



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**INFORME FINAL DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR,
MODALIDAD PRESENCIAL**

TEMA:

**“EVALUACIÓN DEL CAMBIO DIMENSIONAL EN EL LAVADO DE
CALCETINES DEPORTIVOS CONFECCIONADOS CON HILOS DE
ALGODÓN, ACRÍLICO Y BAMBÚ”**

Trabajo de grado previo a la obtención del título de ingeniería textil

Línea de investigación: Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

Autor (a): Lucero Villarreal Marilyn Brigitte

Director: MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

IBARRA-2023



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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

1. IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

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

DATOS DE CONTACTO		
CÉDULA DE IDENTIDAD:	1005004096	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Lucero Villarreal Marilyn Brigitte	
DIRECCIÓN:	Ibarra	
EMAIL:	mblucero@utn.edu.ec	
TELÉFONO FIJO:	2516190	TELÉFONO MÓVIL: 0984070141

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	EVALUACIÓN DEL CAMBIO DIMENSIONAL EN EL LAVADO DE CALCETINES DEPORTIVOS CONFECCIONADOS CON HILOS DE ALGODÓN, ACRÍLICO Y BAMBÚ
AUTOR:	Lucero Villarreal Marilyn Brigitte
FECHA:	18/10/2023
PROGRAMA:	<input checked="" type="checkbox"/> PREGRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR:	MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

2. CONSTANCIAS

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló, sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original y que 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 18 días del mes de octubre de 2023

EL AUTOR:

(Firma).....


Nombre: Lucero Villarreal Marilyn Brigitte

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 18 de octubre de 2023

MSc. Elvis Ramírez

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.



(f).....

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.:1001458973

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “EVALUACIÓN DEL CAMBIO DIMENSIONAL EN EL LAVADO DE CALCETINES DEPORTIVOS CONFECCIONADOS CON HILOS DE ALGODÓN, ACRÍLICO Y BAMBÚ” elaborado por Lucero Villarreal Marilyn Brigitte, previo a la obtención del título de Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



(f):.....

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.: 1001458973



(f):.....

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.C.:0400900452

DEDICATORIA

Hoy al llegar al final de este largo y satisfactorio proceso quiero dedicar este logro a mis queridos padres Rober Lucero y Andrea Villarreal por su presencia a lo largo de mi vida, por su ejemplo de trabajo y honestidad, su amor incondicional y por ser mi fuerza durante mi formación profesional

A mi pequeño hijo Evan por llegar a mi vida a ser mi motor y fuente de inspiración para alcanzar mis sueños, por cada gesto de ternura que me brinda me han enseñado la importancia de la perseverancia, para que puedas ver en mi un ejemplo de que los sueños se cumplen si los trabajamos cada día.

A ustedes mis estimados padres y a ti mi querido hijo este logro también es suyo ya que sin ustedes no estaría hoy aquí.

Marilyn Lucero

AGRADECIMIENTO

Hoy me siento con el corazón lleno de gratitud hacia Dios por darme la vida y ser mi guía constante en mi camino de formación profesional brindándome sabiduría, fortaleza y bendiciones en mi vida.

A mis padres Rober Lucero y Andrea Villarreal por su apoyo y educación incondicional en cada uno de mis pasos desde pequeña, por su sacrificio para que nunca nos falte nada, por los valores inculcados en mi vida y por ser mi mayor motivación para cumplir mis metas.

A mis hermanos Samary, Isaac y Mateo gracias por ser mis cómplices y estar a mi lado en las alegrías y tristezas, por cada uno de los momentos compartidos recordándome que tengo una familia en la que puedo confiar.

A mi amado esposo Esteban por su paciencia y comprensión en las largas horas de estudio y acompañarme en el final de este viaje.

Mi más sincero agradecimiento a mi director de tesis MSc. Elvis Ramírez por su valioso tiempo entregado para guiarme en mi trabajo de grado, por su sabiduría, por cada uno de los consejos a lo largo de la carrera y por enseñarme la importancia de mis habilidades. A mi asesora de tesis MSc. Elsa Mora por el tiempo y conocimientos brindados en mi formación académica.

A la Universidad Técnica del Norte y a mis docentes de la Carrera de Textiles por su orientación experta, por enseñarme todos sus conocimientos y experiencias en el ámbito textil. Al Ing. Marco Naranjo por ser una fuente de inspiración en mi instrucción académica y sus valiosas ciencias. Al Ing. Fausto Gualoto y Ing. Valeria Chuga por la paciencia y guía en la parte experimental de mi proyecto.

A mis queridos amigos por su valiosa amistad, por todas las risas compartidas, por las anécdotas vividas que han hecho de la carrera una experiencia inolvidable.

Finalmente, a cada una de las personas que me acompañaron a lo largo de este satisfactorio viaje.

Marilyn Lucero

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo la evaluación del cambio dimensional de calcetines deportivos en base a su composición principal, implementando en su manufactura hilos de fondo y vanizado, para lo cual se utilizaron hilos de algodón 20/1 Ne, acrílico 1/35 Nm y bambú 21/1 Ne como fondo y Lycra 75 Den como vanizado.

Puesto que en la Industria Calcetera existe la problemática de una variación dimensional después del proceso de lavado y secado de calcetines que ocasiona una mala calidad del producto, evidenciando un cambio de tallaje por la presencia de una tasa de encogimiento o elongación debido a que las fibras sufren una relajación en el proceso de lavado al entrar en contacto con el agua. Por ello se tomó tres hilos de diferente composición de fibras para el desarrollo de la investigación, con la finalidad de brindar información a los tejedores sobre el cambio dimensional.

Los calcetines deportivos se elaboraron en la máquina calcetera WEIHUAN de diámetro 3 3/4 pulg x 144 agujas con los mismos parámetros y ajustes de producción en una estructura de medio rizo, para obtener las condiciones similares para el estudio. Los mismos fueron sometidos a la prueba de determinación de las variaciones dimensionales en el lavado y secado en una lavadora “WASCATOR” en base a la norma ISO 5077. Se marcó la dimensión inicial en las partes del puño, talos, pie y puntera; después del lavado y secado se midió nuevamente, determinando el cambio dimensional con un encogimiento en los calcetines de CO, PAC Y BB. Los resultados en el ensayo fueron analizados en el software Past 4 logrando su interpretación mediante diferentes gráficos estadísticos.

Finalmente se comprobó que el calcetín de acrílico presenta el mayor encogimiento con un valor promedio de 19,01%; con un valor intermedio está el calcetín de bambú 16,36% y el de algodón con 13,71% presenta el menor valor de encogimiento respecto a la comparación de los tres materiales.

Palabras clave: Acrílico, Algodón, Bambú, Cambio Dimensional, Calcetería, Calcetines Deportivos, Encogimiento, Lavado, Prehormado

ABSTRACT

The present research work aims to evaluate the dimensional change of sports socks based on their main composition, incorporating base and vanishing threads in their manufacturing process. Cotton 20/1 Ne, acrylic 1/35 Nm, and bamboo 21/1 Ne were used as base threads, and Lycra 75 Den was used as the vanishing thread.

In the hosiery industry, there is a problem of dimensional variation after the washing and drying process of socks, which leads to poor product quality. This variation results from a change in size due to shrinkage or elongation caused by the relaxation of fibers when they come into contact with water during washing. Therefore, three threads with different fiber compositions were selected for the research to provide weavers with information about dimensional changes.

The sports socks were manufactured using a WEIHUAN circular knitting machine with a diameter of 3 3/4 inches and 144 needles. The same production parameters and settings were applied, using a half terry structure, to ensure consistent conditions for the study. The socks were subjected to dimensional variation testing in the washing and drying process using a "WASCATOR" washing machine according to ISO 5077. Initial dimensions were marked in the cuff, heel, foot, and toe parts of the socks, and after washing and drying, measurements were taken again to determine the dimensional change and shrinkage in the CO, PAC, and BB socks. The test results were analyzed using Past 4 software, and their interpretation was supported by various statistical graphics.

Finally, it was found that the acrylic sock exhibited the highest shrinkage with an average value of 19.01%. The bamboo sock showed an intermediate value of 16.36% shrinkage, while the cotton sock exhibited the lowest shrinkage value of 13.71% compared to the other two materials.

Keywords: Acrylic, Bamboo, Cotton, Dimensional Change, Hosiery, Preforming, Shrinkage, Sports Socks, Washing.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
INTRODUCCIÓN	1
Descripción del tema	1
Antecedentes	2
Importancia del estudio	4
Objetivo general	5
Objetivos específicos	5
Características del sitio del proyecto.....	5
CAPÍTULO I.....	7
1. ESTADO DEL ARTE	7
1.1. Estudios previos.....	7
1.1.1. Calcetines deportivos	7
1.1.2. Fibras textiles en calcetería	8
1.1.3. Estructura del calcetín.....	10
1.1.4. Estabilidad dimensional de los ligamentos del tejido de punto	11
1.1.5. Lavado y secado doméstico a nivel de laboratorio	12
1.2. Marco legal.....	13
1.2.1. Constitución de la República del Ecuador	13
1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	14
1.2.3. Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad.....	14
1.3. Marco Conceptual.....	15
1.3.1. Calcetines en rizo y medio rizo.....	15
1.3.2. Hilos textiles para calcetería	16
1.3.3. Partes del calcetín deportivo	21
1.3.4. Fabricación de calcetines	22
1.3.5. Porcentaje de encogimiento de calcetines.....	25
CAPÍTULO II	26
2. MATERIALES Y MÉTODOS	26
2.1. Tipos de investigación	26
2.1.1. Investigación analítica.....	26
2.1.2. Investigación experimental	26
2.1.3. Investigación comparativa	27
2.2. Normas	27
2.2.1. Determinación de las variaciones dimensionales en el lavado y secado. (ISO 5077)...	27
2.3. Flujogramas	28

2.3.1.	Flujograma general	28
2.3.2.	Flujograma muestral	29
2.4.	Caracterización de hilos.....	29
2.5.	Equipos y materiales	33
2.5.1.	Máquina Calcetera	33
2.5.2.	Muestras de calcetines	33
2.5.3.	Regla metálica.....	35
2.5.4.	Medios para el marcado de los puntos de referencia	35
2.5.5.	Wascator	36
2.6.	Procedimiento	36
2.6.1.	Proceso de Fabricación de Calcetines Deportivos.	36
2.6.2.	Proceso de cambio dimensional de lavado y secado.....	38
2.7.	Pruebas de laboratorio.....	39
2.7.1.	Pruebas de cambio dimensional en el lavado y secado de textiles.....	40
3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	44
3.1.	Resultados	44
3.1.1.	Resultados de cambio dimensional en el lavado y secado del calcetín de algodón	44
3.1.2.	Resultados de cambio dimensional en el lavado y secado del calcetín de acrílico	45
3.1.3.	Resultados de cambio dimensional en el lavado y secado del calcetín de bambú	46
3.1.4.	Tabla general de resultados sobre el porcentaje de encogimiento de calcetines de algodón, acrílico y bambú.....	47
3.2.	Discusión de resultados.....	48
3.3.	Análisis de la varianza	48
3.4.	Normalidad de los datos	50
3.5.	Análisis e interpretación de resultados	51
4.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	57
4.1.	Conclusiones	57
4.2.	Recomendaciones	58
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
	ANEXOS.....	63

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1	Tipos de calcetines	8
Tabla 2	Hilos para calcetería.....	9
Tabla 3	Composición de la fibra de bambú	20
Tabla 4	Caracterización del hilo de algodón.....	30
Tabla 5	Caracterización del hilo de acrílico.....	31
Tabla 6	Caracterización del hilo de bambú.....	32
Tabla 7	Características técnicas de máquina calcetera.....	33
Tabla 8	Especificaciones de los calcetines deportivos.....	34
Tabla 9	Distribución de hilos en máquina calcetera	37
Tabla 10	Temperatura de planchado de calcetas.....	37
Tabla 11	Parámetros de lavado	38
Tabla 12	Parámetros de enjuague	38
Tabla 13	Especificaciones de la norma ISO 6330:2012	40
Tabla 14	Dimensiones iniciales y después del lavado de calcetín de Co.....	41
Tabla 15	Peso inicial y después del lavado de calcetín de Co	42
Tabla 16	Dimensiones iniciales y después del lavado de calcetín de Pac.....	42
Tabla 17	Peso inicial y después del lavado de calcetín de Pac	42
Tabla 18	Dimensiones iniciales y después del lavado de calcetín de BB.....	43
Tabla 19	Peso inicial y después del lavado de calcetín de BB.....	43
Tabla 20	Porcentajes de cambio dimensional en Calcetín Co	44
Tabla 21	Porcentajes de cambio dimensional en Calcetín Pac	45
Tabla 22	Porcentajes de cambio dimensional en Calcetín BB.....	46
Tabla 23	Tabla general de porcentajes de cambio dimensional.....	47
Tabla 24	Análisis de la varianza de calcetines Co	48
Tabla 25	Análisis de la varianza de calcetines Pac	49
Tabla 26	Análisis de la varianza de calcetines BB.....	49
Tabla 27	Normalidad de datos de calcetines Co	50

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	Ubicación geográfica Laboratorio Textil	6
Figura 2	Estructura del calcetín	10
Figura 3	Estructura del algodón.....	17
Figura 4	Fibra de algodón bajo el microscopio	18
Figura 5	Partes del calcetín	21
Figura 6	Flujograma general de proceso.....	28
Figura 7	Flujograma muestral de procesos	29
Figura 8	Caracterización de los calcetines deportivos	34
Figura 9	Regla de contracción	35
Figura 10	Marcador textil	35
Figura 11	Wascator.....	36
Figura 12	Secado de calcetines	39
Figura 13	Marcado de dimensiones en calcetines.....	41
Figura 14	Resultados de encogimiento de calcetín Co	51
Figura 15	Resultados de encogimiento de calcetín Pac	52
Figura 16	Resultados de encogimiento de calcetín BB.....	54
Figura 17	Consolidado del promedio de encogimiento de calcetines Co, Pac y BB	55

INTRODUCCIÓN

INTRODUCCIÓN

Descripción del tema

En el presente trabajo de investigación se enfoca en la evaluación del porcentaje de encogimiento después del lavado y secado de calcetines deportivos talla 10-12 confeccionados con hilos de fondo de algodón, acrílico, bambú y vanizado de lycra, en la máquina calcetera de diámetro 3 3/4 pulg x 144 agujas, orientada a la estabilidad dimensional que experimenta la calceta en base al factor de la materia prima utilizada en su producción.

Los calcetines elaborados tendrán similar caracterización en lo que respecta a título de hilo utilizado y estructura de la calceta para tener los mismos parámetros base en la evaluación del ensayo.

Por lo tanto, el estudio se llevó a cabo con la utilización del equipo de laboratorio Wascator mediante la norma ISO 5077 referente a la determinación de las variaciones dimensionales en el lavado y secado, este método implica la preparación, marcado y medición de los tejidos, prendas y conjunto de tejidos para su correcta evaluación, en donde se obtuvo datos estadísticos sobre el porcentaje de encogimiento después del lavado influenciado por la composición del artículo textil.

Con el fin brindar información a la industria calcetera y los tejedores a pronosticar las medidas correctas en la producción adicionando el porcentaje de encogimiento de las calcetas tras los tratamientos térmicos y húmedos, de tal manera que los consumidores adquieran un producto de calidad que se ajuste a la medida del pie y este no cambie tras procesos de lavado, permitiendo establecer la vida útil del calcetín (Abdessalem et al., 2008).

Antecedentes

La producción de indumentaria o artículos textiles ha alcanzado un liderazgo en el sector industrial. A nivel internacional la industria textil y de confecciones representa una de las principales industrias que aportan al desarrollo productivo y económico, con un aporte alrededor del 3%, mientras que este número aumenta al 10% en ciertos países del PIB mundial, en donde una parte significativa corresponde a la producción calcetera (Dikhanbayeva et al., 2022).

Los calcetines son parte de la vestimenta diaria de los seres humanos, por ello tienen que presentar mejores propiedades de confort que otras prendas, ya que en las calzas se produce una menor circulación de aire en los zapatos que en las prendas de otras partes del cuerpo.

Por ello la estabilidad dimensional es uno de los parámetros a considerar para mantener la calidad, que en un tejido de punto representa la propiedad para conservar sus dimensiones durante el uso y después de repetidos ciclos de lavado y teñido. De tal manera la estabilidad dimensional está determinada por diferentes factores como: la composición y el espesor del hilo, la estructura y sus parámetros relacionados con las características técnicas de la máquina de tejer (CreĜu et al., 2008).

Hashimoto et al. (2018) menciona que la relación de cambio dimensional de los calcetines que contienen acrílico varió en función de la temperatura de secado. Una temperatura más baja en la fase final de secado podía reducir eficazmente el encogimiento de los calcetines fabricados con acrílico, poliéster y poliuretano.

Asimismo, la tensión del tejido y los procedimientos de relajación tienen un efecto significativo en las medidas de la estructura del tejido de algodón-spandex y de algodón (Herath & Choon Kang, 2007).

La estructura de los calcetines es de género de punto, por ello tienen a deformarse con facilidad, lo cual representa una desventaja al momento del uso como cambios dimensionales permanentes de importancia. Por lo tanto, una vez culminado el proceso de fabricación de calcetines con sus respectivos acabados, al momento de realizar un lavado por primera vez en la mayor parte de casos las dimensiones del tejido se verán afectadas negativamente presentando una disminución de las medidas cuando pase de un estado relajado en seco a húmedo.

Pues el cambio dimensional de las calcetas, afecta al número de relaciones entre los números de pasadas y número de columnas por unidad de longitud, igualmente como la densidad y longitud de malla (Henning, 1969).

En estudios anteriores los ciclos de lavado y secado generan un efecto sobre el encogimiento y el cambio de dimensiones de los tejidos que inversamente proporcional a mayores ciclos el encogimiento se reduce, además se menciona un aumento de contracción:

Referente al tipo de procesamiento, blanqueo y lavado, tienen un impacto significativo en el encogimiento en longitud del ribete del calcetín con un 95% de confianza y en los cambios más significativos, se evidencia un mayor encogimiento en el algodón en comparación con el nylon.

También las fibras sintéticas presentan una contracción insignificante en comparación con las fibras naturales debido a su naturaleza innata hidrofóbica, por lo que, al reducir el porcentaje de algodón en una mezcla de fibras, puede tener menos efecto en el encogimiento de la longitud del puño.

Los hilos de fondo (Co y Pes/Co) no tienen un efecto significativo sobre encogimiento de la longitud de puño, la anchura del puño y la anchura del pie, mientras que el hilo de fondo

(algodón y poliéster/algodón) tiene un efecto significativo en el encogimiento de la longitud del pie (Basra et al., 2020).

Por otra parte en la industria calcetera ha introducido nuevas fibras a su proceso productivo con mejores propiedades que contribuyan a mejorar la calidad de vida de los humanos. En donde la viscosa de bambú se encoge considerablemente durante el lavado, mientras que las fibras de BB natural no lo hacen (Alenka, 2012).

Importancia del estudio

En la actualidad la calcetería representa una de las industrias más importante en la fabricación de géneros que cubran el pie, ya que los tejidos con buena estabilidad dimensional pueden utilizarse y lavarse las veces que sean necesarias. Además, es necesario indicar que el tejido con malas características de encogimiento da lugar a una calidad inferior en la costura, el planchado, el lavado y el tamaño adecuado, en tanto que, si el cambio dimensional es evaluado y estandarizado, mejor será la calidad del producto, pues permite realizar con mayor precisión proporcional los productos textiles (Sitotaw, 2017).

Por lo tanto, se ha identificado la problemática de los productores textiles en la línea de calcetería acerca de la tasa de encogimiento en base a la materia prima implementada en su proceso para realizar la correcta compensación en el número de pasadas y que el tallaje de la media no varíe después de los procesos de relajación, acabados, lavado y secado. Estos datos pueden utilizarse para ajustar los parámetros de la máquina circular para conseguir un tejido más estable (Herath & Choon Kang, 2007).

Además, el cambio dimensional forja una mala calidad de producto generando un impacto económico en la industria calcetera a nivel nacional e internacional, por ello es importante el evalúo la estabilidad dimensional de calcetines deportivos que aporte al proceso de producción en la industria calcetera, mediante el uso de equipos de laboratorio y normativas

estandarizadas para la obtención de datos estadísticos, lo cuales generaran información para la correcta elaboración del calcetín según la talla y con las respectivas configuraciones en la máquina circular calcetera.

Objetivo general

- Evaluar el cambio dimensional en el lavado de calcetines deportivos confeccionados con hilos de algodón, acrílico y bambú.

Objetivos específicos

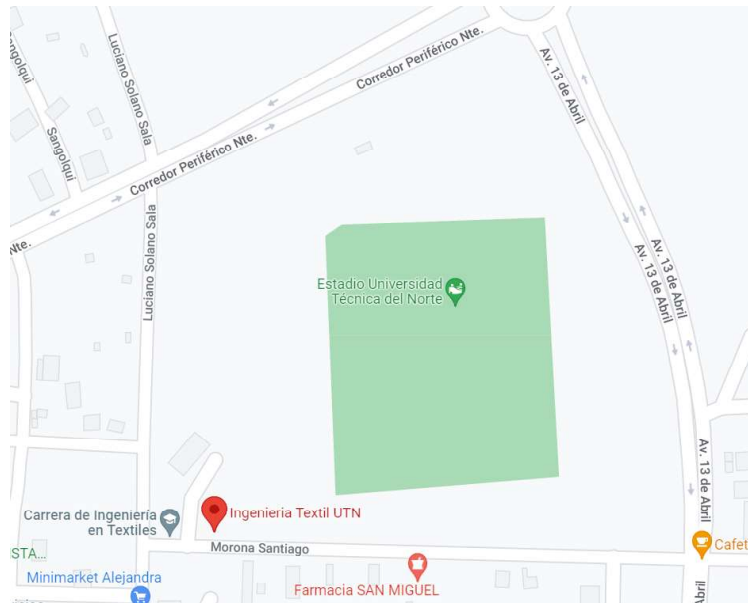
- Indagar en diferentes bases de datos bibliográficos, documentación científica, libros, revistas, tesis, entre otros, para recabar información de estudios anteriores referentes al encogimiento de calcetines deportivos después del lavado.
- Elaborar calcetines deportivos talla 10-12, con hilos de fondo de algodón, acrílico, bambú y vanizado de lycra, en la máquina calcetera de diámetro 3 3/4 pulg x 144 agujas para la obtención de muestras a analizar.
- Determinar el cambio dimensional de las muestras de calcetines mediante el uso del equipo de laboratorio wascator y la norma ISO 5077 para la obtención de datos estadísticos.
- Interpretar los resultados obtenidos con el uso del software Past 4, Microsoft Excel, gráficas de tendencia, etc, para la evaluación comparativa del encogimiento de calcetines deportivos.

Características del sitio del proyecto

El presente trabajo de investigación se desarrolló en el laboratorio designado de la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte, mismo que cuenta con equipos estandarizados en sus instalaciones. Ubicado en el sector de Azaya-Luciano Solano Sala y

Morona Santiago con coordenadas 0.3780645445145675, -78.12342383367893, tal como se muestra en la Figura 1.

Figura 1
Ubicación geográfica Laboratorio Textil



Fuente: Google Maps

CAPÍTULO I

1. ESTADO DEL ARTE

1.1. Estudios previos

1.1.1. Calcetines deportivos

Los calcetines elaborados con base al tejido de punto, se consideran parte de la vestimenta diaria de los seres humanos, por ello tienen que presentar mejores propiedades de confort que otras prendas, ya que se produce una menor circulación de aire por la presencia y uso de zapatos, en comparación a otras prendas del cuerpo.

Por lo tanto, las medias deben elaborarse con la finalidad de permitir la satisfacción del usuario de acuerdo con el estilo y los requisitos funcionales durante el uso final.

Según estudios anteriores los calcetines procedentes con diferentes estructuras de tejido deben contar con buena elasticidad y amoldarse bien al pie durante el uso. Los ligamentos de punto acanalado o liso se aplican generalmente en la parte superior que cubre las piernas y los pies. Sin embargo; el tipo de ligamento se optan según la zona del calcetín, elasticidad y recuperación; Akaydin & Can, 2010 (como se cito en Arafa Badr, 2018).

Además, los tejidos ocupados comercialmente para deporte son el terry jersey estructura de tejido que combina el jersey simple y rizo, siendo la estructura más representativa de los calcetines deportivos y por otra parte las calcetas con estructura total de simple jersey (Arafa Badr, 2018).

De la misma forma según Ajala (2018) las calcetas deportivas varían en base a la altura de pierna según sea el diseño obteniendo diferentes tipos como: escaarpín, tobilleras, semi canilleras y canilleras.

Tabla 1
Tipos de calcetines

Código	Tipo	Altura	Representación
H1	Invisible	0 cm sobre el zapato	
H2	Tobillero corto	3 cm sobre el zapato	
H3	Tobillero	6 cm sobre el zapato	
H4	Semicaña	8 cm sobre el zapato	
H5	Clásico	12-23 cm sobre el zapato	
H6	Media	Bajo la rodilla	

Fuente:(LURBEL, 2023)

1.1.2. Fibras textiles en calcetería

Las fibras que componen el hilo y sus propiedades son muy significativas desde el enfoque del tejido, así como la utilidad final del calcetín, por lo que la elección del hilo para tejer depende de una variedad de factores, como la presentación final y su calidad, el diseño de la media, las necesidades del usuario, el tipo y calibre de la máquina de tejer, entre otros. Por lo tanto, la industria calcetera trabaja una amplia gama de hilos con composición de fibras tanto naturales, sintéticas y regeneradas su totalidad o en mezclas.

El algodón y el poliéster representan las dos fibras más populares, muy usadas para tejer varios productos. Sin embargo, las invenciones e introducción de nuevos tipos de fibras como Lycra, Kevlar, entre otras, en mezcla con la moderna maquinaria han dado resultado en la fabricación de tejidos de punto especiales (Chandra Ray, 2022).

En una investigación Hashan et al. (2017) menciona que los hilos utilizados para tejer calcetines son los siguientes:

Tabla 2
Hilos para calcetería

Material	Porcentaje (%)
Lana	100
Acrílico	100
Algodón	100
Viscosa	100
Poliéster	100
Lycra	100
Lana/Acrílico	50/50
Algodón/Acrílico	50/50
Algodón/Bambú	50/50
Mélange algodón/viscosa	85/15

Fuente:(Hashan et al., 2017)

Últimamente, el bambú (BB) es una de las fibras que se han introducido al sector de la calcetería por sus propiedades innatas como: “alta absorción de humedad, tacto agradable, porosidad y permeabilidad al aire, la resistencia a los hongos y propiedades de protección UV” (Alenka, 2012).

Asimismo, “la fibra de BB tiene características antibacteriales. Inclusive después de 50 lavados”(Arafa Badr, 2018).

Otra de las fibras utilizadas, es el spandex brindando un mejor ajuste de la media respecto a la silueta del pie, asemejando una segunda piel lo que genera una buena retención de la forma a lo largo de la vida útil del calcetín; presenta una baja absorción de humedad y normal resistencia a la exposición a la luz solar (Arafa Badr, 2018).

Las fibras naturales, como el algodón y la lana, tienen sobresalientes propiedades de absorción de humedad. En cambio, las fibras acrílico tiene una baja absorción de humedad (Herring & Richie, 1993).

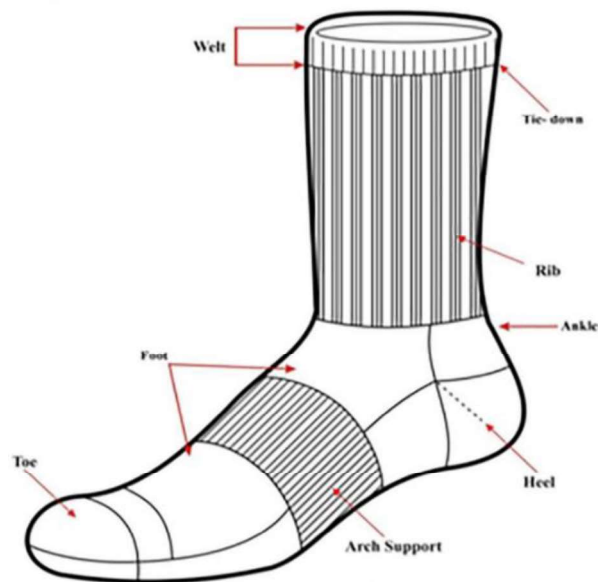
Como ejemplo: “un estudio de corredores detalló que el apareamiento de ampollas eran menos y más pequeñas cuando los calcetines empleados estaban fabricados de fibras 100% acrílicas en vez de algodón” (Esther et al., 2022).

De tal manera que en el sector calcetero las medias a base de fibras de acrílico con estructura de rizo vs las fibras de algodón mejora proporcionando un sustrato textil distribuido anatómicamente más grueso para disipar las fuerzas de cizallamiento y optimar el modo de absorción y ayudar a que la humedad óptima ambiente en la superficie de la piel (Herring & Richie, 1993).

1.1.3. Estructura del calcetín

Las partes básicas de una calceta son: el puño, transferencia, pierna, tobillo o pre talón, talón, el pie, soporte del arco, la puntera y la pinza. clasifican en función del tipo de tejido, el tipo de talón y la longitud de pierna, como se indica en la Figura 2.

Figura 2
Estructura del calcetín



Fuente: (Basra et al., 2020)

1.1.4. Estabilidad dimensional de los ligamentos del tejido de punto

La estabilidad dimensional es uno de los problemas de calidad, tras los lavados se producen encogimientos que reducen la utilidad de los calcetines. Hoy en día, los consumidores requieren una mayor exigencia de calidad, ya que son más conscientes del cambio de medidas provocado.

Los tejidos de género de punto están en constante estiramiento y deformaciones mecánicas ya que en su proceso de elaboración los hilos se someten a un factor de tensión haciendo que estas fuerzas aplicadas se mantengan cuando el tejido se retira de la máquina quedando deformado (Anand et al., 2002).

La estabilidad dimensional se determinó que, en los tejidos de simple jersey, rib 1x1 e interlock, los cambios porcentuales de sus dimensiones en todos los casos obtuvieron valores inferiores al 3%, en donde los factores como: cinco ciclos de lavado, el centrifugado, el calor y la agitación presentaron un efecto mínimo en los tejidos investigados. Sin embargo, tras cinco ciclos completos, los tejidos de ligamento interlock y jersey simple producidos en una fontura notaron cambios significativos en la asimetría del tejido (Anand et al., 2002).

Anand et al. (2002) menciona que se presenció un mayor cambio dimensional en sentido longitudinal, debido a la agitación durante el secado, donde los tres tejidos encogieron una media del 8,5%. Obteniendo un encogimiento máximo después del primer ciclo de lavado, y a medida de este fue disminuyendo el cambio en las dimensiones a lo ancho del tejido con los tratamientos de lavado posteriores.

1.1.5. Lavado y secado doméstico a nivel de laboratorio

En el área textil los tejidos de punto después de un proceso húmedo dan lugar a condiciones idóneas para que los géneros textiles se relajen. Asimismo, el secado puede prolongar dicho proceso, obteniendo un encogimiento por relajación, un problema específico de los tejidos de punto. Por ello en diferentes estudios se ha determinado el cambio dimensional de géneros de puntos después del lavado y secado a nivel de laboratorio.

Tomando en consideración el estudio de Nassif & Ali, (2019) manifiesta que las muestras antes del ensayo se acondicionaron en una superficie a 20 ± 2 °C y $65\% \pm 2$ de humedad relativa durante un día. El proceso de lavado se realizó en una lavadora a 40 °C por un tiempo de 15 minutos adicionando una dosificación de 20g/l de detergente estándar. Seguidamente se lavó con agua fría y en una secadora se procedió al secado a 50 °C. a continuación, se determinó el encogimiento en dirección de las pasadas y columnas.

Sin embargo, en un estudio sobre la influencia del lavado sobre la estabilidad dimensional de géneros de punto menciona que los especímenes a ensayarse se prepararon según la norma AATCC 150-1995 “Dimensional Changes in Automatic Home Laundering” and 179-1996 “Skewness Change in Fabrics and Garment Twist Resulting From Automatic Home Laundering”. Con un procedimiento de lavado en configuración normal con programa caliente en los parámetros de la lavadora, a una temperatura de 42°C con el uso de detergente y enjuague con agua fría. Realizando a cada muestra la cantidad de cinco ciclos de lavado. El secado se lo realizó en secadora a 75°C por 60 min y a condiciones ambientales por 24 horas. Además, incluye la importancia del nivel de dureza de agua empleada para garantizar los resultados (Anand et al., 2002).

Por otra parte en la investigación de Basra et al.(2020) sobre el cambio dimensional aplicado en calcetines el lavado se ejecutó a una temperatura de 28°C con una duración de 5

min. En donde en el secado se empleó máquinas hidroextractoras y secadoras permitiendo eliminar el exceso de agua y secar la media, respectivamente. Aplicando en el secado vapor por 20 min a 85°C.

La influencia del secado es importante ya que después de un procedimiento de lavado a temperatura de 40 °C por 90 min y con un consumo de detergente de 45 ml. Los valores de encogimiento resultantes en las muestras que fueron colgadas en direcciones de las pasadas y columnas, presentaron un cambio dimensional mínimo ya que la posición de secado le impide encogerse libremente por el efecto de la gravedad; en comparación a los tejidos secados en lavadora que obtuvieron valores de encogimiento mayores, por su estado libre (Mikučionienė & Laureckienė, 2009).

Para la evaluación del cambio dimensional según Mikučionienė & Laureckienė (2009) señalan que el valor de contracción se determinó por medio de la ecuación (en base al método de ensayo ISO 26330:1993):

$$\lambda = \frac{L - L_0}{L_0} 100\% \quad (1)$$

Siendo:

- L₀ es la medida de la muestra antes del lavado y secado
- L es la dimensión de la muestra después del lavado y secado

1.2.Marco legal

1.2.1. Constitución de la República del Ecuador

En el Art. 385 de la Constitución de la República del Ecuador, (2008) indica en su literal 3 lo siguiente:

El sistema nacional de ciencia, tecnología, innovación y saberes ancestrales, en el marco del respeto al ambiente, la naturaleza, la vida, las culturas y la soberanía, tendrá como finalidad: Desarrollar tecnologías e innovaciones que impulsen la producción nacional, eleven la eficiencia y productividad, mejoren la calidad de vida y contribuyan a la realización del buen vivir. (p.111)

Además, en el apartado noveno concerniente a las personas usuarias y consumidoras, Art. 52 afirma sobre los bienes y servicios de origen ecuatoriano e importados, asumen una responsabilidad de cumplir con estándares y normas de calidad, estar sujetos a evaluación y caracterización para optar por ser aptos para el consumo humano y ser comercializados: “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” (Constitución de la República del Ecuador, 2008).

1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica del Norte en sus políticas cuenta con diez líneas de investigación referentes a ejes temáticos multidisciplinarios en el desarrollo una investigación, para brindar soluciones a determinados problemas por medio de la generación de nuevos conocimientos.

Por ello la presente investigación se desempeña en la línea “9. Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico” (Universidad Técnica del Norte, 2022).

1.2.3. Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad

Acorde a la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad referente a su objetivo y campo de aplicación en su Art. 1, literal tres menciona: “Promover e incentivar la cultura de la calidad y el mejoramiento de la competitividad en la sociedad ecuatoriana”.

También en el capítulo II referente al Consejo Nacional de la Calidad en la sección de las

atribuciones del Comité Interministerial en su apartado subsiguiente al Art. 9, habla sobre “promover y solicitar la preparación de investigaciones, estudios e insumos técnicos y legales para” (Ley Del Sistema Ecuatoriano de La Calidad, 2007).

1.3. Marco Conceptual

1.3.1. Calcetines en rizo y medio rizo

Los calcetines deportivos son parte de la indumentaria que cubren y se ajustan al pie, con una altura en la pierna mínima hasta el tobillo y como máximo hasta la rodilla, los cuales están en vínculo directo con los pies, permitiendo proteger del calzado por el roce y fricción que estos producen mediante el del control de la humedad, la mitigación y la disipación de la fricción que se produce entre pie-calzado.

Las calcetas de rizo o también llamado terry son aquellas que en su estructura presentan un bucle añadido en la puntada, que genera un tejido acolchado o afelpado, utilizado alrededor de todo lo que conforma el pie siendo un rizo completo o medio rizo cuando solo esta en la base del pie (Gianchandani, 2010).

Generalmente la zona talonera, planta y puntera va con rizo, para aumentar la amortiguación de la pisada y mejorar el confort del pie (Civil, 2017).

Al usar hilos voluminosos en la formación de los bucles genera una mejor superficie de tejido rizo otorgando características de suavidad, estables y buena orientación. Además, para la producción de una superficie más esponjosa se implementa hilo con estructura más abierta proporcionando uniformidad en el tejido (Singh & Verma, 2017).

Así mismo al producir un alto espesor de bucles en el tejido de rizo cubre mayor superficie del género textil tomando en cuenta que la longitud del bucle debe ser óptima para

un mejor rendimiento de los tejidos de rizo en términos de compresión y propiedades superficiales (Singh & Verma, 2017).

1.3.2. Hilos textiles para calcetería

En el sector calcetero para la producción de sus productos se utilizan hilos de diferentes títulos en base a la galga de la maquinaria con diferentes composiciones de fibras naturales, sintéticas, o en mezclas, en base al uso final del calcetín para satisfacer las necesidades de los usuarios. Siendo los hilos de acrílico, poliéster, algodón, lana, nylon, elastano, los más empleados en la fabricación; además la fibra de bambú que últimamente se ha integrado a este sector por sus propiedades especiales que brindan confort.

Los calcetines están conformados por dos tipos de hilos que es el de fondo y vanizado. El hilo de fondo representa la malla externa de la calceta y el hilo de vanizado es la malla interna de la misma. Generalmente para el vanizado se ocupa hilos de elastano o Lycra con títulos 110 dtex y 75/1 denier respectivamente, mismo que pueden estar recubiertos por fibras de Pa o Pes.

También se ocupa hilos de poliéster y nylon texturizados de filamento continuo para la elaboración de una variedad de calcetines como deportivo, ejecutivo, escolar y casual, con un título de 156d/48 denier para el hilo Pa y 150d/48 denier para el hilo Pes, estos títulos (grosor) son estándar para trabajar en máquinas calceteras (Quisaguano, 2018).

Respecto al hilo de fondo en calcetas puede existir una gran variedad de composiciones ya se pura o en mezcla de fibras, esto depende del uso final del calcetín y las propiedades que se quiere otorgar al producto final. En donde el título del hilo a utilizar es en base a la galga de la maquina calcetera. Por lo general, algunos de los hilos utilizados para tejer calcetines según Hashan et al. (2017) son los siguientes:

- Lana (100%)
- Acrílico (100%)
- Algodón (100%)
- Viscosa (100%)
- Poliéster (100%)
- Lycra (100%)
- Lana/Acrílico 50/50
- Algodón/Acrílico 50/50
- Algodón/Bambú 50/50
- Mélange algodón/viscosa 85/15

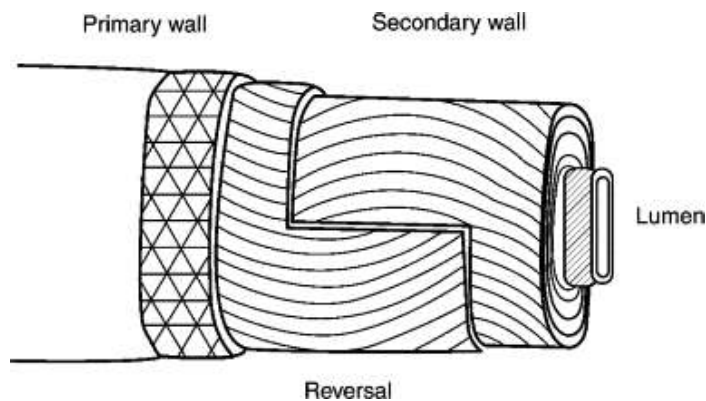
1.3.2.1. Algodón

El algodón pertenece a las fibras naturales celulósicas caracterizado por su composición de 88% a 97% de celulosa, y el sobrante lo conforma las ceras, las proteínas y la pectina (Candido, 2021).

El Co se obtiene de la planta conocida como gossypium, o algodónero. En donde la extracción de la fibra se realiza de la semilla de la planta (Solé, 2012).

Por ello al ser de carácter natural su estructura es fibrilar, mostrando en su sección transversal estar compuesta por una capa externa en la superficie llamada cutícula, una pared celular primaria, pared secundaria y un lumen, mismos que influyen en las propiedades, el procesamiento y el uso de la fibra (Ver Figura 3) (Dochia et al., 2012).

Figura 3
Estructura del algodón

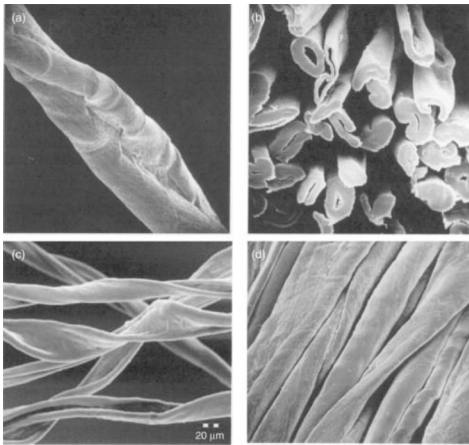


Fuente:(Dochia et al., 2012)

Bajo el microscopio el algodón presenta la siguiente (a) Fibra de Co que parece una cinta retorcida; (b) sección transversal en forma de riñón; (c) fibra que parece un tubo colapsado y retorcido y (d) manojo de fibras de algodón.

Figura 4

Fibra de algodón bajo el microscopio



Fuente:(Dochia et al., 2012)

En cuanto a las propiedades del algodón su calidad radica principalmente por la longitud, la fuerza y la finura de la fibra. Así al ser fibras con una sección trasversal hueca, tienen propiedades de suavidad, sensación fresca siendo transpirables y absorbentes. Capaces de retener agua 24 a 27 veces su propio peso. Tienen buena resistencia, al desgaste por abrasión y altas temperaturas (Hosseini Ravandi & Valizadeh, 2011).

Sus características químicas según Solé (2012) son:

- Tasa legal: La tasa legal de humedad es del 8.5%.
- La absorción de humedad: es del 14-18% para una humedad relativa del 95%
- Los tejidos de algodón se lavan con facilidad y su mayor resistencia en húmedo que en seco hace que soporten muy bien los lavados repetidos
- Ácidos: Ante los ácidos es atacada, llegando a disolverse si estos son concentrados y en caliente.

- Alcalis. El comportamiento ante los álcalis es bueno.

Es por ello que es una de las fibras más utilizadas en la industria textil que a menudo se mezclan con otras fibras como nylon, lino, lana y poliéster para lograr las mejores propiedades de cada fibra.

1.3.2.2. Acrílico

El acrílico corresponde a las fibras sintéticas siendo una de las más importantes que se crearon al mismo tiempo que los poliésteres. Existen dos tipos de fibras acrílicas, convencionales las fibras modacrílicas son copolímeros que contiene entre 35% y 85% de acrilonitrilo y las fibras acrílicas fabricadas con al menos un 85 % de acrilonitrilo (Speight, 2020).

Las fibras PAC ha sido un sustituto de la lana en algunos mercados como en la fabricación de alfombras, cobijas y chompas por su caracterización de tener propiedades similares a la lana. Las propiedades significativas de los acrílicos es que se secan rápido y cuenta con buena resistencia a las arrugas, solventes y luz solar. Respecto a su resistencia a la rotura sus valores oscilan entre 22.000 y 39.000 psi y poseen una absorción de agua de alrededor del 5% (Speight, 2020).

El alargamiento a la elongación es del 2%, con una recuperación del 99%; sin embargo, al existir un alargamiento del 5 %, la recuperación oscila entre los 50 % al 95 %. La fibra es mesuradamente rígida y tiene la capacidad de recuperarse después de haber sufrido una compresión y deformación por flexión, recuperaciones de humedad bajas de 1,0 % a 2,5 % en condiciones estándar de temperatura y humedad (Moody & Needles, 2004).

Los usos del acrílico dentro de la industria principalmente se utilizan en indumentaria (75 %), tejidos para el hogar (20 %) y usos finales industriales (5 %). En prendas de vestir, se emplea para la producción de jerséis, chalecos, chaquetas, calcetines, medias hasta la rodilla

y trajes de entrenamiento, ya sea 100% acrílico o en mezcla con otras fibras (Niaounakis, 2017).

1.3.2.3. Bambú

La fibra de bambú (BB) pertenece al grupo de fibra celulósica regenerada fabricada a base de bambú. La obtención de pulpa con almidón se origina a partir de tallos y hojas de bambú mediante un proceso de hidrólisis alcalina y blanqueo en algunas fases. El bambú crece naturalmente sin el uso de pesticidas, ya que rara vez las plagas lo comen o lo infectan los patógenos (Das, 2010).

La fibra natural de BB contiene:

Tabla 3

Composición de la fibra de bambú

Descripción	Porcentaje
Celulosa	73%
Lignina	10%
Hemicelulosa	12%

Fuente: (Alenka, 2012)

Las propiedades que presenta son una suavidad mayor a la del algodón con una textura parecida a una mezcla de cachemira y seda. Su sección transversal está formada por varios microespacios y microagujeros, por lo que tiene una buena absorción de humedad y ventilación, siendo el doble que la del algodón; por ello es una fibra que no carga de electricidad estática fácilmente ya que no contiene electrón libre dando lugar a ser una fibra antiestática, permitiendo que se adapte bien a la piel humana, pero sin adherirse a ella (Das, 2010).

Sin embargo, la característica principal por lo que destaca la fibra de bambú es su capacidad innata antibacteriano y desodorante. Los científicos han encontrado que esta propiedad se debe a que contiene un bio-agente antibacteriano y bacteriostático único

denominado 'bamboo kun'. Manteniéndose dicha sustancia hasta cuando se tiene productos terminados, ya que se une estrechamente a la molécula de celulosa de bambú (Das, 2010).

De igual forma en su composición se encuentran la 2,6-dimetoxi-p-benzoquinona, que es responsable de las propiedades antibacterianas, y la proteína dendrocina, que favorece a una alta defensa contra los hongos (Alenka, 2012).

1.3.3. Partes del calcetín deportivo

Figura 5
Partes del calcetín



Fuente: (Frontieres, 2010)

La anatomía principal de un calcetín (Ver **Figura 5**) para su fabricación según Burga (2022) es:

1. Puño: representa el inicio del calcetín ya que se produce desde arriba hasta la punta del pie y cumple con la función de dar ajuste a la prenda, otorgar flexibilidad, utilizando puntos elásticos para que se adhiera la calceta a la pierna. Convencionalmente esta zona tiene un tejido acanalado 1x1.

2. Pierna: es el cuerpo del calcetín, zona que se encuentra por debajo del puño y encima del talón, su tamaño va a depender se usó final del producto. generalmente se emplea elástico para que se amolde y se mantenga en la pierna.

3. Puntada: La puntada puede ser liso, rib verdadero o rib falso.
4. Transfer: es la zona donde se empieza a tejer el tobillo ubicado al final de la pierna e inicio del talón.
5. Talón: Es un espacio que se adapta al pie humano por medio de puntadas denominadas disminuciones, va desde parte alta del talón, parte baja del talón y cuña de talón.
6. Refuerzo: Genera la forma en el empeine del pie.
7. Suela: también llamado pie inferior emplea un tejido más acolchonado o afelpado ya que soporta todo el peso del cuerpo en esta zona.
8. Arco del Calcetín: es la parte opuesta al empeine
9. Pie: es el contorno del pie que va desde el inicio del talón hasta el final de la puntera. Compuesto por el empeine o pie superior junto con la planta o pie inferior.
10. Costura del dedo del pie: Lugar donde se cierra el calcetín por medio de máquinas de coser o automáticas que cierran directamente el calcetín, para eliminar la presencia de costura.
11. Puntera: parte final del calcetín.
12. Empeine: Es la parte superior del pie

1.3.4. Fabricación de calcetines

El proceso de la fabricación de calcetines hace referencia a la formación del calcetín en la máquina calcetera independientemente de las características específicas. Para ello las calcetas cuentan con partes de su estructura comunes en todos los tipos de calcetín, estos son puño, pierna, talón, pie y puntera.

Formación del puño

El puño es el inicio del calcetín, el cual cumple la función de ajuste para mantenerse en la pierna, este se realiza concéntricamente en la máquina donde el plato rota junto con el cilindro, el plato tiene puntos de transferencia o “jacks” los cuales se enganchan las pasadas iniciales del calcetín y se sostienen hasta que exista un tejido determinado para el puño CottonWorks (como se citó en Burga, 2022).

La constitución del puño depende del uso final, sin embargo, generalmente es formado por canales 1:1, 2:1, 3:1, 5:1, entre otros; tiene la presencia de elástico para aumentar la resistencia, siendo alternado cuando se va saltado una pasada de mallas o de 3 vueltas al inicio del puño (Burga, 2022).

Formación de la pierna o caña

Es formada para amoldarse en la zona de la pantorrilla tomando lugar desde el final del puño hasta el inicio del talón.

Se va formando mediante la alimentación de dos guías hilo, un guía hilo alimenta a la trama para que el tejido no se suelte mientras que el otro guía hilo alimenta al cuerpo del mismo tejido, formando el derecho y revés del calcetín. Los guías hilo pueden alimentarse con distintas fibras como puede ser nylon en trama y orlón para el cuerpo, dependiendo el uso final y la mezcla deseada. El tejido puede ser llano o rizo, con diseño y tamaño de la pierna. (CottonWorks, 2021)

Formación del talón

Es la zona en donde se encuentra mayor fricción del tejido con el calzado por lo que necesita resistencia a la abrasión ya que a medida del tiempo se va desvaneciendo las fibras del talón hasta conseguir roturas y un ajuste a la talonera para comodidad del usuario.

Para esta zona la máquina en la parte del cilindro está en rotación constante para ir formando las pasadas de manera uniforme una tras otra; para ello se debe considerar que:

1. Formación del talón a partir del mismo hilo alimentado.
2. Formación del talón a partir de hilos adicionales.

Respecto al uso de hilos adicionales es necesario para conseguir una superficie de tejido más afelpada, para dar amortiguación y resistencia en esta zona del pie.

El número de agujas usadas se incrementa o disminuye dependiendo a la forma del talón, teniendo en consideración que al inicio se utilizan más agujas, y en cada ciclo de reciprocación se van reduciendo el número de agujas hasta alcanzar el punto del cuchillo (reparto y mitad de talón), las agujas en uso van incrementándose hasta terminar el tejido (Burga, 2022).

Formación del pie

La parte del pie está ubicada entre el talón y la puntera, ocupando el tejido liso o rizo para esta zona dependiendo del diseño del calcetín, el cual tiene dos partes fundamentales pie inferior o planta y pie superior o empeine.

Formación de la punta o puntera

La puntera representa el final del proceso de fabricación, contando con una parte denominada rosso la cual conforma 8 pasadas de tejido liso, en donde va a ir la costura que cierra la calza para brindar mayor calidad.

Al finalizar la puntera los hilos sobrantes o ya sean del diseño o extras son cortados por medio de una cuchilla. Así con ayuda de ventilación de absorción el calcetín es expulsado hacia el exterior. La parte baja de la punta tiene mayor número de pasadas que la parte

superior ya que la costura queda sobre los dedos del pie, lo cual provee un mayor confort para realizar las actividades diarias (Burga, 2022).

Para la costura de la punta del pie se ocupa convencionalmente dos métodos de cosido: por overlock o la más actualizada que es la máquinas con sistema sin costuras para brindar una mayor calidad y confort sin tener que estar en rozamiento el pie-calzetín (Burga, 2022).

1.3.5. Porcentaje de encogimiento de calcetines

Representa el porcentaje de contracción que sufre un sustrato textil después de haber ser sometido a una acción física, refiriéndose al aumento o disminución definitivo en la longitud o anchura debido al uso, lavado, entre otros (Loza Estevez, 2015).

Villegas Recalde (2013) alude que generalmente este análisis sirve para obtener el cambio dimensional de sustratos textiles al ser sometidas a repetidos ciclos de lavados tanto domésticos o con el uso de una lavadora. En donde para el registro de los cambios en las medidas como un porcentaje del valor original se utiliza:

- Signo más (+) para indicar una extensión, elongación o estiramiento
- Signo menos (-) para indicar una contracción o encogimiento.

Para el cálculo del cambio dimensional en base INEN (2014) se utiliza la siguiente formula:

$$\frac{x_t - x_0}{x_0} * 100 \quad (2)$$

Siendo:

- x_0 es la dimensión original
- x_t es la dimensión medida después del tratamiento

CAPÍTULO II

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Tipos de investigación

En el presente de trabajo de investigación se seleccionó el método cuantitativo para la obtención de resultados acerca del cambio dimensional de calcetines deportivos después del lavado. Para ello se eligió tres tipos de investigación, los cuales son: investigación analítica, experimental y comparativa; mismos que representan parte fundamental para el desarrollo del estudio.

2.1.1. Investigación analítica

La investigación analítica representa un método clásico que por medio de una serie de pasos consecutivos para la búsqueda de información relevante que permite realizar el análisis cualitativo, cuantitativo o estructural de un tema en específico, que involucra un pensamiento crítico para la evaluación de dicha información.

Según McMillan & Schumacher (2005) constituye una investigación no interactiva en donde se estudia conceptos o información histórica, en donde los documentos o información procedente de fuentes bibliográficas o científicas son la base de datos para la investigación. Los datos obtenidos de la investigación analítica son interpretados para relacionar el pasado con la situación actual del tema de estudio.

2.1.2. Investigación experimental

Representa una de la investigaciones más utilizadas en el campo universitario en el método cuantitativo, siendo un procedimiento en donde un elemento o cuerpo es sometido a un determinado tratamiento con condiciones específicas (variable independiente) para

examinar su comportamiento como las reacciones producidas en dicho proceso (variable dependiente) (Arias, 2012).

En este método incluye dos grupos: el primero en donde el cuerpo no presenta ninguna modificación y el segundo en donde el cuerpo de estudio se somete al procedimiento, lo que con lleva a identificar los resultados en base a los grupos por medio de diferencias.

2.1.3. Investigación comparativa

En este tipo de método el investigador indaga sobre las similitudes y principalmente las diferencias observadas en dos o más cuerpos de estudio al final del proceso, en donde además de registrar o describir los resultados, busca las posibles causas o variables que interfirieron en el procedimiento (McMillan & Schumacher, 2005).

2.2. Normas

Para el estudio y análisis de las muestras de calcetines deportivos referente al cambio dimensional que se produce después del lavado se utilizó la siguiente norma ISO (Internacional Organization for Standardization):

2.2.1. Determinación de las variaciones dimensionales en el lavado y secado. (ISO 5077)

Esta norma comprende el método de aplicación para la determinación del cambio dimensional en telas, indumentario u otro sustrato textil cuando ha sido sometido a un procedimiento de lavado y secado.

Su principio está basado en la medición de la probeta acondicionada antes del proceso de lavado y secado. Mismo que después del secado se acondiciona y se mide nuevamente para el cálculo de la variación en sus medidas.

Respecto a la selección y marcación de medidas en la probeta se implementó la norma

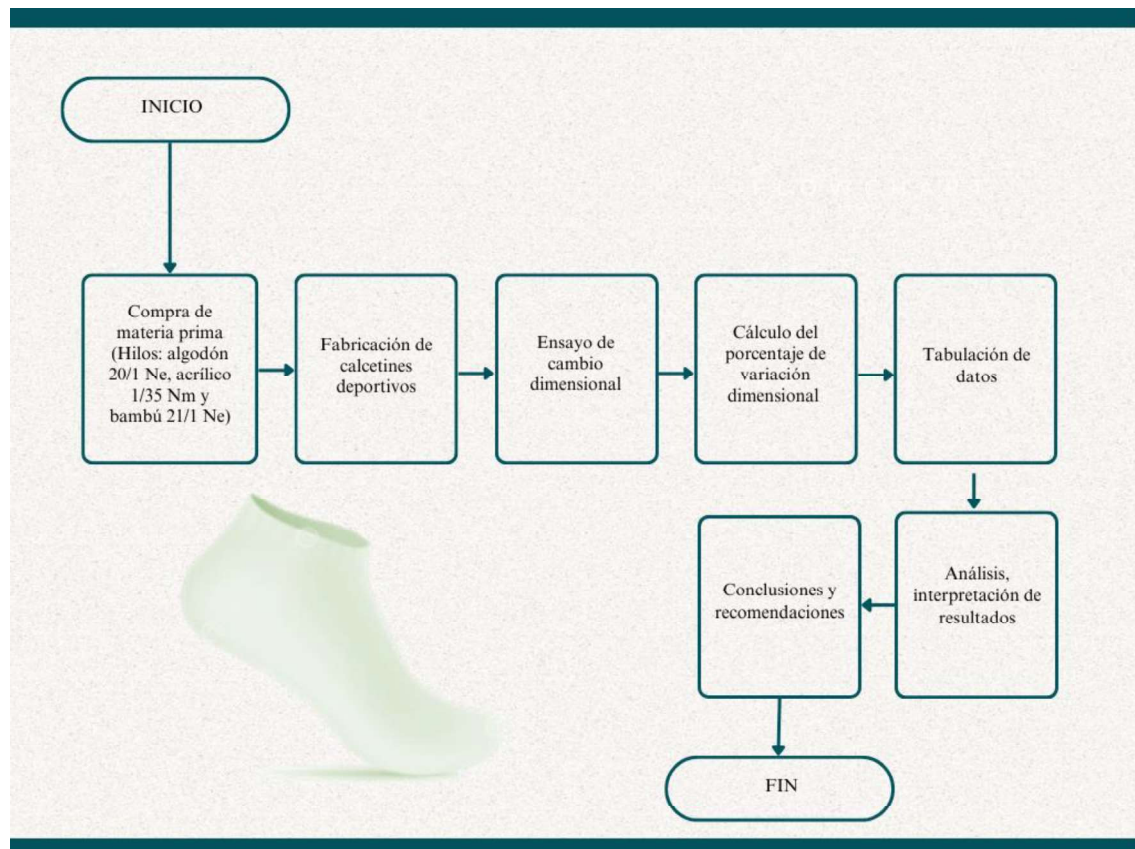
- ISO 3759: Textiles - Preparación, marcado y medición de muestras de tejidos y prendas en ensayos para la determinación de cambio dimensional

2.3. Flujogramas

2.3.1. Flujograma general

En la Figura 6 se representa la serie de pasos a nivel general de la parte experimental de la investigación para la evaluación del cambio dimensional de calcetines deportivos elaborados con hilos de algodón, acrílico y bambú desde la adquisición de la materia prima hasta el análisis de los resultados con sus respectivas conclusiones y recomendaciones.

Figura 6
Flujograma general de proceso

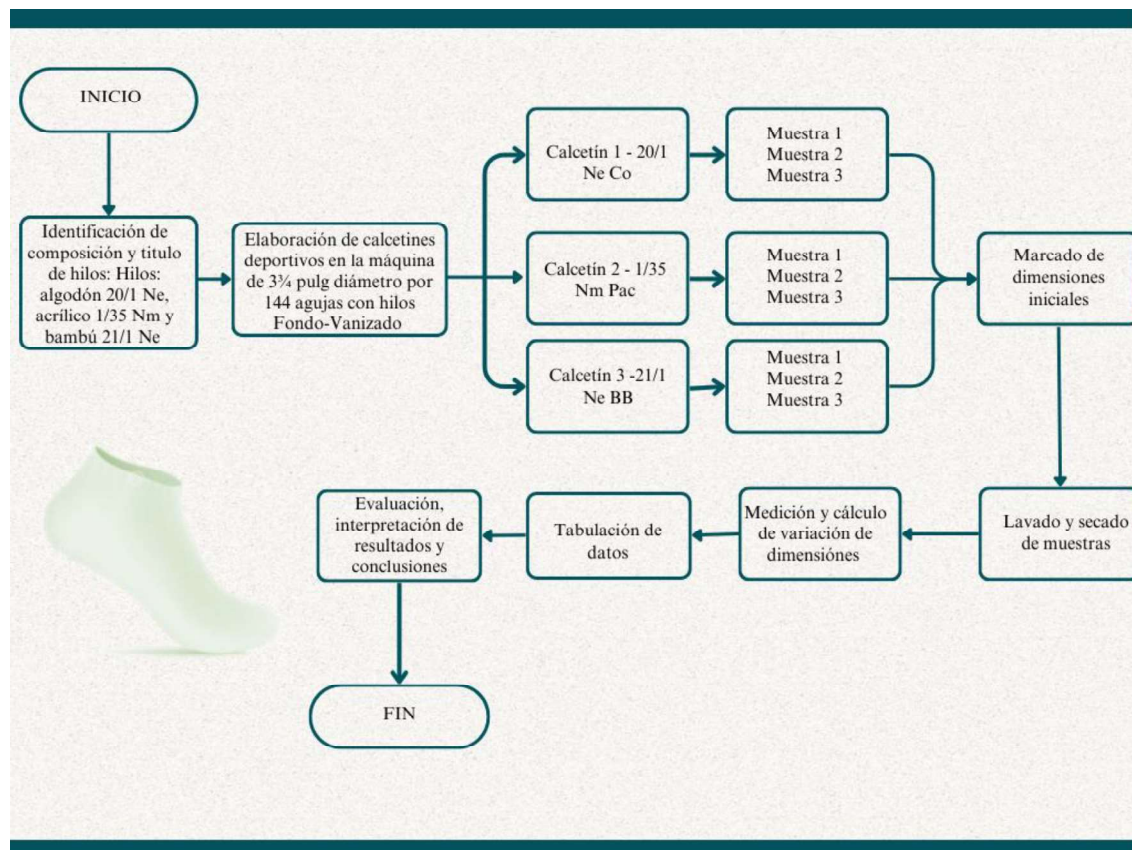


Fuente: Propia

2.3.2. Flujograma muestral

Figura 7

Flujograma muestral de procesos



Fuente: Propia

2.4. Caracterización de hilos

Para la fabricación de los calcetines deportivos se efectuó la caracterización la de materia prima en términos cualitativo y cuantitativo de los siguientes aspectos:

- Determinación del título – Norma Venezolana COVENIN 58-80
- Valor de las tpm – Norma INEN-ISO 2016:2014
- Identificación de las fibras al microscopio – Norma AATCC 20:2007
- Prueba pirognóstica de los hilos - Norma AATCC 20:2007

La identificación de los hilos de Co, Pac y BB es un procedimiento esencial para la investigación, lo que permite la garantizar la veracidad de los datos y propiedades del material.

Tabla 4
Caracterización del hilo de algodón

Título			
	Peso (g)	Longitud (m)	Título
Hilo Co	2,97	100	$Ne = 0,59 \frac{100 m}{2,97 g} \cong 20$
tpm		357	

Fibra al microscopio



Ensayo pirognóstico

- No se funde
- Produce llama amarilla
- Humo gris
- Olor a papel quemado



Se realizó la identificación del hilo de acrílico por el método de observación microscópica, donde se analiza la estructura física de la fibra hallando una vista longitudinal uniforme.

Tabla 5
Caracterización del hilo de acrílico

Título			
	Peso (g)	Longitud (m)	Título
Hilo Co	2,869	100	$Nm = 1 \frac{100 \text{ m}}{2,869 \text{ g}} \cong 35$ $Ne = 0,59 \frac{100 \text{ m}}{2,869 \text{ g}} \cong 20$
tpm		348,2	

Fibra al microscopio



Ensayo pirognóstico

- Se funde
- Produce llama luminosa
- Humo negro
- Residuos gomosos como plástico quemado



Para la determinación de la fibra de bambú al ser regenerada de celulosa presenta características similares al algodón.

Tabla 6
Caracterización del hilo de bambú

Título			
	Peso (g)	Longitud (m)	Título
Hilo Co	2,757	100	$Ne = 0,59 \frac{100 m}{2,757g} \cong 21$
tpm		544	

Fibra al microscopio



Ensayo pirognóstico

- No se funde
- Produce llama amarilla
- Humo gris
- Olor a papel quemado



2.5. Equipos y materiales

2.5.1. Máquina Calcetera

Para la fabricación de muestras calcetines deportivos se utilizó la máquina circular de pequeño diámetro localizada en la planta académica de la Carrera de Textiles. En la **Tabla 7** se detallan las especificaciones técnicas; durante el proceso de tejido, todos los ajustes de la máquina se mantuvieron invariables.

Tabla 7
Características técnicas de máquina calcetera

Descripción	Valor
Marca	WEIHUAN
Modelo	WH-B
Origen	China
Año	2022
Galga	12
Diámetro	3 3/4
Número de agujas	144

2.5.2. Muestras de calcetines

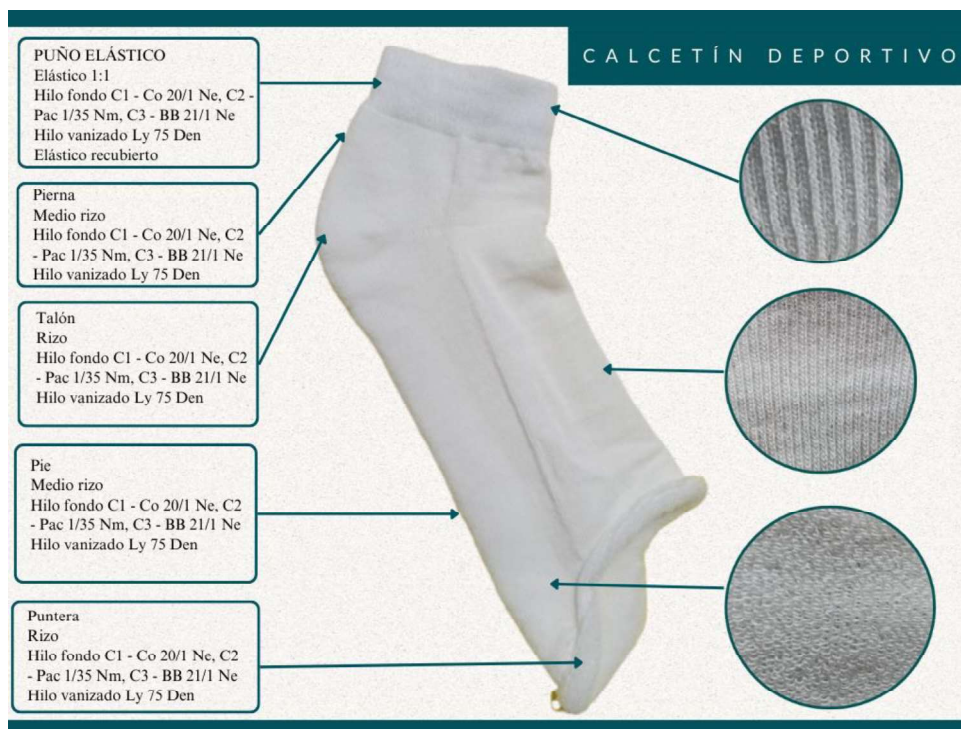
Incorpora una selección representativa de calcetines con el fin de ser analizadas en el laboratorio. Para evaluar el rendimiento y calidad de calcetas se elaboró tres tipos de calcetines deportivos en base a la materia prima. En la **Tabla 8** se indica el material de los hilos, la estructura del tejido y el uso de hilos elastoméricos y más características técnicas para cada muestra. Estas muestras proveen información de cómo es el comportamiento después del lavado.

Tabla 8
Especificaciones de los calcetines deportivos

		Calcetín 1	Calcetín 2	Calcetín 3
Composición	Fondo	Co 100%	Pac 100%	BB 100%
	Vanizado	Ly	Ly	Ly
Título de hilo	Fondo	20/1 Ne	1/35 Nm	21/1 Ne
	Vanizado	75 Den	75 Den	75 Den
Hilo extra en puño		110 dtex Ea	110 dtex Ea	110 dtex Ea
Tipo de tejido		Punto	Punto	Punto
Tamaño		Tobillero corto	Tobillero corto	Tobillero corto
Estructura		Medio rizo	Medio rizo	Medio rizo
Ligamento		Jersey	Jersey	Jersey
Talla		10-12	10-12	10-12
Nro. de muestras		3	3	3
Densidad	Malla	46P – 25C	31P – 22C	48P – 21C
	Lisa:			
	Malla	48P – 24 C	42P – 21C	46P – 26C
	Rizo:			

La **Figura 8** representa la estructura y diseño de la calceta deportiva fabricada:

Figura 8
Caracterización de los calcetines deportivos



Nota: Significado de siglas. C1: Calcetín 1 Co, C2: Calcetín Pac, C3: Calcetín BB

2.5.3. Regla metálica

La regla de contracción es una herramienta de medición hecha de acero flexible o cualquier otro material resistente a la deformación por su uso repetitivo. Se emplea para puntear las dimensiones iniciales de la muestra de prueba y la rastrear el cambio de variaciones en las medidas. De preferencia debe estar graduada en milímetros para lograr medir con precisión los cambios dimensionales del material textil y con una longitud mayor que la dimensión más grande señalada, para una mayor precisión del cálculo de la escala de contracción o de estiramiento.

Figura 9
Regla de contracción



Fuente: (TESTEX, 2020)

2.5.4. Medios para el marcado de los puntos de referencia

Se refiere al marcador indeleble textil usado en el marcado de puntos de referencia sobre textiles proporcionando un estado permanente en donde la tinta no se remueve inclusive después del proceso de lavado.

Figura 10
Marcador textil



Fuente: (Superpaco, 2021)

2.5.5. Wascator

Es una lavadora europea normalizada con normas ISO utilizado para la determinación del encogimiento, la estabilidad dimensional y el aspecto de textiles después del lavado, con programas de niveles que simulan a un determinado número de lavados domésticos. De referencia tipo A de eje horizontal y carga frontal en base a la norma ISO 6330.

Figura 11
Wascator



Fuente: (James Heal, 2022)

2.6. Procedimiento

Para el desarrollo de la investigación se realizó el siguiente procedimiento:

- Proceso de fabricación de calcetines deportivos
- Proceso de cambio dimensional después del lavado

2.6.1. Proceso de Fabricación de Calcetines Deportivos.

- a) Rebobinar de los hilos de algodón, acrílico y bambú en un nuevo cono de cartón con formato super cónico para realizar el purgado, parafinado y enrollado del hilo, lo que permite que las fibras se cohesionen obteniendo uniformidad en el hilo y la disminución de fricción en las partes de la máquina calcetera al momento de tejer.

- b) Fabricar las calcetas deportivas en la máquina calcetera, ubicando los conos de hilos en los alimentadores correspondientes y la introducción del diseño al software de la máquina.

Tabla 9*Distribución de hilos en máquina calcetera*

Alimentador No.	Guía hilo No.	Calcetín 1	Calcetín 2	Calcetín 3	Color
		Materia prima			
1	1D	Algodón 20/1 Ne	Acrílico 1/35 Nm	Bambú 21/1 Ne	Blanco
	2D	Algodón 20/1 Ne	Acrílico 1/35 Nm	Bambú 21/1 Ne	Blanco
	3D				
	4D	Nylon 156 dtex	Nylon 156 dtex	Nylon 156 dtex	Blanco
	CS	Algodón 20/1 Ne	Acrílico 1/35 Nm	Bambú 21/1 Ne	Blanco
	CI	Lycra 75 Den	Lycra 75 Den	Lycra 75 Den	Blanco
	1I	Lycra 75 Den	Lycra 75 Den	Lycra 75 Den	Blanco
	2I	Lycra 75 Den	Lycra 75 Den	Lycra 75 Den	Blanco
2	3I				
	1	Elástico recubierto	Elástico recubierto	Elástico recubierto	Blanco

- c) Coser la puntera en la máquina overlock de 3 hilos con nylon 156 dtex.
- d) Planchar los calcetines colocando manualmente cada calceta en hormas de metal para por medio de una plancha lograr el acabado de planchado y hormado para el ajuste a la talla.

Tabla 10*Temperatura de planchado de calcetas*

Material	Temperatura
Calcetín algodón	150 °C
Calcetín acrílico	110 °C
Calcetín bambú	100 °C

Fuente:(Jaya Sánchez, 2015)

2.6.2. Proceso de cambio dimensional de lavado y secado.

- a) Para el marcado de las dimensiones iniciales depende del tipo de prenda. En la presente investigación se tomaron diferentes dimensiones de longitud y ancho total que involucran las partes de puño, pie, talón y puntera.
- b) Elegir el procedimiento de lavado a utilizar según el modelo de lavadora de tipo A, especificado en el Anexo B de la norma ISO 6330. Para la presente investigación se utilizaron las siguientes condiciones de lavado:

Tabla 11
Parámetros de lavado

Parámetro		Valor
Programa		5N
Temperatura		50 +/- 3 °C
Tiempo de lavado		15 min
Detergente Referencia 3		20 +/- 1 g
Nivel de agua		100 mm
Carga	Peso muestras	1 kg
	Contra presos (Tipo II)	1 kg

Nota: Esta tabla es un extracto de la table B.1 de la norma ISO 6330. **Fuente:** (Internacional Organization for Standardization, 2012)

Después del lavado es necesario realizar enjuagues para ello se especifican los parámetros en la siguiente tabla:

Tabla 12
Parámetros de enjuague

Parámetro	Enjuague 1	Enjuague 2	Enjuague 3	Enjuague 4
Programa	5N			
Tiempo de lavado (min)	3	3	2	2
Nivel de agua (mm)	130	130	130	130

Nota: Esta tabla es un extracto de la table B.1 de la norma ISO 6330. **Fuente:** (Internacional Organization for Standardization, 2012)

- c) Pesar los especímenes individuales antes del lavado para evidenciar la pérdida de peso en el secado.

- d) Introducir los calcetines en la lavadora y añadir contrapesos con el correspondiente peso, el contrapeso a utilizar es de Tipo II 50% algodón 50% poliéster. Para obtener una carga total en donde las muestras y los contrapesos se mezclen de manera uniforme antes de iniciar el proceso.
- e) Adicionar 20 +/- 1 g del detergente de referencia 3 seleccionado directamente en el dispensador.
- f) Completado el proceso retirar las muestras con cuidado sin causar alguna distorsión.
- g) Para el proceso de secado se utiliza el proceso C secado plano (Flat dry) en donde los calcetines hidro extraídos se extienden en una rejilla horizontal de superficie perforado, secando en condiciones ambientales.

Figura 12

Secado de calcetines



2.7. Pruebas de laboratorio

El sustento de este proyecto se base en ensayos de laboratorio, tomando en cuenta los parámetros de aplicación según la norma establecida.

2.7.1. Pruebas de cambio dimensional en el lavado y secado de textiles

La prueba de lavado se realizó con la norma ISO 6330:2012 en donde establece los procedimientos de lavado y secado domésticos para pruebas textiles. El equipo que se utilizó es una lavadora normalizada denominada Wascator que con base a la norma se cataloga como tipo A con una capacidad de 2 kg, en donde 1 kg corresponde a contrapesos y 1kg a los especímenes de calcetas a ensayar. El detergente a emplear puede ser de referencia 2,3 o 6 con una dosificación de 20 g. A continuación, se describe los parámetros establecidos en la norma para este procedimiento.

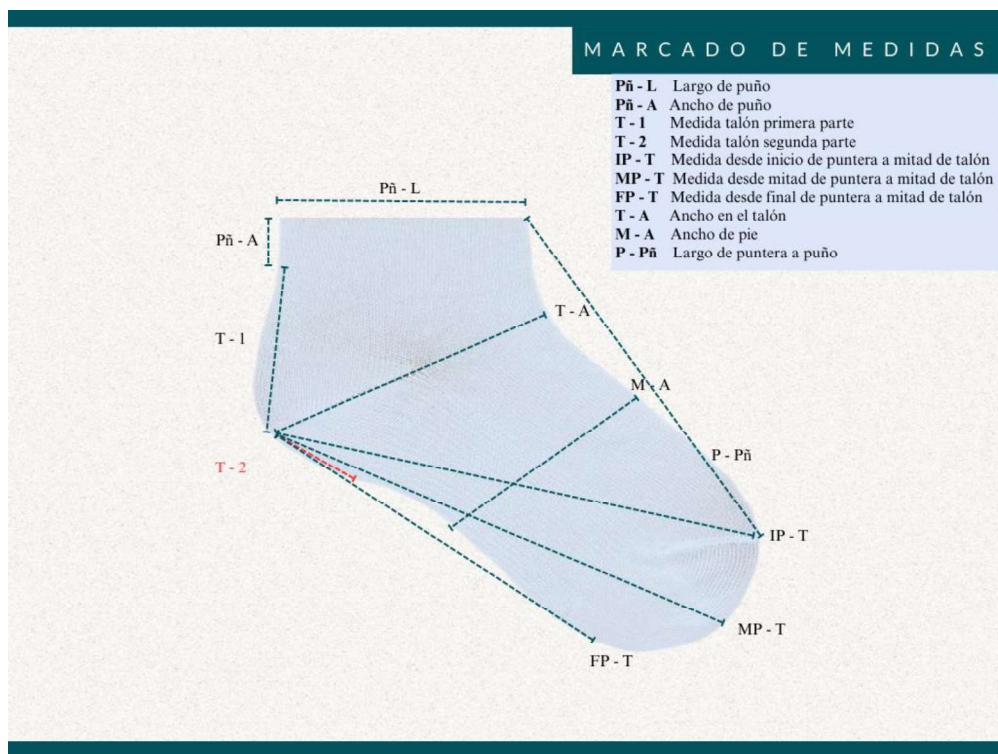
Tabla 13

Especificaciones de la norma ISO 6330:2012

Norma: ISO 6330:2012	
Condiciones Atmosféricas:	
Temperatura	20 +/- 2°C
Humedad relativa	65 +/- 4%
Equipo:	
Wascator	Tipo A
Parámetros:	
Nivel de lavado	5N
Detergente	Referencia 3
Especímenes:	
Característica	Calcetas deportivas
Nº de muestras	3 por cada tipo calcetín
Composición	C1: Calcetín Co, C2: Calcetín Pac, C3: Calcetín BB
Tipo de tejido	Punto
Tipo de malla	Medio rizo

Esta prueba se realiza con el fin de evaluar el cambio dimensional de calcetines deportivos después del proceso de lavado y secado. Para ello se tomó el peso y las medidas iniciales de cada una de las probetas como se muestra en la **Figura 13**.

Figura 13
Marcado de dimensiones en calcetines



- **Calcetines deportivos confeccionado de hilos de fondo Co y vanizado Ly**

Tabla 14
Dimensiones iniciales y después del lavado de calcetín de Co

Dimensión	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	x_0 (cm)	x_t (cm)	x_0 (cm)	x_t (cm)	x_0 (cm)	x_t (cm)
Pñ - A	2,50	2,30	2,50	2,30	2,30	2,15
Pñ - L	7,50	6,90	7,50	6,90	7,50	6,90
T - 1	4,30	3,80	4,70	4,20	4,50	3,90
T - 2	3,40	2,70	3,00	2,30	2,70	2,00
IP - T	16,20	13,40	16,30	13,30	16,20	12,90
MP - T	15,90	13,10	16,00	12,80	16,00	12,40
FP - T	12,10	10,10	11,50	8,90	13,0	9,90
T - A	9,00	7,80	9,20	8,15	9,10	7,75
M - A	8,00	7,40	8,00	7,40	7,70	6,95
P - Pñ	14,70	14,00	14,60	13,70	14,00	13,3

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño; x_0 significa dimensión inicial y x_t dimensión después del tratamiento

Tabla 15
Peso inicial y después del lavado de calcetín de Co

Dimensión	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	x_0 (g)	x_t (g)	x_0 (g)	x_t (g)	x_0 (g)	x_t (g)
Peso	14,294	14,286	14,338	14,329	13,761	13,718

Nota: x_0 significa dimensión inicial y significa x_t dimensión después del tratamiento

- **Calcetines deportivos confeccionado de hilos de fondo Pac y vanizado Ly**

Tabla 16
Dimensiones iniciales y después del lavado de calcetín de Pac

Dimensión	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	x_0 (cm)	x_t (cm)	x_0 (cm)	x_t (cm)	x_0 (cm)	x_t (cm)
Pñ - A	2,50	2,30	2,50	2,30	2,45	2,20
Pñ - L	7,80	7,15	7,90	7,00	8,00	7,05
T - 1	5,50	4,20	5,90	4,50	5,40	4,20
T - 2	3,00	2,20	2,50	2,00	3,10	2,30
IP - T	19,00	14,00	17,80	13,30	19,10	14,20
MP - T	18,50	13,40	17,30	13,10	18,90	13,90
FP - T	15,50	11,50	14,40	10,50	15,60	11,20
T - A	10,00	8,35	9,50	8,00	10,10	8,40
M - A	8,40	7,50	8,10	7,30	8,70	7,70
P - Pñ	18,50	15,00	18,50	15,20	18,30	15,40

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño; x_0 significa dimensión inicial y significa x_t dimensión después del tratamiento

Tabla 17
Peso inicial y después del lavado de calcetín de Pac

Dimensión	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	x_0 (g)	x_t (g)	x_0 (g)	x_t (g)	x_0 (g)	x_t (g)
Peso	14,216	14,064	14,324	14,191	14,562	14,427

Nota: x_0 significa dimensión inicial y significa x_t dimensión después del tratamiento

- **Calcetines deportivos confeccionado de hilos de fondo BB y vanizado Ly**

Tabla 18*Dimensiones iniciales y después del lavado de calcetín de BB*

Dimensión	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	x_0 (cm)	x_t (cm)	x_0 (cm)	x_t (cm)	x_0 (cm)	x_t (cm)
Pñ - A	2,30	2,00	2,35	2,00	2,35	2,00
Pñ - L	7,70	7,00	7,70	7,10	7,70	7,10
T - 1	3,90	3,25	3,90	3,30	3,70	3,25
T - 2	3,00	2,20	2,90	2,00	2,90	2,00
IP - T	15,60	12,20	16,00	11,70	15,50	11,70
MP - T	15,30	11,80	15,40	11,60	15,70	11,60
FP - T	12,00	9,10	11,70	8,60	11,00	9,20
T - A	8,70	7,00	8,90	7,20	9,10	7,30
M - A	7,00	6,15	7,25	6,00	7,35	6,30
P - Pñ	14,00	11,80	14,40	11,90	13,50	11,40

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño. x_0 significa dimensión inicial y x_t dimensión después del tratamiento

Tabla 19*Peso inicial y después del lavado de calcetín de BB*

Dimensión	Muestra 1		Muestra 2		Muestra 3	
	x_0 (g)	x_t (g)	x_0 (g)	x_t (g)	x_0 (g)	x_t (g)
Peso	13,286	13,176	13,259	13,214	13,358	13,316

Nota: x_0 significa dimensión inicial y x_t dimensión después del tratamiento

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados

En este apartado se presentan la recopilación de valores cuantitativos obtenidos de la prueba sobre el cambio dimensional de calcetines después del lavado y secado, realizado en los laboratorios de la Carrera de Textiles. Además, se proporciona y analiza los descubrimientos a través de tablas para una interpretación clara y concisa de los resultados obtenidos.

3.1.1. Resultados de cambio dimensional en el lavado y secado del calcetín de algodón

En la siguiente tabla se muestra los valores respecto a las variaciones dimensionales expresado en porcentaje (%) que se obtuvieron en los ensayos de los calcetines de algodón ejecutados en el equipo Wascator. Los valores se presentan con el signo más (+) para indicar una extensión o estiramiento y con el signo menos (-) para indicar encogimiento.

Tabla 20
Porcentajes de cambio dimensional en Calcetín Co

Dimensión	M1	M2	M3	Promedio
	%	%	%	%
Pñ - A	-8,00	-8,00	-6,52	-7,51
Pñ - L	-8,00	-8,00	-8,00	-8,00
T - 1	-11,63	-10,64	-13,33	-11,87
T - 2	-20,59	-23,33	-25,93	-23,28
IP - T	-17,28	-18,40	-20,37	-18,69
MP - T	-17,61	-20,00	-22,50	-20,04
FP - T	-16,53	-22,61	-23,85	-20,99
T - A	-13,33	-11,41	-14,84	-13,19
M - A	-7,50	-7,50	-9,74	-8,25
P - Pñ	-4,76	-6,16	-5,00	-5,31

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a

mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

3.1.2. Resultados de cambio dimensional en el lavado y secado del calcetín de acrílico

A continuación, se detalla los resultados de la prueba de cambio dimensional realizada en calcetines de acrílico, los datos recopilados proporcionarán una perspectiva de cómo estas calcetas varían en términos de su dimensión y resistencia a las deformaciones.

Tabla 21
Porcentajes de cambio dimensional en Calcetín Pac

Dimensión	M1	M2	M3	Promedio
	%	%	%	%
Pñ - A	-8,00	-8,00	-10,20	-8,73
Pñ - L	-8,33	-11,39	-11,88	-10,53
T - 1	-23,64	-23,73	-22,22	-23,20
T - 2	-26,67	-20,00	-25,81	-24,16
IP - T	-26,32	-25,28	-25,65	-25,75
MP - T	-27,57	-24,28	-26,46	-26,10
FP - T	-25,81	-27,08	-28,21	-27,03
T - A	-16,50	-15,79	-16,83	-16,37
M - A	-10,71	-9,88	-11,49	-10,70
P - Pñ	-18,92	-17,84	-15,85	-17,53

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

3.1.3. Resultados de cambio dimensional en el lavado y secado del calcetín de bambú

Tabla 22

Porcentajes de cambio dimensional en Calcetín BB

Dimensión	M1	M2	M3	Promedio
	%	%	%	%
Pñ - A	-13,04	-14,89	-14,89	-14,28
Pñ - L	-9,09	-7,79	-7,79	-8,23
T - 1	-16,67	-15,38	-12,16	-16,02
T - 2	-26,67	-31,03	-31,03	-29,58
IP - T	-21,79	-26,88	-24,52	-24,40
MP - T	-22,88	-24,68	-26,11	-24,56
FP - T	-24,17	-26,50	-16,36	-22,34
T - A	-19,54	-19,10	-19,78	-19,47
M - A	-12,14	-17,24	-14,29	-14,56
P - Pñ	-15,71	-17,36	-15,56	-16,21

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

3.1.4. Tabla general de resultados sobre el porcentaje de encogimiento de calcetines de algodón, acrílico y bambú

En la siguiente representación se describe de forma general y conjunta los valores obtenidos de las variaciones dimensionales de las tres materias primas de algodón acrílico y bambú mediante el ensayo de laboratorio efectuado bajo la norma ISO 5077; para cada material se realizó 3 muestras en el equipo Wascator con el programa 5N de lavado doméstico, además se presenta el porcentaje promedio de cada dimensión, para facilitar la comprensión lectora.

Tabla 23
Tabla general de porcentajes de cambio dimensional

Dimensión	Algodón						Acrílico						Bambú					
	M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio	M1	M2	M3	Promedio		
	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%	%		
Pñ - A	-8,00	-8,00	-6,52	-7,51	-8,00	-8,00	-10,20	-8,73	-13,04	-14,89	-14,89	-14,28						
Pñ - L	-8,00	-8,00	-8,00	-8,00	-8,33	-11,39	-11,88	-10,53	-9,09	-7,79	-7,79	-8,23						
T - 1	-11,63	-10,64	-13,33	-11,87	-23,64	-23,73	-22,22	-23,20	-16,67	-15,38	-12,16	-25,03						
T - 2	-20,59	-23,33	-25,93	-23,28	-26,67	-20,00	-25,81	-24,16	-26,67	-31,03	-31,03	-29,58						
IP - T	-17,28	-18,40	-20,37	-18,69	-26,32	-25,28	-25,65	-25,75	-21,79	-26,88	-24,52	-24,40						
MP - T	-17,61	-20,00	-22,50	-20,04	-27,57	-24,28	-26,46	-26,10	-22,88	-24,68	-26,11	-24,56						
FP - T	-16,53	-22,61	-23,85	-20,99	-25,81	-27,08	-28,21	-27,03	-24,17	-26,50	-16,36	-22,34						
T - A	-13,33	-11,41	-14,84	-13,19	-16,50	-15,79	-16,83	-16,37	-19,54	-19,10	-19,78	-19,47						
M - A	-7,50	-7,50	-9,74	-8,25	-10,71	-9,88	-11,49	-10,70	-12,14	-17,24	-14,29	-14,56						
P - Pñ	-4,76	-6,16	-5,00	-5,31	-18,92	-17,84	-15,85	-17,53	-15,71	-17,36	-15,56	-16,21						

Nota: Pñ - L Largo de puño, Pñ - A Ancho de puño, T - 1 Medida talón primera parte, T - 2 Medida talón segunda parte, IP - T Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, MP - T Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, FP - T Medida desde final de puntera a mitad de talón, T - A Ancho en el talón, M - A Ancho de pie, P - Pñ Largo de puntera a puño.

3.2. Discusión de resultados

Una vez culminado el proceso de recopilación de datos se procedió a organizar los valores de los ensayos ejecutados a las calcetas en el apartado de resultados, es indispensable aplicar el estadístico como un método fundamental para la valoración de las cifras numéricas obtenidas. En la presente investigación se analizó la varianza y la normalidad, parámetros importantes para la verificación de los valores cuantitativos, esto se realizó mediante el programa PAST 4 en donde se ingresan los datos, consiguiendo un análisis completo.

3.3. Análisis de la varianza

El análisis de la varianza es una herramienta para examinar la variabilidad que existe entre los datos de las muestras por cada conjunto de calcetines respecto al cambio dimensional de calcetas. Permitiendo establecer las diferencias estadísticas significativas en base al medio del conjunto de muestras, en donde se compara la mayor o menor dispersión de los datos.

Tabla 24
Análisis de la varianza de calcetines Co

	Pñ - A	Pñ - L	T - 1	T - 2	IP - T	MP - T	FP - T	T - A	M - A	P - Pñ
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Min	6,52	8,00	10,64	20,59	17,28	17,61	16,53	11,41	7,50	4,76
Max	8,00	8,00	13,33	25,93	20,37	22,50	23,85	14,84	9,74	6,16
Sum	22,52	24,00	35,60	69,85	56,05	60,11	62,99	39,58	24,74	15,92
Mean	7,51	8,00	11,87	23,28	18,68	20,04	21,00	13,19	8,25	5,31
Std. error	0,49	0,00	0,79	1,54	0,90	1,41	2,26	0,99	0,75	0,43
Variance	0,73	0,00	1,85	7,13	2,45	5,98	15,35	2,96	1,67	0,56
Stand. dev	0,85	0,00	1,36	2,67	1,56	2,45	3,92	1,72	1,29	0,75
Median	8,00	8,00	11,63	23,33	18,40	20,00	22,61	13,33	7,50	5,00
25 prentil	6,52	8,00	10,64	20,59	17,28	17,61	16,53	11,41	7,50	4,76
75 prentil	8,00	8,00	13,33	25,93	20,37	22,50	23,85	14,84	9,74	6,16
Skewness	-1,73	0,00	0,76	-0,08	0,79	0,07	-1,54	-0,36	1,73	1,53
Kurtosis	-2,33	0,00	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33
Geom. mean	7,47	8,00	11,82	23,18	18,64	19,94	20,73	13,12	8,18	5,27
Coeff. var	11,38	0,00	11,47	11,47	8,37	12,20	18,66	13,03	15,68	14,11

Nota: Pñ - L Largo de puño, Pñ - A Ancho de puño, T - 1 Medida talón primera parte, T - 2 Medida talón segunda parte, IP - T Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, MP - T Medida desde mitad de puntera a

mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

Tabla 25

Análisis de la varianza de calcetines Pac

	Pñ - A	Pñ - L	T - 1	T - 2	IP - T	MP - T	FP - T	T - A	M - A	P - Pñ
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Min	8,00	8,33	22,22	20,00	25,28	24,28	25,81	15,79	9,88	15,85
Max	10,20	11,88	23,73	26,67	26,32	27,57	28,21	16,83	11,49	18,92
Sum	26,20	31,60	69,59	72,48	77,25	78,31	81,10	49,12	32,08	52,61
Mean	8,73	10,53	23,20	24,16	25,75	26,10	27,03	16,37	10,69	17,54
Std. error	0,73	1,11	0,49	2,09	0,30	0,97	0,69	0,31	0,46	0,90
Variance	1,61	3,70	0,72	13,16	0,28	2,80	1,44	0,28	0,65	2,43
Stand. dev	1,27	1,92	0,85	3,63	0,53	1,67	1,20	0,53	0,81	1,56
Median	8,00	11,39	23,64	25,81	25,65	26,46	27,08	16,50	10,71	17,84
25 prntil	8,00	8,33	22,22	20,00	25,28	24,28	25,81	15,79	9,88	15,85
75 prntil	10,20	11,88	23,73	26,67	26,32	27,57	28,21	16,83	11,49	18,92
Skewness	1,73	-1,61	-1,71	-1,62	0,82	-0,92	-0,17	-1,01	-0,09	-0,84
Kurtosis	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33
Geom. mean	8,67	10,41	23,19	23,97	25,75	26,07	27,02	16,37	10,67	17,49
Coeff. var	14,54	18,26	3,65	15,02	2,05	6,41	4,44	3,25	7,53	8,88

Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

Tabla 26

Análisis de la varianza de calcetines BB

	Pñ - A	Pñ - L	T - 1	T - 2	IP - T	MP - T	FP - T	T - A	M - A	P - Pñ
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Min	13,04	7,79	12,16	26,67	21,79	22,88	16,36	19,10	12,14	15,56
Max	14,89	9,09	16,67	31,03	26,88	26,11	26,50	19,78	17,24	17,36
Sum	42,82	24,67	44,21	88,73	73,19	73,67	67,03	58,42	43,67	48,63
Mean	14,27	8,22	14,74	29,58	24,40	24,56	22,34	19,47	14,56	16,21
Std. error	0,62	0,43	1,34	1,45	1,47	0,93	3,07	0,20	1,48	0,58
Variance	1,14	0,56	5,40	6,34	6,49	2,62	28,21	0,12	6,56	1,00
Stand. dev	1,07	0,75	2,32	2,52	2,55	1,62	5,31	0,34	2,56	1,00
Median	14,89	7,79	15,38	31,03	24,52	24,68	24,17	19,54	14,29	15,71
25 prntil	13,04	7,79	12,16	26,67	21,79	22,88	16,36	19,10	12,14	15,56
75 prntil	14,89	9,09	16,67	31,03	26,88	26,11	26,50	19,78	17,24	17,36
Skewness	-1,73	1,73	-1,15	-1,73	-0,22	-0,34	-1,36	-0,84	0,46	1,69
Kurtosis	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33	-2,33
Geom. mean	14,25	8,20	14,61	29,50	24,31	24,52	21,88	19,47	14,41	16,19
Coeff. var	7,48	9,13	15,76	8,51	10,44	6,59	23,77	1,77	17,59	6,16

Nota: **Pñ** - L Largo de puño, **Pñ** - A Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

3.4. Normalidad de los datos

El análisis de la normalidad de datos representa la evaluación de si una muestra sigue una distribución normal. Este test se efectuó con el objetivo de asegurar que las cifras obtenidas cumplan con la normalidad mediante el programa estadístico PAST 4.

Tabla 27

Normalidad de datos de calcetines Co

	Pñ - A	Pñ - L	T - 1	T - 2	IP - T	MP - T	FP - T	T - A	M - A	P - Pñ
Calcetín CO										
N	3		3	3	3	3	3	3	3	3
Jarque-Bera JB	0,5313		0,329	0,282	0,333	0,282	0,479	0,292	0,531	0,477
p(normal)	0,7667		0,848	0,869	0,847	0,869	0,787	0,864	0,767	0,788
Calcetín PAC										
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jarque-Bera JB	0,531	0,496	0,525	0,501	0,338	0,351	0,284	0,367	0,282	0,341
p(normal)	0,767	0,78	0,769	0,779	0,845	0,839	0,868	0,833	0,869	0,844
Calcetín BB										
N	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
Jarque-Bera JB	0,531	0,531	0,392	0,531	0,285	0,291	0,436	0,34	0,299	0,519
p(normal)	0,767	0,767	0,822	0,767	0,867	0,865	0,804	0,844	0,861	0,772

Nota: **Pñ** - L Largo de puño, **Pñ** - A Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

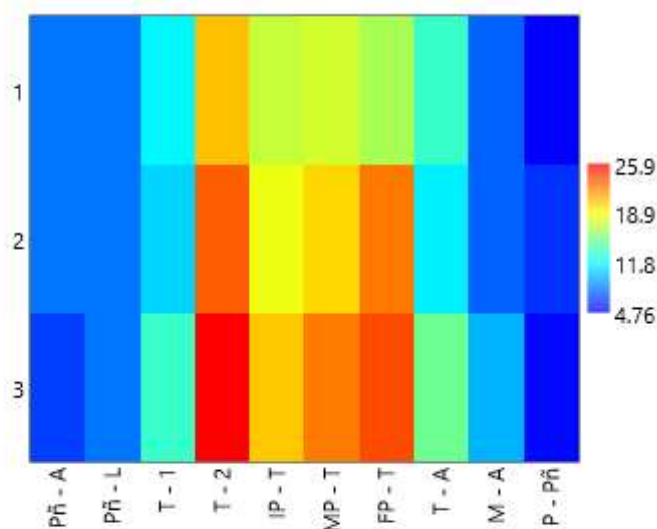
Este test se analizó bajo el método Jarque-Bera JB (p normal) en donde si $p < 0.05$ los datos tienen variabilidad y si el valor de $p > 0.05$ son datos normales, por lo tanto, los resultados garantizan una confiabilidad del 95% de los valores alcanzados del ensayo de variación dimensional de calcetas de algodón, acrílico y bambú, proporcionando una base sólida para la interpretación de resultados.

3.5. Análisis e interpretación de resultados

- **Matrix plot**

La matrix plot es una representación gráfica visual la cual permite identificar de forma efectiva las relaciones, tendencias y correlaciones de las variables en un contiguo de datos, mediante una escala del espectro visible en donde los valores altos toman valores rojizos y valores bajos tonos azulados.

Figura 14
Resultados de encogimiento de calcetín Co



Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño.

Para la siguiente figura se tomaron los datos de la **Tabla 20**; en el eje “Y” se muestra el número de muestra de calcetines de algodón y en el eje “X” señala la dimensión o parte del calcetín. Por lo tanto, se puede identificar que las zonas que comprende el talón segunda parte, pie y puntera poseen un alto porcentaje de encogimiento, por lo que se marcan de color amarillo a rojo evidenciado una contracción longitudinal. En cambio, en la zona de talón primera parte, puño y lo que respecta al ancho del calcetín muestra un porcentaje bajo de encogimiento, tomando colores azulados.

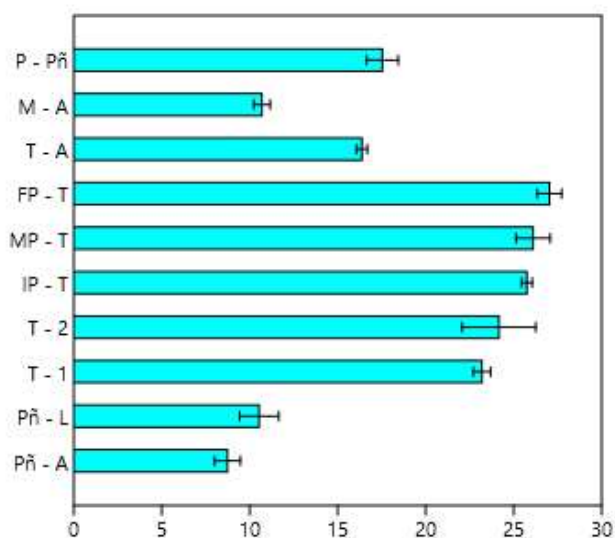
Con base a los resultados alcanzados la zona menos afectada por el encogimiento en el proceso de lavado y secado es el puño del calcetín que obtiene un valor de -7,51 % a lo ancho y -8,00 % en largo, esto se debe a su estructura de tejido rib 1x1 en donde las columnas se encuentran más unidas y rígidas obtenido un tejido mas estable en sentido dimensional. En cambio, el área con mayor afectación es sentido longitudinal en la zona que comprende el pie de la calceta se determina que hay un -20,99 % de encogimiento debido a que en el preformado el calcetín es sometido a un ajuste de talla en la horma de talla 10-12 por medio de calor, en donde las pasadas se organizan en a lo largo del molde, mismas que en el proceso de lavado sufren una relajación causando el encogimiento en la prenda.

- **Box plot**

El box plot es una gráfica que indica la distribución de los datos a través de las medidas estadísticas en donde el rectángulo marca la mediana desplegándose de la misma bigotes hacia los valores mínimos y máximos, además señala los valores atípicos marcándose como puntos aislados de los bigotes.

Figura 15

Resultados de encogimiento de calcetín Pac



Nota: Pñ - L Largo de puño, Pñ - A Ancho de puño, T - 1 Medida talón primera parte, T - 2 Medida talón

segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño

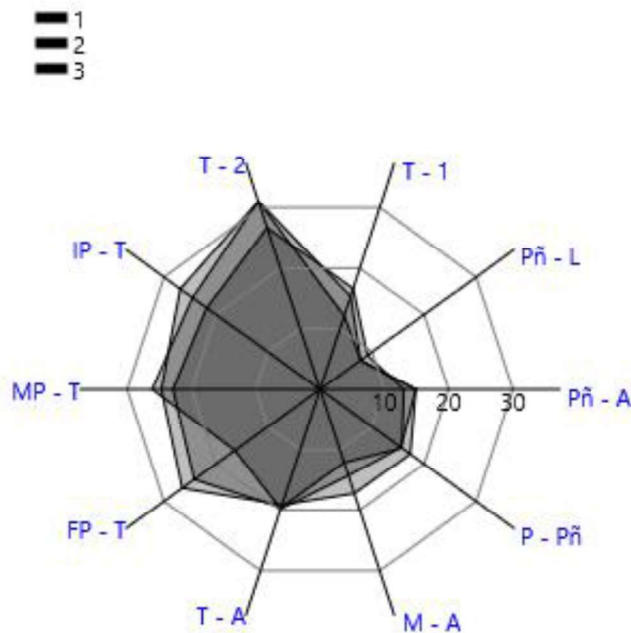
Para la siguiente figura se tomaron los datos de la **Tabla 21**; en el eje “Y” se muestra la dimensión o parte del calcetín y en el eje “X” señala el valor de encogimiento de muestra de calcetines de acrílico. Por ello las zonas con más encogimiento es la parte del talón primera y segunda parte, pie, puntera; indicando un valor mayor porcentaje (%) de encogimiento.

Se determinó que el calcetín de acrílico en la zona que comprende el talón segunda parte y el pie tiene un encogimiento del -27,03% valor significativamente alto, esto se debe a que el hilo de acrílico utilizado en la fabricación de la calceta es HB (High Bulk o de alto volumen) un hilo voluminoso elaborado con fibras N (fibras retractables) y S (fibras sin contracción), razón por la que al entrar en contacto con la temperatura en el proceso de lavado las fibras N disminuye su longitud y aumenta el diámetro dando lugar al cambio dimensional de contracción en el calcetín.

- **Radar chart**

El radar chart es una representación gráfica estadística también denominado gráfico de araña que visualiza los datos en un régimen de coordenadas polares, en donde cada variable es un eje radial que incrementa desde el centro hacia el borde, formando una forma poligonal cerrada.

Figura 16
Resultados de encogimiento de calcetín BB



Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño

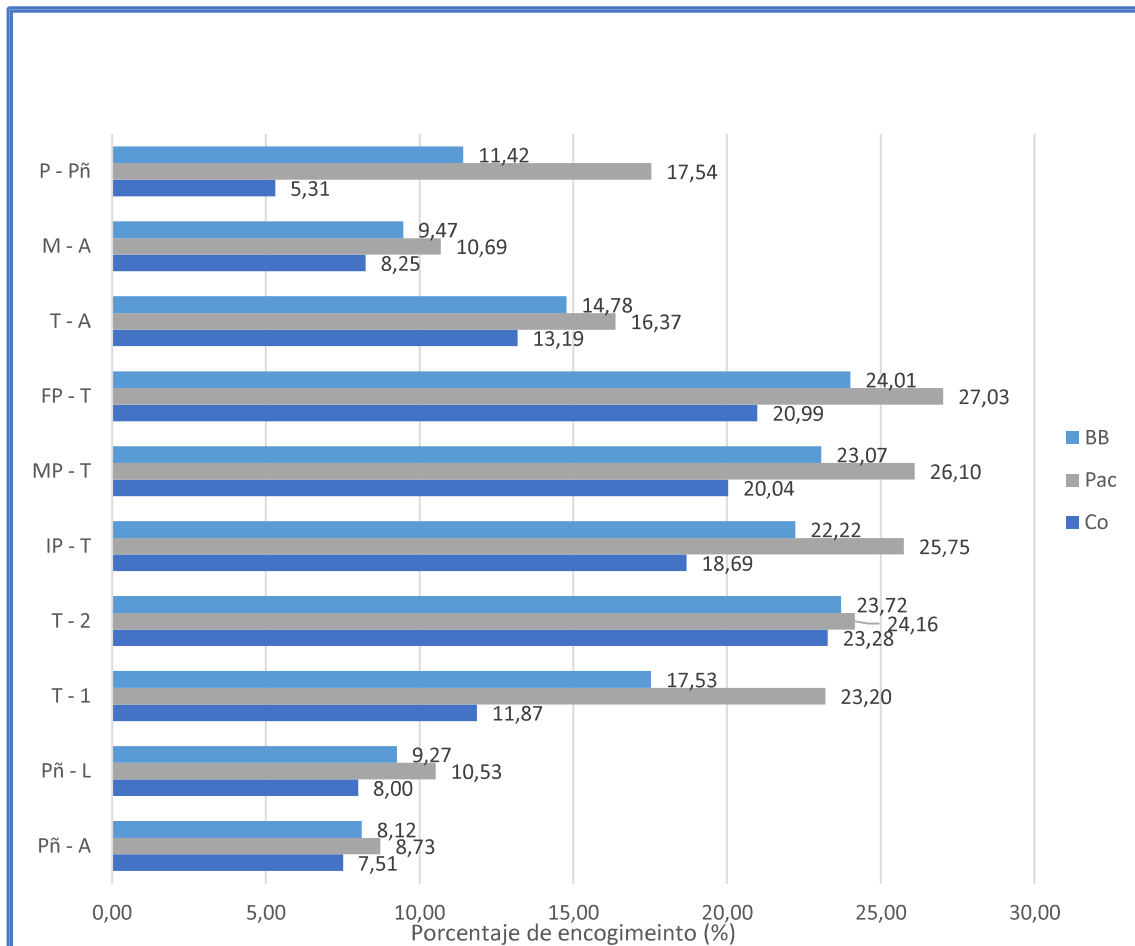
Para la siguiente figura se tomaron los datos de la **Tabla 22**. Por ende se visualiza que existe un porcentaje menor encogimiento al 15% en el ancho y largo del puño y ancho del calcetín sin embargo en la parte del pie, puntera y talón se evidencia un porcentaje mayor al 15%.

Al analizar la **Figura 16** se estable un encogimiento mayor al 20% en sentido longitudinal, debido a que el hilo de bambú utilizado, cuenta con 544 tpm (torsiones por metro) influyendo directamente en el encogimiento producido, ya que un exceso de torsiones da lugar a un tejido más apretado y denso, de tal manera que al realizar el prehormado las mallas se estiran para alcanzar la talla 10-12; por lo tanto los calcetines de bambú al lavarse con agua caliente es propenso a disminuir sus medidas ocasionando un cambio dimensional desfavorable. Sin embargo, al contar con un vanizado de lycra el calcetín puede ajustarse y amoldarse al pie humano.

- **Gráfico de Barras**

Figura 17

Consolidado del promedio de encogimiento de calcetines Co, Pac y BB



Nota: **Pñ - L** Largo de puño, **Pñ - A** Ancho de puño, **T - 1** Medida talón primera parte, **T - 2** Medida talón segunda parte, **IP - T** Medida desde inicio de puntera a mitad de talón, **MP - T** Medida desde mitad de puntera a mitad de talón, **FP - T** Medida desde final de puntera a mitad de talón, **T - A** Ancho en el talón, **M - A** Ancho de pie, **P - Pñ** Largo de puntera a puño

Para la siguiente figura se tomaron los datos promedio de la **Tabla 23**; en el eje “Y” se muestra la dimensión o parte del calcetín y en el eje “X” señala el valor de encogimiento de los calcetines. Evidenciando que mayor encogimiento tiene el calcetín de acrílico, seguido del de bambú y finalmente el de algodón. Presentando un promedio general en PAC del 19,01%; BB 16,36% y CO 13,71% valores significativamente altos. Sin embargo, el encogimiento por cada parte del calcetín se muestra de manera detalla en la **Figura 17**.

Se determinó que la zona mayormente afectada en los calcetines de algodón, acrílico y bambú es la parte que involucra talón segunda parte, pie y puntera causado principalmente por una relajación de las fibras en contacto con el agua ocasionando que las pasadas del calcetín que fueron prehormadas por medio de calor vuelvan a su estado inicial.

CAPÍTULO IV

4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- El presente estudio se fundamenta en la búsqueda exhaustiva de información en bases de datos bibliográficas las cuales generaron una estructura sólida que aborda la investigación del cambio dimensional de calcetines después del lavado y secado; se incluyen puntos significativos como: anatomía del calcetín, formación en la máquina calcetera, normas de aplicación y parámetros requeridos.
- Se obtuvieron calcetines deportivos en estructura medio rizo de algodón 20/1 Ne, acrílico 1/35 Nm y bambú 21/1 Ne respecto a hilo de fondo y Lycra 75 Den en hilo de vanizado, elaborados con los mismos ajustes en la máquina WEIHUAN de diámetro 3 3/4 pulg x 144 agujas de galga 12, logrando producir en talla 10-12 calcetas con particularidades equivalentes para su evaluación comparativa.
- Durante el estudio, se llevó a cabo la determinación del cambio dimensional de los calcetines siguiendo la norma ISO 5077. Los resultados obtenidos revelaron que el calcetín con hilo 1/35 Nm PAC - 75 Den Ly experimentó el mayor encogimiento, con un valor del 19,01%. En segundo lugar, se encontró que la calceta con hilo 21/1 Ne BB - 75 Den Ly tuvo un encogimiento intermedio, con un valor de 16,36%. Por último, el calcetín con hilo 20/1 Ne Co - 75 Den Ly mostró el menor encogimiento, con un valor del 13,71%. Es importante destacar que durante el proceso de planchado y prehormado, se siguió una metodología convencional, aplicando calor en forma de temperatura según el material utilizado y con ayuda de una horma metálica. Estos hallazgos evidencian que el proceso de planchado y prehormado tiene una influencia directa en la estabilidad dimensional de los calcetines.

- Con relación al porcentaje de encogimiento respecto a las partes del calcetín se definen los siguientes puntos a tomar en cuenta:

Encogimiento del calcetín de algodón. Mediante el análisis estadístico realizado en el programa Past 4, se ha evaluado el encogimiento de diferentes zonas en los calcetines con hilos de distinta composición. En el caso del calcetín con hilo 20/1 Ne Co - 75 Den Ly, se observó un encogimiento del 7,76% en la zona del puño, del 17,58% en el talón y del 19,91% en el pie y la puntera en el sentido longitudinal. En cuanto al ancho del calcetín, se registró un encogimiento del 10,72% en sentido transversal.

Encogimiento del calcetín de bambú. En el calcetín con hilo 21/1 Ne BB - 75 Den Ly, se encontró un encogimiento del 8,69% en la zona del puño, del 20,63% en el talón y del 23,10% en el pie y la puntera en el sentido longitudinal. Respecto al ancho del calcetín, se determinó un encogimiento del 12,13% en sentido transversal.

Encogimiento del calcetín de acrílico. Por otro lado, en el calcetín con hilo 1/35 Nm PAC - 75 Den Ly se evidenció un encogimiento del 9,63% en la zona del puño, del 23,68% en el talón y del 26,30% en el pie y la puntera en el sentido longitudinal. En cuanto al ancho del calcetín, se registró un encogimiento del 13,53% en sentido transversal. Es importante considerar estos datos al diseñar y fabricar calcetines deportivos, ya que el encogimiento puede afectar el ajuste y la comodidad del producto final.

4.2. Recomendaciones

- Examinar información de estudios antecedentes para identificar los parámetros y procesos de planchado y hormado de calcetines en función del cambio dimensionas que permita evitar encogimiento no deseados o con valores atípicos.
- Es crucial conocer la galga de la máquina circular de pequeño diámetro para determinar los títulos de hilo que dicha máquina puede manejar. Esto asegurará que la

máquina tenga la capacidad de manipular y tejer correctamente el hilo seleccionado, evitando problemas como roturas, desgarros o un acabado inadecuado.

- Se recomienda emplear una regla graduada en milímetros para lograr una lectura más precisa de los valores relacionados con las dimensiones o en zonas específicas como el puño, el talón, el pie y la puntera; minimizando posibles errores de lectura y asegurar una mayor confiabilidad en los resultados obtenidos.
- Se recomienda una evaluación comparativa continua en base al proceso de termofijado de calcetines ya que el mismo ha demostrado una influencia directa en el cambio dimensional. Se pueden explorar diferentes temperaturas, tiempos de exposición al calor y vapor u otras variables relevantes para determinar la configuración óptima que minimice el cambio dimensional no deseado.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abdessalem, S. Ben, Abidi, F., Mokhtar, S., & Elmarzougui, S. (2008). Dimensional Stability of Men's Socks. *Research Journal of Textile and Apparel*, 12(4), 61–69. <https://doi.org/10.1108/RJTA-12-04-2008-B006>
- Ajala, M. J. E. (2018). *Aplicación del zumo de bambú en medias casuales para efectos antibacterianos*.
- Alenka, A. K. (2012). *Knitted Fabrics from Bamboo Viscose*.
- Anand, S. C., Brown, K. S. M., Higgins, L. G., Holmes, D. A., Hall, M. E., & Conrad, D. (2002). Effect of laundering on the dimensional stability and distortion of knitted fabrics. *Autex Research Journal*, 2(2), 85–100.
- Arafa Badr, A. (2018). Anti-microbial and durability characteristics of socks made of cotton and regenerated cellulosic fibers. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 3367–3373. <https://doi.org/10.1016/j.aej.2017.11.015>
- Arias, F. G. (2012). *El proyecto de investigación. Introducción a la metodología científica* (6ª Edición). <https://abacoenred.com/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigación-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Basra, S. A., Asfand, N., Azam, Z., Iftikhar, K., & Irshad, M. A. (2020). Analysis of the factors affecting the dimensional stability of socks using full-factorial experimental design method. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, 15, 155892502094821. <https://doi.org/10.1177/1558925020948219>
- Burga, C. Y. (2022). *Comparación de la resistencia a la abrasión de los calcetines de trabajo elaborados en la máquina de 3/4'' de diámetro por 108 agujas con hilos fondo-vanizado con títulos 16/1 NE PES/CO - 75 DEN EA y 16/1 NE PES/CO - 140 DEN PA mediante la norma ISO 12947-*. 1–27. <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/10292>
- Candido, R. G. (2021). Recycling of textiles and its economic aspects. In *Fundamentals of Natural Fibres and Textiles* (pp. 599–624). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821483-1.00009-7>
- Chandra Ray, S. (2022). Introduction to advances in knitting technology. In *Advanced Knitting Technology* (pp. 1–12). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85534-1.00003-9>
- Civil, G. (2017). *Especificación : Anexo técnico 28 calcetines blancos*.
- Constitución de la República del Ecuador, 111 (2008). <https://educacion.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/08/Constitucion.pdf>
- CreĜu, V., Pintilie, E., & Macovei, L. (2008). Researches concerning some knitted fabrics with dimensional stability. *The International Scientific Symposium "INNOVATIVE SOLUTIONS FOR SUSTAINABLE DEVELOPMENT OF TEXTILES INDUSTRY."* http://textile.webhost.uoradea.ro/Conferinta/2008/anale_1_2008.pdf
- Das, S. (2010). Fibres and fabrics used in home textiles. In *Performance of Home Textiles* (pp. 22–41). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857094032.22>
- Dikhanbayeva, D., Aitzhanova, M., Shehab, E., & Turkyilmaz, A. (2022). Analysis of Textile

- Manufacturing SMEs in Kazakhstan for Industry 4.0. *Procedia CIRP*, 107, 888–893. <https://doi.org/10.1016/j.procir.2022.05.080>
- Dochia, M., Sirghie, C., Kozłowski, R. M., & Roskwitalski, Z. (2012). Cotton fibres. In *Handbook of Natural Fibres* (pp. 11–23). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857095503.1.9>
- Esther, C.-L., Gabriel, G.-N., Raquel, S.-R., & Alfonso, M.-N. (2022). The influence of sock composition on the appearance of foot blisters in hikers. *Journal of Tissue Viability*, 31(2), 315–318. <https://doi.org/10.1016/j.jtv.2022.02.002>
- Frontieres, M. S. (2010). *An Introduction to Sock Knitting*.
- Gianchandani, P. kumar. (2010). *Socks and its manufacturing*.
- Hashan, M., Hasan, K., Fazle, M., Khandaker, R., Ch, K., Karmaker, Deng, Z., & Zilani, M. (2017). *Functional Properties Improvement of Socks Items Using Different Types of Yarn*. 6, 34–42. <https://doi.org/10.5923/j.textile.20170602.02>
- Hashimoto, Y., Kim, K. O., Hashimoto, K., & Takatera, M. (2018). Effect of Washing and Drying Conditions on Dimensional Change in Various Articles of Knitted Clothing. *Journal of Fiber Bioengineering and Informatics*, 11(4), 227–240. <https://doi.org/10.3993/jfbim00318>
- Henning, H. J. (1969). *CURSILLOS Y CONFERENCLAS Tipos de encogimiento de los géneros de punto de lana y su medida*. <https://core.ac.uk/download/pdf/41782407.pdf>
- Herath, C. N., & Choon Kang, B. (2007). Dimensional characteristics of core spun cotton-spandex 1×1 rib knitted fabrics in laundering. *International Journal of Clothing Science and Technology*, 19(1), 43–58. <https://doi.org/10.1108/09556220710717044>
- Herring, K., & Richie, D. (1993). Comparison of cotton and acrylic socks using a generic cushion sole design for runners. *Journal of the American Podiatric Medical Association*, 83, 515–522. <https://doi.org/10.7547/87507315-83-9-515>
- Hosseini Ravandi, S. A., & Valizadeh, M. (2011). Properties of fibers and fabrics that contribute to human comfort. In *Improving Comfort in Clothing* (pp. 61–78). Elsevier. <https://doi.org/10.1533/9780857090645.1.61>
- INEN. (2014). *Textiles. Determinación de las variaciones dimensionales en el lavado y secado (ISO 5077:2007, IDT)*.
- Internacional Organization for Standardization. (2012). *Textiles. Domestic washing and drying procedures for textile testing*.
- James Heal. (2022). *Standard reference washing machine*. 1–10.
- Jaya Sánchez, F. G. (2015). *Estudio de los parámetros de diseño térmico y su influencia en la calidad del planchado de calcetines deportivos*. <http://repositorio.uta.edu.ec/handle/123456789/21747>
- Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, (2007). http://www.oas.org/juridico/PDFs/mesicic4_ecu_sistema.pdf
- Loza Estevez, C. F. (2015). *Estandarización de parámetros del acabado en rama para tejido Jersey 100% algodón pima, en la empresa Pinto S.A.*

- LURBEL. (2023). *Guía de tallas calcetines*. <https://lurbel.eu/>
- McMillan, J. H., & Schumacher, S. (2005). *Investigación Educativa 5.a edición Una Introducción Conceptual*. https://desfor.infed.edu.ar/sitio/upload/McMillan_J._H._Schumacher_S._2005._Investigacion_educativa_5_ed..pdf
- Mikučionienė, D., & Laureckienė, G. (2009). *The Influence of Drying Conditions on Dimensional Stability of Cotton Weft Knitted Fabrics*. 15.
- Moody, V., & Needles, H. L. (2004). Major Fibers and Their Properties. In *Tufted Carpet* (pp. 35–59). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-188420799-0.50004-X>
- Nassif, A. M., & Ali, N. (2019). *Dimensional Stability, Aesthetic and Functional Properties of Cotton:Polyester Blended Knitted Fabrics with Different Structures*. <https://doi.org/10.21608/idj.2019.82542>
- Niaounakis, M. (2017). The Problem of Marine Plastic Debris. In *Management of Marine Plastic Debris* (pp. 1–55). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-44354-8.00001-X>
- Quisaguano, D. (2018). *Tipos de hilos para calcetines, medias y elásticos*. [Www.Enkador.Com](http://www.enkador.com). <https://www.enkador.com/blog/hilos-para-calcetines/>
- Singh, J. P., & Verma, S. (2017). Compression and surface characteristics of terry fabrics. In *Woven Terry Fabrics* (pp. 267–274). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-100686-3.00016-5>
- Sitotaw, D. B. (2017). An Investigation on the Dependency of Bursting Strength of Knitted Fabrics on Knit Structures. *Industrial Engineering & Management*, 06(03). <https://doi.org/10.4172/2169-0316.1000221>
- Solé, A. (2012). Hilatura del algodón. *Instituto Tecnológico Textil (AITEX)*, 1–63.
- Speight, J. G. (2020). Monomers, polymers, and plastics. In *Handbook of Industrial Hydrocarbon Processes* (pp. 597–649). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-809923-0.00014-X>
- Superpaco. (2021). *Marcador para tela E-4500*. <https://www.superpaco.com/marcador-para-tela-e-4500/p>
- TESTEX. (2020). *Shrinkage-Template-Scale-1*.
- Universidad Técnica del Norte. (2022). *Líneas de Investigación*. <https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>
- Villegas Recalde, A. G. (2013). *Establecimiento de normas de calidad en la fabricación de tela de punto de algodón en tela cruda y terminada en la fábrica Pinto S.A.* <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/3720>

ANEXOS

Anexo 1

Certificado de Laboratorio

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



Ibarra, 03 de julio del 2023

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que la señorita **LUCERO VILLARREAL MARILYN BRIGITTE**, portadora de la cedula de ciudadanía N° 1005004096, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“EVALUACIÓN DEL CAMBIO DIMENSIONAL EN EL LAVADO DE CALCETINES DEPORTIVOS CONFECCIONADOS CON HILOS DE ALGODÓN, ACRÍLICO Y BAMBÚ”**, los equipos utilizados en el laboratorio son:

- **LAVADORA WASCATOR** - ISO 5077 Determinación de las variaciones dimensionales en el lavado y secado
- **MÁQUINA CALCETERA WEIHUAN** - Diámetro 3 3/4 pulg x 144 agujas
- **MOLDE DE PREHORMADO** - Talla 10-12
- **BALANZA ELECTRÓNICA**
- **REGLA NORMALIZADA**

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

Atentamente:



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

Anexo 2
Máquina Calcetera WEIHUAN



Anexo 3
Fabricación de calcetines CP, PAC Y BB



Anexo 4
Molde de prehormado



Anexo 5
Proceso de lavado de calcetines



Anexo 6
Proceso de secado de calcetines

