



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

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

**“EVALUACIÓN DE RESISTENCIA AL ESTALLIDO, TRANSPIRABILIDAD Y
ABRASIÓN DE CALCETINES LISOS DE COMPRESIÓN A BASE DE
POLIAMIDA, POLIÉSTER Y MEZCLA”**



AUTOR (A): Pinango Vinocunga Rosario Ximena

DIRECTOR: MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

Ibarra-Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad.

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

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	100475761-1	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Pinango Vinocunga Rosario Ximena	
DIRECCIÓN:	San Vicente de Pusir – Carchi	
EMAIL:	rxpinangov@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	-----	TELF. MÓVIL 0999570124

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Evaluación de resistencia al estallido, transpirabilidad y abrasión de calcetines lisos de compresión a base de poliamida, poliéster y mezcla
AUTOR	Pinango Vinocunga Rosario Ximena
FECHA:	02 de abril del 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> Grado <input type="checkbox"/> Posgrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA	Ingeniera textil
DIRECTOR	MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD

Yo, Pinango Vinocunga Rosario Ximena, con cédula de identidad Nro. 100475761-1, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales de la obra o trabajo de integración curricular descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la Universidad Técnica del Norte, la publicación de la obra en el Repositorio Digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión, en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

Ibarra, a los 02 días, del mes de abril de 2025

EL AUTOR



Pinango Vinocunga Rosario Ximena

C.C: 100475761-1

CONSTANCIAS

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

Ibarra, a los 02 días, del mes de abril de 2025

EL AUTOR



Pinango Vinocunga Rosario Ximena

C.C: 100475761-1

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN
CURRICULAR**

Ibarra, a los 02 días, del mes de abril de 2025

MSc. Elvis Raúl Ramírez 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.

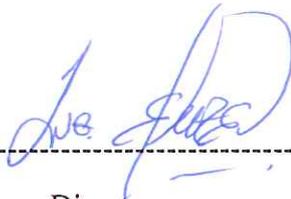


MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.100145897-3

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Certificado del Trabajo de Integración Curricular “Evaluación de resistencia al estallido, transpirabilidad y abrasión de calcetines lisos de compresión a base de poliamida, poliéster y mezcla” elaborado por la Srt. Pinango Vinocunga Rosario Ximena, previo a la obtención de título de ingeniera textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la universidad técnica del norte:



Director

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.: 100145897-3



Asesor

MSc. Posso Pasquel José Rafael

C.C.: 100252578-8

DEDICATORIA

Con profundo amor y aprecio dedico este trabajo de investigación a mi madre, Leticia Vinocunga quien ha sido mi mayor fortaleza y fuente de inspiración para perseverar ante los desafíos de la vida y quien ha confiado profundamente en mí.

Su influencia ha sido mi mayor impulso para alcanzar esta meta universitaria.

Rosario Ximena

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, quiero agradecer a Dios por brindarme la vida, la salud y la guía constante durante mi trayectoria universitaria.

A mi madre Leticia, quien me ha apoyado de todas las formas posibles y quien ha estado siempre conmigo, agradezco también mis queridas hermanas Verónica, Valeria y María José por brindarme su apoyo incondicional y motivarme en los momentos buenos y malos, ustedes son fuente de inspiración y amor en mi vida.

Igualmente agradezco al MSc. Elvis Ramírez, por su paciencia, palabras alentadoras y dedicación durante todo el proyecto. Su sabiduría y disposición para ayudar fueron invaluable.

Expreso mi agradecimiento a la Universidad Técnica de Norte, especialmente a la Carrera de Textiles y a cada uno de los docentes por su orientación, enseñanzas y valores que han contribuido significativamente a mi crecimiento personal y profesional.

Rosario Ximena

RESUMEN

La ausencia de datos claros sobre la resistencia de distintos materiales utilizados en la confección de medias deportivas de compresión ha planteado desafíos para competir de manera efectiva en este mercado, especialmente para las empresas pequeñas y medianas de esta industria.

El desarrollo de esta investigación se orienta con el objetivo de evaluar la resistencia al estallido, la transpirabilidad y la abrasión de calcetines lisos de compresión fabricados a base de poliamida, poliéster y sus mezclas.

Tras realizar las pruebas de resistencia al estallido utilizando la norma ASTM D 3787 en las muestras de poliamida, poliéster y sus mezclas, los resultados muestran que la poliamida presenta el mejor desempeño, con una fuerza máxima de 589,96 N. Sin embargo, en cuanto a la extensión alcanzada, el poliéster demuestra una mayor flexibilidad, con 58,3 mm en 11 segundos, siendo más resistente en comparación con los otros materiales.

En cuanto a la prueba realizada para identificar el material más transpirable utilizando la norma AATCC 197:2013, se consideraron la distancia y el tiempo de absorción. Los resultados indican que el poliéster tiene la mayor transpirabilidad, con una velocidad de absorción longitudinal de 0,819 mm/, sin embargo, de manera transversal, la mezcla de poliamida y poliéster presenta la mejor velocidad de absorción, alcanzando 0,635 mm/s.

En la evaluación de la resistencia a la abrasión el ensayo no presentó ninguna rotura de malla tal como lo especifica la norma ISO 12947-2:2013, por lo cual se empleó la norma ISO 105 A02: Escala de grises para evaluar el cambio de color de las muestras de acuerdo con la fricción de frotaciones ejercida en las muestras, los resultados indican que son poco resistentes al cambio de color.

Palabras clave: Estallido, Transpirabilidad, Abrasión, Poliamida, Poliéster, Resistencia.

ABSTRACT

The lack of clear data regarding the strength of various materials used in the manufacture of compression sports socks has posed challenges for effectively competing in this market, particularly for small and medium-sized companies in the industry. The development of this research is aimed at evaluating the burst strength, breathability, and abrasion resistance of plain compression socks made from polyamide, polyester, and their blends.

After conducting burst strength tests using the ASTM D 3787 standard on the polyamide, polyester, and their blends samples, the results show that polyamide performs the best, with a maximum force of 589.96 N. However, regarding the extension achieved, polyester demonstrates greater flexibility, with 58.3 mm in 11 seconds, making it more resistant compared to the other materials.

Regarding the breathability test conducted according to the AATCC 197-2013 standard, both the distance and absorption time were considered. The results indicate that polyester has the highest breathability, with a longitudinal absorption rate of 0.819 mm/s. However, transversely, the polyamide and polyester blend shows the best absorption rate, reaching 0.635 mm/s.

In the evaluation of abrasion resistance, the test did not show any mesh breakage, as specified by ISO 12947-2:2013. Therefore, ISO 105 A02: Grey Scale was used to assess the color change of the samples according to the friction exerted on them. The results indicate that the samples have low resistance to color change.

Keywords: Burst, Breathability, Abrasion, Polyamide, Polyester, Strength.

LISTA DE SIGLAS

PA: Poliamida

PES: Poliéster

UTN: Universidad técnica del norte

VAL: Velocidad de absorción longitudinal

VAT: Velocidad de absorción transversal

ASTM D: Sociedad Americana de Pruebas y Materiales (American Society for Testing and Materials)

AATCC: Asociación Americana de Químicos y Coloristas Textiles

ISO: Organización Internacional de Normalización (International Organization for Standardization)

CV: Coeficiente de variación

mm: Milímetros

Seg: Segundos

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN.....	11
Planteamiento del Problema	11
Justificación	12
Objetivos.....	13
Objetivo general	13
Objetivos Específicos	13
CAPÍTULO I.....	15
MARCO TEÓRICO	15
1.1 Estudios previos.....	15
1.1.1 Factores que influyen en la resistencia al estallido en tejidos calceteros	15
1.1.2 Métodos de evaluación de la resistencia a la transpirabilidad en tejidos calceteros	16
1.1.3 Variables que intervienen en la resistencia a la abrasión en tejidos calceteros	16
1.1.4 Tejido de punto en el ámbito de la calcetería	17
1.1.5 Tejido de punto en el ámbito de la calcetería en ecuador	18
1.2 Marco Conceptual.....	18
1.2.1 Resistencia al estallido.....	19
1.2.2 Absorción vertical en los textiles (Transpirabilidad).....	19
1.2.3 Resistencia a la abrasión.....	19
1.2.4 Calcetines de malla lisa en forma de U	20
1.2.5 Características de los hilos de poliamida y poliéster utilizados en calcetería	20
1.2.6 Tejido de punto	21
1.2.7 Hilos de poliamida 100%	22
1.2.8 Hilos de poliéster 100%.....	22
1.2.9 Cambio de color utilizando la escala de grises.....	23

1.2.10	Figuras de lissajous.....	24
1.3	Marco legal.....	24
1.3.1	Constitución de la República del Ecuador.....	24
1.3.2	Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....	24
CAPÍTULO II.....		26
2.1	Tipos de investigación a aplicar	26
2.1.1	Investigación bibliográfica	26
2.1.2	Investigación experimental.....	27
2.1.3	Investigación comparativa.....	27
2.1.4	Investigación analítica	27
2.2	Normas	28
2.2.1	Norma ASTM D 3787:2020 Método de prueba estándar para la resistencia al estallido de textiles: prueba de ráfaga de bola de velocidad de rotación constante (CRT)	28
2.2.2	Norma AATCC 197: 2013 Absorción Vertical	29
2.2.3	Norma ISO 12947-2: 2013 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos por el método de martindale.....	29
2.3	Diagrama de flujo	29
2.3.1	Diagrama de flujo general	29
2.3.2	Diagrama de flujo muestral	31
2.4	Equipos y materiales.....	32
2.4.1	Máquina calcetera.....	32
2.4.2	Dinamómetro	32
2.4.3	Martindale.....	33
2.4.4	Muestras de calcetines	34
2.5	Proceso operativo	34
2.5.1	Elaborar calcetines deportivos de compresión en forma de U con diferentes hilos.....	34

2.6	Ensayos de laboratorio.....	36
2.6.1	Procedimiento para evaluar la resistencia al estallido	36
2.6.2	Procedimiento para evaluar la absorción vertical (transpirabilidad) en los tejidos	39
2.6.3	Procedimiento para evaluar la resistencia a la abrasión	40
CAPITULO III		43
RESULTADOS Y ANÁLISIS		43
3.1	Resultados.....	43
3.1.1	Resultados de la resistencia al estallido en las medias de compresión elaboradas con poliamida, poliéster y mezcla.	43
3.1.2	Resultados de resistencia a la transpirabilidad en las medias de compresión elaboradas con poliamida, poliéster y mezcla.	45
3.1.3	Resultados de resistencia a la abrasión de las medias de Poliamida 100%, Poliéster y mezcla.	46
3.2	Análisis de resultados	48
3.2.1	Análisis de la varianza	48
3.2.2	Normalidad de los datos	50
3.2.3	Discusión de resultados	52
3.2.4	Discusión general	55
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES		57
Conclusiones.....		57
Recomendaciones		59
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		60
Anexo 1		66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Propiedades de los hilos de poliamida en la fabricación de calcetines.....	22
Tabla 2 Propiedades del poliéster en la fabricación de calcetines	23
Tabla 3 Líneas de investigación.....	25
Tabla 4 Especificaciones técnicas.....	33
Tabla 5 Resultados de la fuerza máxima de los materiales evaluados.....	43
Tabla 6 Resultados de la extensión de los materiales evaluados	44
Tabla 7 Tiempo de rotura de los materiales evaluados	44
Tabla 8 Velocidad de absorción longitudinal.....	45
Tabla 9 Velocidad de absorción transversal.....	46
Tabla 10 Resultados de las pruebas de abrasión	47
Tabla 11 Estado de desgaste de las muestras evaluadas	47
Tabla 12 Cambio de color de las muestras mediante escala de grises ISO 105 A02.....	48
Tabla 13 Rango estándar y proporción de variabilidad en la capacidad de absorción de las medias de compresión	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Tejido de punto.....	21
Figura 3 Diagrama de flujo general.....	29
Figura 4 Diagrama de flujo muestral.....	31
Figura 5 Máquina calcetera	32
Figura 6 <i>Dinamómetro Titan 5</i>	33
Figura 7 Martindale	34
Figura 8 Expulsión del género textil fuera de la máquina.....	35
Figura 9 Media de compresión	36
Figura 10 Acondicionamiento de muestras	37
Figura 11 Sujeción del espécimen en las pinzas circulares y en el equipo.....	37
Figura 12 Ensayo de resistencia al estallido.....	38
Figura 13 Obtención de muestras para el ensayo	39
Figura 14 Ascenso del agua en el tejido y registro.....	40
Figura 15 Obtención de muestras para la prueba de resistencia a la abrasión	41
Figura 16 Tejido abrasivo acorde a la Normal ISO 12947-1:2013.....	42
Figura 17 Ubicación de las probetas en el equipo	42
Figura 18 Inspección visual del tejido.....	42
Figura 19 Análisis de la varianza de la fuerza máxima y extensión de los materiales.	49
Figura 20 Normalidad de la fuerza máxima	51
Figura 21 Normalidad de la extensión	51
Figura 22 Normalidad de los datos de la velocidad de absorción de los tejidos.....	52
Figura 23 Fuerza máxima de las muestras evaluadas.....	52
Figura 24 Extensión de las muestras evaluadas	53
Figura 25 Comparación de absorción de las muestras	54
Figura 26 Resultados de la resistencia a la abrasión	54
Figura 27 Cambio de color	55
Figura 28 Discusión general.....	56

INTRODUCCIÓN

Planteamiento del Problema

En la actualidad, los deportistas que participan en actividades de alto rendimiento, como corredores de montaña, ciclistas, triatletas o deportes que implican movimientos bruscos y de alta exigencia física, requieren prendas específicas para mejorar su desempeño y reducir el riesgo de lesiones. Las medias de compresión se han vuelto populares entre estos atletas, ya que ofrecen soporte muscular, mejora de la circulación sanguínea y reduce la fatiga muscular (Gómez y Urdampilleta, 2012).

Sin embargo, la falta de datos cuantificables sobre la resistencia a la explosión de estas medias de compresión fabricadas con distintos materiales (PA100%, PES 100% y mezcla PA/PES 50/50) es un problema significativo en este contexto. La resistencia a la explosión es clave en prendas sometidas a tensiones intensas y movimientos repetitivos, como en actividades físicas extremas. La falta de información sobre la durabilidad y resistencia de las medias puede aumentar el riesgo de lesiones y afectar el rendimiento deportivo.

De acuerdo con Businesscoot (2023), el crecimiento considerable del mercado de la calcetería, a nivel nacional e internacional, ha generado una demanda significativa en este sector, no obstante la falta de información sobre los parámetros de resistencia de los distintos materiales utilizados en la confección de calcetines deportivos de compresión ha planteado desafíos para competir de manera efectiva en este mercado, especialmente para las empresas pequeñas y medianas de esta industria.

Es esencial comprender qué materiales ofrecen mayor durabilidad y resistencia frente al uso prolongado en situaciones de actividad física intensa y exigente. Ya que existen materiales que ofrecen una mayor durabilidad y resistencia para la confección de calcetines deportivos, tanto en la poliamida 100%, el poliéster 100% y la mezcla de hilos de poliamida al 50% con poliéster al 50%.

Estos aspectos son fundamentales al momento de seleccionar las materias primas adecuadas que puedan soportar eficazmente las exigencias y el desgaste asociados con el uso de calcetines deportivos en entornos de alto rendimiento (Castellà, 2024). La comprensión y el análisis de la resistencia de las materias primas se vuelven críticos para mejorar la calidad y competitividad en el mercado de los calcetines de compresión.

Estos conocimientos permitirán a los fabricantes optar por materiales más adecuados mismos que garanticen la producción de calcetines deportivos que puedan cumplir con los estándares de resistencia y durabilidad necesarios para satisfacer las demandas del mercado y de los usuarios que utilizan las medias de compresión en actividades deportivas de alta exigencia.

En este contexto resalta la necesidad de realizar un análisis comparativo detallado y cuantificable de la resistencia a la explosión de las medias de compresión fabricadas con distintos materiales, con el fin de proporcionar a los deportistas información precisa y fundamentada para la selección de prendas que les permitan alcanzar su máximo rendimiento y proteger su integridad física durante actividades deportivas extremas.

Justificación

Moreno et al (2020) destaca que la búsqueda de prendas deportivas que optimicen el rendimiento y reduzcan el riesgo de lesiones se ha convertido en un aspecto fundamental y clave para los deportistas de élite que se desempeñan en disciplinas de alto rendimiento.

Desde esta perspectiva las medias de compresión se han convertido en un elemento importante debido a sus beneficios prácticos, tales como estabilizar los músculos, mejorar la circulación sanguínea y disminuir molestias como dolor muscular posterior al ejercicio, además de la inflamación y el riesgo de lesiones. Como lo explica Bajelani et al (2021) el uso de estas prendas permite mitigar la fatiga muscular, lo que da lugar a movimientos más uniformes y regulares.

El usos de estas prendas se ha integrado cada vez más en la ropa deportiva, principalmente utilizada por quienes enfrentas desafíos exigentes como corredores de montaña, ciclistas, triatletas, entre otros (Gómez y Urdampilleta, 2012). A pesar de su popularidad y de los beneficios que proporcionas estos productos se desconocen ciertos criterios de resistencia mismos que deber ser evaluados para obtener un conocimiento claro de su desempeño y durabilidad.

La resistencia al estallido en las medias de compresión es un aspecto importante debido a que las prendas se encuentran expuestas a tensiones constantes y movimientos repetitivos durante las actividades físicas extremas. Es por ello que se debe tener información concreta sobre su durabilidad y resistencia, especialmente es las medias

fabricadas con poliéster 100%, poliamida 100% y la mezcla de estos dos materiales (50/50).

Brophy et al (2019) sintetiza que esta información permitirá a los deportistas, empresas grandes y pequeñas a tener información clara que permita seleccionar de manera adecuada sus prendas que mejoren el rendimiento de sus productos, y que además impulse el mercado al satisfacer las necesidades que combinan durabilidad, funcionalidad y confort.

La realización de esta investigación se justifica por la necesidad apremiante de llenar el vacío de información existente en cuanto a la resistencia a la explosión de las medias de compresión llevándose a cabo mediante la aplicación de la norma ASTM D 3787 en el análisis comparativo, ofreciendo así una contribución significativa tanto para la comunidad deportiva como para la industria textil especializada en prendas deportivas de alto rendimiento, además, permitirá a los empresarios a incrementar su competitividad en el mercado nacional e internacional al disponer de información precisa y fundamentada sobre la resistencia de sus productos.

Esta información les brindará una ventaja competitiva al poder ofrecer prendas deportivas de calidad, que cumplan con estándares superiores de resistencia, atrayendo así a un amplio espectro de consumidores exigentes y expandiendo su presencia en mercados internacionales.

Objetivos

Objetivo general

- Evaluar la resistencia al estallido, transpirabilidad y abrasión de calcetines lisos de compresión a base de poliamida, poliéster y mezcla.

Objetivos Específicos

- Realizar una revisión bibliográfica completa, que incluya fuentes académicas, como trabajos de grado y artículos, relacionados a la resistencia a la explosión de medias lisas de compresión.
- Elaborar calcetines deportivos de compresión en forma de U en malla lisa de tallas 10-12 utilizando como fondo las materias primas de poliamida 100%, poliéster 100% y mezcla poliamida con poliéster 50/50 en la máquina calcetera de 3 ¾ de diámetro x 144 agujas.

- Realizar en los calcetines de compresión las pruebas de resistencia al estallido con la norma ASTM D 3787, de transpirabilidad basados en la norma AATCC 197-2013 y abrasión utilizando la norma ISO 12947-2. Con el fin de obtener datos comparativos que permitan evaluar la calidad y durabilidad de las medias de compresión.
- Comparar analíticamente los resultados de las pruebas efectuadas en las medias lisas de compresión utilizando herramientas estadísticas como el software Past4 y Excel, para determinar qué materia prima posee una mayor resistencia para cumplir con las demandas de calidad permitiendo identificar la opción más adecuada en términos de durabilidad y desempeño.

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

ESTADO DEL ARTE

1.1 Estudios previos.

Los estudios previos permiten una revisión biográfica de las investigaciones anteriores que fundamenten el análisis vigente. En esta sección la información recopilada es fundamental para obtener una base sólida de conocimientos y conceptos importantes relacionados con el tema de investigación, el análisis de estos estudios anteriores establece los conocimientos más importantes para desarrollar argumentos y respaldar el enfoque adoptado en el presente estudio.

1.1.1 Factores que influyen en la resistencia al estallido en tejidos calceteros

Para evaluar la resistencia al estallido en calcetines intervienen diferentes factores como la longitud de bucle del tejido, esto debido a que el textil elaborado con bucles más largos tiende a ofrecer una mayor resistencia en comparación con aquellos más cortos ya que estos se encuentran más compactos (Değirmenci y Coruh, 2017).

Otra consideración al medir la resistencia al estallido es la presencia de una "mayor densidad de área de masa". Esto señala la existencia de una mayor cantidad de masa o material por unidad de superficie en el tejido (Jabbar et al., 2019).

Esta característica puede derivar de una estructura más sólida que involucra una mayor cantidad de hilos o material tejido en una superficie específica, lo que a su vez favorece en aumentar la resistencia al estallido del tejido; además el uso de hilos elásticos como el elastano incrementa la capacidad de los tejidos de punto para resistir el estallido (Değirmenci y Çelik, 2016). Esto significa que los materiales fabricados a partir de estos tejidos elásticos pueden soportar la presión sin rasgarse, gracias a la capacidad de estiramiento que poseen.

Otros factores que influyen en la evaluación de la resistencia al estallido y permiten predecir la resistencia en los diferentes materiales utilizados es la densidad del textil, la fuerza necesaria para romper el hilo y la capacidad de elongación que experimenta el hilo al romperse (Ertugrul y Ucar, 2000). Estos aspectos son importantes al momento de considerar la capacidad de resistencia y durabilidad en los materiales.

1.1.2 Métodos de evaluación de la resistencia a la transpirabilidad en tejidos calceteros

Tal como lo afirma Reviriego (2023) esta capacidad es fundamental, especialmente en prendas y calzado deportivos, ya que contribuye significativamente a mantener los pies frescos, secos y libres de humedad durante la actividad física, asegurando un rendimiento óptimo y reduciendo la posibilidad de incomodidades asociadas a la acumulación de humedad en el calzado.

La evaluación de la resistencia a la transpirabilidad en tejidos se lleva a cabo a través de dos procedimientos: la Absorción Vertical de Humedad y el Tiempo de Secado. De acuerdo con Visarrea (2018) este método de evaluación permite identificar que fibra posee una mejor transpirabilidad ya sea en términos de absorción o expulsión de humedad.

Además, existe otro método de evaluación que permite identificar que tan traspirable es un material, este método consiste en medir la capacidad que tiene un tejido para permitir el paso del vapor de agua, sin embargo cabe recalcar que este procedimiento se realiza generalmente para determinar la permeabilidad del material al vapor (Ghezal et al., 2022), permitiendo conocer así la evaporación del sudor logrando obtener una sensación fresca y libre de humedad.

Estas evaluaciones resultan fundamentales para garantizar la calidad y eficacia de los calcetines en diversas situaciones, que van desde la práctica deportiva hasta el uso cotidiano. Su importancia consiste en reducir el riesgo de acumulación de humedad, lo que a su vez garantiza comodidad para quienes los usan.

1.1.3 Variables que intervienen en la resistencia a la abrasión en tejidos calceteros

Abdullah et al (2006) menciona que la mayoría de las pruebas de resistencia a la abrasión miden cómo los tejidos responden a la energía aplicada. Existen tres tipos de abrasión: plana, de borde y de flexión. La interacción entre estas variables y las variaciones en los procedimientos de prueba influyen en los resultados.

En la evaluación de la resistencia a la abrasión y aparición de "pilling" intervienen diversos factores que se ven influenciados por varios aspectos, incluyendo la naturaleza de la fibra, las características mecánicas propias del material, el tamaño de las fibras, la manera en que se teje el hilo y su conformación, así como la densidad del tejido (Jabbar et al., 2019).

Además, la cohesión de los hilos y la longitud de fibra sobresaliente también son factores que influyen directamente en la evaluación de resistencia a la abrasión. De acuerdo con Kaynak y Topalbekiroğlu (2008) las fibras más largas que sobresalen, comúnmente conocidas como (flotantes) tienden a estar más expuestas a desgastarse dando como resultado la rotura de los hilos.

La evaluación de resistencia a la abrasión pretende determinar la durabilidad y vida útil del sustrato textil, proporcionando información de su comportamiento bajo condiciones de uso normal, permitiendo identificar el material más adecuado sometido a condiciones de desgaste y fricción.

1.1.4 Tejido de punto en el ámbito de la calcetería

El tejido de punto es fundamental para el desarrollo de la fabricación de calcetines debido a sus técnicas y avances que ofrecen no solo la comodidad sino también la funcionalidad y adaptabilidad de las demandas del mercado.

Ramírez (1996) afirma que la calcetería comprende un tejido confeccionado con la finalidad de cubrir el pie humano, y que reúne las características de ser cómodo, suave, absorbente y fresco, dependiendo del trabajo y ocupación de la persona que utilice este tipo de género. Básicamente existen 2 tipos de calcetería: calcetería modelada (full fashion) o medias menguadas que se elabora en máquinas de fontura plana y la que se realiza en circulares de pequeño diámetro. (pág.24)

En la elaboración de calcetines, se emplean fibras con propiedades específicas para asegurar características deseables como comodidad y capacidad de absorción. El algodón es una de las fibras utilizadas que proporciona estas cualidades, no obstante, para optimizar los procesos de fabricación, se utilizan mezclas de fibras con el objetivo de mejorar aspectos como la durabilidad, elasticidad o secado rápido, entre otros. Estas combinaciones permiten crear calcetines que ofrecen diversas ventajas en términos de confort y rendimiento.

El tejido calcetero toma gran importancia debido a que se lo utiliza en casi todas las actividades presentes desde caminar, correr, trabajar, practicar deportes, entre otras situaciones cotidianas. Las cualidades de absorción de humedad, comodidad y protección hacen de estos tejidos indispensables en el día a día, además la comunidad científica investiga continuamente la posibilidad para mejorar las propiedades de los tejidos,

especialmente hacia la búsqueda y desarrollo de tejidos con características antivirales, antifúngicas y antimicrobianas (Meda et al., 2023).

1.1.5 Tejido de punto en el ámbito de la calcetería en Ecuador

El tejido de punto en el ámbito de la calcetería en Ecuador juega un papel importante dentro de la industria textil. Este proceso de fabricación de calcetines implica la utilización de maquinaria especializada que teje hilos para crear estructuras de punto.

Ecuador cuenta con una industria textil dinámica y en desarrollo, donde la producción de calcetines a través del tejido de punto ha evolucionado para satisfacer las demandas del mercado local y posiblemente también del extranjero. La creación de diferentes diseños en los calcetines permite la adaptación y las preferencias en las necesidades de los mercados consumidores.

Según lo indicado por Willian (2023) el término "tejido de punto" se refiere a la forma en la que se conectan los hilos formando una estructura de mallas que dan como resultado la formación de un tejido textil. Generalmente se conocen dos tipos de tejidos de punto: por trama y por urdimbre. En el caso del tejido por trama las mallas se forman de manera horizontal con ayuda de agujas que trabajan de manera secuencial.

El tejido de punto es uno de los métodos más antiguos utilizados para transformar los hilos en tela y por consiguiente en prendas textiles. A lo largo de la historia esta técnica de fabricación ha jugado un papel muy importante permitiendo la creación de una amplia variedad de indumentaria y tejidos textiles (CottonWorks, 2023). En Ecuador, el tejido de punto destaca por su comodidad y versatilidad además, de ser muy apreciados por su estructura elástica y confortable (Tuğrul y Mavruz, 2010), por todas estas ventajas, los tejidos de punto son una opción muy utilizada para la confección de prendas.

1.2 Marco Conceptual

En este apartado se presentan los conceptos más importantes que fundamentan el desarrollo de esta investigación, permitiendo conocer los aspectos relacionados con la resistencia de los tejidos calceteros tales, así como como la resistencia al estallido, la absorción vertical (transpirabilidad) y abrasión.

1.2.1 Resistencia al estallido

Una de las propiedades que mide la fuerza necesaria para romper un tejido es la resistencia al estallido, su evaluación proporciona información importante que garantiza la durabilidad y resistencia del sustrato textil.

La resistencia al estallido simula en su evaluación las condiciones a las cuales podría enfrentar el tejido calcetero y determina el material más adecuado para satisfacer la demanda en aplicaciones específicas (Tina, 2024).

1.2.2 Absorción vertical en los textiles (Transpirabilidad)

La absorción vertical se refiere a la capacidad de un tejido para transportar líquido en una dirección específica (DaRong, 2024). Este proceso influye en la transpirabilidad debido a que está estrechamente relacionado con la distribución y evaporación de la humedad en el sustrato textil.

La transpirabilidad se define como la capacidad de un tejido para permitir la salida del vapor de humedad desde el interior hacia el exterior, facilitando el enfriamiento por evaporación (Razzaque et al, 2017).

Un tejido transpirable permite regular la temperatura de los pies proporcionando una sensación de comodidad durante su uso, además esta propiedad posibilita controlar la temperatura del cuerpo al regular la pérdida de calor y la eliminación del exceso de sudor, en consecuencia, proporciona una sensación de comodidad en la piel, promoviendo una sensación más agradable en el uso diario (Visarrea, 2018).

1.2.3 Resistencia a la abrasión

La resistencia a la abrasión en tejidos calceteros se define como la capacidad del material para soportar el desgaste, la fricción y el roce que pueden producirse durante el uso habitual de los calcetines.

Kaynak y Topalbekiroğlu (2008) mencionan que la abrasión se refiere al desgaste mecánico que sufre un tejido al entrar en contacto con otra superficie. Este proceso conlleva la pérdida de las propiedades de rendimiento del tejido, incluida su resistencia y apariencia estética. Lo planteado se realiza en el equipo denominado martindale, utilizando un peso de carga específico, el grado de desgaste se evalúa de forma visual y en control de intervalos de tiempo (ciclos).

1.2.4 Calcetines de malla lisa en forma de U

Los calcetines de malla lisa en forma de U tienen una estructura simple y uniforme, lo que resalta su diseño y consistencia en la disposición de hilos. De acuerdo con Tomljenović et al (2023) este tipo de calcetines se fabrica utilizando un tejido de punto liso lo cual da forma a una malla regular sin patrones complicados. El tejido de punto liso representa aproximadamente del 90% del consumo total de telas de punto (Degirmenci y Çelik, 2016), y es el más utilizado en la industria textil, especialmente en la calcetería debido a su versatilidad, facilidad de producción y diversas aplicaciones.

Estos calcetines se confeccionan mediante un tejido simple, con un diseño básico en forma de “U”, lo que los hace cómodos y versátiles para todo tipo de actividades, desde su uso diario, para el trabajo o incluso para el deporte además, su estructura influye en la capacidad de absorción y secado rápido lo que mejora su rendimiento (Li et al., 2023).

Desde esta perspectiva el tejido de punto liso es ideal para la confección de calcetines ya que ayuda a reducir la probabilidad de la formación de ampollas durante la actividad física además, de que su estructura uniforme y compacta es perfecta para prevenir los rozos incómodos en los pies durante el ejercicio (Baussan et al., 2013).

1.2.5 Características de los hilos de poliamida y poliéster utilizados en calcetería

La poliamida y el poliéster son dos tipos de hilos utilizados en la fabricación de calcetines, cada uno independientes en sus características.

La poliamida o nylon es conocida por su durabilidad y resistencia, se utiliza ampliamente en la fabricación de calcetines debido a su capacidad para mantener su forma y elasticidad durante períodos prolongados de uso (Bansal y Raichurkar, 2016). Su resistencia al desgaste y su capacidad para conservar su forma lo hacen ideal para calcetines, siendo especialmente útil en prendas de uso diario que requieren resistencia al roce y desgaste, además los hilos de poliamida mejoran el ajuste, la durabilidad y la resistencia al encogimiento (Tomljenović et al., 2023).

Por otro lado, el poliéster se distingue por su durabilidad y resistencia al desgaste, aunque puede ser menos transpirable que la poliamida. El poliéster, también conocido como tereftalato de polietileno, está ganando popularidad debido a sus propiedades singulares, tales como su resistencia mecánica sobresaliente, su elasticidad notable, su estabilidad química y su capacidad de resistir altas temperaturas (Rahman, 2012).

Ambos materiales tienen propiedades únicas que se combinan de manera distinta para ofrecer una amplia gama de beneficios en la confección de calcetines.

1.2.6 Tejido de punto

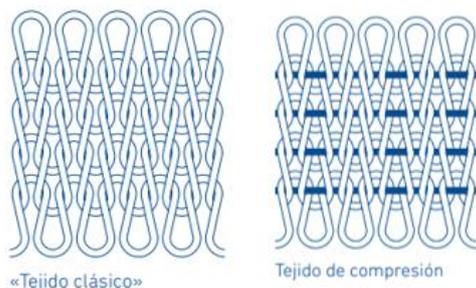
El tejido de punto es un método de fabricación donde los hilos se entrelazan formando bucles en forma de hileras verticales, el tejido se forma de manera longitudinal (urdimbre) y transversal (trama) (Bustamante, 2017). A diferencia del tejido plano, que se realiza con hilos entrecruzados en ángulos rectos, el tejido de punto se realiza con una o dos agujas especiales que entrelazan los hilos en bucles.

CottonWorks (2023) plantea que, en los tejidos de punto por trama las mallas se forman en dirección horizontal mediante agujas adyacentes consecutivas que trabajan de manera secuencial para construir el tejido, en contraste en los tejidos de punto por urdimbre, las mallas se forman predominantemente en sentido vertical, con agujas que operan simultáneamente para formar la estructura textil.

El entrelazamiento de estos bucles de hilo tiene lugar en una máquina conocida como tricotadora, la cual confiere la característica de elasticidad al tejer en dirección de urdimbre o trama (Udale, 2014). La elasticidad característica de los tejidos de punto se debe a la disposición entrelazada de los bucles y a la capacidad de estirarse y recuperar su forma original. La trama y la urdimbre en el tejido de punto permiten esta flexibilidad, lo que hace que las prendas sean cómodas de usar y se adapten bien al contorno del cuerpo.

El tejido de punto se utiliza comúnmente en la fabricación de prendas de vestir como camisetas, suéteres, calcetines y otros artículos de uso diario, debido a que ofrece flexibilidad, elasticidad y comodidad al adaptarse al cuerpo.

Figura 1
Tejido de punto



Fuente: (Bauerfeind, 2024)

1.2.7 Hilos de poliamida 100%

La poliamida o nylon es una fibra sintética artificial desarrollada por el ser humano que ha encontrado aplicaciones en diversos sectores de la industria (Shakiba et al., 2021). El hilo de poliamida texturizado de filamento continuo, reconocido por su resistencia y larga durabilidad, es ampliamente empleado en la fabricación de calcetines debido a sus características de resistencia al desgaste y su habilidad para conservar su forma y elasticidad incluso con un uso prolongado, además su resistencia a la abrasión lo convierte en una opción ideal para prendas cotidianas como los calcetines, donde la resistencia al roce y desgaste es fundamental (Bansal y Raichurkar, 2016).

Tabla 1

Propiedades de los hilos de poliamida en la fabricación de calcetines

Propiedad	Descripción
Resistencia	Alta durabilidad y resistencia al desgaste.
Elasticidad	Mantiene la forma, excelente capacidad de recuperación.
Rigidez	Proporciona estructura sin perder flexibilidad.
Absorción d humedad	Baja, lo que permite mantener los pies secos.
Aislamiento térmico	Temperatura agradable en diferentes condiciones.

Fuente: Propia

La poliamida se emplea como revestimiento interno en los calcetines lo cual ayuda a la compactación del tejido, a mantener la forma y la elasticidad en los calcetines (Rodríguez, 2020). Debido a sus características y propiedades la poliamida contribuye a prolongar la vida útil de los calcetines, especialmente en áreas sometidas a mayor fricción y desgaste.

Esto debido a que los filamentos de poliamida son más difíciles de desprender de la estructura del tejido, considerándose así altamente resistentes al desgaste (Tomljenović et al., 2023). Además, su capacidad para absorber la humedad ayuda a mantener los pies secos, lo que resulta beneficioso en diferentes condiciones climáticas y durante actividades físicas.

1.2.8 Hilos de poliéster 100%

De acuerdo con Muñoz et al (2021) actualmente, la utilización de materiales poliméricos, caracterizados por su durabilidad, bajo costo y facilidad de procesamiento,

han permitido desarrollar numerosas aplicaciones textiles. Entre estas, se destaca la producción de hilos de poliéster, ampliamente utilizados en la fabricación de calcetines debido a sus propiedades funcionales y versatilidad.

Tabla 2

Propiedades del poliéster en la fabricación de calcetines

Propiedad	Descripción
Resistencia a las arrugas	El poliéster es altamente resistente a las arrugas.
Capacidad de transpiración	Buena ventilación, manteniendo los pies frescos y secos.
Durabilidad	Material duradero, ideal para calcetines de uso prolongado.
Estabilidad dimensional	Mantiene su forma incluso después de múltiples lavados y usos.

Fuente: (Nie et al., 2023).

De acuerdo con Wehner et al (1987) menciona que además de estas características, el poliéster tiene una notable capacidad para absorber la humedad debido a la estructura del tejido y aspectos internos, como la cantidad de puntos de unión, el grado de torsión en los hilos y otros elementos similares permitiendo que los pies se mantengan secos y cómodos por períodos prolongados.

1.2.9 Cambio de color utilizando la escala de grises

La escala de grises es un método estándar que permite medir, de manera visual, los cambios de color en los textiles. Se utiliza principalmente para evaluar la solidez del color, determinando que tan resistente es un tejido antes factores físicos o químicos, como por ejemplo el lavado, la exposición al sol, el uso de productos químicos, entre otros (Klein, 2010, como se citó en Bernad et al., 2016) .

Para evaluar el cambio de color se debe comparara cinco pares de estándares grises similares, la parte superior de la escala es idéntica al espécimen inicial, por otro lado, la segunda mitad varia del croma superior sin pérdida de color hasta la pérdida total del del mismo.

1.2.10 Figuras de lissajous

Una figura de lissajous es el movimiento repetitivo en el que un cuerpo se desplaza de un lado a otro esto respecto a su posición de equilibrio, siguiendo una trayectoria definida con intervalos de tiempo constantes (Canjura et al., 2013).

Para el correcto funcionamiento del equipo martindale se debe calibrar la maquina obteniendo el patrón de Lissajous el cual debe dibujar 31 curvas (Pantoja, 2013) para asegurar la distribución uniforme del desgaste sobre las muestras a evaluar.

1.3 Marco legal

El presente trabajo de grado aborda un análisis amplio en el contexto del marco legal vigente en la República del Ecuador, enfocándose particularmente en dos pilares fundamentales: la Constitución de la República del Ecuador y las disposiciones legales pertinentes que rigen a la Universidad Técnica del Norte.

1.3.1 Constitución de la República del Ecuador

El artículo número 39 de la Constitución de la República del Ecuador (2021) establece que “Las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características” (p.27). El artículo presente establece el derecho de las personas a acceder a bienes y servicios de alta calidad, así como a elegirlos libremente, además, garantiza el acceso a información precisa y veraz sobre la naturaleza y características de dichos bienes y servicios, evitando cualquier tipo de engaño o información de dudosa procedencia.

En la novena sección, Art. 52 “La ley establecerá los mecanismos de control de calidad y los procedimientos de defensa de las consumidoras y consumidores; y las sanciones por vulneración de estos derechos, la reparación e indemnización por deficiencias, daños o mala calidad de bienes y servicios, y por la interrupción de servicios públicos que no fuera ocasionada por caso fortuito o fuerza mayor” (p. 27).

1.3.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica del Norte desarrolla diversas líneas de investigación estratégicas que abarcan varias disciplinas y sectores, permitiendo un enfoque especializado en áreas clave. Esto contribuye al avance del conocimiento y la investigación en la institución.

Tabla 3

Líneas de investigación

Nro.	LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN DE LA UTN
1	Producción industria y tecnología sostenible
2	Desarrollo forestal agropecuario y forestal sostenible.
3	Biotecnología, energía, recursos naturales renovables.
4	Soberanía, seguridad e inocuidad alimentaria sostenible.
5	Salud y bienestar integral.
6	Gestión calidad de la educación, proceso pedagógicos e idiomas.
7	Desarrollo artístico, diseño y publicidad.
8	Desarrollo social y del comportamiento humano.
9	Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibemética).

Fuente: (UTN, 2023)

De las líneas expuestas la carrera de textiles y según la investigación se orienta en la línea uno y nueve.

CAPÍTULO II

MARCO METODOLÓGICO

2.1 Tipos de investigación a aplicar

La investigación desempeña un papel importante dentro del presente trabajo de grado, ya que permite comprender diversos campos de conocimiento. Este trabajo se enfoca en diversos tipos de investigaciones, explorando las diferentes metodologías las cuales se ajustan de manera específica al estudio en cuestión.

Dentro de este trabajo, los diferentes tipos de investigaciones ayudan a comprender de manera más completa el trabajo de grado, facilitando una comprensión del proceso a realizar en el estudio presente, además, permite abordar aspectos específicos y obtener información detallada que contribuye al enriquecimiento de los resultados obtenidos.

2.1.1 Investigación bibliográfica

La investigación bibliográfica involucra explorar diversas fuentes de datos (archivos, plataformas de datos, motores de búsqueda, repositorios, entre otros) para obtener información en distintas fuentes. Esta práctica es conocida también como búsqueda de documentos, revisión de precedentes o estudio bibliográfico y documental (Martín y Lafuente, 2017).

Este tipo de investigación busca recopilar, revisar y sintetizar la información disponible para fundamentar, respaldar o ampliar el conocimiento en determinada área o campo de estudio.

En este contexto, dentro de este estudio implica la revisión de la literatura existente sobre los calcetines de compresión centrándose en aspectos como los materiales utilizados, los métodos de evaluación de resistencia, las propiedades de transpirabilidad y los factores relacionados con la abrasión.

Esta información proporciona un lineamiento teórico en cuanto a los calcetines de compresión garantizando el conocimiento previo de los conceptos y evaluaciones asociadas a este estudio.

2.1.2 Investigación experimental

Como menciona Galarza (2021) la investigación experimental es un enfoque metodológico que permite comprender y analizar como influye una variable dentro de un entorno controlado.

La metodología de la investigación experimental, la cual se centra en la realización de pruebas o estudios que involucran la deliberada manipulación de una variable específica (llamada variable independiente) para estudiar y entender cómo esta manipulación afecta otra variable relacionada (la variable dependiente).

De esta manera la investigación experimental busca evaluar hipótesis mediante pruebas controladas y la manipulación de variables. A través de este enfoque se diseñan y se llevan a cabo experimentos para obtener datos precisos y analizar la relación causa-efecto entre las variables.

En este estudio se analizarán los datos cuantitativos como cualitativos sobre la resistencia de las medias de compresión al estallido, a la transpirabilidad y a la abrasión. Los resultados obtenidos mediante las diferentes pruebas contribuirán al conocimiento sobre la durabilidad y resistencia de estos productos.

2.1.3 Investigación comparativa

Este tipo de investigación busca identificar relaciones o características particulares entre los datos analizados, con el fin de entenderlos mejor. Se utiliza para comparar diferencias y similitudes en distintas situaciones, ayudando a profundizar los conocimientos de los fenómenos estudiados y a la toma de decisiones más informadas.

En este trabajo de grado la investigación comparativa ayudara a identificar el material más adecuado para la fabricación de medias de compresión. A través de este análisis se identificarán las características más importantes de cada material, permitiendo obtener información sobre su durabilidad y comodidad de uso, de esta forma se proporcionará información importante que permitirá la selección de materia prima adecuada para la fabricación de este producto.

2.1.4 Investigación analítica

La investigación analítica es un método de científico que se fundamenta en la que experimentación práctica y la observación directa. Para ello, se utiliza datos y pruebas

obtenidas a través de la experiencia y de las herramientas estadísticas que respalden las hipótesis o los argumentos planteados (Bastidas, 2020).

Para evaluar analíticamente los resultados del trabajo grado, primero se realizará las pruebas de resistencia al estallido utilizando el equipo dinamómetro para medir la resistencia a la rotura mediante el método bola de acero para romper los calcetines, luego, se realizará la prueba de transpirabilidad midiendo la permeabilidad al aire y la capacidad de absorción de humedad de los calcetines, finalmente, se realiza la pruebas de abrasión utilizando un método estandarizado como el Martindale para evaluar la resistencia de los calcetines a la fricción.

Con los datos recopilados, tanto cualitativos como cuantitativos, se realizará un análisis para evaluar los resultados obtenidos. Se fomentará un enfoque crítico con el fin de interpretar de manera profunda y reflexiva los resultados encontrados en los hallazgos de la investigación analítica.

2.2 Normas

Para la evaluación, estudio y análisis de las muestras de calcetines referente a la resistencia al estallido, transpirabilidad y abrasión de calcetines lisos de compresión a base de poliamida, poliéster y mezcla se procede a utilizar las siguientes normas.

2.2.1 Norma ASTM D 3787:2020 Método de prueba estándar para la resistencia al estallido de textiles: prueba de ráfaga de bola de velocidad de rotación constante (CRT)

Este método de evaluación describe los lineamientos que se deben seguir para evaluar la resistencia al estallido utilizando un dispositivo específico, que mire la resistencia al estallido, en telas o prendas que presentan una gran capacidad de estiramiento (ASTM, 2020).

La Norma ASTM D 3787 define como se debe evaluar la resistencia al estallido, además, de establecer métodos y procedimientos a seguir para llevar a cabo esta evaluación de manera precisa.

Esta norma proporciona pautas claras y estándares para garantizar la consistencia de resultados y su capacidad para soportar la presión antes de romperse asegurándose que los resultados seas precisos bajo condiciones controladas

2.2.2 Norma AATCC 197: 2013 Absorción Vertical

Este método de evaluación se utiliza para identificar que muestras de sustrato textil absorben líquido hacia arriba cuando se introduce un borde recortado en agua destilada. Esta técnica es adecuada para diferentes tipos de telas, incluyendo tejidos, de punto o no tejidos (AATCC, 2022).

Esta norma establece los métodos y procedimientos para evaluar la capacidad de los tejidos para permitir el paso del aire y la humedad a través de ellos.

En el ámbito textil, la transpirabilidad es un parámetro importante que impacta directamente en el confort de prendas deportivas, ropa de trabajo y otros productos textiles.

2.2.3 Norma ISO 12947-2: 2013 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos por el método de martindale.

La Norma ISO 12947-2 establece un método para determinar la resistencia a la abrasión de los tejidos. Dicha norma proporciona lineamientos detallados y procedimientos específicos para evaluar cómo los tejidos resisten el desgaste causado por la fricción repetitiva.

La norma define un proceso de prueba que permite comparar y analizar la capacidad de diferentes tejidos para soportar el desgaste y la abrasión, de esta manera se someten las muestras para ser evaluadas independientemente del material que sean fabricadas tanto en poliamida, poliéster y su mezcla.

2.3 Diagrama de flujo

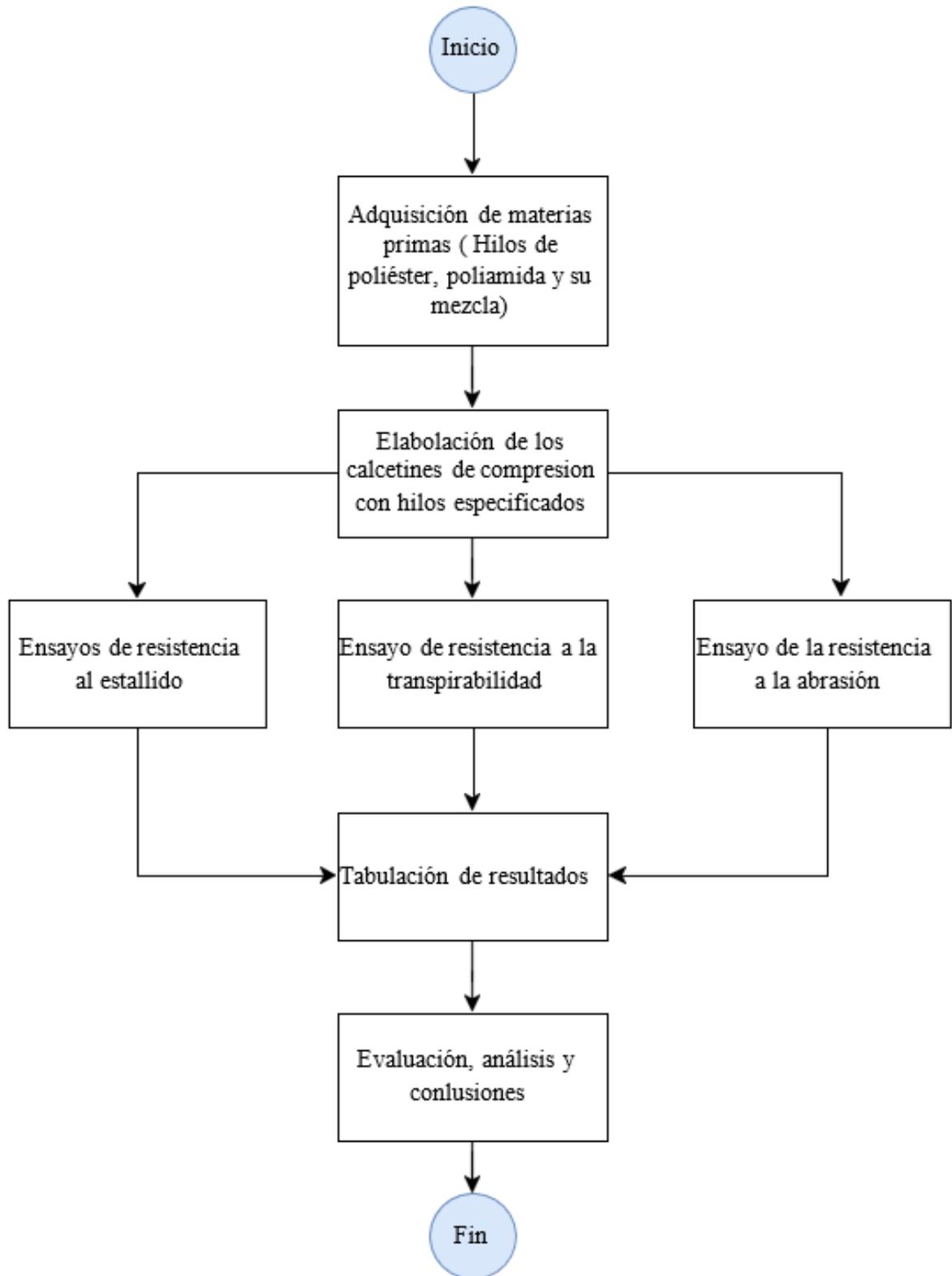
2.3.1 Diagrama de flujo general

En la

Figura 2, se representa una visión general y organizada de los pasos principales a seguir para el desarrollo del trabajo de investigación.

Figura 2

Diagrama de flujo general

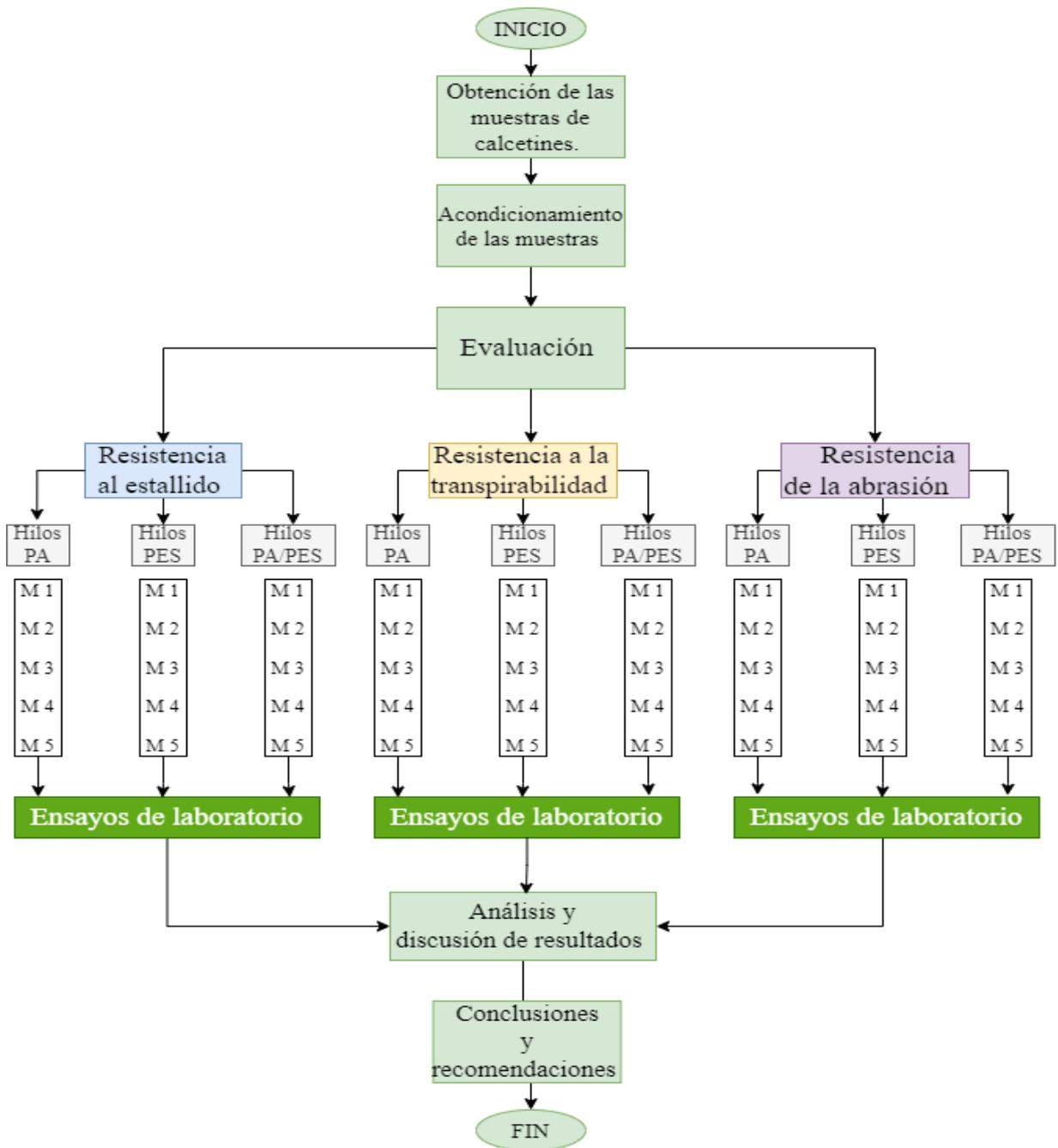


Fuente: Propia

2.3.2 Diagrama de flujo muestral

En la Figura 3, se muestra el diagrama de flujo muestral en el cual se presenta una visión detallada de las etapas involucradas en el desarrollo de los pasos a seguir, facilitando la comprensión y seguimiento del procedimiento.

Figura 3
Diagrama de flujo muestral



Fuente: Propia

2.4 Equipos y materiales

2.4.1 Máquina calcetera

Durante el desarrollo del presente trabajo de investigación, se utilizó la máquina calcetera WEIHUAN (**Figura 4**) misma que se encuentra ubicada en la planta académica textil. Esta máquina, de modelo WH-B, posee 144 agujas, con un diámetro de 3 ¾ de pulgada, y una velocidad de operación de 250-280 revoluciones por minuto (rpm). Con un peso de 300 kg, esta maquinaria adquiere un papel muy importante al ser utilizada para la producción de las medias de compresión de malla lisa en tallas 10-12.

Figura 4
Máquina calcetera



Fuente: Propia

2.4.2 Dinamómetro

El equipo denominado Dinamómetro Titan 5, representado en la **Figura 5**, está disponible en los laboratorios de la Carrera de Textiles. Su uso es fundamental para evaluar la resistencia al estallido. Este equipo cuenta con las siguientes características:

- Marca comercial: James Heal
- Modelo: 1410
- Presión de aire comprimido: de 7 a 10 bar
- Sistema operativo: Windows 10

- Programa: TestWise
- Peso: 82 kg

Figura 5

Dinamómetro Titan 5



Fuente: Propia

La bola de acero y la pinza de anillo, cuyas características se presentan en la **Tabla 4** son esenciales dentro del funcionamiento del equipo para realizar la prueba de resistencia al estallido.

Tabla 4

Especificaciones técnicas

Bola de acero		Pinza de anillo (Abrazadera) T20A	
Diámetro	25.4 mm	Diámetro interno	44.45 mm
Tolerancia	± 0.005 mm	Tolerancia	± 0.025 mm

Fuente: Propia

2.4.3 Martindale

Este equipo especializado se utiliza para evaluar la resistencia de los tejidos a la abrasión y formación de pilling (bolitas superficiales en el material), siguiendo los

lineamientos de la Norma 12947-2: 2013 sobre determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos.

El Martindale utilizado es de la marca James Heal, específicamente el modelo Mini-Martindale, que cuenta con cinco mesas abrasivas para llevar a cabo las pruebas de abrasión y formación de pilling.

Figura 6
Martindale



Fuente: Propia

2.4.4 Muestras de calcetines

Las muestras de calcetines de compresión en forma de U, realizadas a partir de hilos de poliéster, poliamida y las mezclas de estos materiales, se llevó a cabo utilizando la máquina calcetera WEIHUAN que está ubicada en la planta textil académica.

2.5 Proceso operativo

2.5.1 Elaborar calcetines deportivos de compresión en forma de U con diferentes hilos

Para la fabricación de calcetines lisos de compresión a base de poliamida, poliéster y mezcla, se realizaron los siguientes pasos:

a) Selección de hilos

La selección de hilos es una de las etapas más importantes en la elaboración de medias de compresión, ya que determina en gran medida las propiedades funcionales del producto final, como la elasticidad, la durabilidad y la capacidad de compresión.

Los títulos de los hilos utilizados son:

- **Poliamida 100%:** 2 hilos 156 dTex = 312 dTex

- **Poliéster 100%:** 2 hilos 150 dTex = 300dTex
- **PA / PES:** 1 hilo PA + 1 hilo PES = 306 dTex

Para complementar el tejido de la media de compresión se utilizó elastano en las medias de poliéster 100% y su mezcla para mejorar la compresión del tejido.

b) Configuración de la máquina

El equipo empleado para realizar las medias de compresión fue una máquina calcetera modelo WH-B, que cuenta con 144 agujas y un diámetro de 3 ¾. Misma que está diseñada específicamente para la producción de medias y calcetines.

c) Proceso de fabricación de calcetines de compresión

- Se inició el tejido desde la parte superior de la media, ajustando la densidad de regulación en el puño, pierna, pantorrilla, talón, pie, prepuntera, puntera, rosso y desperdicio. La calcetera utilizó un sistema de tejeduría circular en espiral, lo que permitió la formación continua del tubo de la media sin costuras.
- Una vez completada la confección de la media, se procedió a la expulsión del género textil fuera de la máquina (ver **Figura 7**).
- Durante el proceso de tejeduría, se incorporó el hilo de elastano en las zonas donde era necesario generar mayor compresión, como es el tobillo y la parte inferior de la pantorrilla. Este proceso se realizó de manera automática gracias al sistema de alimentación de hilos de la máquina (ver **Figura 8**).

Figura 7

Expulsión del género textil fuera de la máquina.



Fuente: Propia

Figura 8
Media de compresión



Fuente: Propia

2.6 Ensayos de laboratorio

Las pruebas de laboratorio se llevaron a cabo en las instalaciones de la planta académica textil, cumpliendo con los procedimientos especificados en las normativas técnicas aplicables.

2.6.1 Procedimiento para evaluar la resistencia al estallido

El procedimiento descrito por la norma ASTM D 3787-01: 2013 se compone de los siguientes pasos:

a. Acondicionamiento de las muestras.

Previo a las pruebas de resistencia al estallido, las muestras fueron acondicionadas en los laboratorios de la carrera de textiles mismas que mantuvieron una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 5\%$.

Figura 9
Acondicionamiento de muestras



Fuente: Propia

b. Posición del espécimen

Se inició el montaje del ensayo colocando la bola de acero en el cabezal móvil del dinamómetro. A continuación, se introdujo el espécimen en la pinza circular garantizando una fijación uniforme para evitar la falta de tensión **(a)**, se ajustó la pinza circular mediante el ajuste de tornillo **(b)**, asegurando que el área de la muestra coincidiera con el punto de contacto de la bola de acero **(c)** como se visualiza en la **Figura 10**.

Figura 10
Sujeción del espécimen en las pinzas circulares y en el equipo



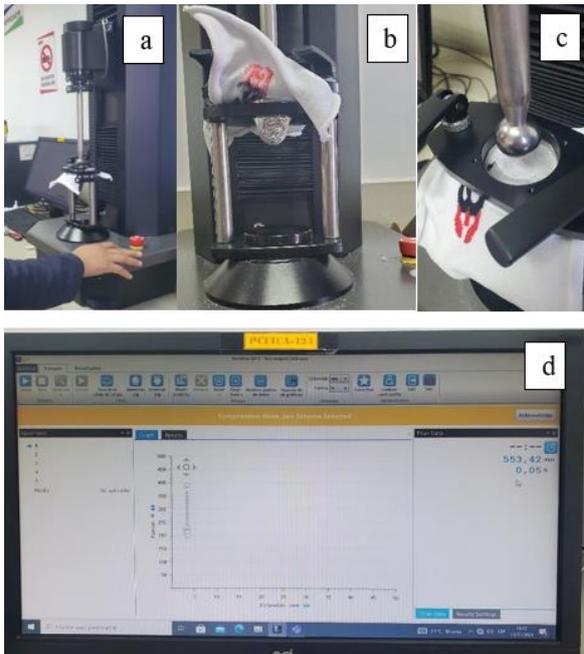
Nota: Los literales **a**, **b** y **c** descritos en las imágenes se explican en el texto superior para una mejor comprensión y entendimiento. **Fuente:** Propia

c. Realizar la prueba del estallido en el equipo

En el ordenador, se selecciona la norma correspondiente a la prueba que se va a realizar y se configuran los parámetros de la máquina. Se coloca el espécimen en la máquina de ensayo, asegurándolo de forma adecuada **(a)**. Se establece una velocidad de separación de las mordazas de 12 ± 0.5 pulgadas por minuto (305 ± 13 mm/min) de acuerdo con la norma ASTM D 3787: 2020. Esta velocidad se mantendrá constante durante toda la prueba.

Se inicia el ensayo, aplicando una fuerza de tracción creciente de forma controlada al espécimen **(b)**. Cuando el espécimen se rompe **(c)**, el software registra el valor máximo de fuerza alcanzado, que corresponde a la resistencia al estallido **(d)**.

Figura 11
Ensayo de resistencia al estallido



Nota: Los literales **a**, **b** y **c** descritos en las imágenes se explican en el texto superior para una mejor comprensión y entendimiento. **Fuente:** Propia

De acuerdo con este procedimiento, se obtendrán los resultados de la resistencia al estallido mismos que son tomados en 5 muestras independientes del material que sean fabricados.

2.6.2 Procedimiento para evaluar la absorción vertical (transpirabilidad) en los tejidos

De acuerdo con la Norma AATCC 197- 2013: absorción vertical , los pasos que se deben seguir son los siguientes:

- a) Antes de iniciar el procedimiento, la norma establece que las muestras deben ser acondicionadas durante al menos 4 horas a una temperatura de $21^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 5\%$.
- b) Para realizar el ensayo, se utilizó un matraz Erlenmeyer, agua destilada, una regla graduada en milímetros y colorante rojo, que permitió evidenciar el ascenso del agua a través del tejido.
- c) Se obtuvieron muestras de dimensiones 25 mm x 150 mm, asegurando que cumplieran con los requisitos especificados en la norma.

Figura 12

Obtención de muestras para el ensayo



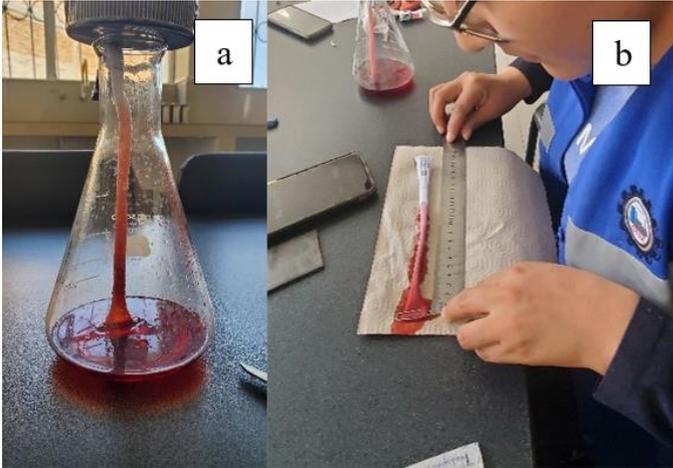
Fuente: Propia

- d) En un matraz Erlenmeyer se agregó 1 cm de agua destilada con colorante rojo para facilitar la visualización del ascenso de la humedad. La muestra fue sumergida, asegurándose de que los 5 mm estuvieran en contacto con el agua.

- e) A continuación, se inició el cronómetro para medir el tiempo necesario para que la humedad ascendiera a la primera línea de prueba (20 mm).
- f) La muestra permaneció en el agua durante 30 minutos, tiempo en el cual se monitoreó si la humedad alcanzaba la segunda línea de prueba (150 mm) **(a)**. Se registró la distancia alcanzada **(b)** y se finalizó la prueba.

Figura 13

Ascenso del agua en el tejido y registro



Fuente: Propia

El procedimiento se repitió para todos los especímenes, asegurando que el agua permaneciera estática y sin agitación.

Para calcular el ascenso vertical (wicking) (índice de absorción de humedad) se utiliza la siguiente formula:

$$W = d/t$$

Donde:

W = tasa de ascenso, en milímetros sobre segundos (mm/seg)

d = distancia de ascenso, en milímetros (mm)

t = tiempo de ascenso, en segundos (seg)

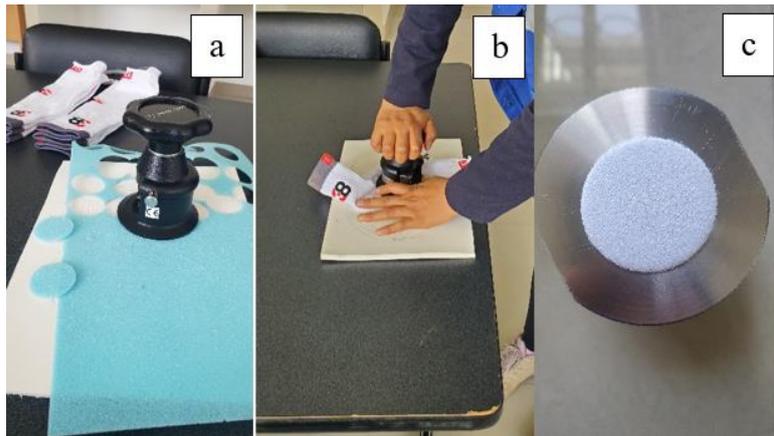
2.6.3 Procedimiento para evaluar la resistencia a la abrasión

Para la realización de este procedimiento de resistencia a la abrasión se realizan los siguientes pasos de acuerdo con la norma ISO 12947-2: 2013.

Para la evaluación de la resistencia a la abrasión, se debe acondicionar las muestras a $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ y una humedad relativa de $65\% \pm 2\%$. Con ayuda de la troqueladora de 38mm de diámetro se debe cortar las esponjas base **(a)** y por consiguiente las muestras a evaluar **(b)**, se deben colocar las probetas en el respectivo armazón **(c)** y de debe fijar adecuadamente para obtener la probeta lista.

Figura 14

Obtención de muestras para la prueba de resistencia a la abrasión



Fuente: Propia

Se selecciono la pesa de carga de 12 Kpa, debido a que las muestras evaluadas están destinadas a condiciones de trabajo reales, por lo cual esta presión ejerce la fricción adecuada de acuerdo a su aplicación, posterior mente se procedió a troquelar el testigo abrasivo (**Figura 15**) ubicados en la parte inferior del equipo. Durante el ensayo, las muestras son sometidas a desgaste en un área circular en una tela abrasiva SM25-140mm simulando las condiciones de fricción para evaluar su resistencia.

Para realizar la prueba de abrasión se debe ubicar en la posición A los bloques de 3 rodamientos la cual aluce a realizar la figura de lissajous con una longitud de carrera de 60,5 milímetros (mm) la cual realiza un movimiento rotativo.

Figura 15

Tejido abrasivo acorde a la Normal ISO 12947-1:2013

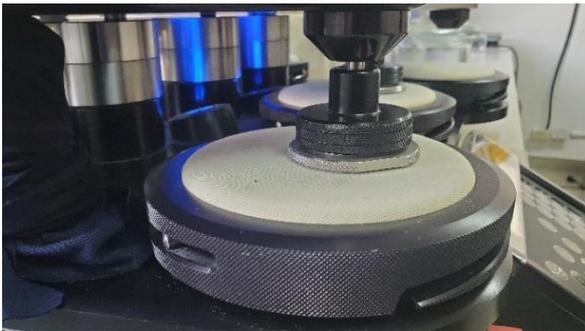


Fuente: Propia

Finalmente, se debe montar las muestras al equipo como se muestra en la **Figura 16** y se lleva a cabo la evaluación.

Figura 16

Ubicación de las probetas en el equipo



Fuente: Propia

Con ayuda de una lupa textil, se inspecciona detalladamente el tejido para identificar la presencia de posibles roturas o daños.

Figura 17

Inspección visual del tejido



Fuente: Propia

CAPITULO III

RESULTADOS Y ANÁLISIS

3.1 Resultados

En este apartado se detallan los resultados obtenidos a partir de las pruebas realizadas, que incluyen la resistencia al estallido, la transpirabilidad y abrasión. Los datos se muestran indiferentemente entre las mediciones individuales de cada ensayo, permitiendo una visión general del desempeño de las muestras bajo diferentes condiciones

3.1.1 Resultados de la resistencia al estallido en las medias de compresión elaboradas con poliamida, poliéster y mezcla.

Los resultados de la prueba de resistencia al estallido en medias de compresión fabricadas con poliamida, poliéster y sus mezclas se presentan en las tablas siguientes. La prueba se realizó utilizando una célula de carga de 5000 N y una velocidad de 305 mm/min, deteniéndose al alcanzar un 10% de rotura.

En la **Tabla 5** se presentan los resultados correspondientes a la fuerza máxima soportada por cada material evaluado. Los datos reflejan que la poliamida alcanzó el mejor desempeño, registrando una fuerza máxima de 589,96 N, lo que la posiciona como el material con mayor capacidad para resistir cargas antes de su ruptura. Le sigue la mezcla de poliamida y poliéster con una fuerza máxima de 567,07 N, mostrando un desempeño intermedio. Finalmente, el poliéster obtuvo el valor más bajo, con una fuerza máxima de 516,3 N, lo que indica una menor resistencia frente a los demás materiales evaluados.

Tabla 5

Resultados de la fuerza máxima de los materiales evaluados

Probeta	Fuerza máxima (N) PA	Fuerza máxima (N) PES	Fuerza máxima (N) PA/PES
1	663,85	541,88	649,62
2	460,86	468,75	634,16
3	636,65	570,92	360,12
4	686,63	588,53	659,04
5	501,83	411,44	532,42
Media	589,96	516,3	567,07
Dev Stand.	101,75	74,349	126,29
CV%	17,25%	14,40%	22,27%

Fuente: Propia

En la **Tabla 6** se presentan los resultados correspondientes a la extensión alcanzada por cada material, expresados en milímetros (mm). Estos datos permiten evaluar la capacidad de los materiales de soportar presiones externas antes de alcanzar el punto de rotura.

Los resultados revelan que el poliéster (PES) exhibe la mayor capacidad de extensión, con un promedio de 58,2 mm, lo que indica una mayor flexibilidad y resistencia a deformaciones antes de romperse. Por otro lado, la poliamida (PA) alcanza una extensión promedio de 45,58 mm, situándose en un rango intermedio, mientras que la mezcla de poliamida y poliéster (PA/PES) presenta la menor extensión promedio, con 43,65 mm.

Tabla 6
Resultados de la extensión de los materiales evaluados

Probeta	Extensión (mm) PA	Extensión (mm) PES	Extensión (mm) PA/PES
1	48,11	101,85	45,16
2	46,42	39,77	43,08
3	42,63	60,68	41,63
4	48,99	47,7	46,11
5	41,75	41	42,28
Media	45,58	58,2	43,65
Dev Stand.	3,244	25,77	1,911
CV%	7,11%	44,29%	4,38%

Fuente: Propia

Los resultados correspondientes al tiempo de rotura de cada material (ver **Tabla 7**), refleja el tiempo transcurrido desde el inicio de la prueba hasta que los materiales alcanzaron su punto de ruptura.

Tabla 7
Tiempo de rotura de los materiales evaluados

Probeta	Tiempo de rotura (s) PA	Tiempo de rotura (s) PES	Tiempo de rotura (s) PA/PES
1	0:09	0:20	0:09
2	0:09	0:08	0:08
3	0:08	0:12	0:08
4	0:09	0:09	0:09
5	0:08	0:08	0:08
Media	0:09	0:11	0:08

3.1.2 Resultados de resistencia a la transpirabilidad en las medias de compresión elaboradas con poliamida, poliéster y mezcla.

En la **Tabla 8** se presentan los resultados de la evaluación de transpirabilidad en posición longitudinal de las medias de compresión a base de poliamida 100%. Los datos reflejan la distancia de absorción y el tiempo requerido, aspectos que son importantes para determinar la velocidad de absorción.

Tabla 8
Velocidad de absorción longitudinal

Probetas	Distancia de absorción (mm)	Tiempo de absorción (seg)	Velocidad de absorción (mm/seg)
Poliamida 100%			
1	1230	1800	0,683
2	1190	1800	0,661
3	1150	1800	0,639
Media aritmética			0,661
Dev Stand.			0,022
Coefficiente de variación			3,328
Poliéster 100%			
1	1470	1800	0,817
2	1500	1800	0,833
3	1450	1800	0,806
Media aritmética			0,819
Dev Stand.			0,013
Coefficiente de variación			1,658
Mezcla			
1	1340	1800	0,744
2	1500	1800	0,833
3	1360	1800	0,756
Media aritmética			0,778
Dev Stand.			0,048
Coefficiente de variación			6,21

Fuente: Propia

Asimismo, en la **Tabla 9** se muestran los resultados correspondientes a la evaluación en posición transversal.

Tabla 9
Velocidad de absorción transversal

Probetas	Distancia de absorción (mm)	Tiempo de absorción (seg)	Velocidad de absorción (mm/seg)
Poliamida 100%			
1	840	1800	0,467
2	970	1800	0,539
3	870	1800	0,483
Media aritmética			0,496
Dev Stand.			0,037
Coefficiente de variación			7,617
Poliéster 100%			
1	1080	1800	0,6
2	1070	1800	0,594
3	1090	1800	0,606
Media aritmética			0,6
Dev Stand.			0,006
Coefficiente de variación			1
Mezcla			
1	1140	1800	0,633
2	1190	1800	0,661
3	1100	1800	0,611
Media aritmética			0,635
Dev Stand.			0,025
Coefficiente de variación			3,946

Fuente: Propia

3.1.3 Resultados de resistencia a la abrasión de las medias de Poliamida 100%, Poliéster y mezcla.

En la tabla **Tabla 10** se muestran los resultados obtenidos de la prueba de abrasión realizadas en el equipo martindale.

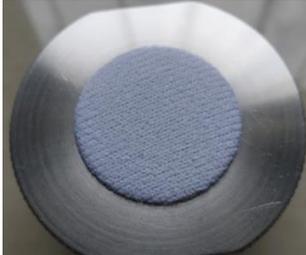
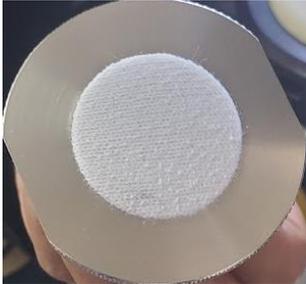
Tabla 10*Resultados de las pruebas de abrasión*

Datos		
	Nro. Muestra	Nro. De ciclos
Poliamida 100%	N1	96776
Poliéster 100%	P1	96066
Mezcla	M1	96600

Fuente: Propia

Los resultados superan los 96 mil ciclos sin presentar roturas para lo cual se realizó una inspección visual la cual se presenta en la **Tabla 11**.

Tabla 11*Estado de desgaste de las muestras evaluadas*

Materia prima	Muestras	Observaciones
Poliamida		Superficie lisa, sin roturas.
Poliéster		Ligera pérdida de fibras, sin roturas.
Mezcla		Ligera pérdida de fibras, sin roturas.

Fuente: Propia

Con ayuda del personal de laboratorio se realizó una inspección visual en la cual se pudo observar que la muestra de poliamida y mezcla presentan mayor desgaste, sin embargo, dado que en el método del ensayo inicial no presento ninguna rotura de malla tal como lo especifica la norma ISO 12947-2:2013 se empleó la norma ISO 105 A02:

Escala de grises para evaluar el cambio de color de las muestras de acuerdo con la fricción de frotaciones ejercida en las muestras.

Tabla 12

Cambio de color de las muestras mediante escala de grises ISO 105 A02

Muestras	Cambio de color
Poliamida	1
Poliéster	1,5
Mezcla	1

Nota: De acuerdo con lo establecido en la norma el valor de 5 indica una solidez excelente a diferencia del valor 1 que indica una solidez muy mala. **Fuente:** Propia

En la tabla **Tabla 12** se puede evidenciar que tanto la poliamida como la mezcla muestran un cambio de color total, siendo la poliamida quien presenta un mejor desempeño en comparación con las otras muestras evaluadas.

3.2 Análisis de resultados

En esta sección se presentan y analizan los resultados obtenidos en los ensayos previamente realizados, enfocados en los parámetros de resistencia al estallido, transpirabilidad y abrasión.

3.2.1 Análisis de la varianza

Estallido

El análisis de la varianza de los ensayos de resistencia al estallido, considerando tanto la fuerza máxima como la extensión, se llevó a cabo utilizando el software PAST 4. Los resultados obtenidos se presentan en la **Figura 18**, donde se detallan los valores correspondientes a la fuerza máxima y la extensión de los materiales evaluados: poliamida, poliéster y su mezcla.

Figura 18

Análisis de la varianza de la fuerza máxima y extensión de los materiales

Univariate statistics						
	FM (N) - PA 100%	FM (N) - PES 100	FM (N) - PA/PES	EXT - PA 100%	EXT - PES 100%	EXT - PA/PES 50/
N	5	5	5	5	5	5
Min	460,86	411,44	360,12	39,77	41,75	41,63
Max	686,63	588,53	659,04	101,85	48,99	46,11
Sum	2949,82	2581,52	2835,36	291	227,9	218,26
Mean	589,964	516,304	567,072	58,2	45,58	43,652
Std. error	45,50741	33,25017	56,4814	11,52655	1,450965	0,8548064
Variance	10354,62	5527,869	15950,74	664,3069	10,5265	3,65347
Stand. dev	101,7577	74,34964	126,2963	25,77415	3,244457	1,911405
Median	636,65	541,88	634,16	47,7	46,42	43,08
25 prctil	481,345	440,095	446,27	40,385	42,19	41,955
75 prctil	675,24	579,725	654,33	81,265	48,55	45,635
Skewness	-0,5647318	-0,7139705	-1,502191	1,719929	-0,3100707	0,4321792
Kurtosis	-2,636851	-1,349615	1,698322	2,891989	-2,72516	-2,190035
Geom. mean	582,5911	511,7984	553,7252	54,49704	45,48665	43,61875
Coeff. var	17,24811	14,40036	22,27164	44,28549	7,118159	4,378735

Fuente: (PAST4, s. f.)

Al analizar la varianza de la fuerza máxima, se observa que las medias de compresión fabricadas con poliamida mostraron una resistencia de 589.96 N, seguida de las muestras hechas con una mezcla de poliamida y poliéster, que alcanzaron una fuerza máxima de 567.07 N. Por último, las muestras de poliéster presentaron la menor resistencia, con 516.30 N. Estos resultados indican que las medias elaboradas con poliamida tienen una mayor durabilidad en comparación con las fabricadas con poliéster o la mezcla de ambos materiales.

Además, se observó que la poliamida alcanzó un alargamiento de 58.2 mm, lo que indica una mayor capacidad de estiramiento. En comparación, el poliéster mostró un alargamiento de 45.58 mm, y la mezcla de ambos materiales presentó un alargamiento de 43.65 mm. Estos resultados sugieren que la poliamida tiene una mayor elasticidad lo que le permite estirarse más antes de alcanzar el punto de ruptura.

La figura también incluye los coeficientes de variación asociados a la fuerza máxima, destacando que la mezcla presenta un coeficiente de variación del 22.27%, lo cual refleja una mayor variabilidad en los datos. Por otro lado, el poliéster exhibe un coeficiente de variación más bajo, de 14.40%, lo que evidencia una menor dispersión.

En cuanto a la extensión, los coeficientes de variación de los diferentes materiales revelan que el poliéster tiene una mayor variabilidad, con un 44.28%, mientras que la mezcla muestra una dispersión considerablemente menor, con un coeficiente de 4.37%.

Absorción vertical (Transpirabilidad)

En **Tabla 13** se puede analizar varianza y el coeficiente de variación de las muestras en forma longitudinal y trasversal.

Tabla 13

Rango estándar y proporción de variabilidad en la capacidad de absorción de las medias de compresión

Nro.	VAL-PA 100%	VAL- PES 100%	VAL- PA/PES 50/50	VAT-PA 100%	VAT- PES 100%	VAT- PA/PES 50/50
1	0,683	0,817	0,744	0,467	0,6	0,633
2	0,661	0,833	0,833	0,539	0,594	0,661
3	0,639	0,806	0,756	0,483	0,606	0,611
MEDIA	0,661	0,819	0,778	0,496	0,6	0,635
Dev Stand.	0,022	0,013	0,048	0,037	0,006	0,025
CV%	3,328	1,658	6,210	7,617	1,000	3,946

Nota: Los textos escritos en la parte superior de la tabla están representados mediante la siguiente codificación: **VAL:** Velocidad de absorción longitudinal, y **VAT:** Velocidad de absorción trasversal. **Fuente:** Propia

En la tabla presentada se puede observar que el poliéster es el material más consistente en ambas direcciones con la menor varianza y coeficiente de variación. Por el contrario, la mezcla de la poliamida y poliéster refleja datos con mayor dispersión especialmente en la dirección longitudinal, además la velocidad de absorción trasversal de la poliamida resulta ser menos consistente ya que presenta un coeficiente de variación más elevado, indicando una mayor variabilidad en sus mediciones.

3.2.2 Normalidad de los datos

De acuerdo con Sánchez-Solis et al (2024) la fiabilidad de los datos estadísticos se evalúa mediante un análisis de normalidad, el cual proporciona información importante para garantizar la validez de los resultados. Esto asegura que los datos sean consistentes y confiables, permitiendo continuar con la investigación.

La prueba de normalidad permite determinar si un conjunto de datos sigue una distribución normal, según los resultados si el p es menor a 0,05, se concluye que los datos tienen variabilidad indicando que los datos no son normales y se rechazan. Por otro lado, si el valor de p es mayor a 0,05 se considera que los datos son normales y aceptables.

Estallido

En la **Figura 19** se representan los resultados de normalidad de la fuerza máxima donde se observa un p (normal) mayor a 0,05 indicando una confiabilidad del 95% en los resultados de las muestras evaluadas.

Figura 19

Normalidad de la fuerza máxima

Tests for normal distribution			
	FM (N) - PA 100%	FM (N) - PES 100%	FM (N) - PA/PES 50/!
N	5	5	5
Shapiro-Wilk W	0,8639	0,9166	0,8074
p(normal)	0,2426	0,508	0,0929
Anderson-Darling A	0,3926	0,2787	0,5142
p(normal)	0,2247	0,4838	0,09646

Fuente: (PAST4, s. f.)

En la **Figura 20** se representan los resultados de normalidad de extensión de las muestras en donde el p (normal) es mayor a 0,05 indicando una confiabilidad del 95% en los resultados de las muestras evaluadas.

Figura 20

Normalidad de la extensión

Tests for normal distribution			
	EXT - PA 100%	EXT - PES 100%	EXT - PA/PES 50/50
N	5	5	5
Shapiro-Wilk W	0,8938	0,7967	0,923
p(normal)	0,3765	0,07614	0,5495
Anderson-Darling A	0,3146	0,5337	0,2656
p(normal)	0,3823	0,08405	0,5155

Fuente: (PAST4, s. f.)

Absorción vertical (Transpirabilidad)

La **Figura 21** representa los resultados de normalidad de la velocidad de absorción de las muestras en donde el p (normal) es mayor a 0,05 indicando una confiabilidad del 95% en los resultados de las muestras evaluadas.

Figura 21

Normalidad de los datos de la velocidad de absorción de los tejidos

Tests for normal distribution						
	VAL-PA100%	VAT-PA100%	VAL-PES100%	VAT-PES100%	VAL-PA/PES 50/50	VAT-PA/PES 50/50
N	3	3	3	3	3	3
Shapiro-Wilk W	1	0,9067	0,9887	1	0,849	0,9952
p(normal)	1	0,4072	0,7966	1	0,2379	0,8679
Anderson-Darling A	0,1895	0,2959	0,2021	0,1895	0,3645	0,1948
p(normal)	0,6307	0,2854	0,5737	0,6307	0,1597	0,6056

Nota: La normalidad de los datos de la velocidad de absorción en dirección longitudinal y trasversal se indica mediante la siguiente codificación: **VAL:** Velocidad de absorción longitudinal, y **VAT:** Velocidad de absorción trasversal. **Fuente:** (PAST4, s. f.)

3.2.3 Discusión de resultados

Estallido

los resultados, ilustrados en la **Figura 22**, revelan que la poliamida representa la mayor resistencia a la fuerza máxima, alcanzando un valor de 589,96 N. En comparación, la mezcla de estos materiales obtuvo una fuerza máxima intermedia de 567,07 N, mientras que el poliéster demostró el valor más bajo con 516,3 N. Estos resultados demuestran que la poliamida posee una resistencia superior en comparación con lo otros materiales, ya que requiere un mayor esfuerzo para alcanzar su punto de rotura.

Figura 22

Fuerza máxima de las muestras evaluadas



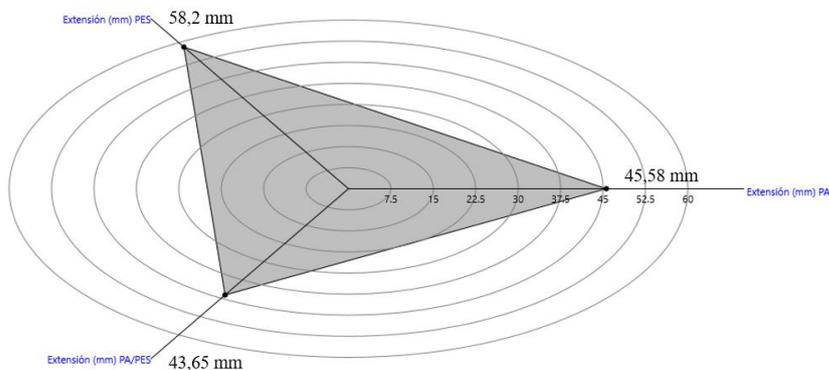
Fuente: Propia

- **Radar chart**

Para evaluar la extensión alcanzada por los materiales analizados (ver **Figura 23**), se utilizó un gráfico de radar el cual indica la comparación entre datos en un mismo radio. De acuerdo con la representación gráfica, los resultados indican que el poliéster representa la mayor capacidad de extensión, con un promedio de 58,2 mm. La muestra intermedia viene siendo la poliamida con un valor promedio de 45,58 mm. Por último, la mezcla de estos materiales muestra el valor promedio más bajo con 43,65 mm, siendo el resultado menos entre todas las muestras.

Figura 23

Extensión de las muestras evaluadas



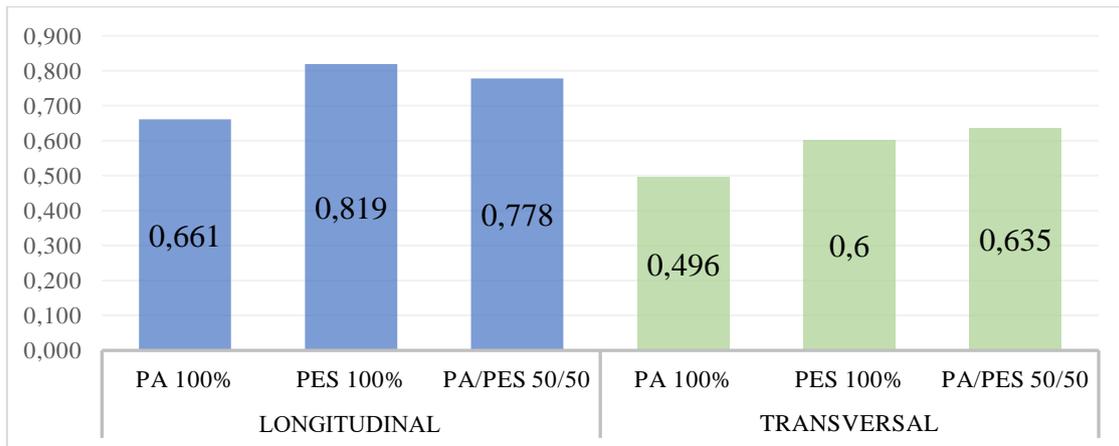
Fuente: Propia

Absorción Vertical (Transpirabilidad)

En la **Figura 24** se muestra la comparación de absorción de humedad de las muestras evaluadas de manera longitudinal y transversal.

De igual manera se observa que en la velocidad de absorción de humedad en dirección longitudinal, el poliéster (PES 100%) muestra la mayor capacidad de absorción, alcanzando un valor de 0,819 mm/s, seguido por la mezcla de poliéster y poliamida (PA/PES 50/50) con 0,778 mm/s, y finalmente la poliamida (PA 100%) con 0,661 mm/s. Esto evidencia que el poliéster presenta una mayor capacidad de absorción longitudinal en comparación con las otras muestras.

Figura 24
Comparación de absorción de las muestras



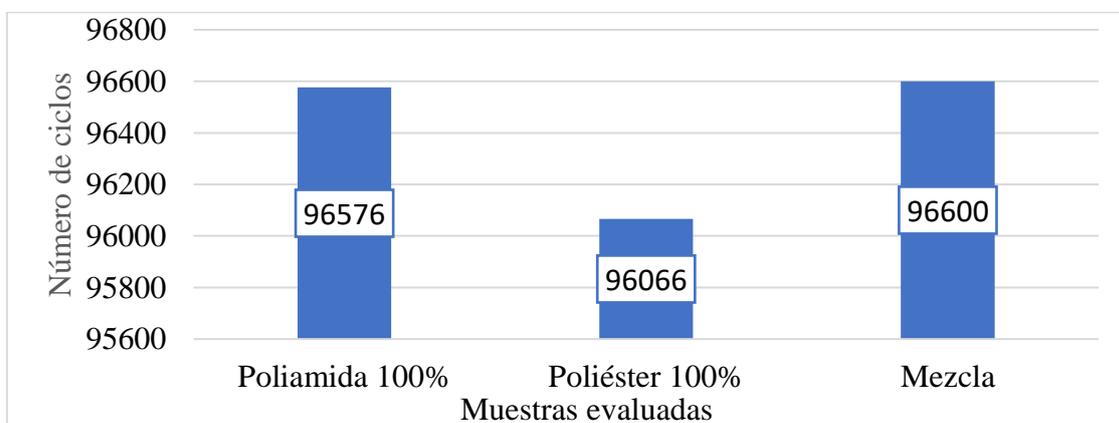
Fuente: Propia

Por otro lado, en la velocidad de absorción en dirección transversal, la mezcla (PA/PES 50/50) destaca con el valor más alto de 0,635 mm/s, seguida del poliéster (PES 100%) con 0,6 mm/s y, finalmente, de la poliamida (PA 100%) con 0,496 mm/s. Estos resultados indican que la mezcla ofrece un rendimiento más equilibrado en términos de absorción transversal.

Abrasión

En el **Figura 25** se presentan los resultados de las pruebas realizadas, evidenciando que las muestras de Poliamida 100% y mezcla (50/50) presentan una mayor resistencia en comparación con la de poliéster 100% misma que tuvo un menor desempeño.

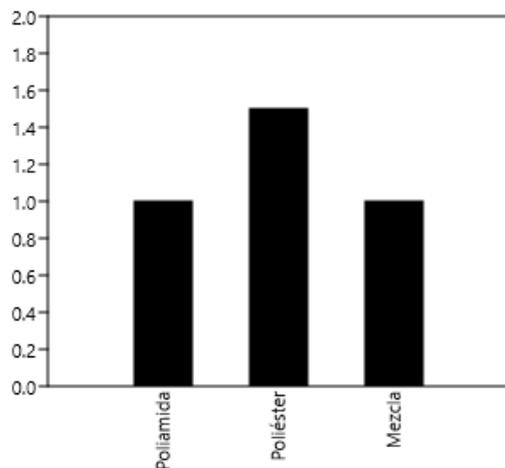
Figura 25
Resultados de la resistencia a la abrasión



Fuente: Propia

Según los requisitos establecidos por la norma ISO 12947-2, los tejidos evaluados no cumplieron con el requisito de ruptura tras el ensayo de abrasión. Sin embargo, se evaluó la solidez del color de cada material obteniendo los resultados en la **Tabla 12** y graficados en la **Figura 26**.

Figura 26
Cambio de color



Fuente: (PAST4, s. f.)

Los materiales presentan cambios de color importantes bajo fricción con valores que oscilan entre 1 a 1,5 en la escala de grises. Estos valores se clasifican como poco resistentes al cambio de color en estas condiciones.

3.2.4 Discusión general

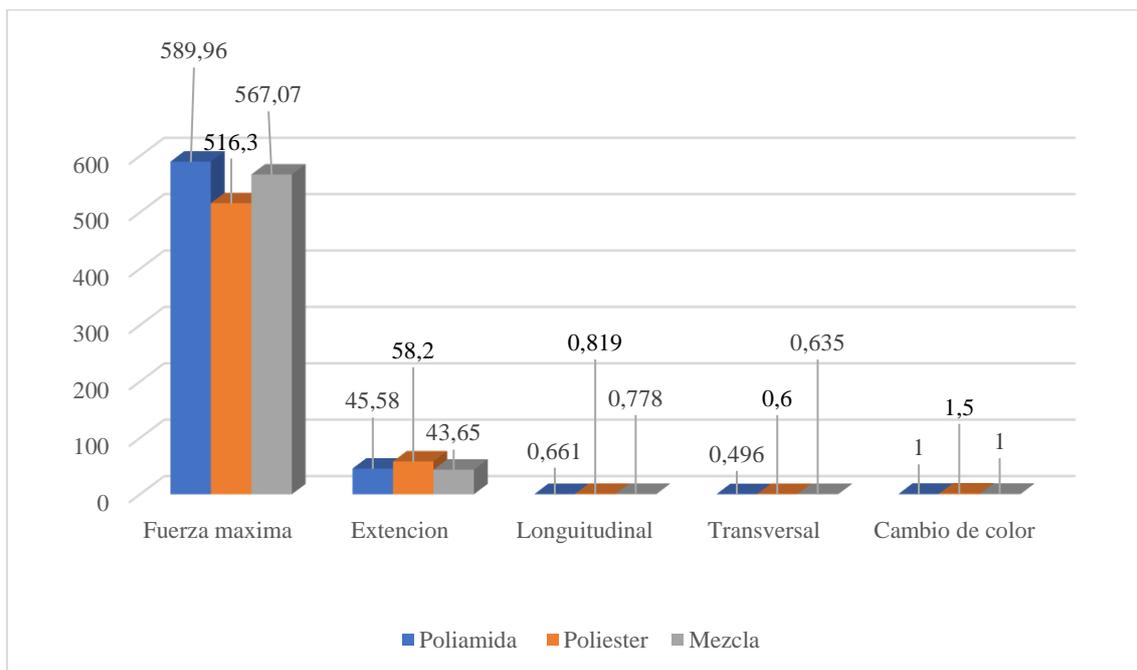
En la **Figura 27**, se muestran los resultados generados obtenidos en cada evaluación, respecto a la resistencia al estallido en la fuerza máxima el material que presenta un mayor desempeño es la poliamida, con una resistencia de 589,96 N siendo superior en comparación con los otros materiales, esto indica que requiere un mayor esfuerzo para alcanzar su punto de rotura.

Por otro lado, en términos de extensión, el material que demostró la mayor capacidad de extensión fue el poliéster con un promedio de 58,2 mm alcanzados en 11s.

En la absorción vertical, el poliéster presentó el mejor desempeño tanto en dirección longitudinal (0,819 mm/seg) como en dirección trasversal (0,635 mm/s) lo que indica que este material posee la mejor capacidad de absorción y distribución de humedad.

En cuanto a la evaluación utilizando la escala de grises el poliéster obtuvo el mejor desempeño con un valor de 1,5 a diferencia de las otras muestras evaluadas que tuvieron un valor de 1 indicando un cambio de color total.

Figura 27
Discusión general



Fuente: Propia

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

- Luego de realizar una revisión en diferentes fuentes confiables como MDPI, Scopus, Springer, trabajos de grado y artículos científicos se identificaron investigaciones valiosas sobre la resistencia al estallido. Esta revisión permite establecer un marco teórico que permite comprender las propiedades mecánicas de los materiales frente a comportamientos de fuerza máxima.
- En la planta académica textil, específicamente en el área de calcetería, se elaboraron calcetines deportivos de compresión en forma de "U" en malla lisa de tallas 10-12. Para su fabricación, se emplearon los siguientes materiales: dos hilos de poliamida 100% cada uno de 156 dTex, que al combinarse generan un título de 312 dTex; dos hilos de poliéster 100% cada uno de 150 dTex, que suman un título de 300 dTex; y una mezcla 50/50 de un hilo de poliamida y uno de poliéster, que al parearse alcanza un título de 306 dTex. Todo el proceso se realizó en una máquina calcetera con un diámetro de 3 ¾ pulgadas y 144 agujas.
- Las pruebas de resistencia al estallido se realizaron siguiendo la Norma ASTM D 3738 en tres materiales: poliamida, poliéster y su mezcla. Los resultados obtenidos en términos de fuerza máxima revelan que las muestras de poliamida alcanzaron el mejor desempeño, superando en resistencia a las de poliéster y la mezcla en un 3,87 % y 12,48%, respectivamente. Por otro lado, las muestras de poliéster a su vez superaron a la mezcla en un 8,95%.
- En relación con la extensión y el tiempo de rotura, los resultados indican que las muestras de poliéster presentan la mayor capacidad de extensión en comparación con la poliamida en un 21,68% y la mezcla en un 25% dentro de un tiempo de 11 segundos, por otro lado, la muestra de poliamida demuestra una ventaja del 4,23% en extensión respecto a la mezcla, alcanzando este valor en un tiempo de 9 segundos.
- Se realizaron pruebas de transpirabilidad siguiendo la Norma AATCC 197–2013 evaluando de manera independientemente cada material. Los resultados indican que las muestras analizadas son traspirables ya que superan la primera línea de referencia en menos de 5 minutos. Además, se determinó la velocidad de absorción considerando la distancia y el tiempo de absorción. Según los datos obtenidos del VAL, el poliéster demostró el mejor desempeño, con un 5% y un

19,29% más de eficiencia en comparación con la mezcla y la poliamida, respectivamente. Por otro lado, la mezcla superó a la poliamida en un 15,03%. Sin embargo, en la VAT la mezcla supera al poliéster y la poliamida con un 8,11% y un 21.88%, en este sentido comparando el poliéster y la poliamida, el poliéster representa un 13,33% mayor en la VAT.

- Las pruebas de resistencia a la abrasión se realizaron siguiendo los lineamientos de la norma ISO 12947-2, utilizando el equipo Martindale. Los resultados obtenidos evidencian que la mezcla de materiales muestra el mejor desempeño, alcanzando 96,600 ciclos. En comparación, la poliamida alcanzó 96,576 ciclos, mientras que el poliéster registró 96,066 ciclos.
- Dado que el método del ensayo inicial no presentó ninguna rotura de malla tal como lo especifica la norma ISO 12947-2:2013 se empleó la norma ISO 105 A02: Escala de grises para evaluar el cambio de color. Los resultados obtenidos, mediante esta norma oscilaron entre valores de 1 y 1.5, por lo cual se puede concluir que las muestras presentan una baja resistencia al cambio de color.
- En el presente trabajo de investigación, los resultados obtenidos reflejan las características independientes de cada material, la poliamida es mucho más adecuada para aplicaciones que exijan alta resistencia mecánica, mientras que el poliéster es más adecuado para la implementación de materiales donde se requiera mayor flexibilidad, capacidad de transpiración y resistencia al cambio de color.

Recomendaciones

- Seguir enriqueciendo la información sobre la resistencia al estallido mediante la revisión de estudios recientes y literatura actualizada con el fin de comprender de mejor manera las propiedades mecánicas de los materiales y su comportamiento frente a diferentes condiciones de uso.
- Es fundamental seguir los todos los lineamientos establecidos en las normas utilizadas para que se esta forma se pueda a garantizar los resultados obtenidos y la confiabilidad de los datos, caso contrario se puede generar variabilidad en los resultados y comprometer su precisión.
- Al momento de realizar la prueba de resistencia al estallido, es muy importante prestar especial atención al ajuste de las placas circulares (pinza de anillo) ya que un ajuste incorrecto podría provocar deslizamientos en las muestras a evaluar, lo cual provocaría lecturas imprecisas y datos poco fiables.
- Además, se recomienda ampliar esta investigación incorporando ensayos adicionales que analicen otros parámetros de resistencia, con el objetivo de lograr una caracterización más completa del desempeño de los tejidos bajo diferentes condiciones de uso.
- Al transferir los resultados obtenidos al software estadístico PAS 4, independientemente de la evaluación se vaya a realizar, es importante ubicarlos de manera correcta de lo contrario, podría generarse una interpretación incorrecta de los datos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AATCC. (2022). *AATCC 197: Método de prueba para la tasa de absorción vertical de textiles: A distancias especificadas*.
https://global.ihs.com/doc_detail.cfm?document_name=AATCC%20197&items_key=00579542
- Abdullah, I., Blackburn, R., Russell, S., & Taylor, J. (2006). Abrasion phenomena in twill Tencel fabric. *Journal of Applied Polymer Science*, 102, 1391-1398.
<https://doi.org/10.1002/app.24195>
- ASTM. (2020). *Standard Test Method for Bursting Strength of Textiles—Constant-Rate-of-Traverse (CRT) Ball Burst Test*. <https://www.astm.org/d3787-16r20.html>
- Bajelani, K., Arshi, A. R., & Akhavan, A. N. (2021). Quantification of the effect of compression garments on fatigue behavior in cycling. *Computer Methods in Biomechanics and Biomedical Engineering*, 24(14), 1638-1645. Scopus.
<https://doi.org/10.1080/10255842.2021.1906234>
- Bansal, S., & Raichurkar, P. (2016). Review on the Manufacturing Processes of Polyester-PET and Nylon-6 Filament Yarn. *International Journal on Textile Engineering & Processes*, 2, 23-28.
- Bastidas, J. O. (2020). ¿Cómo Saturamos Los Datos? Una Propuesta Analítica “Desde” Y “Para” La Investigación Cualitativa. *Interciencia*, 45(6), 293-299.
- Bauerfeind. (2024). *FUNDAMENTOS DEL TRATAMIENTO DE COMPRESIÓN*.
https://www.bauerfeind.es/fileadmin/user_upload/bauerfeind.es/_downloads/Fundamentos_del_tratamiento_de_compresion_comprimido.pdf
- Baissan, E., Bueno, M., Rossi, R., & Derler, S. (2013). Analysis of current running sock structures with regard to blister prevention. *Textile Research Journal*, 83(8), 836-848. Scopus. <https://doi.org/10.1177/0040517512461698>

- Bernad, B., Ferrero, A., Melgosa, M., Richard, N., Fernández-Maloigne, C., & Campos Acosta, J. (2016). *Variación de claridad de escalas de gris con las direcciones de irradiación y observación*. <https://doi.org/10.13039/501100003329>
- Brophy, -Williams, M.W. Driller, C.M. Kitic, J.W. Fell, & S.L. Halson. (2019). Wearing compression socks during exercise aids subsequent performance. *Journal of Science and Medicine in Sport*, 22(1), 123-127. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2018.06.010>
- Businesscoot. (2023, noviembre 16). *El mercado de los calcetines—España | Businesscoot*. <https://www.businesscoot.com/es/estudio/el-mercado-de-los-calcetines-espana>
- Bustamante, R. (2017, julio 31). *Fundamentos del diseño en el tejido de punto*. <https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>, <https://apttperu.com/fundamentos-del-diseno-tejido-plano/>
- Canjura, E. J. C., Flores, F. J. A., García, J. A. A., & Gutiérrez, M. A. H. (2013). *FIGURAS DE LISSAJOUS*.
- Castellà, J. (2024). Materias primeras fabricación calcetines. JC Socks Castellà. www.jc-castella.com. <https://www.jc-castella.com/materias-primeras-fabricacion-calcetines/>
- Constitución de la República del Ecuador. (2021). *Constitucion de la Republica del Ecuador*. https://www.defensa.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2021/02/Constitucion-de-la-Republica-del-Ecuador_act_ene-2021.pdf
- CottonWorks. (2023). *Fundamentos del tejido de punto*. CottonWorks™. <https://cottonworks.com/es/temas/fuente-fabricacion/tejido-de-punto/fundamentos-tejido-de-punto/>

- Cuascota. (2021). *TEMA: “ANÁLISIS DE LA TINTURA DE UN TEJIDO JERSEY 100% ALGODÓN, UTILIZANDO EL NEGRO DE HUMO, MEDIANTE EL MÉTODO DE AGOTAMIENTO”*.
- DaRong. (2024, diciembre 11). *AATCC 197—Comprobador de textiles con absorción vertical de humedad*. <https://es.darongtester.com/textile-vertical-wicking-aatcc-197/>
- Degirmenci, Z., & Çelik, N. (2016). Relation between Extension and Bursting Strength Properties of the Denim Viewed Knitted Fabrics Produced by Cellulosic Fibers. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, 24(1(115)), 101-106. <https://doi.org/10.5604/12303666.1170265>
- Değirmenci, Z., & Coruh, E. (2017). The Influences of Loop Length and Raw Material on Bursting Strength Air Permeability and Physical Characteristics of Single Jersey Knitted Fabrics. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 12, 43-49. <https://doi.org/10.1177/155892501701200105>
- Ertugrul, S., & Ucar, N. (2000). Predicting Bursting Strength of Cotton Plain Knitted Fabrics Using Intelligent Techniques. *Textile Research Journal*, 70(10), 845-851. <https://doi.org/10.1177/004051750007001001>
- Galarza, C. R. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1-7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Ghezal, I., Moussa, A., Ben Marzoug, I., el achari, A., Campagne, C., & Faouzi, S. (2022). Investigating Waterproofness and Breathability of a Coated Double-Sided Knitted Fabric. *Coatings*, 12, 1572. <https://doi.org/10.3390/coatings12101572>
- Gómez, S., & Urdampilleta, A. (2012). *Empleo de medias de compresión en el deporte: Evidencia científica*. <https://www.efdeportes.com/efd175/empleo-de-medias-de-compresion-en-el-deporte.htm>

- Jabbar, A., Tausif, M., Tahir, H., Basit, A., Bhatti, M. R. A., & Abbas, G. (2019). Polylactic acid/Lyocell fibre as an eco-friendly alternative to Polyethylene terephthalate/Cotton fibre blended yarns and knitted fabrics. *The Journal of The Textile Institute*, *111*, 1-10. <https://doi.org/10.1080/00405000.2019.1624070>
- Kaynak, H. K., & Topalbekiroğlu, M. (2008). Influence of fabric pattern on the abrasion resistance property of woven fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, *16*, 54-56.
- Li, T., He, Y., Wang, C., Fu, G., Wang, Y., Gao, H., Zhao, R., & Wang, Y. (2023). Designing three-dimensional changed spacer weft-knitted fabrics for efficient absorption and quick-drying partitioned garments. *Textile Research Journal*, *93*(19-20), 4392-4405. Scopus. <https://doi.org/10.1177/00405175231174644>
- Martín, S. G., & Lafuente, V. (2017). Referencias bibliográficas: Indicadores para su evaluación en trabajos científicos. *Investigación bibliotecológica*, *31*(71), 151-180. <https://doi.org/10.22201/iibi.0187358xp.2017.71.57814>
- Meda, U. S., Soundarya, V. G., Madhu, H., & Bhat, N. (2023). Nano-engineered textiles: Development and applications. *Materials Science and Engineering: B*, *296*. Scopus. <https://doi.org/10.1016/j.mseb.2023.116636>
- Moreno, D., Marín, P. J., López-samanes, Á., Cejuela, R., & Esteve-lanao, J. (2020). Muscle activation in middle-distance athletes with compression stockings. *Sensors (Switzerland)*, *20*(5). Scopus. <https://doi.org/10.3390/s20051268>
- Muñoz, E. M., Ramos, F. F., Collaguazo, O. G., Encalada, E. R., & Toro, M. N. (2021). *Evaluación de las propiedades físicas de la fibra de Abacá (Musa textilis)*. *Evaluation of the physical properties of the Abaca fiber (Musa textilis)*. *4*.
- Nie, W., Xu, S., Gao, J., Fang, B., & Sun, J. (2023). Degradation properties of poly(3-hydroxybutyrate-co-3-hydroxyvalerate) modified polyester composite filament.

Fangzhi Xuebao/Journal of Textile Research, 44(9), 35-42. Scopus.
<https://doi.org/10.13475/j.fzxb.20220404301>

Pantoja, M. L. G. (2013). *TEMA: “Estudio Comparativo de los Ensayos de Pilling entre el Random Tumble Pilling y Martindale en Tejidos de Algodón 100%, Poliéster 100% y Poliéster/Algodón 65/35%de género de punto elaborados en Confecciones Recreativas Fibran”*.

PAST4. (s. f.). *PAST 4*. Recuperado 23 de marzo de 2025, de <https://past.en.lo4d.com/windows>

Rahman, M. A. (2012). *The Influence of Number of Filaments on Physical and Mechanical characteristics of Polyester Woven Fabrics*.

Razzaque, A., Tesinova, P., Hes, L., Salacova, J., & Abid, H. A. (2017). Investigation on hydrostatic resistance and thermal performance of layered waterproof breathable fabrics. *Fibers and Polymers*, 18(10), 1924-1930. <https://doi.org/10.1007/s12221-017-1154-1>

Reviriego, J. F. (2023, julio 31). Características del calzado para entrenar en el gimnasio. *Blog de EFAD Deportes*. <https://www.efadeporte.com/blog/deporte-y-salud/caracteristicas-calzado-entrenar-en-el-gimnasio>

Rodríguez, J. A. C. (2020). *Diseño de un sistema de gestión por procesos basado en la norma ISO 9001:2015 para la empresa textil MSG ubicada en la provincia de Imbabura* [bachelorThesis]. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10310>

Sánchez-Solis, Y., Raqui-Ramirez, C. E., Huaroc-Ponce, E. J., & Huaroc-Ponce, N. M. (2024). Importancia de Conocer la Normalidad de los Datos Utilizados en los Trabajos de Investigación por Tesistas. *Revista Docentes 2.0*, 17(2), 404-413. <https://doi.org/10.37843/rted.v17i2.554>

- Shakiba, M., Rezvani Ghomi, E., Khosravi, F., Jouybar, S., Bigham, A., Zare, M., Abdouss, M., Moaref, R., & Ramakrishna, S. (2021). Nylon—A material introduction and overview for biomedical applications. *Polymers for Advanced Technologies*, 32(9), 3368-3383. <https://doi.org/10.1002/pat.5372>
- Tina. (2024, junio 11). *¿Cómo se determina la resistencia al estallido de la tela?* -. <https://chiuvention.com/es/blog/how-do-you-determine-the-burst-strength-of-fabric>
- Tomljenović, A., Živičnjak, J., & Mihaljević, I. (2023). Usage Durability and Comfort Properties of Socks Made from Differently Spun Modal and Micro Modal Yarns. *Materials*, 16, 1684. <https://doi.org/10.3390/ma16041684>
- Tuğrul, O., R., & Mavruz, S. (2010). *Investigation of Porosity and Air Permeability Values of Plain Knitted Fabrics*.
- Udale, J. (2014). *Textiles and Fashion: Exploring Design and Techniques for | Course Hero*. <https://www.coursehero.com/file/186757537/Dise%C3%B1o-textil-tejidos-y-t%C3%A9cnicas-2a-ed/>
- UTN. (2023). *Virrektorado de investigacion– Universidad Técnica del Norte*. <https://www.utn.edu.ec/direccion/>
- Visarrea, P. (2018). *Estudio Comparativo Del Grado De Transpirabilidad De La Humedad En Fibras De Bambú Y Algodón*.
- Wehner, J. A., Miller, B., & Rebenfeld, L. (1987). *Moisture-induced changes in fabric structure as evidenced by air-permeability measurements*. Scopus.
- Willian, M. (2023). *Tejidos de Punto Básicos | PDF | Diseño | Textiles*. Scribd. <https://es.scribd.com/document/413168792/Tejidos-de-Punto-Basicos>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de laboratorio



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



Ibarra, 29 de enero del 2024

CERTIFICADO DE LABORATORIO

Yo, **MSc. José Posso**, en calidad de responsable de técnico del laboratorio de procesos textiles de la Carrera de Textiles:

CERTIFICO

Que la señorita **Pinango Vinocunga Rosario Ximena**, portadora de la cédula de ciudadanía N° 1004757611, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: " **EVALUACIÓN DE RESISTENCIA AL ESTALLIDO, TRANSPIRABILIDAD Y ABRASIÓN DE CALCETINES LISOS DE COMPRESIÓN A BASE DE POLIAMIDA, POLIÉSTER Y MEZCLA** ", los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **Martindale**: Norma ISO 12947-2 Determinación de la resistencia a la abrasión de los tejidos.
- **DINAMÓMETRO TITAN 5**: Norma ASTM D 3787 Método de prueba estándar para la resistencia al estallido de textiles: prueba de ráfaga de bola de velocidad de rotación constante (CRT)

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

Atentamente:



MSc. JOSÉ POSSO.

**RESPONSABLE DE TÉCNICO LABORATORIO DE PROCESOS
TEXTILES-CTEX**

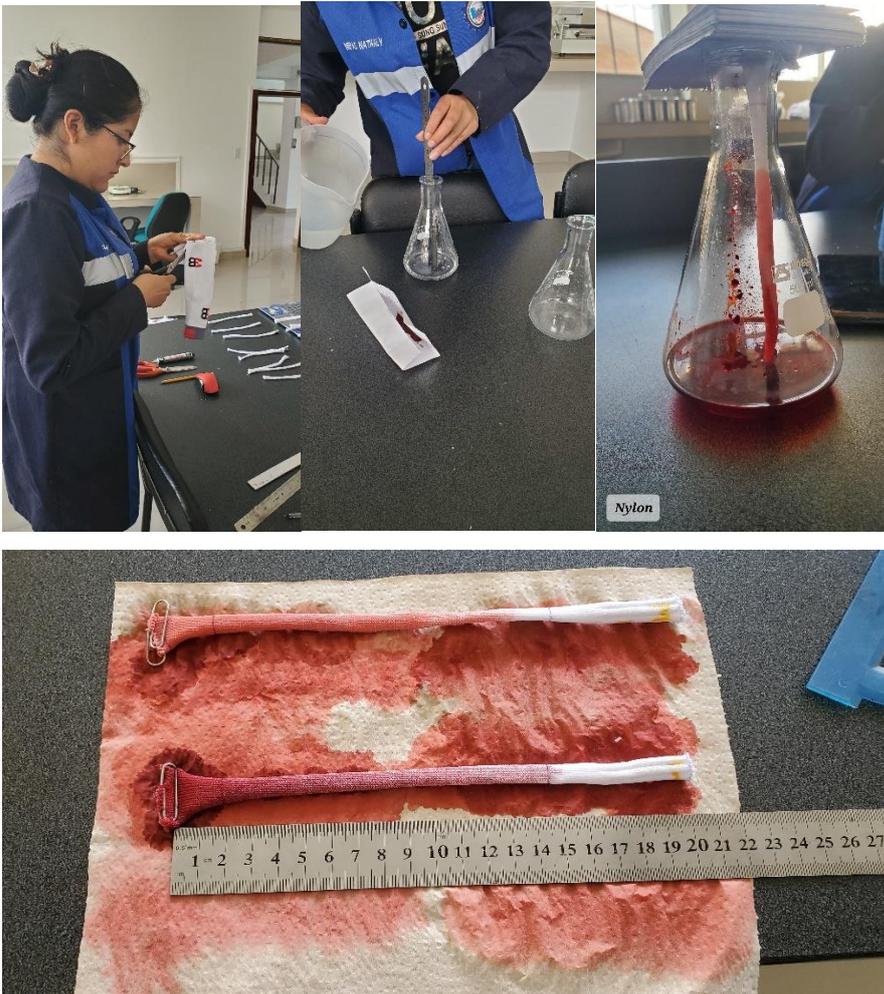
Anexo 2

Prueba de resistencia al estallido

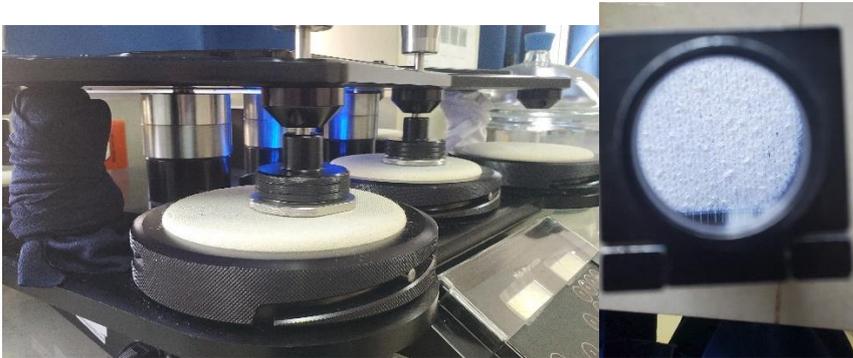


Anexo 3

Prueba de transpirabilidad



Anexo 4
Prueba de abrasión



Anexo 5
Codificación del hilo de poliamida 100%



Anexo 6

Codificación del hilo de poliéster 100%

