UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

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

TEMA:

"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y TRACCIÓN MECÁNICA DE CORDONES DE ALGODÓN 100% TRATADOS CON RESINA Y CAUCHO NATURAL PARA SER USADO EN ZAPATOS CASUALES."

AUTOR: Puentestar Mafla Damaris Elizabeth

DIRECTOR: MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

IBARRA-ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECA

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	
APELLIDOS Y NOMBRES:	Puentestar Mafla Damaris Elizabeth

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	"ANÁLISIS DE LA RESISTENCIA A LA ABRASIÓN Y TRACCIÓN MECÁNICA DE CORDONES DE ALGODÓN 100% TRATADOS CON RESINA Y CAUCHO NATURAL PARA SER USADO EN ZAPATOS CASUALES."
AUTOR:	Puentestar Mafla Damaris Elizabeth
FECHA:	02 de julio del 2026

SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	Pregrado ■ Posgrado ☐
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero Textil
DIRECTOR:	MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

2. CONSTANCIAS

El autor Puentestar Mafla Damaris Elizabeth, 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, 02 julio del 2026

EL AUTOR:

Firma: Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
DAMARIS ELIZABETH PUENTESTAR MAFLA

Nombre: Puentestar Damaris

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTO DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, 02 de julio del 2026

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

CERTIFICA:

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

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ELVIS RAUL RAMIREZ ENCALADA

(f)……

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C:100145897-3

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificado del trabajo de Integración Curricular “Análisis de la resistencia a la abrasión y tracción mecánica de cordones de algodón 100% tratados con resina y caucho natural para ser usado en zapatos casuales." elaborado por Puentestar Mafla Damaris Elizabeth previo a la obtención del título del Ingeniera Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ELVIS RAUL RAMIREZ ENCALADA

(f)……

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C: 100145897-3

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
ELSA SULAY MORA MUÑOZ

(f)……

MSc. Elsa Sulay Mora Muñoz

C.C: 040090045-2

DEDICATORIA

Dedico a Dios y a mi ángel del cielo por ser una guía constante en este camino de la vida, por ser mi fortaleza y refugio en momentos difíciles,

A mis padres y a mi hijo quienes han sido mi motor y fuente de inspiración para seguir adelante con su inmenso amor y apoyo incondicional, por impulsarme cada día a ser mejor persona y lograr cumplir mis sueños

Puentestar Damaris

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por ser mi fundamento sólido en momentos difíciles y por ser la fuente de inspiración y fortaleza que me ha acompañado a lo largo de este desafiante camino.

Agradezco a mis padres y a mi hijo por permanecer a mi lado y por ser fuente de apoyo constante en este camino de vida

Un agradecimiento especial hacia mi director de trabajo de grado, el MSc. Elvis Ramírez, quien proporcionó conocimientos cruciales, ideas excepcionales y orientación esencial para mi crecimiento académico y para la realización de este proyecto.

Puentestar Damaris

RESUMEN

En la presente investigación se evidenció el comportamiento de los cordones 100% algodón con la finalidad de analizar la influencia de un acabado tratado con resina y caucho natural en la resistencia a la abrasión y tracción mecánica, destinados a su uso en zapatos casuales. Existe la necesidad de innovar en estudios que puedan potenciar el sector textil con criterios de desempeño mecánico y sostenibilidad ambiental, aplicando técnicas nuevas de acabados que mejoren las características en cordones, ha sido una de las principales causas para el desarrollo de esta investigación. El estudio surge ante la necesidad de mejorar la durabilidad de los cordones 100% algodón, los cuales, presentan desgaste debido a la fricción constante y a las tensiones repetitivas durante su uso cotidiano. La investigación se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo, con un diseño experimental, analítico y comparativo. Se trabajó con cordones trenzados de algodón 100% a los cuales se les aplicó un acabado de resina y caucho natural mediante el método de impregnación en foulard, controlando parámetros como concentración (25g/L, 50g/L, 75g/L, 100g/L) con una presión de rodillos y porcentaje de pick up del 85% ± 5%. La evaluación de la resistencia a la abrasión se llevó a cabo siguiendo los parámetros adaptados a la norma ISO 12947-2, y también las muestras sin acabado fueron sometidas a ensayos de resistencia a la tracción mecánica en un dinamómetro, conforme a la norma ISO 2062:2009. garantizando fiabilidad y comparabilidad en la obtención de resultados. Los resultados obtenidos fueron analizados estadísticamente mediante el software PAST 4, permitiendo identificar cuál de los cordones tratados presentó mejor comportamiento M0 (sin acabado) y M1, M2, M3, M4 (con acabado) ante la abrasión. Los resultados indicaron que la M1 mostró la mayor resistencia en todas las condiciones evaluadas, alcanzando hasta 20300 ciclos, lo cual evidencia la efectividad de la resina y el caucho natural para acabado 100% algodón. Los resultados evidenciaron que el acabado aplicado mejora significativamente la resistencia a la abrasión y a la tracción mecánica de los cordones de algodón, demostrando que el uso de resina y caucho natural constituye una alternativa viable y sostenible para optimizar su desempeño mecánico.

Palabras clave: acabado textil, algodón, caucho, cordones, resina.

ABSTRACT

In the present research, the behavior of 100% cotton shoelaces was analyzed in order to evaluate the influence of a resin and natural rubber finishing treatment on abrasion resistance and tensile strength, intended for use in casual footwear. There is a clear need to promote innovation in studies that strengthen the textile sector by incorporating criteria of mechanical performance and environmental sustainability. The application of new finishing techniques to improve the properties of shoelaces was one of the main motivations for carrying out this research. This study arose from the need to improve the durability of 100% cotton shoelaces, which are prone to wear due to constant friction and repetitive stresses during everyday use. The research was conducted under a quantitative approach, with an experimental, analytical, and comparative design. Braided 100% cotton shoelaces were treated with a resin and natural rubber finish using the foulard impregnation method, controlling parameters such as concentration (25 g/L, 50 g/L, 75 g/L, and 100 g/L), roller pressure, and a pick-up percentage of 85% ± 5%. Abrasion resistance was evaluated following parameters adapted from ISO 12947-2, while both untreated and treated samples were subjected to tensile strength tests using a dynamometer, in accordance with ISO 2062:2009, ensuring reliability and comparability of the results. The results were statistically analyzed using PAST 4 software, allowing the identification of the shoelaces with the best performance against abrasion among samples M0 (untreated) and M1, M2, M3, and M4 (treated). The findings indicated that sample M1 exhibited the highest resistance under all evaluated conditions, reaching up to 20,300 cycles, which demonstrates the effectiveness of resin and natural rubber as a finishing treatment for 100% cotton. Overall, the results showed that the applied finish significantly improves both abrasion resistance and tensile strength of cotton shoelaces, confirming that the use of resin and natural rubber represents a viable and sustainable alternative for enhancing their mechanical performance.

Keywords: laces, resin, rubber, cotton, textile finishing

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I 1
INTRODUCCIÓN 1
1.1 Problema de investigación 1
1.2 Objetivos 1
1.2.1 Objetivo General 1
1.2.2 Objetivos Específicos 2
1.3 Formulación del problema de investigación 2
1.4 Justificación 3
CAPÍTULO II 4
MARCO TEÓRICO 4
2.1 Antecedentes 4
2.1.1 Partes de cordones 5
2.1.2 Acabado de resina y caucho natural 6
2.1.3 Método de impregnación 6
2.1.4 Martindale 7
2.1.5 Dinamómetro 8
2.2 Marco legal 9
2.2.1 Constitución de la República del Ecuador 9
2.3 Marco Conceptual 10
2.3.1 Cordones 10
2.3.2 Cordones de algodón 100% 10
2.3.3 Partes de un cordón 11
2.3.4 Algodón 12
2.3.5 Caucho Natural 13
2.3.6 Resina 14
2.3.7 Método de Impregnación. 14

2.3.8 Martindale 15
2.3.9 Dinamómetro 16
CAPÍTULO III 17
MARCO METODOLÓGICO 17
3.1 Método de investigación 17
3.1.1 Investigación analítica 18
3.1.2 Investigación experimental 18
3.1.3 Investigación comparativa 19
3.2 Flujogramas 19
3.2.1 Flujograma general 19
3.2.2 Flujograma muestral 21
3.3 Equipos y materiales 22
3.3.1 Cordones 100% algodón 22
3.3.2 Martindale 24
3.3.3 Dinamómetro 25
3.4 Procedimiento 27
3.4.1 Normas para determinar la resistencia a la tracción mediante la norma ISO 2062:2009. 30
3.5 Prueba de laboratorio 30
3.5.1 Pruebas de resistencia a la abrasión 30
3.5.2 Pruebas de resistencia a la tracción 31
CAPÍTULO IV 33
RESULTADOS Y ANÁLISIS 33
4.1 Resultados 33
4.1.1 Resistencia a la abrasión de cordones algodón 100% sin acabado en el equipo Martindale. 33
4.1.2 Resistencia a la abrasión de cordones de algodón 100% con acabado en el equipo Martindale. 34

4.1.3 Resistencia a la tracción de cordones de algodón 100% sin acabado mediante la norma ISO 2062:2009 con Dinamómetro. 34
4.1.4 Resistencia a la tracción de cordones algodón 100% con acabado mediante la norma ISO 2062:2009 con Dinamómetro. 35
4.1.5 Normalidad de los datos 39
4.1.6 Análisis de la varianza 41
4.2 Evaluación de resultados 43
CAPÍTULO V 45
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES 45
5.1 Conclusiones 45
5.2 Recomendaciones 46
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS 47
ANEXOS 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte 9

Tabla 2 Datos técnicos foulard 24

Tabla 3 Características del equipo Martindale 25

Tabla 4 Características del ensayo para la prueba de la resistencia a la tracción 26

Tabla 5 Presión utilizado en el foulard 28

Tabla 6 Configuración de foulard y peso de muestras 29

Tabla 7 Cordones de algodón 100% sin acabado 33

Tabla 8 Resistencia a la abrasión de cordones de algodón 100% con acabado 34

Tabla 9 Cordones 100% algodón sin acabado (Muestra 0) 35

Tabla 10 Cordones 100% algodón con acabado al 25 g/L (Muestra 1) 36

Tabla 11 Cordones 100% algodón con acabado al 50 g/L (Muestra 2) 37

Tabla 12 Cordones 100% algodón con acabado al 75g/L (Muestra 3) 38

Tabla 13 Cordones 100% algodón con acabado al 100 g/L (Muestra 4) 39

Tabla 14 Normalidad de la extensión 40

Tabla 15 Normalidad de fuerza 40

Tabla 16 Normalidad de abrasión 40

Tabla 17 Datos descriptivos de extensión 41

Tabla 18 Datos descriptivos de la fuerza 42

Tabla 19 Datos descriptivos de la abrasión 42

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Partes del cordón 6
Figura 2 Pad Steam y Pad Dry 7
Figura 3 Máquina trenzadora de cordones 11
Figura 4 Partes del cordón 12
Figura 5 Foulard 15
Figura 6 Martindale 16
Figura 7 Dinamómetro 16
Figura 8 Flujograma General 20
Figura 9 Flujograma muestral 21
Figura 10 Cordones 100% Co 22
Figura 11 Foulard 23
Figura 12 Martindale 25
Figura 13 Dinamómetro 26
Figura 14 Muestra de cordones 27
Figura 15 Solución de producto de resina y caucho natural 28
Figura 16 Colocación de muestras 28
Figura 17 Colocación de muestras 29
Figura 18 Curva de Lissajous 31
Figura 19 Comparativa en valores a la fuerza (N) 43
Figura 20 Comparativas en valores de Extensión 43
Figura 21 Relación de resistencia a la abrasión 44
Figura 22 Relación de resistencia a la abrasión 44

ANEXOS

Anexo 1 Ficha Técnica de Marvacol AD ASA.....51
Anexo 2 Ficha Técnica de Caucho Natural 52

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

Hoy en día, las personas buscan comodidad y seguridad al momento de caminar o llevar a cabo distintas actividades. Los cordones realizan la función de sujeción en el calzado, aunque con frecuencia no se le da la mayor atención al diseño y la elaboración del producto. Siendo este elemento importante para la correcta fijación del pie garantizando un ajuste cómodo durante el desplazamiento. Además, desempeñar un rol crítico tanto en el calzado infantil como en el calzado de adulto.

La creciente contaminación del ambiente por materiales plásticos, dentro de los cuales se encuentran los textiles sintéticos, los que llevan consigo cordones de poliéster y nylon, es un tema de preocupación para los organismos reguladores medioambientales. Estos buscan alternativas sustitutivas por materias primas naturales que sean biodegradables. Consideran que las fibras de algodón, bambú, abacá y otras de origen vegetal sean la solución a un planeta saturado por plásticos (Vuppaladadiyam et al., 2024).

Los cordones de zapatos casuales son un componente esencial en el calzado y, a menudo, presentan problemas de desatado por algunos factores que se pueden mostrar en las propiedades de estas agujetas, como el desgaste, deshilachado o que se rompan fácilmente (Daily-Diamond et al., 2017). Es así como la presente investigación da a conocer en grado experimental de laboratorio la realización de un acabado con resina y caucho natural sobre los cordones de algodón. El desafío radica en comprender las causas subyacentes de este problema y desarrollar soluciones efectivas para mejorar la resistencia a la abrasión y tracción de los cordones de calzado y a la vez ser un textil biodegradable y sostenible.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Analizar la resistencia a la abrasión y tracción mecánica de cordones de algodón 100% tratados con resina y caucho natural para ser usado en zapatos casuales.

1.2.2 Objetivos Específicos

- Aplicar un acabado con resina y caucho natural por el método de impregnación en los cordones trenzados 100% algodón.
- Comparar la resistencia a la abrasión en cordones trenzados sin acabado y con acabado utilizando el equipo Martindale, observando de forma visual los resultados.
- Obtener valores de resistencia a la tracción mediante un testeo en el dinamómetro según la norma ISO 2062:2009 de las muestras de los cordones con resina y caucho natural previamente desgastados en el equipo anterior.
- Analizar los datos obtenidos a través de técnicas estadísticas para determinar el grado de influencia del acabado en la resistencia del cordón 100% algodón.

1.3 Formulación del problema de investigación

En la presente elaboración de trabajo de grado, se procedió a la adquisición de cordones trenzados 100% algodón conforme a las necesidades del proyecto. En primera instancia se realizó un acabado con resina y caucho natural, el cual fue aplicado en los cordones trenzados 100% algodón mediante el proceso de impregnación en el foulard. Este proceso consistió en el en que el sustrato textil fue sumergido completamente en la solución previamente disuelta, donde se aplicó el acabado. Posteriormente, pasó por los cilindros de presión para extraer el exceso de baño. Los cordones fueron sometidos a un proceso de secado en horno mediante una cinta transportadora a una temperatura adecuada.

Los cordones sin acabado y aquellos tratados con resina y el caucho natural fueron sometidos a pruebas de abrasión en el equipo Martindale para determinar la resistencia mediante una comparación visual, para ello se adaptó a la norma ISO 12947-2. Los cordones que pasaron por el proceso de abrasión fueron sometidos a pruebas de resistencia a la tracción mecánica en el Dinamómetro aplicando la norma ISO 2062:2009, con el fin de obtener valores que determinen como afectó la acción del Martindale a los cordones. Finalmente, los datos obtenidos fueron analizados en el programa estadístico Past 4, obteniendo resultados cuantitativos que permitieron analizar e identificar el nivel de influencia del acabado de resina y caucho natural en los cordones 100% algodón.

1.4 Justificación

La demanda creciente de productos textiles que combinen comodidad y calidad ha llevado a una búsqueda constante de mejoras en los materiales utilizados en la fabricación de cordones para el calzado casual. En el presente proyecto, se da a conocer información relevante sobre tratamiento de cordones de algodón 100% mediante la aplicación de resina y caucho natural para mejorar su resistencia a la abrasión y a la tracción mecánica, ofreciendo así una solución innovadora y sostenible para los micros y medianos fabricantes de cordones de algodón 100%, lo que beneficiará a las personas que usan este tipo de calzado casual.

Los cordones utilizados en calzado casual deben cumplir con ciertos requisitos fundamentales, entre ellos la resistencia a la tracción, a la abrasión y estabilidad dimensional, debido a que están sometidos a esfuerzos constantes durante el proceso de amarre y el uso cotidiano. Los cordones elaborados con 100% algodón son empleados para permitir ajustar el calzado al pie de manera segura y con estabilidad al caminar. No obstante, el material puede deteriorarse debido al contacto continuo con ojales metálicos y la tensión repetitiva, lo que provoca un desgaste acelerado y posibles fallas en el producto.

La aplicación de resina y caucho natural se propone como una alternativa factible, ya que puede generar una capa protectora capaz de crear la resistencia al roce, reduciendo la degradación estructural del hilo durante el uso frecuente, prolongando la vida útil y disminuyendo el riesgo de roturas prematuras. Este estudio aportará información relevante para las industrias textil y del calzado, ya que permitirá analizar el comportamiento del material tratado mediante pruebas estandarizadas, proporcionando datos cuantitativos que faciliten a los fabricantes optimizar los procesos y elegir tratamientos más eficaces. Además, servirás de guía para futuras investigaciones centradas en el desarrollo de materiales funcionales que combinen altas propiedades mecánicas con criterios ecológicos (Suárez, 2017).

Según Excelsior (2021) el algodón es un material natural y biodegradable, lo que contribuye a la sostenibilidad ambiental. A diferencia de las fibras sintéticas, que pueden persistir durante décadas, el algodón se desintegra naturalmente en un corto periodo, reduciendo significativamente el impacto ambiental. Es fundamental señalar que el impacto ambiental se reduciría si se fabricaran más materiales textiles con fibras naturales.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes

En la evolución constante de la moda y la fabricación de cordones, la atención se centra cada vez más en la búsqueda de soluciones que combinen la estética con la funcionalidad y la sostenibilidad. Por ello, tienen que presentar mejores propiedades de confort para ayudar a las personas con la sujeción de las agujetas que tienen los zapatos casuales. La aplicación del caucho natural y resina buscan fortalecer las fibras de algodón, mejorando la resistencia a la tracción, prolongando la vida útil del género textil.

Posterior al proceso de tejido, se aplicará un acabado a base de resina y caucho natural. Se puede recalcar que la aplicación de resinas en los acabados textiles constituye un valor aplicado a los géneros, con el fin de mejorar su textura para mayor resistencia a las arrugas o estabilidad, o para fijar productos ya que actualmente se ha vuelto una práctica común, por tal motivo se emplea también con la finalidad de mejorar la durabilidad de los lavados y en este caso el acabado junto con el caucho natural para que eleve la resistencia a la tracción y abrasión. Esto es especialmente importante en productos como cordones donde la resistencia es esencial para soportar tensiones y el uso diario (Cegarra, 2021).

Como lo señala Fierro (2020) el caucho natural, extraído de árboles como el Hevea brasiliensis, proviene principalmente de savias en África, Asia y Sudamérica, aditivos como estabilizantes y conservantes se utilizan para mejorar sus propiedades; destacando el amonio, que puede contribuir a la comodidad y durabilidad de los cordones haciéndolos más aptos para su uso en zapatos casuales al proporcionar una mayor resistencia y flexibilidad.

La norma ISO 2062:2009 da a conocer las pautas que se deben seguir para la recolección de datos que indica el dinamómetro textil. Se utiliza para determinar la fuerza máxima que un sustrato puede soportar antes de romperse al aplicar una tracción (ISO, 1987). El empleo de algodón en la fabricación de cordones de calzado presenta diversas ventajas, ya que esta fibra se caracteriza por su suavidad y transpirabilidad, por lo que podría optimizarse mediante tratamientos con resina y caucho natural, con el objetivo de incrementar su resistencia y hacerlos más adecuados para el uso en zapatos casuales. Este enfoque pretende mantener las propiedades positivas del algodón, ofreciendo una alternativa equilibrada para la producción de cordones de mayor calidad (Villegas, 2013).

Según Bhundia (2023), los registros arqueológicos revelan ejemplos de técnicas de sujeción del calzado. Sin embargo, es difícil encontrar ejemplos de calzado porque los zapatos y los cordones están elaborados con materiales de origen naturales que se degradan rápidamente. Areni-1, un zapato descubierto en 2008 en Armenia por la estudiante de doctorado Diana Zardaryan, es el ejemplo más antiguo conocido de zapato cerrado con cordones. En el año 2000 a.C., en la antigua Mesopotamia se sujetaban al pie y al tobillo con cordones unas sencillas piezas de cuero. Los antiguos griegos ataban sus sandalias con piel de vaca, y los soldados romanos introdujeron el calzado y los cordones en toda Europa Occidental.

Un aporte en la evolución del calzado se atribuye a Harvey Kennedy, un artesano británico dedicado a la confección y reparación de zapatos. En marzo de 1790, Kennedy transformó la industria al introducir una lámina metálica en los extremos de los cordones, impidiendo que se desataran. Esto no solo ayudó a simplificar el proceso de poner y quitar los cordones, sino que también prolongó la vida útil de los zapatos al prevenir el desgaste tan rápido, siendo denominado el extremo de los cordones como "herrete" (Merida, 2023).

A partir de 1900, las marcas de zapatillas comenzaron a ser más creativas con los materiales que utilizan para los cordones. Ahora hay poliéster, nailon y rayón como alternativas para su fabricación, dando mejores características al producto final en función al costo. También tienes cordones de lujo hechos de materiales como satén y cuero, que añaden un toque lujoso al atuendo con el que los estás luciendo (Aiobot, 2023).

2.1.1 Partes de cordones

Los nombres que recibe cada parte del cordón son: lazos (filetas) y herrete (acetato) se le denomina así a la punta de cada extremo, en plástico o en metal, cuyo fin es que el cordón no se deshilache y pase sin problemas por los ojales (Suarez, 2017). Los lazos o filetas representan la parte principal son las cuerdas que se extienden de un herrete a otro, es decir, hasta los extremos plásticos, como se muestra en la **Figura 1** Estos cordones pueden estar confeccionados con nailon, poliéster, algodón y a veces se encuentran en modelos de yute o con fibras de carbono. Los ojales, presentes en el calzado, son la ubicación por donde se inserta el cordón para asegurar el zapato al pie, con diversas formas de inserción que varían en estética y firmeza, siempre desde la parte inferior hasta la superior (Salamanca y Jaramillo, 2019).

Figura 1
Partes del cordón



Fuente: Propia

2.1.2 Acabado de resina y caucho natural

El acabado con resina es un ennoblecimiento químico permanente aplicado al textil en el que su principio se basa en la formación de redes infinitas y la caracterización cuantitativa de la estructura de la red mediante reticulación de polímeros homogéneos. Este acabado se lo emplea para mejorar la resistencia, la recuperación a las arrugas, solidez al colorante, resistencia a la luz, desgaste y buena repelencia a la suciedad (Sayed, 2015).

Un ejemplo de aplicación de caucho natural es el artículo de (Godoy et al. 2023) sobre la aplicación de un acabado con caucho natural y un antimaterial (sangre de drago) sobre un tejido de abacá utilizado en plantados.

El caucho natural es una emulsión que contiene entre un 60 y un 80% de agua y que fluye de la corteza. Se localiza en pequeñas partículas suspendidas en el látex, de las cuales representa el 90% del peso seco. El caucho natural en los textiles tiene excelentes propiedades mecánicas, buena compresión, resistencia al agua y a los ácidos detergentes no minerales, por esas razones son utilizados en las industrias de la construcción, automovilística, aeronáutica, entre otros (Colmant, 2023).

2.1.3 Método de impregnación

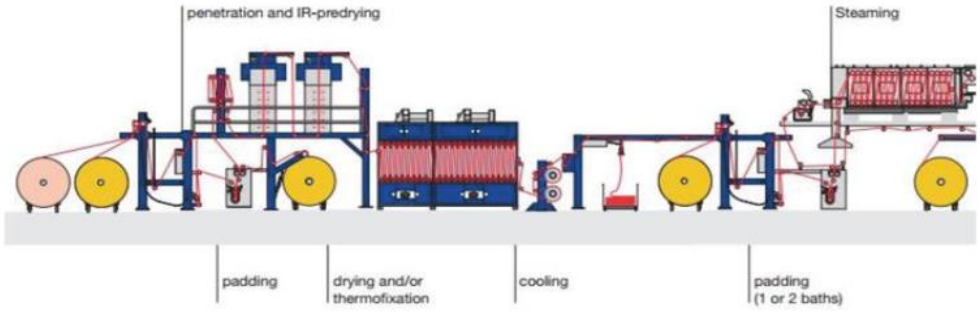
Método de impregnación que es adecuado para agentes de acabado multiuso solubles en agua o solventes, una solución homogénea e impregna el espacio entre las fibras del textil, y la superficie de las fibras se une a la superficie de las fibras y se adhiere al textil. Este método es simple, de fácil producción, de bajo costo y las características de manejo y estilo de la tela afectadas por la solución no son grandes, pero como resultado de la combinación del agente de acabado y la forma textil hay una mayor adsorción física, fuerzas interatómicas mutuas débiles,

combinadas con la solidez no es alta, se ve afectada fácilmente por el mundo exterior y el estado del uso y la pérdida de función (Fine, 2017).

El método de impregnación debe tener características específicas que permitan la absorción de la sustancia (resina y caucho natural) en el tejido como: una cantidad de baño definida, velocidad de la máquina, temperatura, presión de rodillos y tensión para evitar defectos de color, ennoblecimiento y estructura del tejido (Lockuán, 2012). El mecanismo que se utiliza para este método es el foulard, el cual consta de una tina de baño, cilindros de guía, rodillos exprimidores y otras partes que pueden adaptarse de acuerdo con la utilidad que se requiera como el pad batch, pad roll, el pad jig (semi continuos), pad dry, pad steam, pad termofix, (ver **Figura 2**).

El método de impregnación utiliza el pick up o absorción en húmedo, que se refiere a la cantidad de composición de sustancia aplicada al textil con relación al peso original del sustrato, por ejemplo, una absorción del 50% significa que el tejido se impregnó de una cantidad de solución de tratamiento igual al 50% del peso original del tejido. Preferiblemente, la absorción en húmedo es de al menos el 20%, preferiblemente de entre el 50% y el 100%, más preferiblemente de entre el 65% y el 80%, en peso del tejido (Arredondo et al., 2001).

Figura 2
Pad Steam y Pad Dry



Fuente: (Basyigit y Basyigit, 2021)

2.1.4 Martindale

El Martindale es un equipo que se utiliza para probar el grado de resistencia a la abrasión o al pilling del textil tomando fieltro de lana estándar como caucho para frotar la muestra de prueba, por ejemplo, una tela. Y también cambiar el caucho, como el papel de lija, para responder a diversos métodos y requisitos de prueba. Impulsada por ruedas excéntricas verticales y horizontales, la muestra de prueba se monta en un cilindro con un peso estándar,

se presiona sobre la goma y se mueve a lo largo de la trayectoria de Lissajous para completar la prueba de abrasión multidireccional (Heal, 2020).

La abrasión se manifiesta como un cambio en la forma de los textiles, principalmente como rotura, pérdida de calidad y modificaciones visuales como decoloración y formación de bolitas. Normalmente se consideran tres factores al medir la resistencia a la abrasión del tejido: cambios de apariencia, rotura de la muestra y pérdida de masa. Las principales evaluaciones que se plantean son las de cambios de apariencia, rotura y pérdida de masa (Test, 2022).

La evaluación de la abrasión y el pilling de un tejido es de vital importancia, ya que es una manera de avalar la calidad de los tejidos con relación al material, estructura y colorantes que fueron utilizados para su fabricación, este dispositivo otorga pruebas fiables y repetibles que permiten dar una proyección del tiempo de vida útil de la prenda en base al uso final que se le va a dar (Heal, 2023).

2.1.5 Dinamómetro

El dinamómetro se utiliza para evaluar la resistencia mecánica de un producto textil o geosintético. Los textiles para ropa de protección, como uniformes de bomberos, uniformes de trabajo o ropa militar, deben someterse a pruebas con dinamómetro para garantizar su resistencia mecánica. Además, otros productos textiles como correas, arneses, cuerdas, cordones, entre otros, son sometidos a ensayos de calidad en este dispositivo por motivos de seguridad (Group, 2023).

- El dinamómetro funciona de acuerdo con diferentes ensayos de calidad como:
- Tensión (ASTM D5034, ASTM D5035, ASTM D4885, ISO 10319);
- Corte y desgarro (ASTM D4533, ASTM D5884);
- Compresión (ASTM D6364);
- Punzonado (CAN/CGSB 4.2 No 11.2, TP 1324, ASTM F2878, ASTM D4833, ASTM D6241);
- Impacto sobre materiales blandos (ASTM D1790);
- Creep (para medir la deformación irreversible de un material bajo tensión).

El dinamómetro es una herramienta que mide las deformaciones que sufre un textil al momento de ser sometido a una fuerza externa. Su funcionamiento está basado en la ley de Hooke que establece que el alargamiento que experimenta un cuerpo es directamente proporcional a la fuerza aplicada en el mismo, para eso las escalas que se manejan son las

unidades de fuerza llamada Newton, que es la fuerza que se aplica en un metro por segundo al cuadrado (Apaza et al., 2020).

2.2 Marco legal

En este apartado se menciona la investigación planteada con las regulaciones legales a nivel nacional con las líneas de investigación que cuenta la Universidad Técnica del Norte.

2.2.1 Constitución de la República del Ecuador

Con base en la Constitución de la República del Ecuador (2008), se mencionan los siguientes artículos referentes al medio ambiente.

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

Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte, en la ¡Error! No se e ncuentra el origen de la referencia. **Tabla 1** se presentan las líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte (Técnica et al., 2020), las cuales se encuentran en vigencia hasta el día de hoy, siendo utilizadas por todas las carreras del campo universitario.

Tabla 1
Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Ítem	Línea de investigación de la UTN
1	Producción Industrial y Tecnología Sostenible
2	Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible
3	Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables.
4	Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable.
5	Salud y Bienestar Integra.
6	Gestión, Calidad de la Educación, Procesos Pedagógicos e Idiomas.
7	Desarrollo Artístico, diseño y publicidad.
8	Desarrollo Social y del Comportamiento Humano.
9	Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.
10	Desarrollo, aplicación de software y cyber secutiry (seguridad cibernética).

Para la Carrera de Textiles, las líneas de investigación designadas comprenden los puntos 1 y 9, los cuales incluyen los principales aspectos, procesos y aplicaciones de los materiales textiles que serán investigados en este proyecto.

2.3 Marco Conceptual

2.3.1 Cordones

Los cordones de zapatos son tiras flexibles, fabricadas comúnmente con materiales como algodón, poliéster, cuero o nylon, su función es sujetar y asegurar los zapatos en los pies. A pesar de su sencillez, los cordones ofrecen una amplia variedad de opciones en colores, longitudes y estilos, lo que permite personalizar tanto el aspecto visual como la forma de atar los zapatos.

La historia de los cordones de zapatos se remonta a miles de años. El registro más antiguo de cordones de zapatos se encuentra en la momia congelada conocida como Otzi the Iceman, que murió alrededor del 3300 a.C. y fue encontrada usando zapatos de piel de oso y cordones hechos de corteza de tilo. Descubrió que los antiguos griegos empleaban cordones de cuero sin curtir para sus zapatos, al igual que los soldados romanos alrededor del año 2000 a.C., quienes usaban sandalias con cordones (Caterpy, 2022).

Según Suárez (2017) los orígenes de los cordones se remontan a los antiguos egipcios, quienes podrían haber sido los primeros en desarrollar cuerdas o cordones. En la India, alrededor del año 3000 a.C., se encontraron los restos más antiguos de tejidos de algodón, lana y lino, sugiriendo que en este lugar se desarrollaron, además de prendas de vestir, los cordones necesarios para complementar la vestimenta y realizar diversas labores manuales. La introducción del algodón en Europa por parte de los árabes fue un paso crucial y la revolución industrial del siglo pasado propició el desarrollo de máquinas textiles mecánicas que permitieron la industrialización a nivel mundial. Durante este periodo, se logró inventar una máquina capaz de fabricar cuerdas y cordones.

2.3.2 Cordones de algodón 100%

El algodón que se utiliza para la elaboración de los cordones no necesita ser el mejor debido a la utilidad que se va a ofrecer, por lo tanto, pueden emplear varias opciones: una de ellas es el algodón upland o de fibra mediana (longitud de fibra es de 20 a 34 mm) o a su vez los remanentes que pueden salir de los procesos de hilado destinados para otros géneros textiles. Una vez seleccionada la materia prima, la opción más factible para hilar es mediante

la máquina open end para obtener un título de hilo idóneo que sea capaz de cumplir con los requerimientos que se esperan para conseguir un cordón resistente (Udhara, 2021).

Los cordones de algodón se fabrican mediante el entrelazado de hilos de algodón con el propósito de formar una estructura resistente y duradera. El proceso de fabricación implica varias fases, que pueden incluir el trenzado de los hilos, el teñido para la obtención de diferentes tonalidades y el corte a la longitud deseada. Los cordones de algodón resultantes son ideales para una variedad de usos, incluyendo en la industria del calzado, confección y actividades artesanales (Liasa, 2018).

Como se observa en la **Figura 3**, el proceso de fabricación comienza con una máquina trenzadora de cordones. Esta máquina se parece a un círculo plano que está equipada con 44 bobinas y una cesta adjunta para recoger el cordón tejido. Una vez que comienza el proceso de trenzado, las bobinas tejen el cordón fino en una acción de trenzado. Los engranajes de la máquina permiten al técnico cambiar la velocidad del trenzado para obtener un trenzado más suelto o apretado. A medida que la trenza alcanza el largo deseado, cae en la canasta para terminar. Algunas máquinas trenzadoras pueden producir hasta 144 cordones cada 30 minutos (Shoelaces, 2023a).

Figura 3
Máquina trenzadora de cordones



Fuente: (Shoelaces, 2023b)

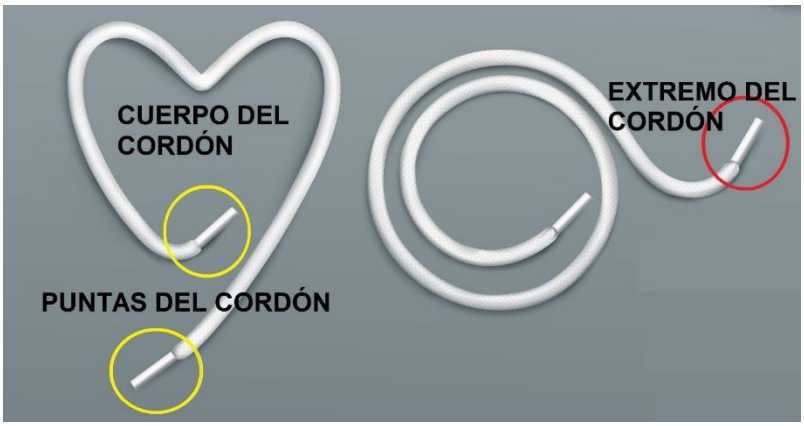
2.3.3 Partes de un cordón

En la **Figura 4** se muestran las partes del cordón, las cuales son:

- El cuerpo del cordón: constituido por algodón trenzado para conferirle resistencia y durabilidad al cordón.

- Los extremos del cordón: la función es atar y asegurar el cordón en zapatos u otros objetos, pudiendo ser fabricados con materiales como plástico o metal y presentando diversos diseños
- Las puntas del cordón: ubicadas en los extremos del cordón, destinadas a prevenir el deshilachado y confeccionadas en diferentes materiales, así como con variadas formas y diseños.

Figura 4
Partes del cordón



Fuente: Propia

2.3.4 Algodón

Según Hosseini y Salizadeh (2011), el algodón se distingue como una fibra natural reconocida por su suavidad, frescura y cualidades transpirables y absorbentes. Esta fibra tiene la capacidad de retener agua de 24 a 27 veces su propio peso. Además de ser resistente, puede soportar el desgaste por abrasión y altas temperaturas. Comúnmente, se mezcla con otras fibras como nailon, lino, poliéster y lana para mejorar las propiedades individuales de cada una.

El algodón proviene de las semillas de plantas del género Gossypium, representa la forma más pura de celulosa y es la fibra natural predominante en la naturaleza. La estructura del algodón incluye una pared primaria, una pared secundaria y un lumen, dando lugar a una apariencia microscópica similar a una cinta retorcida o un tubo colapsado y retorcido. La fortaleza del algodón se atribuye a su estructura altamente fibrilar y cristalina, mostrando un aumento del 25% en resistencia cuando está mojado (Sirghie, 2012a).

A pesar de su eficiente conductividad térmica, el algodón es susceptible de desarrollar moho, con tendencia a amarillear y de la degradación estructurada bajo exposición prolongada a la radiación solar. Asimismo, su alta inflamabilidad y resistencia al desgaste relativamente

baja. Las variedades de algodón de calidad superior se caracterizan por fibras más largas y finas, que confieren elevada resistencia y elasticidad, lo que las hace idóneas para la manufactura de productos textiles de alta gama, especialmente prendas de vestir. Innovaciones recientes incluyen la producción de algodón genéticamente modificado (GM) y algodón orgánico orientados a mejorar el rendimiento, sostenibilidad y adaptabilidad a distintos procesos (Sirghie, 2012b).

El algodón que se emplea para la fabricación de cordones puede tener varios orígenes, puede ser de algodón nuevo o de remanentes, ya que este artículo no requiere de propiedades especiales, más allá de la obligatoria característica de resistencia que debe poseer. En la industria textil la fabricación de un producto como los cordones implica una serie de consideraciones como el precio del algodón, el costo de maquinaria, mano de obra, el uso final del producto, entre otras, es por esas razones que un cordón puede ser manufacturado con un algodón de mediana calidad como lo es el algodón Upland que posee una longitud de entre 20 a 34 mm y a su vez apoyarse de la compra de restos de producciones de otros artículos como una manera optimizar costos, además que se le otorgara un acabado final con resina y caucho que ennoblecerá aún más la resistencia del cordón para que cumpla con las especificaciones necesarias (Avila et al., 2014).

2.3.5 Caucho Natural

El caucho natural, también conocido como cis-1,4-polisopreno, es un producto procesado obtenido de la savia de diversas especies de árboles y plantas que se encuentran en varias regiones del mundo, especialmente en el África ecuatorial, el sudeste asiático y Sudamérica. La savia, con su apariencia lechosa o látex, extraída del árbol Hevea brasiliensis, representa más del 99 % del consumo global de caucho natural (Fierro, 2020).

El caucho de Hevea brasiliensis es la fuente de la materia prima de innumerables productos, los cuales poseen un gran impacto en el desarrollo industrial, económico y social. Siendo utilizado como materia prima industrial bien sea de forma líquida látex de caucho o en forma de caucho seco para la manufactura de un gran número de productos indispensables para la sociedad, desde guantes industriales y quirúrgicos, mangueras, calzado, adhesivos, accesorios para autos (Camacho et al., 2014).

El caucho natural posee características clave que otorgan al textil (cordones) una alta resistencia al desgarro, a la tracción, resistencia a la abrasión, a la fricción, a las temperaturas extremas, entre otras. Los principales atributos que el caucho natural aplicado al textil le brinda

son la elasticidad, que le permite volver a su forma original luego de una deformación o aplicación de fuerza; contracción térmica que, a diferencia de otros materiales, cuando se somete a un incremento de temperatura el caucho se contrae; la durabilidad a fuerzas abrasivas y desgarrantes, impactos, bajas temperaturas y agua (Serda et al., 2013).

2.3.6 Resina

Según Cegarra (2021), la resina es un compuesto químico, la utilización de aprestos de sintéticos en fibras textiles ya sea como simples agentes de recubrimiento externo o, de manera más significativa, como sustancias capaces de alterar la estructura interna de la fibra, representa uno de los desarrollos más significativos en la mejora de las propiedades de los materiales textiles. Este avance es especialmente relevante en el ámbito de las fibras celulósicas porque le da una estabilidad dimensional permanente que es la base de un procedimiento de un acabado permanente.

La resina que se empleará en este tema de investigación será la resina a base de agua que se caracteriza por su buena afinidad con los textiles, porque mejora el rendimiento otorgándoles mayor resistencia a la abrasión a la rotura, mejor resistencia química en caso de que se utilice para trabajos de manejo con productos químicos, resistencia térmica cuando se trate de ambientes con temperaturas elevadas (Westlake, 2023).

En el caso de los cordones, la resina MARVACOL® AD ASA se ha utilizado en procesos de tintura y acabado. Imparte efectos especiales sobre tejidos de algodón, lana, fibras sintéticas y filamentos. Estabiliza la estructura del tejido, controla el deslizamiento de hilos, mejora la resistencia de las costuras, reduce la tendencia al peeling, modifica el tacto y controla el brillo o lustre.

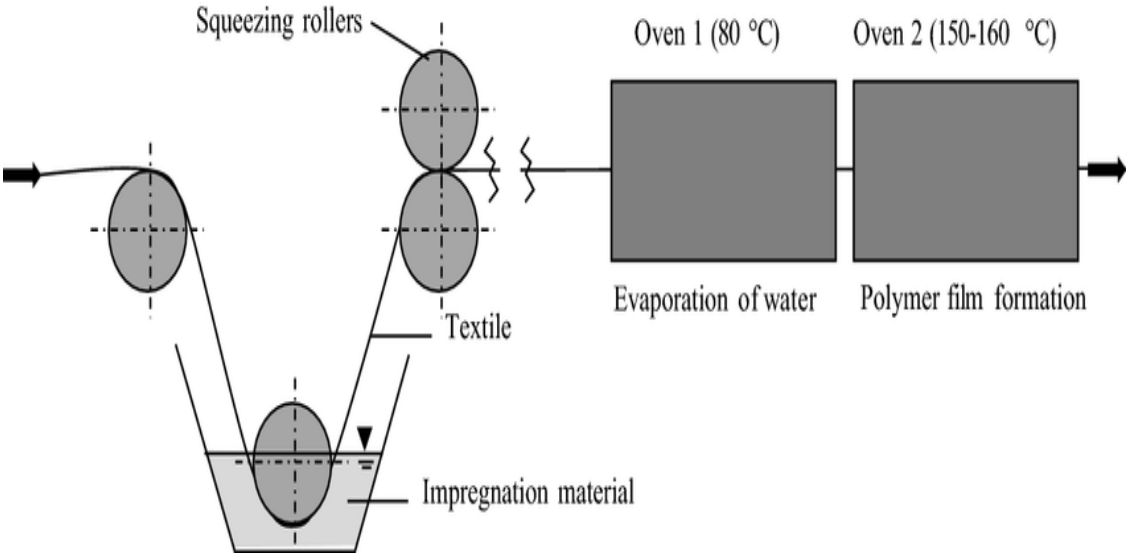
2.3.7 Método de Impregnación.

Lokúan (2012), menciona que es el proceso en el que consiste el uso de medios mecánicos, humectación por impregnación y exprimido en el que el baño se distribuye homogéneamente sobre la tela. Este procedimiento se lleva a cabo en telas completamente expuestas a lo ancho, que son particularmente susceptibles a pliegues y manchas de dobleces. A diferencia del método por agotamiento, este proceso requiere un volumen mínimo de agua, lo que se traduce en un ahorro considerable de energía. Durante el procedimiento, la tela se guía a través de un recipiente que contiene la solución de baño y pasa por rodillos que eliminan el exceso de líquido. Es fundamental mantener una velocidad de alimentación constante del

tejido e incluir un agente de humectación en el baño para garantizar una impregnación eficiente de la tela en un tiempo reducido.

La máquina que se utiliza es el foulard que funciona de la siguiente manera: el tejido se impregna mediante un sistema de inmersión. El tejido se sumerge bajo tensión constante en un baño de inmersión con el material de impregnación que en este caso es la solución de resina y caucho natural, a una temperatura considerable de 80 a 90 °C. (Thoma y Janssen, 2004). El material sobrante se retira con un par de rodillos de presión considerando que el pick up se encuentra entre 80 a 85% para obtener el mejor resultado final (ver **Figura 5**). La impregnación se cura en un horno de dos etapas. En el caso de las dispersiones a base de agua, el agua contenida se evapora a 80 °C en el primer horno. A continuación, se produce la consolidación y a 150-160 °C, dependiendo del material utilizado (Heins et al., 2023a).

Figura 5
Foulard



Fuente : (Heins et al., 2023b)

2.3.8 Martindale

El Martindale es un dispositivo destinado a evaluar la abrasión y la formación de bolitas (pilling), y está equipado con el software TestWise Touch, tal como se muestra en la **Figura 6**. Además, puede configurarse con un número variable de estaciones, que van desde 6 hasta 9. Este equipo ha sido diseñado específicamente para llevar a cabo pruebas de resistencia a la abrasión y al pilling en una amplia variedad de aplicaciones que abarcan tejidos y materiales diversos, como cuero, madera, laminados, tapicería y materiales de ropa, entre otros. Es

ampliamente preferido por numerosos laboratorios y minoristas de renombre a nivel mundial (Heal, 2016).

Figura 6
Martindale



Fuente: (Heal, 2023)

2.3.9 Dinamómetro

Según la página de James Heal, el dinamómetro Titán 5 se presenta como un probador de fuerza universal diseñado con énfasis en la precisión, eficiencia y facilidad de uso (ver **Figura 7**). Normalmente, se ha utilizado para realizar pruebas de tracción con el objetivo de comprender y determinar la carga máxima que un material textil puede soportar. Esto implica someter la muestra a una tensión controlada hasta su rotura. El instrumento Titán es capaz de medir diversas propiedades, entre las que se incluyen la máxima resistencia a la tracción, el alargamiento máximo, la resistencia a la rotura y la reducción del área.

Figura 7
Dinamómetro



Fuente: (Heal, 2021)

CAPÍTULO III

MARCO METODOLÓGICO

En esta sección se abordará el elemento metodológico que se alinee con el proyecto planteado, por ello, el enfoque cuantitativo implica el uso de datos numéricos para responder interrogantes. Este método se fundamentará en la recolección sistemática de información mediante instrumentos estandarizados, como encuestas o pruebas, y su posterior análisis estadístico para descubrir patrones, relaciones y tendencias. Al emplear esta técnica, los investigadores podrán obtener resultados objetivos y generalizables, lo que les permitirá establecer conclusiones sólidas y bien fundamentadas. El enfoque cuantitativo resulta particularmente útil en estudios que buscan cuantificar variables específicas, identificar correlaciones y realizar comparaciones entre diferentes grupos o condiciones (Ortiz y Enrique, 2020).

El enfoque cuantitativo se centró en analizar los datos obtenidos durante la elaboración, caracterización y evaluación de un acabado con resina y caucho natural en cordones de algodón 100%, destacando el análisis de la resistencia a la abrasión y tracción mecánica, influencia del espesor y gramaje en sus propiedades tomando como referencia normas técnicas estandarizadas, a su vez, los análisis estadísticos y de varianza.

3.1 Método de investigación

Consiste en el uso de un conjunto de técnicas y procedimientos que se deben llevar a cabo para el desarrollo de un estudio, para eso se aplican diversos métodos como la investigación analítica, experimental, comparativa, entre otros. Con el empleo del método de investigación, lo que se pretendió en este trabajo es encontrar una solución o alternativas al problema de resistencia de los cordones 100% algodón, mediante la aplicación de un acabado por impregnación de resina y caucho natural a diferentes concentraciones.

En primera instancia, se utilizaron las dosificaciones de resina y caucho natural que más se acoplaron al propósito buscado, la obtención del cordón con sus características como: tipo, ligamento, grosor, longitud; seguido, del desarrollo del acabado y finalmente los ensayos de calidad que arrojaron datos reales para demostrar si el ennoblecimiento con tales productos le proporcionó resistencia al cordón o no. Adicionalmente a eso, se realizó un ensayo de calidad de la resistencia a la abrasión, ya que los cordones en los zapatos están totalmente expuestos al

contacto con diferentes superficies que pueden llegar a dañar el material, es decir, provocar pilling, roturas, desgaste del color, entre otros.

3.1.1 Investigación analítica

Es un método de estudio que se centra en el análisis y comprensión de fenómenos a través de la distinción de sus componentes más importantes y la relación que tienen entre sí, para eso se emplean herramientas de enfoque cualitativo y cuantitativo que mediante la recopilación de información relevante que permita el desarrollo de una conclusión fundamental pueda llegar a dar solución al problema o a contribuir en el desarrollo de estudios más complejos (Calduch, 2014).

La investigación analítica en el campo textil es un procedimiento esencial de uso diario que permite la solución de diversas formas que puedan presentarse en los diferentes sectores productivos, es por eso que para este trabajo de investigación se utilizó en dos aspectos relevantes, el primero de ellos la aplicación del acabado al material textil y el segundo el análisis bajo la norma ISO 2062:2009 (Determinación de la fuerza de rotura en un solo extremo y del alargamiento a la rotura utilizando un probador de velocidad de extensión constante (CRE)).

El trabajo de investigación fue estudiado bajo los componentes más importantes tales como el material textil (cordón 100% Co), el proceso de impregnación, productos a utilizar, maquinaria, normas de calidad y propósito final del textil, todo esto con la finalidad de dimensionar la complejidad de todos los fenómenos que están o puedan presentarse, para encontrar conclusiones que permitan dar validez a la investigación.

El análisis se evidenció a través de los datos que fueron recopilados inicialmente en la práctica del ennoblecimiento, así como también en el dinamómetro con valores de elongación y fuerza, luego en el Martindale, proporcionando muestras de ensayo a la abrasión en relación a un cierto número de ciclos, permitiendo que mediante estos datos concretos se pueda emitir un criterio positivo o negativo en función de lo indagado, es decir, la consideración de las concentraciones que se emplearon en cada una de las muestras.

3.1.2 Investigación experimental

Es la recopilación de métodos y técnicas que se emplean a través de la manipulación de una variable experimental en condiciones estrictamente controladas para encontrar la

solución a un problema en específico. La principal característica de este método es que depende exclusivamente del enfoque de las decisiones que el investigador pueda tener, es decir, el experimento puede ser sometido a diferentes situaciones como, por ejemplo, el aumento la disminución de una variable que puede llegar afectar el resultado final, todo esto con el propósito de verificar (Ruiz, 2022).

Esta investigación se ejecutó durante la práctica, en la aplicación del acabado al cordón 100% algodón con resina y caucho natural para conferir propiedades de resistencia mecánica, se prepararon diferentes concentraciones que se evaluaron posteriormente en el laboratorio con el uso del dinamómetro con el propósito de determinar la variación en la resistencia a la atracción en función de la concentración aplicada.

3.1.3 Investigación comparativa

Es el proceso de comparación técnica del sujeto experimental en diferentes consideraciones como características, variables, situaciones, parámetros, entre otros. La comparación está ligada al contexto de estudio cualitativo o cuantitativo que permite identificar los puntos estratégicos que influyeron para que la variable experimental haya actuado o reaccionado de tal manera que pueda o no llegar a cumplir (Nohlen, 2006).

La investigación comparativa para este trabajo de estudio se pudo evidenciar en la segunda parte del proceso, una vez que las muestras fueron sometidas al análisis en el dinamómetro arrojando datos cuantitativos que permitieron emitir un criterio de validez del trabajo efectuado, es decir, el acabado fue realizado con éxito o requiere de una repetición para la obtención de resultados positivos.

3.2 Flujogramas

Los flujogramas constituyen representaciones gráficas que facilitan la visualización ordenada y secuencial de las etapas y operaciones principales que conforman un proceso de investigación. Estos diagramas permiten identificar y controlar los puntos críticos del procedimiento, además de contribuir a una mejor comprensión y análisis de las actividades.

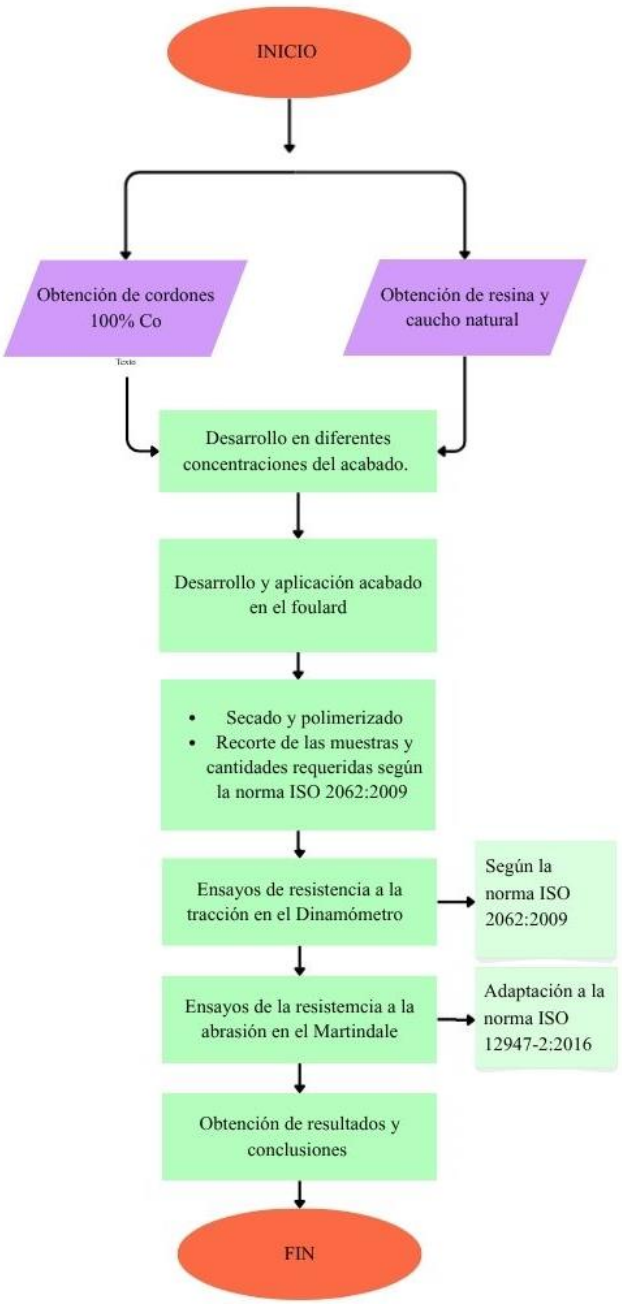
3.2.1 Flujograma general

El flujograma general (ver **Figura 8**) describe de manera estructurada las etapas que conforman el proceso de la investigación, iniciando desde la obtención de los materiales hasta la presentación de los resultados finales. Este flujograma permite visualizar de forma general y secuencial el desarrollo del procedimiento, facilitando la comprensión de las fases.

Asimismo, este esquema permite identificar las interacciones entre las distintas fases, garantizando una mejor fluidez del proceso. De igual forma, contribuye a detectar y reducir actividades innecesarias o redundantes, optimizando los recursos, tiempo y mejorando la eficiencia de la investigación.

Figura 8

Flujograma General



Nota. Flujograma general comprende el proceso global del trabajo de investigación.

3.2.2 Flujograma muestral

El flujograma muestral (ver **Figura 9**) detalla las actividades específicas correspondientes a cada etapa del proceso. este esquema permite comprender de forma clara y secuencial el proceso que se lleva a cabo por cada muestra, desde su obtención, preparación, análisis e interpretación de los resultados. Además, el flujograma muestral contribuye a mantener la coherencia del procedimiento dentro del desarrollo de la investigación.

Figura 9
Flujograma muestral



Nota. Flujograma muestral describe el proceso intrínseco del trabajo de la investigación de inicio a fin.

3.3 Equipos y materiales

Los equipos y materiales utilizados en esta investigación se seleccionaron conforme a los requisitos establecidos en la norma ISO 2062:2009 y el flujograma experimental descrito en la sección **3.2**. A continuación, se detallan los elementos empleados:

3.3.1 Cordones 100% algodón

En la **Figura 10** se muestran los cordones 100% de algodón cotizados en diferentes casas comerciales, con el objetivo de seleccionar el cordón que mejor se adapte al proceso de investigación. Además, esta comparación permite evaluar las opciones disponibles considerando las características del cordón tales como; composición, grosor, longitud y uso final para el cual fue diseñado, garantizando así que la elección sea la más adecuada para el desarrollo de la investigación.

Figura 10
Cordones 100% Co



Nota. Existe una gran variedad de cordones que pueden ser utilizados para esta investigación.
Fuente: obtenido de (Colors, 2024).

Caucho Natural

El caucho natural utilizado en este trabajo es de origen natural y presenta características específicas que lo hacen adecuado para aplicaciones industriales. Emulsión acuosa de caucho natural (como la leche), cuya película seca, se caracteriza por su elasticidad, transparencia, e impermeabilidad. La vida útil de este producto es de hasta 12 meses (Savia, 2025). Estas características aseguran que el caucho perdure en condiciones óptimas, lo que permite su manejo y control durante todo el proceso de pruebas.

Marvacol AD ASA

Es un auxiliar químico de acabado textil de naturaleza aniónica, desarrollado para actuar como apresto antideslizante en procesos de tintura y acabado. Su formulación permite controlar el deslizamiento de los hilos, mejorar la estabilidad estructural del tejido y facilitar su manipulación durante las distintas etapas del proceso productivo.

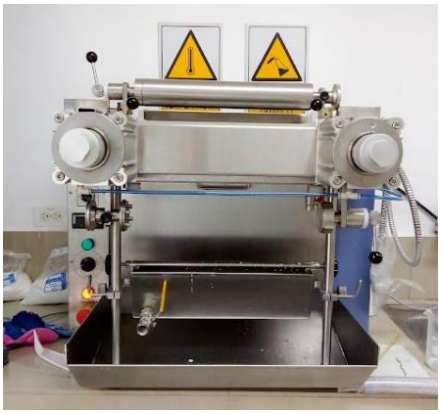
Este producto actúa principalmente mediante interacciones físico – químicas en la superficie, sin producir reticulación ni formar películas rígidas permanentes. Esta diferencia respecto a las resinas textiles convencionales permite que Marvacol AD ASA aporte un efecto funcional sin alterar significativamente la flexibilidad, el tacto ni la apariencia natural del tejido.

El Marvacol AD ASA muestra una elevada compatibilidad con fibras celulósicas, como el algodón, así como con fibras sintéticas y mezclas, y puede emplearse junto con colorantes reactivos, directos y con la mayoría de los auxiliares de carácter aniónico y no iónico. Su aplicación ayuda a reducir deformaciones, optimizar el comportamiento mecánico del tejido y reducir la tendencia al pilling, especialmente en las etapas de manipulación y confección.

Foulard

En la **Figura 11** se presenta el Foulard modelo HFR-B-350, el cual es un equipo diseñado para los procesos de tintura y acabados a través del método de impregnación a escala de laboratorio, ya sea para ensayos de diferentes magnitudes. Este equipo se caracteriza por el revestimiento de los rodillos con caucho de nitrilo, la presión del sistema neumático para el manejo del pick up y el control de velocidad de 0,5 hasta 8,0 m/min (Mathis, 2020). Además, dentro de esta investigación, el foulard es el equipo que posibilita el proceso de impregnación durante la aplicación del acabado de resina y caucho natural.

Figura 11
Foulard



En la **Tabla 2** se presentan las características técnicas del foulard, las cuales son fundamentales para garantizar un buen funcionamiento de la máquina.

Tabla 2
Datos técnicos foulard

DATOS TÉCNICOS FOULARD	
Potencia del motor	0,2 kW
Presión del aire comprimido	6 bar (90psi)
Ancho de los rodillos	350-500 mm
Ancho útil de los rodillos	300-450 mm
Diámetro de los rodillos	110 mm
Dureza de los rodillos	65-70 Shore
Velocidad	0,2-0,8 m/min
Contenido del baño entre rodillos	280 ml
Contenido de baño en tina	1200 ml

Fuente: (Mathis, 2020)

3.3.2 Martindale

En la **Figura 12** se muestra el Martindale, un dispositivo diseñado para proporcionar una cantidad controlada de abrasión multidireccional entre el sujeto a prueba (cordones) y una tela abrasiva de lana mixta hasta que el ejercicio descomponga la probeta o a su vez presente un cambio de color o apariencia (CTEX, 2020). Los componentes o partes que incluyen en este equipo son:

- Cabezas de abrasión
- Porta-muestras inferior
- Porta muestras superior
- Discos con peso para aplicar presión
- Sistemas de control de movimiento
- Contadores y parámetros ajustables
- Pesas 9KPa
- Contador de ciclos
- Panel de control
- Abrazaderas

Figura 12
Martindale



Tabla 3
Características del equipo Martindale

Parámetros	Especificaciones
Norma	ISO 12947-2
Tipo de ensayo	Abrasión
Presión aplicada sobre la probeta	12 KPa
Área expuesta de la probeta	6,45 cm²
Movimiento de ensayo	Trayectoria de Lissajous
Velocidad de rotación	47,5 ± 2,5 rpm
Recorrido de las unidades motrices	60,5 ± 0,5 mm
Número de ciclos de abrasión	Según el tipo de tejido

Fuente: Propia

3.3.3 Dinamómetro

El dinamómetro es un equipo que se encarga de determinar una amplia gama de aplicaciones como tensión, elongación, rotura, desgarro, flexión, compresión, pilling, relajación de estrés, reventamiento, pruebas de laminación de un solo hilo; pruebas en telas, no tejidos, zippers, piel, materiales geotextiles, entre otros (CTEX, 2020).

En la **Tabla 4** se presenta los detalles técnicos del dinamómetro empleado durante la investigación, con el objetivo de garantizar la precisión en la ejecución de los ensayos.

Tabla 4

Características del ensayo para la prueba de la resistencia a la tracción

Detalles del ensayo	
Test Name:	**Acabados al 25g/L 50g/L 75g/L 100g/L**
Probetas:	20
Direcciones requeridas:	No aplicable
Plan de Mordazas:	T22
Separación de mordazas:	250,00 mm
Force Control Gain:	25
Célula de carga:	5000 N
Load Cell SN:	SERIAL NUMBER
Versión:	5.0.10.0
Firmware:	V2.7
Titan SN:	Not Licensed
Tested by:	Administrator
Configuración del procedimiento	
Detección de rotura:	20%
Pretensión:	0,05 N
Velocidad:	250,00 mm/min

Fuente: (Heal, 2017)

Figura 13 se visualiza el dinamómetro empleado en durante el desarrollo de la investigación. Además, este equipo permitió realizar pruebas con mayor precisión en la evaluación de las propiedades mecánicas de los cordones.

Figura 13

Dinamómetro



Fuente: Propia

3.4 Procedimiento

Como parte del procedimiento experimental, Se obtuvieron cordones 100% algodones adquiridos a una empresa del sector textil, los cuales fueron utilizados como sustrato base para la aplicación del acabado. Los cordones se presentan comercialmente en un rollo de 100 m, distribuyéndolos en 20 m para cada concentración con un ancho aproximado de 8 mm ± 1 mm, y poseen una estructura de tejido trenzado. (Ver **Figura 14**)

Figura 14
Muestra de cordones



Posteriormente se realiza el proceso de foulardado:

a) Preparación de muestras

Se realizan los cortes de las muestras tomando en cuenta cada concentración como se ve en la **Figura 15** que permita el proceso de foulardado. Estas medidas son necesarias para asegurar que, durante el paso de la muestra por el foulard, se logre una absorción uniforme y controlada del baño, garantizando la adecuada retención del producto en el espécimen a lo largo del proceso de impregnación.

b) Preparación de solución

La muestra el proceso de preparación de la resina y el caucho natural agua destilada, el cual mantiene un pH de 12.

Figura 15
Solución de producto de resina y caucho natural



En la **Figura 16** se ilustra el procedimiento de colocación de la muestra, destacando los pasos involucrados en el método de impregnación y el proceso de foulardado.

Figura 16
Colocación de muestras



c) Configuración del equipo

La configuración que tuvieron las muestras se detalla a continuación, tomando en cuenta los cálculos para obtener un pick up de 85% con una tolerancia de ± 5%.

Tabla 5
Presión utilizado en el foulard

	Concentración 1 25g/L (12,5R/12.5 CN)	**Concentración 2 50g/L (25R/25 CN)**	**Concentración 3 75g/L (37.5R/37.5CN)**	**Concentración 4 100g/L (50R/50CN)**
Cordón 100% CO	2bar	2bar	2bar	2bar

La tabla emplea la fórmula denominada pick-up, la cual permite calcular la relación entre el peso en seco y el peso en húmedo de la muestra. Este cálculo evalúa el porcentaje de absorción del sustrato durante el proceso de impregnación.

Una vez finalizado el tratamiento en el foulard, se determina el valor de pick-up, el cual se presenta en la **Tabla 6.**

$$Pick\ Up = \frac{Peso\ en\ húmedo - Peso\ en\ seco}{Peso\ en\ seco} x\ 100$$

Tabla 6
Configuración de foulard y peso de muestras

Muestra	Peso seco (g)	Peso húmedo (g)	Pick Up (%)	Presión (Bar)
M 0	51.3	0	0	0
M1	50.70	92.74	82.92	2
M2	50.90	94.62	85.89	2
M3	51.86	97.36	87.74	2
M4	53.18	96.66	81.76	2

d) Secado

En la **Figura 17** se presentan los ajustes realizados en los parámetros del túnel de secado, donde se utilizó una velocidad de 10 m/min, a una temperatura de 120 °C, con 3 a 4 pasadas dependiendo si la muestra salía completamente seca en sus costados.

Figura 17
Colocación de muestras



Nota: Las muestras fueron sometidas a un proceso de secado y polimerizado

3.4.1 Normas para determinar la resistencia a la tracción mediante la norma ISO 2062:2009.

La norma ISO 2062: 2009 establece que se debe extender una muestra de cordón hasta su rotura mediante un dispositivo mecánico adecuado y se registran la fuerza de rotura y el alargamiento en el momento de la rotura. Se utiliza una velocidad constante de extensión del 100 % por minuto (basada en la longitud del ancho de vía), pero se permiten velocidades más altas o bajas mediante acuerdo (ISO, 2009).

(ISO, 2009) establece que esta norma posee cuatro métodos para el ensayo de resistencia a la tracción, a continuación, se los mencionará:

A: manual; las muestras se toman directamente de paquetes acondicionados;

B: automático; las muestras se toman directamente de paquetes acondicionados;

C: manuales; se utilizan ovillos de prueba relajados después del acondicionamiento;

D: manuales; Las muestras se utilizan después de humedecerlas

3.5 Prueba de laboratorio

3.5.1 Pruebas de resistencia a la abrasión

La prueba de resistencia a la abrasión en textiles se encuentra adaptada bajo la norma ISO 12947-2, elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), en la que establece el método de ensayo para medir la resistencia a la abrasión de los materiales textiles utilizando el equipo Martindale (ISO, 2016). (ver **Figura 18)**. La resistencia a la abrasión se evalúa por diversos medios, incluida la comparación con ayudas visuales en forma de fotografías o muestras reales.

Pasos realizados para la resistencia a la abrasión

a) Preparación de las probetas, de acuerdo con las dimensiones de la máquina, con ayuda de la troqueladora, recortar probetas de 38 mm de diámetro (en el caso de los cordones se les alineará para formar una especie de tejido).

b) Posterior a ello se tomaron las probetas a una distancia mínima de 100 mm del orillo, distribuyéndolas de manera uniforme a lo largo de toda la muestra. Acondicionamiento de las probetas durante al menos 4 horas antes del ensayo y la configuración del dispositivo.

c) Empezar con el ensayo, en primera instancia verificar que se ejecuten 500 movimientos extraer las probetas analizar y anotar los resultados: montar de nuevo y ejecutar por otros 500 movimientos registrar las diferencias y así hasta completar un total de 3500 movimientos.
d) Realizar un informe final que conste del número de probetas sometidas a ensayo, el material de cual fueron hechos, la fuerza aplicada, el número de movimientos que se realizaron y finalmente las conclusiones que se pudieron obtener a partir del resultado final.

Figura 18
Curva de Lissajous



Fuente: (Capital Testing, 2024).

3.5.2 Pruebas de resistencia a la tracción

Este ensayo se realizará bajo la norma ISO 2062:2009 que se detalló anteriormente y consta del siguiente procedimiento:

a) Determinar el método que la norma establece para la realización del ensayo, el método A será el escogido para este trabajo de investigación.
b) De acuerdo con método A obtener las probetas necesarias para el ensayo, que en este caso será de un total de 100 muestras, desglosadas en 20 muestras por cada concentración de acabado se le dará al cordón.
c) Acondicionamiento de las muestras según la norma ISO 139 durante una duración de 4 horas antes de empezar con las pruebas en el dispositivo CRE.
d) Verificar el estado de la máquina, es decir, que este configurada a una velocidad de extensión de 500 mm/min o 250 mm/min con una longitud de calibre de 500

mm o 250 mm, además que las mordazas estén en buen estado alineadas y paralelas, de modo que no presente variaciones.

e) Insertar la probeta en las pinzas con una pretensión de 0,5 cN/tex ± 0,1 cN/tex para muestras acondicionadas, asegurar las muestras en las mordazas y realizar el ensayo verificando que las probetas no se deslicen más de 2mm, ya que de ser así la prueba será obsoleta.
f) Registrar los datos arrojados por el dispositivo para un posterior análisis comparativo.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y ANÁLISIS

4.1 Resultados

En esta sección, se presentan los resultados finales obtenidos a partir de la investigación los cuales se derivan de la fase experimental realizada en el laboratorio de la Carrera de Textiles. Para el análisis de la información se emplearon datos numéricos que posteriormente fueron procesados mediante el programa estadístico PAST 4. De este software se elaboraron gráficos y tablas de resultados.

Por medio de esta investigación exploratoria y experimental utilizando la información de las probetas necesarias para el ensayo, que para este caso representan un total de 100 muestras, desglosadas en 20 por cada concentración (0,25,50,75,100 g/l).

4.1.1 Resistencia a la abrasión de cordones algodón 100% sin acabado en el equipo Martindale.

En la **Tabla 7** se presentan los valores de resistencia a la abrasión, registrándose en las 3 repeticiones de desgaste visible con rotura como condición final del ensayo Martindale. La muestra sin tratar se comportó de manera bastante uniforme, con poca variación entre mediciones; llega a resistir alrededor de 10.200 ciclos antes de romperse. La presencia constante de desgaste evidente con rotura demuestra que, sin recubrimiento, el material se deteriora gradualmente hasta la falla estructural, siendo poco resistente ante la fricción repetitiva.

Tabla 7

Cordones de algodón 100% sin acabado

Material	Muestra	Resistencia a la abrasión (Ciclos)	Observación
100% CO	M-0 (0 g/L)	9 800	Desgaste visible con rotura
100% CO	M-0 (0 g/L)	10 000	Desgaste visible con rotura
100% CO	M-0 (0 g/L)	10 200	Desgaste visible con rotura
		10 000	**Media**

Nota. Tomado del Ensayo Martindale

4.1.2 Resistencia a la abrasión de cordones de algodón 100% con acabado en el equipo Martindale.

En la **Tabla 8** se observa que la muestra M-1 (25 g/L) registró los valores más altos (19.500 y 20.300 ciclos), por lo que se atribuye que posee mayor resistencia frente al desgaste por abrasión. Las muestras M2 presentan valores intermedios entre 16.200-17.000 ciclos y M3 valores entre 13.400-14.100 ciclos, se desgastaron y rompieron, lo que indica que estas concentraciones no logran formar una película protectora adecuada o pueden provocar fragilidad superficial en condiciones de abrasión. Finalmente, la muestra M-4 (100 g/L) logró valores entre 11.600 y 12.300 ciclos, que mostraron desgaste y rotura. Los resultados muestran que el recubrimiento afecta la resistencia a la abrasión, con un comportamiento no lineal en función de la concentración.

Tabla 8

Resistencia a la abrasión de cordones de algodón 100% con acabado

Muestra	Resistencia a la abrasión (Ciclos)	Observación
M-1 (25 g/L)	19 500	Desgaste leve (sin rotura)
	20 000	Desgaste leve (sin rotura)
	20 300	Desgaste leve (sin rotura)
	19933	**Media**
M-2 (50 g/L)	16 200	Desgaste moderado con rotura
	16 600	Desgaste moderado con rotura
	17 000	Desgaste moderado con rotura
	16600	**Media**
M-3 (75 g/L)	13 400	Desgaste visible con rotura
	13 800	Desgaste visible con rotura
	14 100	Desgaste visible con rotura
	13767	**Media**
M-4 (100 g/L)	11 600	Mayor desgaste visual con rotura
	11 900	Mayor desgaste visual con rotura
	12 300	Mayor desgaste visual con rotura
	11933	**Media**

Nota. Elaboración propia a partir de los resultados del ensayo Martindale

4.1.3 Resistencia a la tracción de cordones de algodón 100% sin acabado mediante la norma ISO 2062:2009 con Dinamómetro.

En la **Tabla 9** los cordones de algodón 100% sin acabado fueron evaluados mediante ensayo de tracción conforme a la norma ISO 2062:2009, utilizando dinamómetro con 20 probetas, separación de mordazas de 250 mm y velocidad de ensayo de 250 mm/min. Los

resultados obtenidos evidencian una extensión promedio de 27,00% (DE = 3,07) y una fuerza máxima promedio de 637,96 N (DE = 64,65). Además, la dispersión de los datos fue pequeña (coeficientes de variación de 11,38% para la longitud y 10,13% para la fuerza máxima), lo que indica buena repetibilidad entre las mediciones. Por lo que el cordón de algodón 100% crudo presenta una deformabilidad y resistencia mecánica aproximadamente constante en tensión; la fuerza máxima es la que mejor define el comportamiento estructural del material.

Tabla 9

Cordones 100% algodón sin acabado (Muestra 0)

Resultados		
Probeta	**Extensión (%)**	**Fuerza Máxima (N)**
1	28,35	591,17
2	31,63	656,21
3	27,10	715,58
4	33,04	597,66
5	22,59	515,46
6	25,52	562,90
7	28,75	618,98
8	21,93	674,85
9	24,35	626,03
10	25,51	662,14
11	27,33	520,11
12	27,28	668,76
13	26,59	757,67
14	28,01	568,76
15	26,60	647,77
16	29,85	639,17
17	21,81	628,57
18	32,21	703,10
19	24,67	745,17
20	26,86	659,08
Media	27,00	637,96
Desviación típica	3,07	64,65
Límites de confianza	±1,22	±25,64
Coeficiente de Variación	11,38%	10,13%

Nota. Elaboración propia tomado del ensayo con dinamómetro

4.1.4 Resistencia a la tracción de cordones algodón 100% con acabado mediante la norma ISO 2062:2009 con Dinamómetro.

Los resultados de la **Tabla 10** indican que el acabado a una concentración de 25g/L mejora el comportamiento mecánico del cordón en términos de resistencia y deformación, evidenciándose una fuerza máxima media de 712,36 N, con una desviación estándar de 76,97.

Así mismo el coeficiente de variación fue de 21,91% para la extensión y de 10,80% para la fuerza máxima, lo que evidencia mayor variabilidad en la deformación respecto a la resistencia máxima. Esto sugiere que el tratamiento de impregnación incrementa la capacidad del material a soportar cargas antes de fracturarse, favoreciendo así su desempeño estructural. Pero la mayor dispersión en la longitud sugiere que el acabado modifica en menor medida la deformabilidad del cordón de forma homogénea, posiblemente por diferencias en el tratamiento de las fibras.

Tabla 10

Cordones 100% algodón con acabado al 25 g/L (Muestra 1)

	Resultados	
Probeta	**Extensión (%)**	**Fuerza Máxima (N)**
1	44,57	782,18
2	29,88	601,13
3	27,23	650,80
4	33,61	690,02
5	34,79	756,80
6	22,04	702,14
7	35,13	889,21
8	24,71	644,45
9	26,35	672,52
10	40,31	632,20
11	44,26	824,48
12	27,06	631,19
13	24,72	646,84
14	37,49	641,44
15	41,35	729,15
16	23,11	675,67
17	24,63	742,01
18	42,35	627,05
19	31,45	843,52
20	32,45	729,19
Media	31,61	712,36
Desviación típica	6,93	76,97
Límites de confianza	±2,75	±30,53
Coeficiente de Variación	21,91%	10,80%

Nota. Elaboración propia tomado del ensayo con dinamómetro

Los resultados de la **Tabla 11** revelaron una elongación promedio de 34,51% (DE = 6,49) y una fuerza máxima promedio de 711,76 N (DE = 80,82). El CV fue de 18,82% para la elongación y 11,35% para la fuerza máxima, siendo más dispersos los valores de porcentaje de elongación que los de fuerza máxima. Esto demuestra que el acabado al 50%

mantiene unas propiedades mecánicas constantes en resistencia a la tracción, casi alcanzando la resistencia máxima del acabado al 25%, pero con la media más baja.

Tabla 11

Cordones 100% algodón con acabado al 50 g/L (Muestra 2)

Resultados		
Probeta	**Extensión (%)**	**Fuerza Máxima (N)**
1	46,42	608,18
2	37,90	779,81
3	39,05	814,51
4	29,73	571,10
5	46,42	730,28
6	26,49	779,97
7	23,38	532,48
8	31,37	745,38
9	28,41	667,96
10	37,22	790,34
11	30,80	682,75
12	33,97	664,76
13	45,57	713,51
14	25,72	850,33
15	30,52	804,56
16	38,90	704,80
17	32,54	656,58
18	36,64	764,70
19	36,23	703,14
20	32,96	670,13
Media	34,51	711,76
Desviación típica	6,49	80,82
Límites de confianza	±2,58	±32,06
Coeficiente de Variación	18,82%	11,35%

Nota. Elaboración propia tomado del ensayo con dinamómetro

Los resultados obtenidos en la **Tabla 12** evidenciaron una extensión promedio de 31,46% (DE = 8,13) y una fuerza máxima promedio de 694,71 N (DE = 71,29). El coeficiente de variación fue de 25,83% para la extensión y 10,26% para la fuerza máxima, lo que indica una variabilidad moderada en ambos parámetros evaluados. Esto indica que el acabado al 75 g/L no altera significativamente la resistencia mecánica en comparación con los tratamientos anteriores, pero con una tendencia a valores medios ligeramente inferiores en fuerza máxima y extensión. Este comportamiento indica que el aumento de concentración del recubrimiento no mejora en la misma proporción el comportamiento estructural del cordón y, por el contrario, se podría relacionar con una disminución relativa de la deformabilidad antes de la falla. En términos de consistencia, la extensión presenta una variación moderada,

mientras que la fuerza máxima exhibe una dispersión algo mayor, lo cual puede estar relacionado con diferencias en la distribución del acabado y su interacción con la estructura fibrosa del algodón.

Tabla 12

Cordones 100% algodón con acabado al 75g/L (Muestra 3)

Resultados		
Probeta	**Extensión (%)**	**Fuerza Máxima (N)**
1	39,30	810,64
2	24,93	617,29
3	22,85	705,30
4	36,15	698,12
5	23,32	743,57
6	38,31	694,36
7	33,38	734,95
8	29,20	713,36
9	43,14	727,00
10	43,23	806,90
11	29,66	671,18
12	38,64	776,45
13	36,05	628,29
14	28,72	572,28
15	25,60	630,77
16	32,36	576,90
17	31,20	629,77
18	39,14	812,38
19	16,64	687,41
20	37,46	657,38
Media	31,46	694,71
Desviación típica	8,13	71,29
Límites de confianza	±3,22	±28,28
Coeficiente de Variación	25,83%	10,26%

Nota. Elaboración propia tomado del ensayo con dinamómetro

Los resultados evidenciaron en la **Tabla 13** una extensión promedio de 29,27 (DE = 4,50) y una fuerza máxima promedio de 685,10 N (DE = 93,53). El CV fue de 15,38% para la longitud y 13,65% para la fuerza máxima, con variabilidad moderada en la elongación y poca dispersión en su comportamiento resistente. Esto indica que el acabado al 100g/L mantiene una alta fuerza máxima, resultado favorable del tratamiento en la resistencia a la tensión. Pero la elongación es dispersa; eso significa que el material todavía se puede estirar antes de romperse, pero no siempre lo hacen.

Tabla 13

Cordones 100% algodón con acabado al 100 g/L (Muestra 4)

Resultados		
Probeta	**Extensión (%)**	**Fuerza Máxima (N)**
1	39,43	697,12
2	25,55	456,82
3	31,13	651,79
4	27,75	572,99
5	35,23	588,14
6	33,08	819,64
7	23,80	601,00
8	30,44	830,48
9	21,38	634,94
10	28,35	802,87
11	29,77	786,57
12	23,38	726,55
13	27,77	743,10
14	31,61	774,24
15	21,96	630,57
16	29,77	693,45
17	31,69	755,59
18	35,05	667,63
19	27,99	626,83
20	30,27	641,73
Media	29,27	685,10
Desviación típica	4,50	93,53
Límites de confianza	±1,79	±37,10
Coeficiente de Variación	15,38%	13,65%

Nota. Elaboración propia tomado del ensayo con dinamómetro

4.1.5 Normalidad de los datos

Previo a la aplicación de pruebas inferenciales, se evaluó la distribución de los datos de fuerza máxima (N), extensión (%) y abrasión (ciclos) mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Anderson-Darling, utilizadas de forma complementaria para confirmar el cumplimiento del supuesto de normalidad.

Como se observa en la **Tabla 14** (fuerza máxima), **Tabla 15** (extensión) y **Tabla 16** (abrasión), todas las variables presentaron p-valores superiores a 0,05 en ambas pruebas. Esto indica que no se rechaza la hipótesis nula de normalidad, por lo que los datos siguen una distribución normal.

Tabla 14

Normalidad de la extensión

	Extensión (0)	Extensión (1)	Extensión (2)	Extensión (3)	Extensión (4)
N	20	20	20	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9643	0,9288	0,9552	0,9612	0,9744
p(normal)	0,6327	0,1467	0,4521	0,5681	0,8443
Anderson-Darling A	0,2615	0,4581	0,2934	0,2864	0,2278
p(normal)	0,6684	0,2365	0,5659	0,5862	0,784

Nota. Elaboración propia tomado del software PAST4

Tabla 15

Normalidad de fuerza

	Fuerza0	Fuerza1	Fuerza2	Fuerza3	Fuerza4
N	20	20	20	20	20
Shapiro-Wilk W	0,9767	0,9384	0,9732	0,9587	0,9639
p(normal)	0,8844	0,2239	0,8195	0,5191	0,6246
Anderson-Darling A	0,1753	0,4498	0,2155	0,2309	0,2399
p(normal)	0,9113	0,2481	0,822	0,7739	0,7437

Nota. Elaboración propia tomado del software PAST4

Tabla 16

Normalidad de abrasión

	M-0 (0 g/L)	M-1 (25 g/L)	M-2 (50 g/L)	M-3 (75 g/L)	M-4 (100 g/L)
N	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00
Shapiro-Wilk W	1,00	0,98	1,00	0,99	0,99
p(normal)	1,00	0,73	1,00	0,84	0,84
Anderson-Darling A	0,19	0,21	0,19	0,20	0,20
p(normal)	0,63	0,54	0,63	0,60	0,60

Nota. Elaboración propia tomado del software PAST4

4.1.6 Análisis de la varianza

La varianza se emplea para valorar estadísticamente la variación entre los datos obtenidos en la prueba de laboratorio. En la **Tabla 17** se analizan los coeficientes de variación de la extensión (%) en las 5 muestra, donde se puede observar que el material sin acabado presentó mayor homogeneidad (CV = 11,67%), mientras que los tratamientos incrementaron la variabilidad en distinta magnitud, mayor dispersión en 25% (CV = 22,88%) y 75% (CV = 22,46%), y registrándose valores moderados en 50% (CV = 19,31%) y 100% (CV = 15.78%), con lo que se puede interpretar que, el acabado influye no solo en la magnitud de la extensión, sino también en la uniformidad del comportamiento de deformación del cordón.

Tabla 17
Datos descriptivos de extensión

	Extensión (0)	Extensión (1)	Extensión (2)	Extensión (3)	Extensión (4)
N	20	20	20	20	20
Min	21,81	22,04	23,38	16,64	21,38
Max	33,04	44,57	46,42	43,23	39,43
Sum	539,98	647,49	690,24	649,28	585,4
Mean	26,999	32,3745	34,512	32,464	29,27
Std. error	0,704471	1,656084	1,490208	1,630471	1,03303
Variance	9,925588	54,85228	44,4144	53,16873	21,343
Coeff. var	11,66891	22,87675	19,31042	22,46085	15,78356

En la **Tabla 18** se observan la fuerza máxima (N), donde se evidenciaron que el cordón SC (F0) presentó una fuerza media de 637,96 N, que sirve como referencia del comportamiento mecánico inicial del material. Al aplicar el acabado, se observó un incremento de la resistencia a la tracción, alcanzando el valor más alto en F1 (712,36 N), lo que indica que esta concentración mejora significativamente la capacidad de carga del cordón.

En las condiciones F2, F3 y F4, aunque la resistencia media sigue siendo superior a la muestra sin acabado, se evidencia una tendencia a la disminución de la fuerza y un aumento de la variabilidad, especialmente en Fuerza 4, que presenta el mayor coeficiente de variación. Esto sugiere que concentraciones elevadas en el acabado pueden afectar negativamente la uniformidad y el desempeño mecánico del cordón.

Tabla 18

Datos descriptivos de la fuerza

	Fuerza0	Fuerza1	Fuerza2	Fuerza3	Fuerza4
N	20	20	20	20	20
Min	515,46	601,13	532,48	572,28	456,82
Max	757,67	889,21	850,33	812,38	830,48
Sum	12759,14	14247,29	14235,27	13894,3	13702,05
Mean	637,957	712,3645	711,7635	694,715	685,1025
Std. error	14,83108	17,6583	18,54109	16,35581	21,45672
Variance	4399,221	6236,311	6875,437	5350,248	9207,815
Coeff. var	10,39672	11,08566	11,64969	10,52883	14,00628

Nota. Elaboración propia tomado del software PAST4

Los datos de coeficientes de variación de la resistencia a la abrasión observados en la **Tabla 19** evidencian diferencias marcadas entre tratamientos, donde en la mayoría de los grupos poseen porcentajes alrededor de 2% a 2,94%, lo cual sugiere una ligera mayor dispersión, aunque manteniéndose una consistencia aceptable considerando el tamaño de repeticiones (n = 3) por tratamiento.

Tabla 19

Datos descriptivos de la abrasión

	M-0 (0 g/L)	M-1 (25 g/L)	M-2 (50 g/L)	M-3 (75 g/L)	M-4 (100 g/L)
N	3	3	3	3	3
Min	9800	19500	16200	13400	11600
Max	10200	20300	17000	14100	12300
Sum	30000	59800	49800	41300	35800
Mean	10000	19933,33	16600	13766,67	11933,33
Std. error	115,4701	233,3333	230,9401	202,7588	202,7588
Variance	40000	163333,3	160000	123333,3	123333,3
Coeff. var	2	2,027484	2,409639	2,551006	2,94292

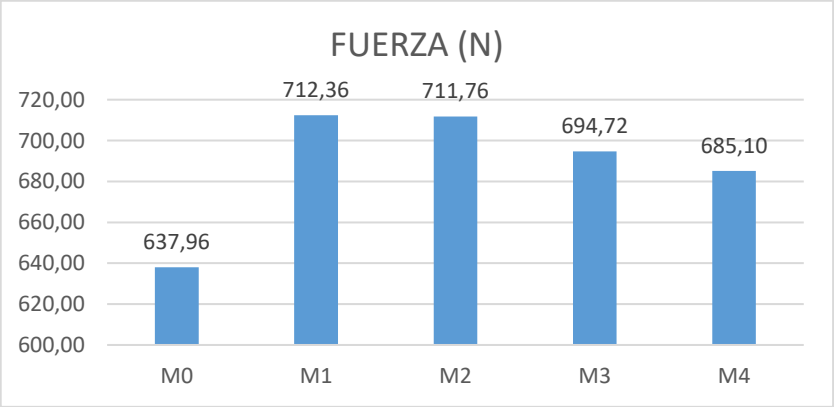
Nota. Elaboración propia tomado del software PAST4

ANÁLISIS

4.2 Evaluación de resultados

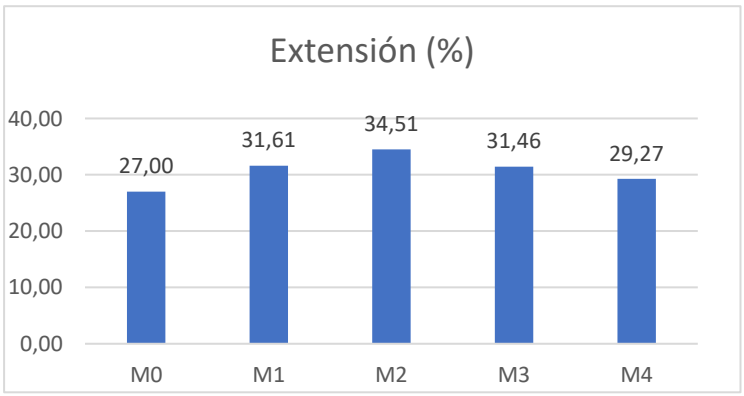
Al comparar la resistencia a la tracción de los cordones con acabado, se observa que la concentración de 25 g/L (M-1) presentó mejores propiedades de firmeza con una fuerza máxima de 712,36 N. En la **Figura 19** se puede observar que M-1 (25%) y M-2 (50%) poseen mayor resistencia, seguidos por M-3 (75%) y M-4 (100%) con valores ligeramente menores. Por lo que se evidencia que la aplicación del acabado en distintas concentraciones influye en la resistencia a la tracción del cordón.

Figura 19
Comparativa en valores a la fuerza (N)



Como se indica en **Figura 20**, la muestra sin producto (N/A) presenta el menor valor de extensión en el ensayo de extensión a la rotura con un valor de 27,00 %, mientras que la mayor extensión presenta la M-2(50g/L) con el 34,51%.

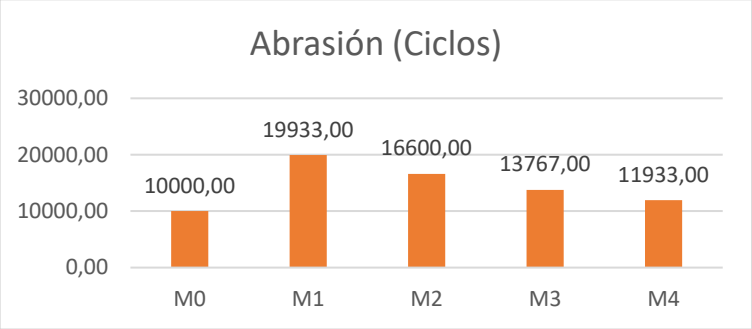
Figura 20
Comparativas en valores de Extensión



Fuente: Elaboración propia

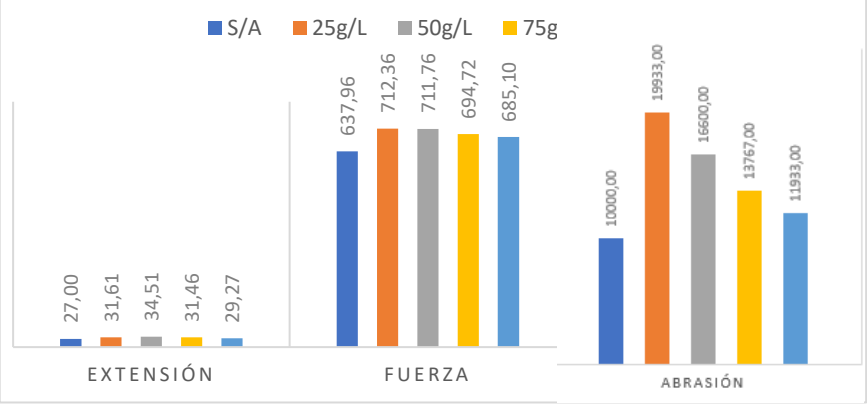
La **Figura 21** evidencia que el cordón sin tratamiento (M-0) soporta alrededor de 10000 ciclos ante la abrasión, mientras que la M-1 (25 g/L) llega al valor más alto (19933 ciclos), aumentando su resistencia a la fricción repetitiva. Esto indica que el acabado influye significativamente en la abrasión, pero su efecto no es lineal con la concentración, destacándose el nivel de 25 g/L como el tratamiento más eficiente para maximizar la resistencia al desgaste.

Figura 21
Relación de resistencia a la abrasión



La compara el desempeño de los cordones, evidenciando que el tratamiento al acabado (25 g/L) presenta el comportamiento global más favorable, debido a que presenta la mayor resistencia a la abrasión (19933 ciclos), superando ampliamente al cordón sin acabado y al resto de concentraciones, lo cual constituye el criterio más determinante cuando se evalúa durabilidad frente al desgaste. Además, conserva una alta fuerza máxima (712,36 N), de las mejores en los tratamientos de resistencia mecánica, superior al control. Finalmente, la muestra con mayor elongación es la M2 (50g/L) dando como resultado (34,51%), lo que significa que se puede deformar más antes de romperse, lo cual es bueno para aplicaciones donde se necesita flexibilidad y absorción de esfuerzos sin falla repentina.

Figura 22
Relación de resistencia a la abrasión



CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

De acuerdo con las evaluaciones mecánicas y el análisis estadístico de los datos obtenidos en los ensayos de resistencia a la abrasión y a la tracción realizados en cordones trenzados 100% algodón evaluadas 25g/l, 50g/l, 75g/l y 100 g/L, bajo normas técnicas internacionales aplicables, se concluye que:

- El acabado a base de resina y caucho natural fue aplicado en los cordones trenzados 100% algodón mediante el método de impregnación, utilizando un baño ajustado a pH 12 y una presión de los cilindros del foulard de 2 psi. Estas condiciones permitieron una impregnación uniforme del sistema de acabado sobre la estructura trenzada del cordón, garantizando la obtención de muestras adecuadas para la posterior realización de los ensayos de resistencia a la abrasión y a la tracción.
- La comparación de la resistencia a la abrasión entre cordones trenzados 100% algodón sin acabado y con acabado, realizada mediante el equipo Martindale, permitió evidenciar diferencias significativas en el comportamiento frente a la fricción mostrando que la formulación compuesta por 25 g/ L de resina y caucho natural (M1), fue el mejor comportamiento, alcanzando un total 19933 ciclos en comparación con las muestras tratadas con concentraciones de M2- 50 g/L (16600 ciclos) M3-75 g/L (13767) y M4-100 g/L(11933), así como con el cordón sin acabado M0 (10000), los cuales evidenciaron un desgaste más acelerado. Debido a que el equipo Martindale no contempla de manera específica la evaluación de cordones, fue necesario adaptar el procedimiento de ensayo con base en la norma ISO 12947-2:2016, garantizando condiciones controladas y reproducibles para la evaluación del desgaste, así como la observación visual del deterioro de las muestras.
- Se determina que el ensayo de tracción utilizando la norma ISO 2062:2009 pudo caracterizar de manera confiable el comportamiento mecánico del cordón de algodón con y sin acabado. Los resultados muestran que la impregnación altera el comportamiento estructural del material, ya que cambian sus valores de resistencia a la carga y deformación antes de la falla, lo que demuestra que el tratamiento afecta la respuesta mecánica del cordón. M1 25g/L presenta una mayor resistencia estructural a

la tracción al soportar esfuerzos máximos antes de la rotura de 712,36N en comparación con la M2-50g/L (711,76N), M3- 75g/L (694,71N), M4-100 g/L (685,10N).

- Se logró determinar el grado de influencia del acabado en la resistencia a la abrasión del cordón 100% algodón, donde M1 con 25g/L supera con 49,83% respecto a M0 que no tuvo ningún acabado; con 16,72% comparando con M2 de 50g/L; 30,93% sobre M3 de 75g/L y mayor resistencia con 40,13% respecto a M4 de 100g/L.
- También se determinó el porcentaje mayor de resistencia a la tracción que presenta la muestra M1 de 25 g/L en comparación con M0 sin acabado, con un resultado de 10,44%; 0,08% respecto a M2 de 50g/L; 2,48% más resistente que la muestra M3 de 75g/L y finalmente un 3,82% más resistente que la probeta M4 de 100g/L.

5.2 Recomendaciones

- Estandarizar el proceso de impregnación del acabado en condiciones controladas (tiempo, presión, velocidad y fijación), a fin de garantizar una distribución homogénea del tratamiento sobre el cordón y reducir la variabilidad del comportamiento mecánico entre probetas, fortaleciendo su reproducibilidad en condiciones industriales.
- Desarrollar y documentar formalmente un protocolo técnico de ensayo de abrasión adaptado específicamente para cordones, considerando sus particularidades geométricas y estructurales. Esto permitiría asegurar trazabilidad metodológica y facilitar la replicación del ensayo en futuros estudios, manteniendo consistencia con los principios de la norma Martindale.
- Apoyar los ensayos mecánicos con análisis microscópicos o morfológicos (por ejemplo, evaluación de superficie, penetración del acabado, daños por abrasión) para relacionar el comportamiento resultante con el grado de impregnación y los mecanismos de degradación fibrosa.
- Replicar la investigación en condiciones de uso real o simuladas (humedad, ciclos de carga repetitiva, fricción combinada y envejecimiento), con el fin de evaluar la estabilidad del acabado en el tiempo. Asimismo, se sugiere ampliar el número de tratamientos o formulaciones para identificar alternativas que maximicen el desempeño integral del cordón sin comprometer flexibilidad, confort táctil y resistencia al desgaste.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AIObot. (2023). *History of Shoelaces: Guide on How Laces Evolved Through Time*.

Apaza, L. T., Edward, M., & Flores, H. (2020). Aprendizaje De La Resistencia a La Tracción De Hilos Industriales En Estudiantes De Ingeniería Textil. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, *3*(Vol. 3, Num. 1), 49–58. https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.126

Arredondo, V., Mellea, M., & Payet, G. (2001). *Methods for improving water absorbency of fabrics and fabrics with improved properties*.

Avila, J., Avila, M., Martinez, D., & Rivas, J. (2014). *El Cultivo Del Algodon*.

Basyigit, Z. O., & Basyigit, Z. O. (2021). Application Technologies for Functional Finishing of Textile Materials. *Textiles for Functional Applications*. https://doi.org/10.5772/INTECHOPEN.95956

Bhundia, N. (2023). *The History And Evolution of Shoelaces From Leather to High-Tech Materials - Kalsi Cords*.

Calduch, R. (2014). *Dr. RAFAEL CALDUCH CERVERA CATEDRÁTICO DE DERECHO INTERNACIONAL PÚBLICO Y RELACIONES INTERNACIONALES UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID MÉTODOS Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN INTERNACIONAL*.

Camacho-Támara, A. M., Reyes-Pineda, H., Ii, A., & Lozano-Bohórquez, I. (2014). CIENCIAS-QUÍMICA 83 Análisis y caracterización fisicoquímica del látex de caucho especie Hevea Brasiliensis. *Revista Tumbaga*, *1*(9), 83–97.

Capital Testing. (2024). *EN 16094 - Martindale Micro-Scratch Laboratory Testing*. https://www.capitaltesting.org/en-16094-martindale-micro-scratch-testing-laboratory

Caterpy, I. T. (2022). *La historia de los cordones*.

Cegarra Sanchez Fernanda. (2021). *Fundamento, posibilidades y aplicaciones de los acabados con resinas sobre las fibras textiles*. https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/5456/Article02.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Claudia, V. M. (2013). *FIBRAS TEXTILES NATURALES SUSTENTABLES Y NUEVOS HÁBITOS DE CONSUMO*.

Colmant, C. (2023). *NATURAL RUBBER COATED POLYESTER FABRIC - Colmant Coated Fabrics*.

Colors, C. (2024). *SHOELACES THICKNESS AND*.

CTEX. (2020). *Breve descripción de los equipos disponibles en los laboratorios de la Carrera de Textiles*.

Daily-Diamond, C. A., Gregg, C. E., & O'Reilly, O. M. (2017). The roles of impact and inertia in the failure of a shoelace knot. *Proceedings of the Royal Society A: Mathematical, Physical and Engineering Sciences*, *473*(2200). https://doi.org/10.1098/rspa.2016.0770

Excelsior. (2021). *Algodón, el textil amigable con el medio ambiente*.

Fierro, F. (2020). *APLICACIÓN A NIVEL DE LABORATORIO DE CAUCHO NATURAL Y UN ANTIBACTERIAL (sangre de drago) SOBRE FIBRA DE ABACÁ UTILIZADO EN PLANTADO*.

Fine, H. C. (2017). *Requirements and methods of textile functional finishing - HT Fine Chemical Co., Ltd.*

Godoy, O., Umaquinga, A., & Naranjo, M. (2023). Thermo-transferable Vinyl as High Embossment Textile Finish for the Visually Impaired Pattern Recognition by Haptics Perception - Case Study. *Communications in Computer and Information Science*, *1757 CCIS*, 152–166. https://doi.org/10.1007/978-3-031-24978-5_14

Group, C. (2023). *Dynamometry - CTT Group*.

Heal J. (2021). *Dinamómetro Titan*.

Heal, J. (2023a). *Lo esencial: Martindale - Qué hace y cómo funciona | James Heal*.

Heal, J. (2023b). *Lo esencial: Martindale - Qué hace y cómo funciona | James Heal*.

Heins, K., Lesker, S., Pütz, J., Hüntemann, M., & Gries, T. (2023a). Effect of thermoplastic impregnation on the mechanical behaviour of textile reinforcement for concrete. *SN Applied Sciences*, *5*(3). https://doi.org/10.1007/s42452-023-05305-y

Heins, K., Lesker, S., Pütz, J., Hüntemann, M., & Gries, T. (2023b). Effect of thermoplastic impregnation on the mechanical behaviour of textile reinforcement for concrete. *SN Applied Sciences*, *5*(3). https://doi.org/10.1007/s42452-023-05305-y

ISO. (1987). *ISO 2062:2009 | Textiles — Yarns from packages — Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester Textiles*. *1987*. https://doi.org/International Standard. (1987). ISO 2062:2009 | Textiles — Yarns from packages — Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester Textiles. 1987.

ISO. (2009). *ISO 2062:2009 | Textiles — Yarns from packages — Determination of single-end breaking force and elongation at break using constant rate of extension (CRE) tester Textiles*. *1987*.

ISO. (2016). Textiles-Determination of the abrasion resistance of fabrics by the Martindale method - Part 2: Determination of specimen breakdown (ISO 12947-2). In *The British Standards Institution*.

James Heal. (2016). *Martindale Abrasion & Pilling Tester.*

James Heal. (2017). *Titan Range*. 1–23.

James Heal. (2020). Abrasion & pilling tester. *James Heal*, 1–24.

Liasa. (2018). *La Industria Algodonera*.

Lockuán, F. E. (2012). *La industria textil y su control de calidad*. *IV*, 161.

Maciej Serda, Becker, F. G., Cleary, M., Team, R. M., Holtermann, H., The, D., Agenda, N., Science, P., Sk, S. K., Hinnebusch, R., Hinnebusch A, R., Rabinovich, I., Olmert, Y., Uld, D. Q. G. L. Q., Ri, W. K. H. U., Lq, V., Frxqwu, W. K. H., Zklfk, E., Edvhg, L. V, … (2013) .ح ,فاطمی. Types of Rubber and Basic Properties. *Https://Www.Fournierrubber.Com/*, *7*(1), 343–354. https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS

Mathis. (2020). *Foulard Horizontal*.

Merida Tamara. (2023). *¿Quién inventó las agujetas de los zapatos? Esta es la revolucionaria historia*. https://www.radioformula.com.mx/estilo-de-vida/2023/7/6/quien-invento-las-agujetas-de-los-zapatos-esta-es-la-revolucionaria-historia-769089.html

Nohlen, D. (2006). El método comparativo. *Ciencia Poítica Comparada: El Enfoque Histórico-Empírico*, 42–57.

Ortiz, M., & Enrique, L. (2020). *Desarrollo y crecimiento económico : Análisis teórico desde un enfoque cuantitativo*. *XXVI*.

Ruiz, L. (2022). *Investigación Experimental*. 1–14.

Salamanca, F., & Jaramillo, J. (2019). *Proceso de Porduccion Cordones | PDF | Algodón | Cuerda*.

Savia. (2025). *No Title*.

Sayed, A. (2015). *Importance of Resin Finishing - Textile Apex*.

Shoelaces, M. (2023a). *Shoelace Manufacturing | Shoelaces Express | Shoelace Manufacturing | Shoelaces Express*.

Shoelaces, M. (2023b). *Shoelace Manufacturing | Shoelaces Express | Shoelace Manufacturing | Shoelaces Express*.

Sirghie, C. (2012a). *Fibras de algodón*.

Sirghie, C. (2012b). *Fibras de algodón*.

Suarez, D. (2017). *RECONSTRUCCIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO PARA LA FABRICACIÓN DE CORDONES TEXTILES PARA LA PLANTA TEXTIL*. 1–14.

Suárez Imbaquingo Diego Agustín. (2017). *"RECONSTRUCCIÓN, AUTOMATIZACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO DE UN EQUIPO PARA LA FABRICACIÓN DE CORDONES TEXTILES PARA LA PLANTA TEXTIL." 4*, 9–15.

Tecnica, U., Norte, D. E. L., Aguilar, A., José, R., Ing, D. E. T., & Herrera, W. (2020). *Tecnica del norte*.

Test, T. (2022, July). *An Overview of the Martindale Abrasion Tester*.

Thoma, S., & Janssen, L. (2004). *(19) United States*. *1*(19).

Udhara. (2021). *¿Qué tipos de algodón existen? – Udhara*.

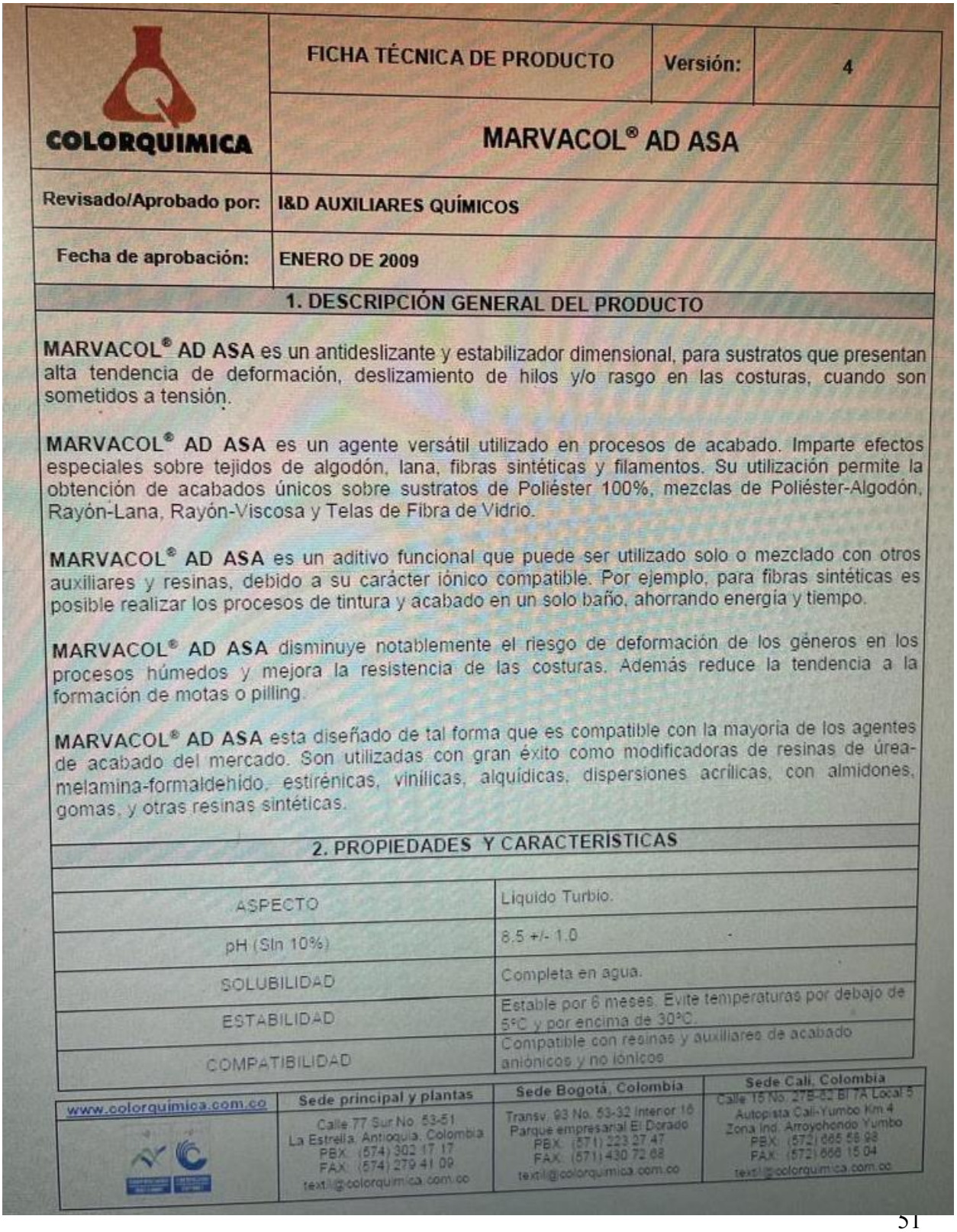
Vuppaladadiyam, S. S. V., Vuppaladadiyam, A. K., Sahoo, A., Urgunde, A., Murugavelh, S., Šrámek, V., Pohořelý, M., Trakal, L., Bhattacharya, S., Sarmah, A. K., Shah, K., & Pant, K. K. (2024). Waste to energy: Trending key challenges and current technologies in waste plastic management. *Science of the Total Environment*, *913*(December 2023). https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2023.169436

Westlake, E. (2023). *Textile/Nonwoven Binders and Treatments*.

ANEXOS

Anexo 1

Ficha Técnica de Marvacol AD ASA



COLORQUIMICA	FICHA TÉCNICA DE PRODUCTO	Versión:	4
	MARVACOL® AD ASA		
Revisado/Aprobado por:	I&D AUXILIARES QUÍMICOS		
Fecha de aprobación:	ENERO DE 2009		

1. DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PRODUCTO

MARVACOL® AD ASA es un antideslizante y estabilizador dimensional, para sustratos que presentan alta tendencia de deformación, deslizamiento de hilos y/o rasgo en las costuras, cuando son sometidos a tensión.

MARVACOL® AD ASA es un agente versátil utilizado en procesos de acabado. Imparte efectos especiales sobre tejidos de algodón, lana, fibras sintéticas y filamentos. Su utilización permite la obtención de acabados únicos sobre sustratos de Poliéster 100%, mezclas de Poliéster-Algodón, Rayón-Lana, Rayón-Viscosa y Telas de Fibra de Vidrio.

MARVACOL® AD ASA es un aditivo funcional que puede ser utilizado solo o mezclado con otros auxiliares y resinas, debido a su carácter iónico compatible. Por ejemplo, para fibras sintéticas es posible realizar los procesos de tintura y acabado en un solo baño, ahorrando energía y tiempo.

MARVACOL® AD ASA disminuye notablemente el riesgo de deformación de los géneros en los procesos húmedos y mejora la resistencia de las costuras. Además reduce la tendencia a la formación de motas o pilling.

MARVACOL® AD ASA esta diseñado de tal forma que es compatible con la mayoría de los agentes de acabado del mercado. Son utilizadas con gran éxito como modificadoras de resinas de úrea-melamina-formaldehído, estirénicas, vinílicas, alquídicas, dispersiones acrílicas, con almidones, gomas, y otras resinas sintéticas.

2. PROPIEDADES Y CARACTERISTICAS

ASPECTO	Liquido Turbio.
pH (Sin 10%)	8.5 +/- 1.0
SOLUBILIDAD	Completa en agua.
ESTABILIDAD	Estable por 6 meses. Evite temperaturas por debajo de 5°C y por encima de 30°C.
COMPATIBILIDAD	Compatible con resinas y auxiliares de acabado aniónicos y no iónicos

www.colorquimica.com.co	Sede principal y plantas	Sede Bogotá, Colombia	Sede Cali, Colombia
	Calle 77 Sur No. 53-51 La Estrella, Antioquia, Colombia PBX: (574) 302 17 17 FAX: (574) 279 41 09 textil@colorquimica.com.co	Transv. 93 No. 53-32 Interior 16 Parque empresarial El Dorado PBX: (571) 223 27 47 FAX: (571) 430 72 68 textil@colorquimica.com.co	Calle 15 No. 27B-62 Bl 7A Local 5 Autopista Cali-Yumbo Km 4 Zona Ind. Arroyohondo Yumbo PBX: (572) 666 58 98 FAX: (572) 666 15 04 textil@colorquimica.com.co

Anexo 2

Ficha Técnica de Caucho Natural

Empresa: SAVIA
Dirección: Santo Domingo/ Vía Quito km 7
WEB: www.savia.ec IG: savia1.ec

SAVIA
Rendimiento y calidad para tu éxito

LÁTEX NATURAL **CÓDIGO: LC2-58**

El látex de hule natural es una dispersión acuosa coloidal blanca y presenta excelentes características mecánicas, es decir, muy estable a la fricción, al batido, etc. Una vez formulado correctamente presenta buena resistencia a la tensión, elongación y desgarre.

Especificaciones físico - químicas

PARÁMETRO	RANGO	DESCRIPCIÓN
Contenido total de sólidos (TSC)	Mín. 58 %	Relación de peso del caucho seco con respecto al peso total de la dispersión
PH	Máx. 8-9	Mide la alcalinidad del látex. Un pH entre 8 y 9 garantiza estabilidad y evita coagulación.
Contenido de amoniaco en látex	Mín. 0.7-0.8 %	Conservante que evita la descomposición bacteriana. Nivel bajo, sin afectar la calidad del látex.
Contenido de ácidos grasos volátiles (VFA)	Máx. 0.15	Indica el grado de fermentación. Un valor bajo asegura buena estabilidad y olor neutro.
Indice de KOH	Máx. 0.9%	Mide la degradación del látex; valores bajos aseguran larga vida útil.
Tiempo de estabilidad mecánica, segundos (MST)	Mín. 1200 seg.	Tiempo que el látex resiste agitación sin coagular.
Viscosidad Copa EZ #2	20s - 45 seg.	Fluidez del látex. Importante para inmersión, recubrimiento o aplicación por brocha
Apariencia blanco	11-0601 TCX	*/*
Temperatura de almacenamiento	10°c - 28°C	Mantener bien sellado en lugar fresco y ventilado. Evitar calor o congelación.
Vida de almacenamieto en el envase original	24 meses	En condiciones adecuadas, el producto mantiene su estabilidad y propiedades.

SAVIA
Rendimiento y calidad para tu éxito

PROPIEDADES:
* Alta resistencia mecánica, estabilidad, y rendimiento industrial
* Compatibles con pigmentos a base de agua. No mezclar con pigmentos a base de tiñer o aceites

APLICACIONES:

* Se aplica básicamente en todos los procesos y producción de artículos por inmersión (guantes, globos, preservativos, ligas, bleris); por extrusión (hilos, bandas); espuma (cojines, colchones); adhesivos, respaldo de alfombras, máscaras, figuras, en varios tipos de fibras o textiles y muchas aplicaciones más.

* Antes de usar, se recomienda agitar el producto de manera suave durante 10 minutos mínimo (homogenizar).

Nota: Los tiempos de coagualación y vulcanización van a variar en función del tipo de secado que puede ser: al aire libre, mediante horno, aire caliente o geometría de la película.

PRECAUCIONES:
* Evitar contacto con aceites, grasas y solventes orgánicos.
* Usar equipo de protección adecuado
* En caso de derrame, limpiar inmediatamente con toallas absorbentes o agua, evitando que las aguas de lavado vayan a tuberías sanitarias.
* Este producto y su envase son reciclables. Por favor, deséchelos de manera responsable

***ADVERTENCIA**: Los datos contemplados en esta ficha técnica han sido realizados bajo condiciones estándar a nivel de laboratorio. Se pueden presentar algunos cambios debido a variaciones de humedad, temperatura e incorporación de agentes químicos al momento de la aplicación; por lo tanto, siempre se recomienda hacer ensayos previos y representativos para asegurar resultados exitosos en campo.*

*Es nuestra política, asegurar la calidad constante y el mejoramiento continuo de los productos, pero no asumimos, ninguna responsabilidad por los resultados no exitosos, debido al empleo inadecuado de los productos o a una improcedente aplicación de los mismos. Sin embargo, estamos prestos para brindar nuestra **asesoria técnica que tiene una base de 30 años de experiencia (aplica protocolos)**.*

Si observa alguna reacción indeseada al contacto físico con el látex, lavar con abundante agua, suspender su uso y si el caso lo requiera consulte un médico.

Nota: NO nos responsabilizamos por adulteración del documento una vez emitido al solicitante

Att, SAVIA