorio bajo la norma ISO 12945-2 la determinación de la tendencia de los textiles a la formación del pilling superficial. Cada una de ellas se evaluaron con la plantilla para comparar cual es la muestra que presenta buena resistencia a la formación del pilling. Sin embargo, el sulfato de hierro en presencia del agua y oxígeno facilita la oxidación del hierro, cambiando la apariencia de color verde a color amarillo de diferentes tonalidades (Ortiz Gonzales & Solarte Hernández, 2021). Además, se pueden apreciar las probetas de diferentes tonalidades de color blanco que es el original a tonos de color marrón con aplicación de menor concentración de sulfato de hierro y a medida que se va aumentado la concentración del producto tienden a color amarillo.

Tabla 6

Pruebas de la resistencia a la formación al pilling con el acabado de sulfato de hierro

M1	M2 - 10%	M3 - 25%	M4 50%	M5-100%
				

Nota: La prueba de la resistencia a la formación al pilling - 7000 ciclos. Los significados de las abreviaturas son: M1: muestra uno sin acabado; M2: Muestra dos con acabado al 10% de concentración de sulfato de hierro; M3: muestra tres con 25% de concentración de sulfato de hierro; M4: muestra cuatro con 50% de concentración de sulfato de hierro; M5: muestra con 100% de concentración de sulfato de hierro.

3.5.3. Prueba al lavado

La prueba de lavado se lo realiza con el fin de determinar si el acabado es permanente, semipermanente o no permanente de acuerdo con el número de lavado que se le da al tejido, por lo cual, el acabado es semipermanente. En la **figura 12** se observa el equipo empleado.

Figura 12.

Prueba de lavado en equipo wascator



Fuente: Propia

Se realizó el lavado y secado doméstico en la máquina denominado Wascator según la norma ISO 6330-2012. La norma detalla cómo se debe llevar a cabo el proceso de lavado de los tejidos, la cual especifica en tipo de detergente a utilizar, el contrapeso de (Co, Co/Pes, Pes) y el nivel del lavado que varía dependiendo el sustrato textil. El detergente para utilizar es tipo A, para proceder lavar se debe colocar en el equipo un peso de 2 kg de tejido; en este caso se colocó 0,33 kg peso del tejido y 0,87 kg de contrapeso. Para realizar el cálculo de detergente a utilizar, ya que se debe emplear 20 g en 2 kg, se realizó el cálculo y se colocó 12 g de detergente y el nivel de lavado de 3N de lavado normal durante 1 hora. Durante el proceso del lavado se puede observar el color del agua o residuo del lavado, que puede salir el color del sustrato textil, además, va a depender del tipo de acabado realizado, por lo tanto, se compara los datos al realizar nuevamente el análisis de ensayo mediante equipos de laboratorios.

CAPÍTULO IV

4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

4.1. Resultados

Mediante este capítulo se detallan los resultados adquiridos de dos pruebas distintos, realizadas en los Laboratorios de CTEX cómo son: la determinación de la tendencia de los sustratos textiles a la formación de pilling en la superficie del tejido mediante el método de Martindale según la norma ISO 12945-2, y la resistencia en ohmios mediante el equipo multímetro; por lo tanto, los datos se agrupan en tablas según el número de muestras.

4.1.1. Tabla de resultado de resistencia en ohmios (Ω)

Mediante la **Tabla 7** muestran los datos de la resistencia en ohmios del tejido jersey polar 100% poliéster, que se realizaron las tomas de medidas con un multímetro para lo cual, se adquirió cinco probetas sin acabado y con acabados, también, después de la prueba de lavado, donde, el equipo no lee debido a cargas muy bajas de los tejidos sin acabados y con acabados.

Tabla 7

Resultado de resistencia en ohmios del tejido jersey polar 100% poliéster con acabado de sulfato de hierro

NT	PSC	P1C	P2C	P3C	P4C	P1CL	P2CL	P3CL	P4CL
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: Se detalla el significado de las codificaciones NT; Número de tomas; PSC prueba sin concentración de sulfato de hierro, P1C prueba con primera concentración del 10% de sulfato de hierro, P2C prueba con segunda concentración del 25% de sulfato de hierro, P3C prueba con tercera concentración del 50% de sulfato de hierro y P4C prueba con cuarta concentración del 100% de sulfato de hierro. Y pruebas de lavado agregado L.

4.1.2. Tabla de resultado de resistencia al pilling

En la siguiente **Tabla 8** se dan a conocer los datos de la resistencia a la formación del pilling, que se adquirieron mediante las pruebas que se realizaron en el equipo Martindale, cómo la norma indica tres muestras para realizar los ensayos, por lo cual, se tomó tres muestras por cada concentración del sulfato de hierro para comparar los datos que se obtuvo de cada una de las probetas.

Tabla 8

Resultado de grado de pilling de acabado con sulfato de hierro

NC	MSC			M1C			M2C			M3C			M4C		
500	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
1000	2	2	2	2	2	2	3	3	3	2	2	2	2	2	2
2000	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
5000	1	1	1	1	1	1	2	2	2	1	1	1	1	1	1
7000	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: Significados de las siguientes siglas (NC) número de ciclos, MSC muestra sin acabado, M1C: muestra con primera concentración de 10%, M2C: muestra con segunda concentración de 25%, M3C: muestra con tercera concentración de 50% y M4C: muestra con cuarta concentración de 100%.

4.1.3. Tabla de resultado de resistencia al pilling después del lavado

La **Tabla 9** muestra los datos obtenidos acerca de la resistencia a la formación del pilling después de realizar el lavado y secado. Nuevamente se cortan con el sacabocado tres muestras por cada concentración de sulfato de hierro aplicado, se realizan los ensayos correspondientes en el equipo Martindale, una vez, que cumplen el número de ciclos se procede a evaluar cada probeta con la plantilla.

N°M	PSC	P1C	P2C	P3C	P4C	P1CL	P2CL	P3CL	P4CL
1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0
4	0	0	0	0	0	0	0	0	0
5	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Nota: La norma indica que se debe realizar el ensayo de tres muestras, por lo cual se realizó el promedio por cada concentración para colocar los datos en el programa past4. Como también, en las tablas se ha designado las siglas que se describieron con anterioridad.

4.2. Discusión de resultados

La discusión de resultados se realizó mediante las tablas de normalidad de datos, varianza con la tabulación de datos de los resultados mencionados anteriormente. Por lo cual, para la obtención de gráficos y tablas se utilizó programas estadísticos como el software past4, Excel para la interpretación de los gráficos.

4.2.1. Normalidad de los datos

La normalidad de los datos se emplea para determinar si una clasificación de datos continúa con la distribución normal o no. Se comprende que los datos el 95% son confiables con un margen de error de 5%. Por lo cual, este estudio es muy importante para la toma de decisiones en general, por lo tanto, es rechazado la hipótesis nula si el valor de p es menor o igual que α en cambio sí acepta la hipótesis alterna. Es aceptado la hipótesis nula cuando el valor de P es mayor que α , además, es rechazado la hipótesis alterna ya que tiene una distribución normal de datos y emplean pruebas paramétricas. Asimismo, la probabilidad de los datos que proporcionan “de ($P > 0,05$) son valores normales y ($P < 0,05$) son valores que no son normales” (Alberto, 2023)

como también, el software estadístico PAST 4 tiene varias pruebas disponibles que se describen a continuación.

La prueba de normalidad de Shapiro Will W; se utiliza para diferenciar la normalidad cuando el tamaño de la muestra es menor o igual a cincuenta para determinar si continúan con la distribución normal. Como también, se realiza el cálculo de “la media y varianza muestral, se rechaza la hipótesis nula” (Alberto, 2023). Además, cuando es menor que el valor crítico que da a conocer mediante la tabla. La prueba de normalidad de Anderson – Darling A, se utiliza para cerciorarse muestras de datos que satisfacen el punto de normalidad o se ajustan a la distribución de probabilidad. Por lo tanto, los valores menores de A^2 , favorece a la hipótesis nula ya que se ajusta lo que indica el usuario, sin embargo, no siempre se puede calcular p- valor (Alberto, 2023).

La prueba de normalidad de Jarque -Bera JB, se utiliza antes para constatar la normalidad ya que se emplea para grandes conjuntos de datos por lo que está prueba es confiable a diferencia de otras pruebas que no son confiables cuando el n es grande.

Se ejecuta la normalidad de los datos en el software PAST4, que se tomó los datos generales de las pruebas como son: resistencia en ohmios y la resistencia a la formación del pilling antes del lavado y después del proceso de lavado. Por lo cual, se debe obtener valores mayores a ($p > 0,05$), es decir que, presenta el 95% de confiabilidad según los métodos estadísticos mencionados con anterioridad.

Figura 13.

Normalidad de los datos de la resistencia al pilling y la resistencia en ohmios

Tests for normal distribution

	MSC	M1C	M2C	M3C	M4C	M1CL	M2CL	M3CL	M4CL
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Shapiro-Wilk W	0,881	0,881	0,881	0,881	0,881	0,8835	0,881	0,8835	0,7709
p(normal)	0,314	0,314	0,314	0,314	0,314	0,3254	0,314	0,3254	0,04595
Anderson-Darling A	0,3644	0,3644	0,3644	0,3644	0,3644	0,4709	0,3644	0,4709	0,6028
p(normal)	0,2732	0,2732	0,2732	0,2732	0,2732	0,1286	0,2732	0,1286	0,05166
p(Monte Carlo)	0,3021	0,3071	0,3099	0,3227	0,3133	0,1309	0,3176	0,1391	0,051
Lilliefors L	0,2305	0,2305	0,2305	0,2305	0,2305	0,3	0,2305	0,3	0,3488
p(normal)	0,5192	0,5192	0,5192	0,5192	0,5192	0,1489	0,5192	0,1489	0,04512
p(Monte Carlo)	0,5184	0,5128	0,5227	0,5266	0,527	0,1633	0,5312	0,1605	0,044
Jarque-Bera JB	0,3754	0,3754	0,3754	0,3754	0,3754	0,05208	0,3754	0,05208	0,7703
p(normal)	0,8289	0,8289	0,8289	0,8289	0,8289	0,9743	0,8289	0,9743	0,6803
p(Monte Carlo)	0,7608	0,7602	0,7536	0,7628	0,7591	1	0,7544	1	0,1701

Tests for normal distribution

	PSC	P1C	P2C	P3C	P4C	P1CL	P2CL	P3CL	P4CL
N									
Shapiro-Wilk W									
p(normal)									
Anderson-Darling A									
p(normal)									
p(Monte Carlo)									
Lilliefors L									
p(normal)									
p(Monte Carlo)									
Jarque-Bera JB									
p(normal)									
p(Monte Carlo)									

Nota: Significados de las siguientes siglas MSC: sin concentración de sulfato de hierro, M1CL: muestra de lavado con primera concentración de 10% de sulfato de hierro, M2CL: muestra lavada con segunda concentración de 25% de sulfato de hierro, M3CL: muestra lavada con tercera concentración de 50% de sulfato de hierro y M4CL: muestra lavada con cuarta concentración de 100% de sulfato de hierro. las siguientes siglas que está agregado L significa que son muestras lavadas. PSC prueba sin concentración de sulfato de hierro, P1C prueba con primera concentración del 10% de sulfato de hierro, P2C prueba con segunda concentración del 25% de sulfato de hierro, P3C prueba con tercera concentración del 50% de sulfato de hierro y P4C prueba con cuarta concentración del 100% de sulfato de hierro.

Mediante la ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. se demuestra el análisis de normalidad de los datos que se obtuvo mediante el ensayo en laboratorio de la prueba de resistencia al pilling, de tal manera que los datos que presentan en el software PAST 4 de distintos autores donde mencionan que p-valor a 0,05 la confiabilidad del 95% de los datos y una distribución normal, además, son aceptados la hipótesis. La prueba de Jarque – Bera JB se utilizó para el análisis de normalidad de los datos donde afirma que p (normal) es $p > 0,05$ esto quiere decir que, se obtiene el 95% de confiabilidad de los datos y 5% de margen de error, de todas las muestras sin acabado, con acabados con diferentes concentraciones y lavado referente a la resistencia al pilling, no obstante, las pruebas de resistencia en ohmios no se obtiene los datos porque todos tienen la valoración de cero.

4.2.2. Análisis de la varianza

El análisis de varianza o (Analysis Of Variance) como también, denominado como ANOVA es uno de los más importante de la investigación porque se emplea para la comparación de las varianzas entre las medias de distintos grupos de comparación (Fallas, 2014). El objetivo de esta prueba es encontrar si hay la diferencia de variación de las muestras.

El análisis mencionado con anterioridad cumple la prueba de igualdad de medidas de población de múltiples, la determinación de las medidas de múltiples poblaciones es iguales analizando cada fuente de error en los datos observados. Las variables independientes de escala de categoría o escala proporcional y para el análisis de diseño experimental completamente aleatorio (Jiaotong, 2018).

Figura 14.

Análisis de varianza de la resistencia al pilling y resistencia en ohmios

Univariate statistics									
	MSC	M1C	M2C	M3C	M4C	M1CL	M2CL	M3CL	M4CL
N	5	5	5	5	5	5	5	5	5
Min	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Max	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Sum	9	9	11	9	9	10	11	10	8
Mean	1,8	1,8	2,2	1,8	1,8	2	2,2	2	1,6
Std. error	0,3741657	0,3741657	0,3741657	0,3741657	0,3741657	0,3162278	0,3741657	0,3162278	0,4
Variance	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	0,5	0,7	0,5	0,8
Stand. dev	0,83666	0,83666	0,83666	0,83666	0,83666	0,7071068	0,83666	0,7071068	0,8944272
Median	2	2	2	2	2	2	2	2	1
25 prcntil	1	1	1,5	1	1	1,5	1,5	1,5	1
75 prcntil	2,5	2,5	3	2,5	2,5	2,5	3	2,5	2,5
Skewness	0,5122408	0,5122408	-0,5122408	0,5122408	0,5122408	0	-0,5122408	0	1,257788
Kurtosis	-0,6122449	-0,6122449	-0,6122449	-0,6122449	-0,6122449	2	-0,6122449	2	0,3125
Geom. mean	1,643752	1,643752	2,047673	1,643752	1,643752	1,888175	2,047673	1,888175	1,430969
Coeff. var	46,48111	46,48111	38,03	46,48111	46,48111	35,35534	38,03	35,35534	55,9017

[illegible]

En la **Figura 14** se puede visualizar el análisis de varianza realizado en el programa estadístico Past4, donde muestran los siguientes datos como: mínimo, máximo, estándar de error, media, varianza, desviación estándar, coeficiente de variación y entre otros. Todos los datos son importantes por lo que permite conocer la dispersión o la separación de datos de las muestras, utilizando la medida de dispersión que muestran la varianza de la distribución de los datos. Por lo tanto, la varianza de las muestras de MSC, M1C, M2C, M3C, M4C es 0,7, que significa que los datos están dispersos en cambio la variación de las muestras M1CL Y M3CL son de 0,5, que quiere decir que los datos se encuentran agrupados, por último, la varianza de la muestra M4CL es de valor 0,8 este valor es alto e indica que están mucho más dispersos o separados los datos a comparación de las muestras que tiene el valor de varianza de 7, por lo cual, que hay diferencia. De la misma manera, la comparación del porcentaje de coeficiente de variación determina la diferencia que existe entre los datos de cada una de las muestras, por lo tanto, el más que se acerca al 100% el coeficiente de variación más variabilidad existente los datos, mientras, más se acerque al 0% de coeficiente de variación los datos se encuentran más cerca de la media o los datos son más parecidos entre ellos. El coeficiente de variación de las muestras de MSC, M1C, M3C, M4C tienen el valor de 46,481111, las muestras de M2C Y M2CL tienen el valor de 38,08 quiere decir que se encuentra más cerca a la media, mientras las muestras M1CL y M3CL tienen el valor de 35,35534 se acerca a la media los datos son más parecidos y la desviación estándar se comprueba una vez más que los datos de las muestras tiene la variabilidad por que se encuentran dispersos. También, los datos de diferentes muestras son iguales, por lo cual, se realizó una agrupación de las muestras en cuatro grupos que tiene los mismos datos, no se pueden obtener los datos de la varianza de la prueba de resistencia al pilling debido a la **Tabla 7**.

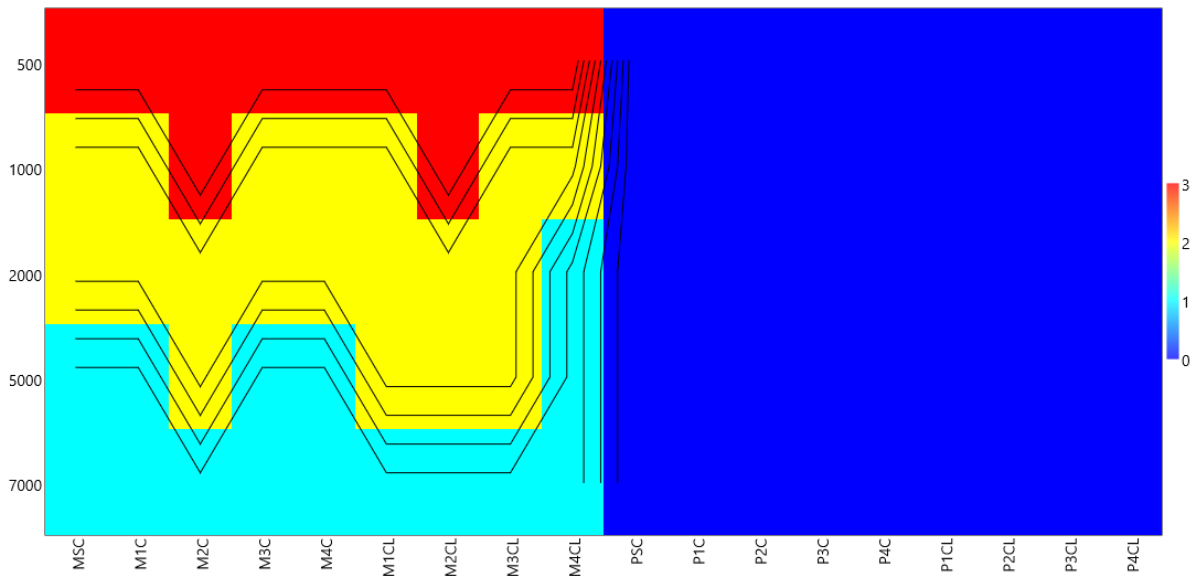
4.2.3. Interpretación de los resultados en resistencia de pilling y resistencia en ohmios.

Para interpretación los resultados se utilizó diferentes gráficos estadísticos realizados en: software PAST4 y Excel, además, son herramientas muy importantes para la visualización de los datos de las muestras, como también, facilita la comparación y comprensión de los datos indicados en las siguientes figuras.

El gráfico de matrix plot **Figura 15** se utiliza para la obtener una visión general de una matriz de datos de gran tamaño, son asignados diferentes colores de acuerdo con el valor más alto y bajo.

Figura 15.

Gráfico matix plot



Nota: Significados de las siguientes siglas MSC sin concentración de sulfato de hierro, M1CL: muestra de lavado con primera concentración de 10% de sulfato de hierro, M2CL: muestra lavada con segunda concentración de 25% de sulfato de hierro, M3CL: muestra lavada con tercera concentración de 50% de sulfato de hierro y M4CL: muestra lavada con cuarta concentración de 100% de sulfato de hierro. las siguientes siglas que está agregado L significa que son muestras lavados. Además, las pruebas de resistencia eléctrica con acabado y después del lavado se encuentra con la P y las mismas concentraciones del sulfato de hierro.

En la **Figura 15** se visualiza el gráfico de Matrix plot que presenta una matriz de datos, empleando la escala de azul para el valor bajo 0, celeste para el 2, amarillo para el 3 y el rojo para el valor más alto 3, que contiene contorno. Se utiliza para adquirir una visión general de todos los datos. Para la obtención de la figura se utilizó los datos adquiridos en la **Tabla 10**.

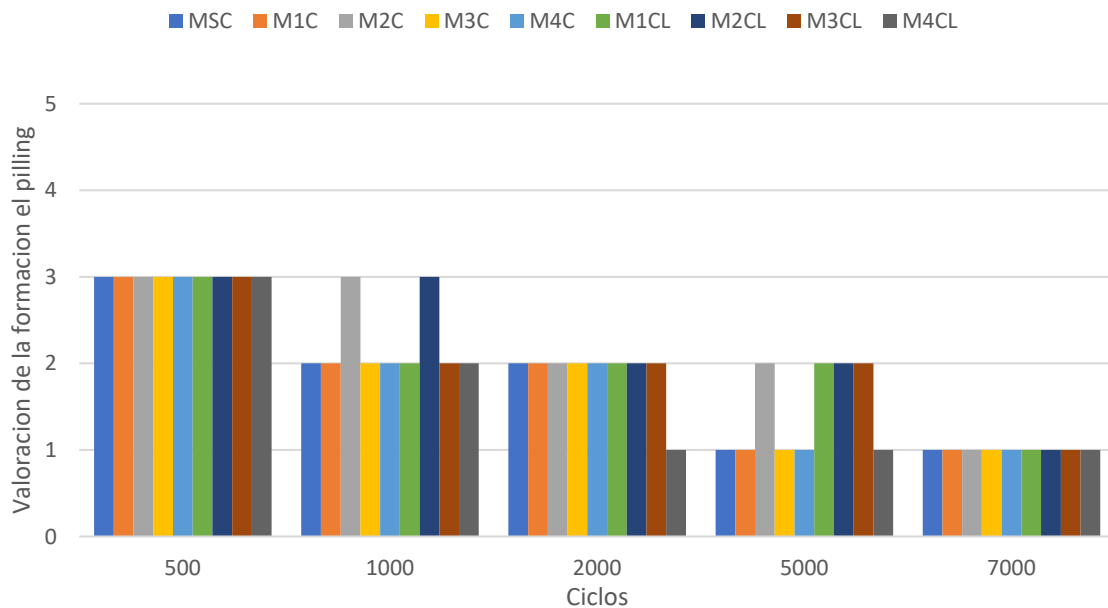
En el gráfico se encuentra en el eje y, los ciclos de frotación del equipo Martindale en cambio en el eje de la x presenta las abreviaturas de las muestras con acabados y lavados. Todas las muestras sin acabado, con acabado del 10%, 25%, 50% y 100% de concentración de sulfato de hierro de las pruebas PSC, P1C, P2C, P3C, P4C, P1CL, P2CL, P3CL, P4CL se encuentran marcados en color azul con la valoración de 0 de resistencia en ohmios, antes y después del lavado no tiene la diferencia porque los datos son constantes. Las muestras sin acabado y con acabado y las muestras lavadas (MSC, M1C, M2C, M3C, M4C, M1CL, M2CL, M3CL Y M4CL) se encuentran marcados de color rojo, que tienen resistencia a la formación del pilling en 500 ciclos de frotación y la evaluación de 3, que indica la formación del pilling moderado. En los 1000 ciclos de frotación todas las muestras sin acabado, con acabado y lavado pierden la resistencia a la formación del pilling y se encuentran marcados de color amarillo con una valoración de 2 que indica la formación de pilling severo. A excepción de la muestra dos con acabado del 25% de concentración de sulfato de hierro y lavado tienen la resistencia a la formación del pilling y están marcados de color rojo con una valoración de 3. En los 2000 ciclos todas las muestras se encuentran marcados de color amarillo con una valoración de 2, que indica la formación del pilling severo. A medida que se va empleando más ciclos que son de 5000, la M2C Y M2CL tienen resistencia a la formación del pilling que se encuentra marcado de color amarillo con una evaluación de dos, por lo que, se deduce como la muestra con mejor características y propiedades obtenidas a comparación de otras muestras que se encuentran

marcados de color celeste con una valoración de 1, que significa la formación del pilling muy severas. En los 7000 ciclos de frotación todas las muestras sin acabado con acabado y muestras lavadas tienden a la formación del pilling muy severas que se encuentran marcados de color celeste con una valoración de 1.

En la **Figura 16**, se visualiza el gráfico de barras, realizado en el Excel que se emplea para presentar todos los datos que puede ser de variables cuantitativas o cualitativas, además, este gráfico consiste en mostrar los datos mediante columnas o barras que sirven para comparar los datos correspondientes.

Figura 16.

Gráfico de barras



Fuente: propia. Nota: Significados de las siguientes siglas MSC sin concentración de sulfato de hierro, M1CL: muestra de lavado con primera concentración de 10% de sulfato de hierro, M2CL: muestra lavada con segunda concentración de 25% de sulfato de hierro, M3CL: muestra lavada con tercera concentración e 50% de sulfato de

hierro y M4CL: muestra lavada con cuarta concentración de 100% de sulfato de hierro. las siguientes siglas que está agregado L significa que son muestras lavados.

Para la obtención de la **Figura 16**, se utilizó los datos de la **Tabla 10** obtenidos mediante el ensayo realizado en laboratorio, Tabla 10 es un gráfico que lleva en el eje vertical y los valores de evaluación que va desde 1 a 5 en cambio en el eje horizontal x se encuentran ubicados los números de ciclos que establece la norma que va desde 500 ciclos hasta 7000 ciclos, como también, se pueden distinguir por los colores que presenta cada una de las muestras y tienen abreviaturas que facilita la comparación. En los primeros 500 ciclos todas las muestras: MSC, MC Y MCL tienen una evaluación de 3 por lo que, todas las columnas se encuentran iguales y la formación de pilling es moderado, por lo tanto, si resistieron a 500 ciclos de frotación, ocasionando el cambio en la parte superficial del tejido formando pilling dispersos y menos denso. En 1000 ciclos se puede distinguir una variación de las muestras: M2C y MC2L al 25% de sulfato de hierro que tienen la valoración de 3, es decir que resiste a 1000 ciclos de frotación, se deduce que las muestras representan mejoras en sus propiedades con acabado al 25% de concentración, en cambio, el resto de las muestras: MSC, MC y MCL se encuentran todos iguales con una evaluación de 2 y la formación del pilling severo, es decir, que a medida que va aumentando los ciclos de frotación va generando pilling densos en la superficie del tejido. En 2000 ciclos se distingue M4CL con la evaluación de 1, que tiene la formación del pilling muy severo y más densos, a comparación de las demás muestras: MSC, MC y MCL que se encuentra dentro de la evaluación 2 que indica la formación de pilling severo. Es decir que, si resisten a 2000 ciclos de frotación, formando un pequeño cambio en la parte superficial del tejido. En 5000 ciclos las muestras: MSC, M1C, M3C, M4C Y M4CL tienen la valoración de 1 y la formación del pilling muy severo, es decir que, a medida que va aumentando los ciclos se va formando pilling más densos, a comparación de las muestras: M2C, M1CL, M2CL, M3CL

tienen la valoración de 2, que quiere decir, que las muestras lavadas y una muestra con acabado tienen más resistencia es decir que sí influye la aplicación del sulfato de hierro en el tejido aun después del lavado que tiene más resistencia a comparación de las muestras con acabado y sin acabado. En 7000 ciclos todas las muestras tienen la valoración de 1, es decir, que no resisten a 7000 ciclos.

CAPÍTULO V

5 Conclusiones y recomendaciones

5.1. Conclusiones

- La cantidad de información de diferentes fuentes bibliográficas de estudios relacionados con la carga electrostática, acabados con metales y auxiliares en artículos textiles es muy amplia, donde, se adquirió una base de información confiable y sustentable; además, el hierro se encuentra dentro del grupo de metales; por lo tanto, sirvió como guía en cuanto a la parte práctica para complementar con el desarrollo de la investigación.
- El tejido jersey polar 100% poliéster al ser una fibra sintética tiende a ser mala conductora de electricidad, por lo tanto, la carga electrostática permanece en la superficie del tejido, adquiriendo como resultado descargas eléctricas sobre el cuerpo con resistencia, para medir estas cargas se empleó el equipo multímetro y su lectura en ohmios, se realizó las pruebas correspondientes de la muestra sin acabado y las muestras con acabado del 10%, 25%, 50% y 100% de concentración de sulfato de hierro, debido a que la carga a medir es demasiado baja y no lee el quipo en ohmios (Ω), entonces para comprobar los resultados se realizó la prueba de la resistencia al pilling.
- Después de realizar el ensayo de resistencia a la formación del pilling en equipo Martindale de las muestras; muestra sin acabado y con acabado de 10%, 25%, 50% y 100% de concentración de sulfato de hierro. Donde, los valores se presentan en la **Tabla 10** concluyendo que la muestra con acabado de 25% de concentración de sulfato de hierro presentó mayor resistencia hasta 5000 ciclos, Asimismo, después de someter al

proceso de lavado se evidenció los mismos resultados de la muestra mencionada. Además, después de la prueba de lavado se sometió a todas las probetas a una nueva evaluación de resistencia al pilling, donde se obtuvo mejores resultados. A diferencia de otras probetas con acabado de diferentes concentraciones de sulfato de hierro. El empleo de detergente específico para poliéster y el movimiento mecánico de la lavadora ayuda a desplazar las pelusas sueltas y partículas en el agua y además, tiene el filtro, por lo tanto, reducen en este proceso (Brodin et al., 2018).

- Sin embargo, se encontró que el sulfato de hierro sirve como colorante para las fibras sintéticas porque se tinturó uniforme (**ver Anexo 2**). Además, el producto se agota rápido en el proceso de agotamiento.

5.2. Recomendaciones

- Se recomienda investigar minuciosamente y adquirir información verídica e importante mediante fuentes bibliográficas confiables, con el objetivo de evitar datos o información erróneos para el desarrollo de la investigación o proyecto de estudio.
- La carga electrostática que lleva un tejido jersey polar 100% poliéster en este caso 100% sintético es medido a través de equipo multímetro, al medir la resistencia ohmios en las muestras se tienen valores bajo el rango medible en ohmios, se aconseja adquirir equipos aptos para medir resistencias de este nivel.
- Durante el proceso de acabado por agotamiento con sulfato de hierro en el tejido jersey polar 100% poliéster, se pudo visualizar el cambio de color del tejido originalmente blanco, hacia tonalidades de color beige – marrón, se recomienda profundizar en el tema, dado a la ventaja que presenta invertir este producto en relación con colorantes.

- Por último, se aconseja: conocer, manejar y sobre todo la interpretación de gráficos, normalidad y análisis de varianza de datos obtenidos del programa software PAST 4, porque son de suma importancia para la discusión de resultados de ensayo normalizado realizados en laboratorio.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AATCC. (2010). Aatcc Technical Manual. *Aatcc*, 85, 465. www.aatcc.org.
- Albarracín, E. J. G., Morales, J. A. R., García, S. B., & Rizo, E. A. Q. (2022). Metodología De La Investigación. *Perspectivas y Problemáticas de Las MiPymes Frente a Las Compras Públicas En Colombia*, 23–26. <https://doi.org/10.2307/j.ctv2vdbtsb.5>
- Alberto, C. (2023). *Las pruebas de normalidad Introducción*. January. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.23329.48483>
- Ali, M. A., Aly, N. M., & Abou El-Kheir, A. A. (2021). Imparting antibacterial activity, UV-protection properties and enhancing performance of casein modified polyester fabrics. *Journal of the Textile Institute*, 112(9). <https://doi.org/10.1080/00405000.2020.1823106>
- An, J., Kim, S., Choi, J.-W., Park, J., Son, S.-R., Park, C. B., & Lee, J. H. (2022). Fabrication of a highly stretchable and electrically conductive silicone-embedded composite textile through optimization of the thermal curing process. *Journal of Industrial and Engineering Chemistry*, 108, 139–149. <https://doi.org/10.1016/j.jiec.2021.12.033>
- Bayetero, E. (2017). Utilización del almidón de patatas para impermeabilizar telas pes/co destinadas a mantelería. 2017, 50–61. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/6448>
- Bonaldi, R. R. (2018). 6 - Functional finishes for high-performance apparel. In J. McLoughlin & T. Sabir (Eds.), *High-Performance Apparel* (pp. 129–156). Woodhead Publishing. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100904-8.00006-7>
- Brodin, M., Norin, H., Hanning, A.-C., & Persson, C. (2018). *Filters for washing machines Mitigation of microplastic pollution*. 25. <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publ-kompl/1003-09 Report Filters for washing machines.pdf>
- Canaan, R. (2019). *Los 19 Métodos de Investigación Más Habituales*. 1–7.
- Carvajal, S. (2021). *Caracterización de un tejido mezcla poliéster / algodón aplicando grafeno mediante el proceso de adsorción*.
- COLORQUIMICA. (2018). *Ficha técnica de producto MARVACOL ATP HSP*. 1–2.
- Colorquímica. (2016). Colorantes Dispersos. *NOVACET Colores Dispersos*, 2.
- COLORQUÍMICA. (2010). Novaprint fsh. 2010, 3–5.
- Constitución República del Ecuador. (2008). *República del ecuador*. 653, 1–17. <http://repositorio.iaen.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/24000/3845/TESIS RICAURTE 2016 FINAL.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- CTEX. (2020a). *Breve descripción de los equipos disponibles en los laboratorios de la carrera de textiles*.
- CTEX. (2020b). *Martindale*. <https://textiles.utn.edu.ec/wp-content/uploads/2020/11/3.-ANEXO->

ESPECIFICACIONES-DE-LOS-EQUIPOS-DE-LABORATORIO.pdf

- Dominguez, R. (2016). Tipos de Termómetros. *MoodleTermometros.Xxx*, 1, 3. https://amyd.quimica.unam.mx/pluginfile.php/5741/mod_resource/content/2/Termómetros_Tipos.pdf
- Fallas, J. (2014). Análisis de varianza. *Revista Chilena de Anestesia*, 43(4), 306–310. http://www.ucipfg.com/Repositorio/MGAP/MGAP-05/BLOQUE-ACADEMICO/Unidad-2/complementarias/analisis_de_varianza_2012.pdf
- Fernández, G. (2020). *Obtención de un hilo conductor mediante la aplicación de grafeno por el método de adsorción en hilos de Pes/Co*". <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10292>
- García Ovejero, R. (2014). Estudio del comportamiento de materiales textiles en relación con la electricidad estática. *Gredos.Usal.Es*, 294. <https://gredos.usal.es/jspui/handle/10366/127367>
- Guacales, A. (2019). “Obtención de un tejido conductor en base a grafeno por el método de estampación.” <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/9642>
- Hakeim, O. A., El Zawahry, M. M., Aly, N. M., El-Hawary, N. S., Diab, H. A., & Ali Marwa, A. (2015). Anti-static and functional properties of asminosilsesquioxane oligomer treated and dyed fabrics. *Journal of the Textile Association*, 76(2), 90 – 101. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-84962113255&partnerID=40&md5=ba86cc96512b3f3f7ef7073fbb28915b>
- Helwig, N. E., Hong, S., & Hsiao-wecksler, E. T. (2015). *No 主観的健康感を中心とした在宅高齢者における健康関連指標に関する共分散構造分析Title*.
- J. Carrion Fite. (2014). Poliéster. *Poliéster*, 3–22.
- Jconnelly, A. (2020). *Balanza analítica*. <https://www.depts.ttu.edu/meatscience/docs/The-Analytical-Balance-7-23-20.pdf>
- Jiaotong, X. (2018). *Análisis de varianza*. http://gr.xjtu.edu.cn/c/document_library/get_file?folderId=2466728&name=DLFE-100423.pdf
- Krifa, M. (2021). Electrically Conductive Textile Materials—Application in Flexible Sensors and Antennas. *Textiles*, 1(2), 239–257. <https://doi.org/10.3390/textiles1020012>
- Llopis, D. (2018). Metodología experimental. *Giic, Figura 1*, pág. 1-15. [https://poliformat.upv.es/access/content/user/24389381/Contenidoabiertoalpublico/Metodología de la investigación/3.2 Metodología experimental.pdf](https://poliformat.upv.es/access/content/user/24389381/Contenidoabiertoalpublico/Metodología%20de%20la%20investigaci3n/3.2%20Metodolog%C3%ADa%20experimental.pdf)
- Malm, V., Seoane, F., & Nierstrasz, V. (2019). *Characterisation of electrical and stiffness properties of conductive textile coatings with metal flake-shaped fillers*. *Materials*. <https://doi.org/10.3390/ma12213537>
- Mauricio, P. (2018). *Diseño y construcción de un fulard automatizado para desarrollar prácticas*

de laboratorio.

- Nahita. (2015). Ovens and incubators. https://www.auxilab.es/controles/ObtenerPDF.ashx?f=%5C00%5C02%5C3q%5Cua_M5063xxx1.pdf
- Norma ISO 12945-2. (2016). *Formación de pelusilla y de bolitas en la superficie*. 1–13.
- Ortiz Gonzales, M. F., & Solarte Hernández, L. P. (2021). *Estudio de la oxidación y la corrosión de los metales: Una construcción fenomenológica sobre la transformación de las sustancias*.
- PORTILLA, K. E. B. (2017). *Acabado Antibacterial En Calcetines De Acrilico Con Triclosán*. 1–163. [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6615/1/04 IT 192 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6615/1/04%20IT%20192%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)
[http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6060/1/04 IT 190 TRABAJO DE GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/6060/1/04%20IT%20190%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf)
- Richards, J. (2018). *Research Methodolgy and Types of Research*. 5(15), 5–12.
- Rodrigues, C. S. D., Madeira, L. M., & Boaventura, R. A. R. (2013). Treatment of textile dye wastewaters using ferrous sulphate in a chemical coagulation/flocculation process. *Environmental Technology*, 34(6), 719–729. <https://doi.org/10.1080/09593330.2012.715679>
- Roy Choudhury, A. K. (2017). Antistatic and soil-release finishes. In *Principles of Textile Finishing*. <https://doi.org/10.1016/b978-0-08-100646-7.00010-2>
- Roy Choudhury, A. K., Majumdar, P. K., & Datta, C. (2011). 1 - Factors affecting comfort: human physiology and the role of clothing. In G. Song (Ed.), *Improving Comfort in Clothing* (pp. 3–60). Woodhead Publishing. [https://doi.org/https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.3](https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.3)
- Rubežiene, V., Baltušnikaitė, J., Varnaite-Žuravliova, S., Sankauskaitė, A., Abraitienė, A., & Matuzas, J. (2015). Development and investigation of electromagnetic shielding fabrics with different electrically conductive additives. *Journal of Electrostatics*, 75, 90–98. <https://doi.org/10.1016/j.elstat.2015.03.009>
- Segeevna, B. N. (2021). *Basic Laboratory Glassware and Equipment*. https://portal.tpu.ru/SHARED/b/BELINSKAYA/UchWork/PPAYAbach/Unit10_Basic_laboratory_glassware_and_equipment_Lecture.pdf
- SEYQUIN CIA.LTADA. (2019). *La información contenida en esta ficha técnica de ionizante*. 80.
- Simiele, M., Lebrun, M., Miard, F., Trupiano, D., Poupart, P., Forestier, O., Scippa, G. S., Bourgerie, S., & Morabito, D. (2020). Assisted phytoremediation of a former mine soil using biochar and iron sulphate: Effects on As soil immobilization and accumulation in three Salicaceae species. *Science of the Total Environment*, 710. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.136203>
- Solé Antonio. (2013). *Formación de pilling*.

- Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, T. (2017). Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, TULSMA. *Registro Oficial Edición Especial 2 de 31-Mar.-2003*, 3399, 1–578. https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf%0Ahttp://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf
- Tituaña, T. (2018). Aplicación de un acabado textil con alumbre de potasio, en un tejido de punto algodón/poliéster, mediante el proceso de agotamiento para otorgarle propiedades antibacterianas. In 2018. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/8201>
- Truper. (2020). *Multímetro Digital*. <https://www.truper.com/admin/descargables/manual/10402.pdf>
- Vera, M. (2020). “ *Aplicación de un acabado antioxidante en un tejido 100% algodón utilizado óxido de zinc* .” [http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10586/5/04 IT 266 TRABAJO GRADO.pdf](http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10586/5/04_IT_266_TRABAJO_GRADO.pdf)
- Vettorel, S., Tabares, I., & Oliva, A. (2017). *E l e c t r o s t á t i c a*. Dpto. de Física, 4, 0–54. <https://rephip.unr.edu.ar/bitstream/handle/2133/7084/7403-17> FÍSICA Electrostatica.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Zakuro. (2016). *Erlenmeyer flask flask Volumetric flask Graduated cylinder Graduated cylinder*.

ANEXOS

Anexo 1.

Proceso de pruebas preliminares en laboratorio

 Pesar las probetas	 Pesar: sulfato de hierro y auxiliares
 Proceso de acabado con diferentes concentraciones de sulfato de hierro en máquina de tinte IR.	 Secar las muestras en túnel de secado
 Pruebas de resistencia eléctrica en ohmios con el equipo multímetro	 Pruebas de resistencia eléctrica en ohmios con el equipo multímetro

Anexo 2.*Proceso de acabado en planta con diferentes concentraciones de sulfato de hierro*

Pesar sustrato textil



Pesar: sulfato de hierro y auxiliares



Colocar en la máquina agua, sustrato textil y auxiliares.



Retirar el sustrato textil con el acabado correspondiente.



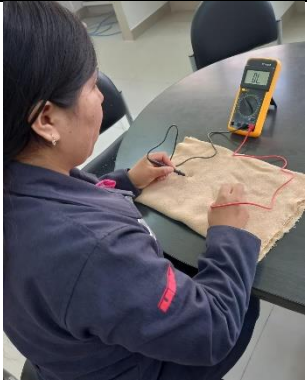
Reducir el exceso de agua manualmente



Secar en el túnel de secado

Anexo 3.

Pruebas de resistencia a la formación del pilling y resistencia eléctrica

	
Muestras sin acabado y con acabado de diferentes concentraciones de sulfato de hierro.	Corte de muestras con el sacabocado de 154cm
	
Pruebas en equipo Martindale	Evaluación de grado de pilling con la plantilla
	
Toma de medidas de resistencia en ohmios con el equipo multímetro, muestra sin acabado.	Toma de medidas de resistencia en ohmios con el equipo multímetro, muestra con acabado.

Anexo 4.

Extracto de ficha técnica de sulfato de hierro

	FICHA TÉCNICA SULFATO DE HIERRO CODIGO DEL PRODUCTO: 0145.7
SULFATO DE HIERRO FERROSALT	
Especificaciones técnicas	
PROPIEDADES FÍSICO - QUÍMICAS	
PARAMETRO	CONTENIDO
FÓRMULA QUÍMICA	Fe SO ₄ . 7 H ₂ O
PESO MOLECULAR	278
CONCENTRACIÓN	99.5 %
HIERRO (Fe)	20 %
AZUFRE (S-SO ₄)	11 %
PLOMO (Pb)	20 ppm máx
CADMIO (Cd)	10 ppm máx
ARSENICO (As)	10 ppm máx
INSOLUBLES	0.5 % máx
DENSIDAD APARENTE	1.1 – 1.3 g/cc
PRESENTACIÓN FÍSICA	Cristales de color verde-azul
PH (SOLUCIÓN AL 10%)	4.14
SOLUBILIDAD (20° C)	350 g/litro
HUMEDAD	4% máx
HUMEDAD RELATIVA CRÍTICA (30°C)	60 %
ÍNDICE DE SALINIDAD	65

Anexo 5.

Extracto de ficha técnica de álcali

SYQ03	
ALCALI CN - SYQ	
INFORMACION TECNICA	
Producto líquido con carácter alcalino, utilizado como reemplazo del Hidróxido de sodio, destinado para la fijación de Colorantes Reactivos fríos (60°C) y calientes (85°C); limpieza de tuberías y materiales de acero inoxidable, con alto poder de corrosión.	
PROPIEDADES	
Composición : Carácter: Apariencia: pH: Solubilidad: Almacenamiento:	Sales orgánicas e Inorgánicas Aniónico Líquido 13.5+/-0.5 Diluible en Agua Caliente en cualquier proporción. Es recomendable mantener en un lugar fresco, con poca humedad.

Anexo 6.

Extracto de ficha técnica de Ionizante



LC80	IONIZANTE												
INFORMACION TECNICA													
Agente químico diseñado para procesos de tintura pigmentaria con alto grado de retención de colorante. Producto utilizado como agente de retención del pigmento.													
PROPIEDADES													
<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="width: 15%;">Composición:</td> <td>Polímero acuoso</td> </tr> <tr> <td>Carácter:</td> <td>n.d.</td> </tr> <tr> <td>Apariencia:</td> <td>Líquido transparente.</td> </tr> <tr> <td>pH:</td> <td>n.d.</td> </tr> <tr> <td>Solubilidad:</td> <td>Dilúible en agua temperada.</td> </tr> <tr> <td>Almacenamiento:</td> <td>Mantener los envases bien cerrados.</td> </tr> </table>		Composición:	Polímero acuoso	Carácter:	n.d.	Apariencia:	Líquido transparente.	pH:	n.d.	Solubilidad:	Dilúible en agua temperada.	Almacenamiento:	Mantener los envases bien cerrados.
Composición:	Polímero acuoso												
Carácter:	n.d.												
Apariencia:	Líquido transparente.												
pH:	n.d.												
Solubilidad:	Dilúible en agua temperada.												
Almacenamiento:	Mantener los envases bien cerrados.												
CARACTERÍSTICAS													
- Retenedor de color en proceso de tintura. - Mejora la solidez en la tintura pigmentaria.													
DOSIFICACION													
3% al iniciar el proceso.													

Anexo 7.

Extracto de ficha técnica de ligante

DISPERSIÓN ACRÍLICA	LIGANTE PARA ESTAMPACIÓN	
	NOVAPRINT FSH	
VERSIÓN N°4	FICHA TÉCNICA	

1. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

NOVAPRINT FSH es una dispersión acrílica pura, auto reticulable, de tamaño de partícula fino.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA DISPERSIÓN

PROPIEDAD	ESPECIFICACION	MÉTODO COLORQUÍMICA
Aspecto	Líquido blanco lechoso	I . L . 500
Sólidos (135°C, 1h)	40.0 % ± 1.0	I . L . 520
Viscosidad (Br, 60 RPM)	150 ± 100 cps	I . L . 536
pH	7.0 ± 0.5	I . L . 522

3. APLICACIÓN E Aspectos generales

El ligante NOVAPRINT FSH permite conseguir estampados particularmente suaves y de muy buenas solidesces.

NOVAPRINT FSH es aplicable en pastas pigmentarias sin varsol y con bajo contenido del mismo. Cantidades de varsol superiores a 200 g/Kg. deterioran el tacto.

NOVAPRINT FSH puede usarse en estampación directa por reserva o por corrosión. En el caso de la estampación directa puede ser en color, en blanco cubriente, etc.

NOVAPRINT FSH contiene la dosis necesaria de biocida para su preservación durante el almacenamiento a las condiciones indicadas abajo (ver ALMACENAMIENTO). Si las condiciones no son adecuadas se deben poner dosis adicionales. La dosis adicionada es insuficiente para dar garantía de estabilidad en las mezclas finales de usuario con otros componentes y por ello se recomienda formularlas también con biocida.

Anexo 8.

certificado de asistencia al laboratorio de calidad



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE TEXTILES



Ibarra, 16 de junio del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. Fausto Gualoto M.** en calidad de responsable del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que la señorita Chileno Chileno Martha Veronica, portadora de la cédula de ciudadanía N° 020233788-7, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: "APLICACIÓN DE SULFATO DE HIERRO EN TEJIDO JERSEY POLAR 100% POLIESTER PARA DISMINUIR LA CARGA ELECTROSTÁTICA", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- MÁQUINA DE TINTURA IR
- MARTINDALE – ISO 12945-2 Determinación de tendencia de formación del pilling
- BALANZA ELECTRONICA
- MÁQUINA DE PRELAVADO
- TÚNEL DE SECADO
- WASCATOR

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

Atentamente:



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