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:

"DESARROLLO DE UN ACABADO CON QUITOSANO PARA COMPARAR LA RESISTENCIA AL PILLING EN TEJIDOS JERSEY 100% ALGODÓN"

AUTOR: Rivera Capelo Joselin Nicole

DIRECTOR: MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

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:	Rivera Capelo Joselin Nicole

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Desarrollo de un acabado con quitosano para comparar la resistencia al pilling en tejidos jersey 100% algodón
AUTOR:	Rivera Capelo Joselin Nicole
FECHA:	30 de septiembre de 2026
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	■ Pregrado ☐ Posgrado
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera Textil
DIRECTOR:	MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

2. CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se 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 terceros.

Ibarra, a los 30 días del mes de septiembre de 2026.

EL AUTOR:

Firma: 

.....

Nombre: Rivera Capelo Joselin Nicole

C.I: 1727674945

CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Ibarra, a los 30 días del mes de septiembre de 2026.

MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR CERTIFICA:

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



(f): ----------

MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

C.C: 1001589017

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El comité calificador del trabajo de Integración Curricular "Desarrollo de un acabado con quitosano para comparar la resistencia al pilling en tejidos jersey 100% algodón", elaborado por Rivera Capelo Joselin Nicole previo a la obtención del título de INGENIERA TEXTIL, aprueba el siguiente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

(f): ----------

Validar únicamente en FirmaEC.
Firmado electrónicamente por:
WILLAM RICARDO ESPARZA ENCALADA

MSc. Esparza Encalada Willam Ricardo

C.C.: 1001589017

(f): ----------

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

MSc. Ramírez Encalada Elvis Raúl

C.C.: 1001458973

DEDICATORIA

Para mi madre, con todo mi amor y gratitud, quien ha sido el pilar fundamental en mi vida, la mujer que me enseñó que rendirse no es una opción. Gracias por ser mi principal ejemplo con todo tu amor incondicional, por cada sacrificio, por creer siempre en mí incluso cuando yo dudaba y por empujarme a seguir adelante en los momentos más difíciles. Tus consejos y tu paciencia son mi inspiración para cada día ser mejor y quiero decirte que este logro también es tuyo, porque en cada paso que doy tú estás a mi lado. Gracias por enseñarme que con dedicación y amor todo es posible.

A mi papá, quien ha sido un ejemplo de esfuerzo y perseverancia a lo largo de mi vida. Gracias por cada sacrificio, por el apoyo incondicional y por motivarme cada día a conseguir este título. Gracias por creer en mis capacidades y por impulsarme cada día a ser mejor, con tu ejemplo de que el trabajo constante y la dedicación son el camino para cumplir los sueños. Que este trabajo sea un reflejo de lo agradecida y orgullosa que me siento por tenerte como padre.

A Diego, este logro también lleva una parte de ti, porque tu apoyo y dedicación han influido en que hoy pueda cumplir uno de mis mayores sueños. Con todo mi cariño y respeto te dedico este trabajo como muestra de la gran admiración que siento por ti.

Finalmente, dedico este logro a mí misma, por cada esfuerzo, compromiso y sacrificio. Este trabajo representa el resultado de muchas horas de desvelo, dedicación y aprendizaje. Cada obstáculo superado y cada meta alcanzada me han permitido crecer como persona y como futura profesional. Gracias por no rendirte.

Con amor, Jos.

AGRADECIMIENTO

Primeramente, mi más sincero agradecimiento a Dios por darme la vida, la fortaleza y la sabiduría para culminar esta etapa tan importante de mi vida y mi formación profesional.

Agradezco a mi familia por todo el amor, apoyo y comprensión. Gracias por creer en mí en cada momento, por motivarme a no rendirme y por siempre cuidarme. Los amo infinitamente.

A mi tutor, MSc. Willam Esparza, por compartir sus conocimientos, orientarme y dedicar su tiempo para lograr el desarrollo de esta investigación. Sus observaciones y recomendaciones fueron esenciales para culminar este trabajo.

A mi asesor, MSc. Elvis Ramírez, por acompañarme con profesionalismo, empatía y dedicación durante toda esta etapa importante de mi vida. Gracias por brindarme un lugar seguro para crecer, aprender y fortalecerme.

A los docentes de la CTEX – UTN, quienes han sido una guía en mi formación académica. Gracias por compartir todos sus conocimientos, experiencias y valores.

Finalmente, agradezco a mis compañeros, amigos y a todas las personas que me acompañaron a lo largo de este camino. A todos ustedes, gracias por haber sido parte de este importante logro.

Jos.

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo desarrollar un acabado con quitosano para comparar la resistencia al pilling en tejidos jersey 100 % algodón, mediante la aplicación de diferentes formulaciones de quitosano con y sin ligante. Para el desarrollo de esta investigación se optó por un enfoque cuantitativo y un diseño experimental, manejando dieciséis grupos de tratamiento, cada uno con concentraciones distintas de quitosano, y en algunos casos se utilizó un ligante acrílico como agente fijador. El acabado fue aplicado mediante el proceso de impregnación con foulard y después las muestras fueron pasadas por secado y curado. Una vez realizado el acabado, se sometieron las muestras a los ensayos de pilling según la norma ISO 12945-2; además, ocho muestras fueron sometidas a ciclos de lavado acumulados según la norma ISO 6330. Con la idea de comprobar si el acabado se mantenía frente al desgaste mecánico-químico causado por los procesos de lavado doméstico.

Los resultados mostraron que la aplicación del quitosano como acabado sí mejora la resistencia al pilling en comparación con el tejido sin tratar, en especial el tratamiento con mayor concentración de quitosano en combinación con ligante. La formulación M7 presentó el mejor desempeño antes y después de los lavados, manteniendo grados de pilling superiores durante más ciclos de frotamiento. Aun así, todos los tratamientos mostraron una baja eficiencia a medida que aumentaban los ciclos de frote antes y después de los lavados, lo cual tiene sentido porque el acabado se desgasta en la superficie por su uso. El análisis estadístico respaldó estas diferencias de formulaciones, demostrando que tanto la concentración de quitosano como el ligante influyen en el comportamiento del tejido.

Para concluir, el quitosano es una alternativa sostenible para desarrollar acabados textiles funcionales que reduzcan el pilling, mientras que la combinación con ligante ayuda a que los acabados duren más y resistan mejor en condiciones de uso normales de las prendas.

Palabras clave: Quitosano, Biopolímeros, Pilling, Acabados textiles, Sostenibilidad.

ABSTRACT

The present research aimed to develop a chitosan-based finish to compare pilling resistance in 100% cotton jersey fabrics through the application of different chitosan formulations, with and without binder. A quantitative approach and experimental design were adopted for this research, using sixteen treatment groups, each with different chitosan concentrations, and in some cases an acrylic binder was used as a fixing agent. The finish was applied through the pad (foulard) impregnation process, after which the samples underwent drying and curing. Once the finish was completed, the samples were subjected to pilling tests according to ISO 12945-2; additionally, eight samples were subjected to cumulative washing cycles according to ISO 6330, in order to verify whether the finish remained effective against the mechanical-chemical wear caused by domestic washing processes.

The results showed that the application of chitosan as a finish does improve pilling resistance compared to the untreated fabric, particularly the treatment with the highest chitosan concentration combined with a binder. Formulation M7 showed the best performance both before and after washing, maintaining higher pilling grades over a greater number of rubbing cycles. Even so, all treatments showed decreasing efficiency as the number of rubbing cycles increased, both before and after washing, which makes sense given that the surface finish wears down with use. Statistical analysis supported these differences among formulations, demonstrating that both chitosan concentration and binder presence influence fabric behavior.

In conclusion, chitosan is a sustainable alternative for developing functional textile finishes that reduce pilling, while combination with a binder helps the finishes last longer and better withstand normal wear conditions of garments.

Keywords: Chitosan, Biopolymers, Pilling, Textile Finishing, Sustainability.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CAPÍTULO I 1

1. INTRODUCCIÓN 1

1.1 Problema de investigación 1

1.2 Objetivos 2

1.2.1 Objetivo General 2

1.2.2 Objetivos Específicos 2

1.3 Formulación del problema de investigación 2

1.3.1 Alcance y Delimitación 2

1.4 Justificación 3

1.5 Características del sitio del proyecto 4

CAPÍTULO II 1

2. ESTADO DEL ARTE 1

2.1 Antecedentes 1

2.2 Estudios Previos 2

2.2.1 Acabados en tejidos jersey 100 % algodón 2

2.2.2 Acabado antipilling en textiles 3

2.2.3 Aplicación de quitosano en acabados textiles 3

2.2.4 Aplicación de ligantes en textiles 5

2.2.5 Proceso de impregnación por foulard 5

2.3 Marco Legal 6

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador 6
2.3.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte 7
2.4 Marco Conceptual 8
2.4.1 Fibra de algodón: estructura y propiedades relevantes 8
2.4.2 Tejido jersey 9
2.4.3 Quitosano 10
2.4.4 Ligante acrílico 11
2.4.5 Pilling 12
CAPÍTULO III 14
3. METODOLOGÍA 14
3.1 Tipos de investigación 14
3.1.1 Método experimental 14
3.1.2 Método comparativo 14
3.2 Flujogramas 15
3.2.1 Flujograma General 15
3.2.2 Flujograma Muestral 17
3.3 Equipos y Materiales 18
3.3.1 Equipos 18
3.3.2 Materiales 24
3.3.3 Otros materiales 26
3.4 Normas de referencia 26

3.4.1 Determinación de la tendencia a la formación de pilling ISO 12945-2:2020.....27

3.4.2 Prueba de lavado y secado doméstico ISO 6330:2021 27

3.5 Procedimiento 28

3.5.1 Caracterización del tejido.....28

3.5.2 Corte de probetas.....29

3.5.3 Formulación de receta 30

3.5.4 Proceso operativo.....31

CAPÍTULO IV.....35

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....35

4.1 Resultados.....35

4.2 Normalidad de los datos obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados 37

4.3 Análisis de la varianza de los datos obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados.....38

4.4 Análisis del diagrama de barras de los resultados obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados. 39

4.5 Análisis del mapa de calor de los resultados obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados. 41

CAPÍTULO V 44

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....44

5.1 Conclusiones.....44

5.2 Recomendaciones 45

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....46

ANEXOS 51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Resumen comparativo de estudios sobre quitosano y pilling en textiles 4

Tabla 2 Rangos de Pick-Up recomendados para diferentes tipos de tejidos 6

Tabla 3 Líneas de investigación científica UTN 7

Tabla 4 Propiedades físico-químicas del quitosano para la aplicación de acabados textiles 10

Tabla 5 Clasificación y características de los principales tipos de ligantes 12

Tabla 6 Especificaciones del equipo Martindale 18

Tabla 7 Especificaciones técnicas del equipo Wascator James Heal 00522/0447631 20

Tabla 8 Especificaciones técnicas del equipo Foulard Horizontal Mathis HFR 22

Tabla 9 Especificaciones técnicas del túnel de secado 23

Tabla 10 Características del quitosano (Chitosan Powder, BulkSupplements) 24

Tabla 11 Otros materiales 26

Tabla 12 Caracterización tejido jersey 100% Algodón 28

Tabla 13 Número total de probetas circulares por grupo 30

Tabla 14 Receta de acabado formulada para cada grupo experimental 31

Tabla 15 Porcentajes de Pick-up de cada muestra 36

Tabla 16 Resultados de la evaluación de pilling antes y después del lavado 37

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación laboratorio CTEX.....5

Figura 2 Diversas configuraciones estructurales del algodón 8

Figura 3 Estructura simple del tejido jersey 9

Figura 4 Grado de pilling después de 200 ciclos.....13

Figura 5 Flujograma general del proceso 16

Figura 6 Flujograma muestral del proceso 17

Figura 7 Martindale 19

Figura 8 Wascator James Heal 00522/0447631.....20

Figura 9 Foulard Horizontal Mathis HFR.....21

Figura 10 Túnel de secado 23

Figura 11 Distribución de 3 pares de probetas circulares dentro de cada muestra de 35 x 100 cm.....29

Figura 12 Procedimiento experimental del Grupo 2.....34

Figura 13 Test de normalidad de datos de pilling antes y después de los lavados. 37

Figura 14 Desviación estándar y coeficiente de variación del pilling antes y después de los lavados. 38

Figura 15 Diagrama de barras comparativo de los grados de pilling obtenidos para todos los grupos evaluados.....39

Figura 16 Mapa de calor de los resultados obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados.....42

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Especificaciones técnicas del quitosano 51

Anexo 2 Especificaciones técnicas ligante Novaprint FSH 52

Anexo 3 Especificaciones técnicas Controller Acid Rb 55

Anexo 4 Especificaciones técnicas Dumba Algodón 56

Anexo 5 LCT-PG-17-F2-ISO 12945-2:2020 57

Anexo 6 Corte y acondicionamiento de las muestras 58

Anexo 7 Proceso de Pick-up 58

Anexo 8 Proceso de soluciones para el acabado antipilling 58

Anexo 9 Impregnación, secado y curado del acabado antipilling. 59

Anexo 10 Ensayo norma ISO 12945-2:2020 59

Anexo 11 Análisis visual de pilling 59

Anexo 12 Certificado de Laboratorio 60

ÍNDICE DE SIGLAS

Siglas	Significado
Pes	Poliéster
Co	Algodón
SP	Elastano (*Spandex*)
UTN	Universidad Técnica del Norte
CTEX	Carrera de Textiles
pH	Potencial de Hidrógeno
β	Beta
N	Nitrógeno
Art.	Artículo
ISO	Organización Internacional de Normalización
MSc.	Magister
E. coli	Escherichia coli
PU	Poliuretano
VAE	Copolímero de vinilo-acrilato etileno
Nro.	Número
Quit.	Quitosano
Lig.	Ligante
AL	Antes del lavado
DL	Después del lavado
Nro.	Número
CV	Coeficiente de variación

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Problema de investigación

En la industria textil, el tejido jersey elaborado 100 % de algodón es utilizado en prendas de uso diario gracias a sus características como su suavidad o elasticidad natural. Sin embargo, uno de los problemas más comunes en este tipo de tejidos es la formación de pilling, que son pequeñas bolitas de fibras que aparecen en la superficie de la tela (Gocławski et al., 2022). En relación con lo expuesto, el pilling reduce la vida útil de los textiles al igual que deteriora su apariencia y puede comprometer su funcionalidad.

El pilling se forma por el roce, la fricción durante el uso y el lavado al que se somete la prenda. Hossain et al. (2021) explica que durante los lavados las fibras se desprenden y se enredan en la superficie del tejido. Este deterioro afecta la calidad que los usuarios pueden percibir del producto terminado, al igual que reduce su duración. A lo largo del tiempo, se han empleado diversos acabados químicos para minimizar el pilling; sin embargo, la mayoría de estos acabados se formulan a partir de compuestos sintéticos que generan preocupaciones ambientales.

Por esta razón, surge la necesidad de explorar alternativas sostenibles e innovadoras que ayuden a los tejidos jersey 100% algodón a tener una mayor resistencia al pilling sin comprometer la calidad ni el desempeño en este ámbito. Según lo expuesto en Wu et al. (2024), el quitosano es un polímero de origen natural obtenido a partir de la quitina, con capacidades antimicrobianas, biodegradables y biocompatibles, lo que lo convierte en una opción prometedora para su aplicación en acabados textiles. Sin embargo, aún no se han hecho estudios específicos sobre la resistencia al pilling en tejidos jersey 100% algodón, especialmente bajo condiciones normalizadas de prueba.

Por eso, en esta investigación se decidió desarrollar un acabado a base de quitosano para analizar qué efecto tiene sobre la resistencia al pilling en tejidos jersey 100% algodón. Con los resultados que se obtengan, se espera determinar su desempeño conforme a las normas ISO 12945-2 e ISO 6330:2021 y generar una base de conocimiento científico sobre la aplicación del quitosano como alternativa funcional y sostenible en la industria textil.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Desarrollar un acabado con quitosano para comparar la resistencia al pilling en tejidos jersey 100 % algodón**.**

1.2.2 Objetivos Específicos

Determinar los procesos de aplicación de quitosano en tejidos jersey 100% algodón para el desarrollo de pruebas experimentales.

Establecer las cantidades de solución de quitosano y parámetros de aplicación necesarios para el desarrollo de un acabado antipilling en tejidos jersey 100% algodón mediante el método de impregnación.

Efectuar pruebas experimentales de resistencia al pilling acorde a la norma ISO 12945-2:2020 y pruebas de lavado y secado doméstico acorde a la norma ISO 6330: 2021 en tejidos jersey 100% algodón tratados con quitosano.

Analizar los resultados obtenidos en las pruebas experimentales para valorar la influencia del quitosano como acabado antipilling en tejidos jersey 100% algodón.

1.3 Formulación del problema de investigación

1.3.1 Alcance y Delimitación

Esta investigación tiene un enfoque comparativo y experimental, lo que significa que se recopilan y analizan datos numéricos para comprobar qué tan efectivo es el quitosano como acabado antipilling. Se trabajarán únicamente tejidos jersey de algodón con las mismas características, y se evaluará el comportamiento del tejido jersey 100 % algodón frente a la formación de pilling, aplicando cuatro condiciones de análisis: tejido sin tratar, tejido tratado con quitosano, tejido tratado con ligante y tejido tratado con ligante y quitosano como sistema combinado. Todos los tratamientos son aplicados mediante el método de impregnación, variando las concentraciones de las soluciones, seguido de un proceso de secado y curado bajo parámetros establecidos a partir de la revisión de investigaciones previas.

Se realiza una comparación del comportamiento de las muestras en el laboratorio de procesos físicos y químicos de la Universidad Técnica del Norte, donde se utiliza la norma ISO 12945-2:2020 (Determinación de la resistencia al pilling por el método Martindale) para medir el pilling tanto en las muestras tratadas como en las que no son tratadas, al igual que se realizan las pruebas de lavado y secado doméstico según la norma ISO 6330:2021 (Prueba de lavado y secado doméstico), con el fin de confirmar si el acabado se mantiene después del lavado.

Con los resultados que se obtienen, se busca determinar si usar diferentes cantidades de quitosano, aplicadas solas o con ligante, mejora la resistencia al pilling o no, contribuyendo con información sobre si este polímero puede funcionar como acabado en tejidos jersey 100 % algodón. Finalmente, el estudio busca establecer si el quitosano puede o no considerarse una alternativa funcional y sostenible para que los tejidos jersey 100 % algodón resistan mejor al pilling, y de esta forma contribuir con información útil para futuras investigaciones y aplicaciones en la industria textil.

1.4 Justificación

Esta investigación se desarrolla como respuesta a un problema común en el sector textil: la formación de pilling en la superficie de los tejidos, que afecta tanto la apariencia como la duración de las prendas. Frente a esta situación, se plantea desarrollar un acabado con quitosano y analizar qué efecto tiene frente a la resistencia al pilling en tejidos jersey 100 % algodón, usando métodos experimentales y controlados según lo establecido en la norma ISO 12945-2:2020.

Una de las razones por las que se eligió el quitosano es porque es un material biodegradable, en comparación con los acabados químicos convencionales que suelen ser dañinos para el medio ambiente. Con este tratamiento se quiere analizar si realmente el quitosano ayuda a reducir el pilling en el tejido. Dado que no se sabe qué resultados obtenemos, esta investigación aporta información relevante para el avance en el área textil, ya sea que el quitosano funcione positiva o negativamente.

Desde el punto de vista técnico y teórico, permitirá definir los posibles parámetros de aplicación del quitosano, como concentración, tiempo de impregnación y secado, así como su influencia sobre la estructura física del tejido de jersey 100 % algodón. Del mismo modo, facilita información comprobada mediante la práctica o la experimentación que podrá utilizarse

como referencia o fundamento para nuevos estudios enfocados al desarrollo de acabados funcionales en el campo de la ingeniería textil.

En cuanto a lo académico, este estudio aporta a entender mejor cómo se comportan los materiales biodegradables como el quitosano al aplicarse en fibras de algodón, abriendo las puertas a nuevas investigaciones sobre sostenibilidad y biotecnología textil. Además, sirve como referencia práctica para estudiantes y profesionales que se especializan en este tipo de acabados. Por otro lado, si los resultados resultan positivos, tanto fabricantes como clientes pueden beneficiarse al contar con tratamientos menos contaminantes, tóxicos y más seguros para el medio ambiente y las personas.

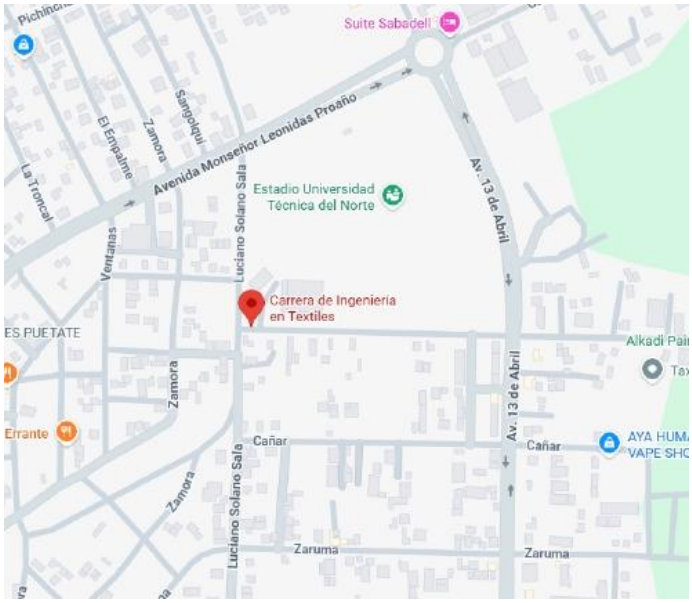
Desde el lado económico, si un tejido tiene menos formación de pilling, las personas no tendrían que reemplazar sus prendas tan seguido, lo que también significa menos desperdicio de material y menos contaminación del ambiente. En resumen, este estudio importa porque trata un problema real de la industria textil desde una perspectiva ambiental y sostenible, y porque sus resultados, sean positivos o no, aportan información valiosa sobre el comportamiento del quitosano como acabado antipilling en tejidos jersey 100 % algodón, y eso ya es un aporte tanto para la ciencia como para la industria textil.

1.5 Características del sitio del proyecto

El proyecto de investigación tiene lugar en las instalaciones de la Carrera de Textiles (CTEX) ubicadas en las coordenadas 0.3782531210228751, -78.12389737, como se observa en la **Figura 1**, la cual dispone de laboratorios certificados implementados con maquinaria y equipos normalizados donde se realizan diferentes procesos y ensayos técnicos. Estos laboratorios poseen espacios adecuados, garantizando un entorno apropiado para el análisis, la obtención de resultados confiables y el desarrollo de pruebas técnicas relacionadas con el área textil.

Figura 1

Ubicación laboratorio CTEX



Fuente: (Google Maps, 2026)

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1 Antecedentes

El desarrollo sobre acabados funcionales en textiles ha ganado importancia porque busca mejorar la durabilidad y rendimiento de los tejidos frente a la formación de estas pequeñas bolitas que aparecen en la superficie llamadas pilling. Este problema afecta la apariencia y resistencia del material. El estudio se centra en analizar cómo el quitosano puede actuar como acabado antipilling en tejidos jersey 100 % algodón, basándose en estudios previos de acabados funcionales con este biopolímero.

Por ejemplo, Xiao et al. (2025) aplicaron una capa de sílice y quitosano sobre tejidos de poliéster-algodón usando la técnica sol-gel, con el propósito de mejorar sus propiedades antimicrobianas y antipilling. Lograron mejorar en un grado de 4 a 5 la resistencia al pilling y reducir los microorganismos. Esto demuestra que el quitosano puede fortalecer la superficie del tejido, lo que respalda su uso como una opción sostenible en textiles.

De igual forma, Elias et al. (2023) estudiaron tejidos de punto hechos con mezcla de algodón, poliéster y elastano; llegaron a la conclusión de que el uso de fibras sintéticas eleva la tendencia al pilling, aunque tratamientos como el gasado ayudan a reducirlo. Este estudio permitió entender la influencia de la composición y estructura de los tejidos en la formación de pilling, razón por la que se ha optado por tejidos jersey 100% algodón para reducir la influencia de la composición y analizar de forma más exacta el efecto del acabado con quitosano.

Otro trabajo, Pušić et al. (2024) aplicó quitosano por el método de impregnación sobre tejidos de poliéster y mezclas poliéster-algodón; las telas tratadas mostraron menos pilling después de varios ciclos de frotamiento, aunque la efectividad fue mayor en tejidos 100 % poliéster. Por ello, es necesario evaluar si este tratamiento también funciona en fibras naturales como el algodón, sin recurrir a mezclas.

Del mismo modo, Flinčec Grgac et al. (2023) estudiaron la funcionalidad de tejidos de algodón tratados con quitosano, usando agentes de fijación y evaluando qué tan durable era el acabado después de varios lavados. En este sentido, encontraron que la superficie quedaba más uniforme y resistente, incluso después de 10 ciclos de lavado. Este antecedente se relaciona

directamente con el segundo objetivo específico de este trabajo, que busca definir la cantidad adecuada de solución de quitosano para lograr un acabado estable y funcional.

Por último, Azis et al. (2018) analizaron qué efectos tiene el pilling cuando los tejidos de punto de poliéster y algodón pasan por varios ciclos de lavado, descubriendo que la estructura y densidad del tejido influyen en la aparición del pilling y que el algodón es más propenso. Esto es importante para esta investigación porque confirma que los tejidos de algodón son más vulnerables, lo que justifica encontrar una solución.

De los estudios revisados se puede ver que el quitosano tiene un potencial alto para mejorar los tejidos y reducir el pilling en comparación con otros métodos químicos y mecánicos. Aunque hay que tener en cuenta que los resultados no siempre son iguales, porque depende mucho del tipo de fibra, las cantidades de concentración del quitosano y el método de aplicación. Todavía no hay suficiente información sobre su efectividad en tejidos de punto 100 % algodón, por ello, este estudio busca aportar datos experimentales sobre cómo influye el quitosano aplicado por el método de impregnación. Cualquiera que sea el resultado, sirve para entender el comportamiento de este biopolímero en fibras naturales y apoyar tanto la investigación académica como el avance tecnológico y sostenible en el área textil.

2.2 Estudios Previos

2.2.1 Acabados en tejidos jersey 100 % algodón

La investigación realizada en la CTEX se centró en buscar formas sencillas de mejorar algunas características superficiales de las telas de punto jersey hechas completamente de algodón, proponiendo tratamientos con el objetivo de disminuir problemas comunes como la formación de pilling y las arrugas. El acabado se colocó mediante un proceso de impregnación, y luego se evaluó cómo modifica la superficie del tejido después de utilizar productos químicos como resinas y zeolitas (Mejía Chalacan, 2024).

La investigación demuestra que el tejido jersey, por su estructura y baja torsión de los hilos, tiende a presentar la formación de pilling y arrugas, por lo que se necesitan tratamientos para mejorar estos defectos. Además, el estudio sirve como guía para aplicar acabados en tejidos de 100 % algodón.

Otros estudios han demostrado que es posible mejorar esos fenómenos mediante la aplicación de acabados funcionales en los tejidos de algodón. Estos tratamientos permiten modificar la apariencia del tejido sin afectar la comodidad y otras características importantes. En este caso, la aplicación de procesos combinados, como el chamuscado y el fijado térmico, contribuye a disminuir la presencia de pelusa superficial y a mejorar la estabilidad estructural del tejido (Hossain et al., 2021).

2.2.2 Acabado antipilling en textiles

El acabado anti-pilling es un tratamiento que se aplica a las telas para disminuir la formación de pequeñas bolitas en la superficie del tejido, sobre todo en prendas que se usan con frecuencia y que están expuestas a varios ciclos de lavado. Este tipo de acabados actúa sobre la parte externa del tejido, ayudando a que las fibras se mantengan más estables y menos propensas a desprenderse. Para ello, se utilizan tratamientos químicos que forman una ligera capa protectora o refuerzan la unión entre las fibras, lo que contribuye a mejorar la apariencia del tejido, sin alterar otras propiedades importantes del tejido (Dong et al., 2020).

Por otro lado, Kara y Büyükkoru (2023) estudiaron la aplicación de un polímero *polyvinylcaprolactam* mediante el método de impregnación y comprobaron que este tratamiento ayuda a disminuir la formación de pequeñas bolitas creando una capa uniforme sobre la superficie del tejido. Además, el estudio señala que la efectividad del proceso depende de varios parámetros del proceso del acabado, lo que demuestra que es necesario controlar cuidadosamente el procedimiento para obtener buenos resultados.

2.2.3 Aplicación de quitosano en acabados textiles

Uno de los usos más estudiados del quitosano en textiles es su aplicación como acabado antimicrobiano. Szadkowski et al. (2024) han demostrado que, al ser aplicado sobre tejidos naturales, puede proporcionar una elevada protección antimicrobiana frente a microorganismos como *Escherichia coli*, sin alterar el tacto ni la resistencia del tejido. Esto se debe a que el quitosano tiende a adherirse a la superficie de las fibras y limitar el crecimiento de microorganismos.

Además de su efecto antimicrobiano, el quitosano ha sido utilizado en combinación con otros compuestos naturales para desarrollar acabados con múltiples funciones. Por ejemplo, quitosano combinado con sericina ha mostrado propiedades antibacterianas y al mismo tiempo

protección ultravioleta, lo que amplía las funciones en textiles de protección (Mondal et al., 2024).

El análisis de los estudios revisados en toda esta investigación, resumidos en la **Tabla 1**, muestra que el quitosano tiene un potencial importante como agente antipilling. Igualmente, su comportamiento específico en tejidos tipo jersey 100 % algodón, aplicado mediante el proceso de foulard, aún no ha sido estudiado bajo normas. Por ende, esta investigación tiene como objetivo llenar ese vacío de conocimiento.

Tabla 1

Resumen comparativo de estudios sobre quitosano y pilling en textiles

Autor(es)	Sustrato textil	Metodología aplicada	Resultado principal
(Xiao et al., 2025)	Pes-Co	Recubrimiento sol-gel	Mejorado de grado 4 a 5 en resistencia al pilling; actividad antimicrobiana demostrada.
(Flinčec Grgac et al., 2023)	Co 100 %	Quitosano + agentes de fijación	Superficie más uniforme tras 10 ciclos de lavado
(Elias et al., 2023)	Co/Pes/SP	Análisis estructural y gasado	Mayor pilling en fibras sintéticas; gasado reduce el efecto.
(Azis et al., 2018)	Co y Pes de punto	Ciclos de lavado Wascator	Estructura y densidad influyen en el pilling; algodón más propenso

Nota. Elaboración a partir de la revisión de varias fuentes de investigación. Fuente: Elaboración propia.

El uso del quitosano presenta ciertas limitaciones, como su baja solubilidad en agua a pH neutro y la pérdida de efectividad tras múltiples lavados. Por ende, las nuevas investigaciones se han enfocado en el desarrollo de métodos de fijación para lograr acabados más eficientes.

2.2.4 Aplicación de ligantes en textiles

El ligante es un producto químico que se usa en los acabados textiles para ayudar a que otros materiales queden bien adheridos sobre la superficie de la tela. Su trabajo principal es simular un pegamento entre la tela y el agente que se quiere aplicar, además ayuda a que la tela quede suave, no se deforme fácilmente y resiste a temperaturas de curado entre 100 a 150 °C (Tania y Ali, 2024). En este contexto, el ligante no cambia las propiedades de la tela, como evitar que se arrugue o que forme pilling, lo que lo hace perfecto para investigaciones donde solo queremos medir el efecto de otro agente activo, como en este caso es el quitosano.

Una de las principales desventajas del quitosano como acabado textil es su durabilidad al lavado, por esta razón, el uso de un ligante ha demostrado ser un método eficaz para mejorar la inmovilidad del quitosano sobre la superficie de la tela (da Silva et al., 2023). Esta investigación sustenta la decisión de incorporar un ligante acrílico, con el propósito de mejorar la durabilidad del acabado sin interferir en la medición de su efecto sobre la resistencia al pilling.

2.2.5 Proceso de impregnación por foulard

El proceso de impregnación es una de las técnicas más utilizadas en el desarrollo de acabados textiles; este método permite la aplicación uniforme de sustancias químicas o agentes funcionales sobre los tejidos. Este método consiste en hacer pasar el tejido por una solución que contiene el producto destinado al acabado final, de manera que la tela absorba una cantidad controlada del baño. Luego se regula la cantidad de solución mediante la presión de dos rodillos conocida como *pick-up* que se muestra en la ecuación 1 y se fija el tratamiento para que permanezca en la fibra (Kadolph, 2014). En el estudio mencionado (**Tabla 2**), se establece que un pick-up del 70 al 80 % es adecuado para este proceso y permite asegurar una correcta impregnación homogénea del quitosano, con un secado a 100 °C y curado no superior a 150 °C durante 3 a 5 minutos.

$$Pick\ up = \frac{Peso\ húmedo - Peso\ seco}{Peso\ seco} \times 100 \quad (1)$$

Tabla 2

Rangos de Pick-Up recomendados para diferentes tipos de tejidos

Tipo de tejido	Pick-up mínimo	Pick-up máximo	Pick-up recomendado	Observaciones
Tejidos planos	60 %	90 %	75 %	Baja masa por unidad de área y mejor volumen de absorción.
Tejidos de punto	70 %	90 %	80 %	La estructura abierta favorece una mayor absorción respecto a los tejidos planos
Lana peinada	80 %	115 %	95 %	Alta porosidad

Nota: Los valores corresponden a rangos industriales de referencia. Adaptado de Wright (1981).

2.3 Marco Legal

2.3.1 Constitución de la República del Ecuador

De acuerdo con Asamblea Constituyente (2013) señala que la educación es un derecho gratuito con inversión estatal para cualquier tipo de persona, de acuerdo con lo establecido en los siguientes artículos:

> Art. 26.- La educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y un deber ineludible e inexcusable del Estado. Constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal, garantía de la igualdad e inclusión social y condición indispensable para el buen vivir. Las personas, las familias y la sociedad tienen el derecho y la responsabilidad de participar en el proceso educativo.
>
> Art. 348.- La educación pública será gratuita y el Estado la financiará de manera oportuna, regular y suficiente. La distribución de los recursos destinados a la educación se regirá por criterios de equidad social, poblacional y territorial, entre otros.
>
> El Estado financiará la educación especial y podrá apoyar financieramente a la educación fiscal, misional, artesanal y comunitaria, siempre que cumplan con los principios de gratuidad, obligatoriedad e igualdad de oportunidades, rindan cuentas de sus resultados educativos y del manejo de los recursos públicos, y estén debidamente

calificadas, de acuerdo con la ley. Las instituciones educativas que reciban financiamiento público no tendrán fines de lucro.

La falta de transferencia de recursos en las condiciones señaladas será sancionada con la destitución de la autoridad y de las servidoras y servidores públicos remisos de su obligación. (pp.1,6-7)

2.3.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Este trabajo de investigación está relacionado con las líneas de investigación que tiene la (Universidad Técnica del Norte, 2022) para la carrera de textiles. En la **Tabla 3**, se pueden observar las 10 líneas que existen actualmente. Para este proyecto se tomó en cuenta las líneas 1 y 9, ya que esta investigación busca desarrollar y evaluar un acabado textil hecho a base de un material natural como el quitosano, lo cual encaja directamente con los objetivos de esas líneas (UTN, 2024).

Tabla 3

Líneas de investigación científica UTN

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

Fuente: (UTN, 2024)

2.4 Marco Conceptual

2.4.1 Fibra de algodón: estructura y propiedades relevantes

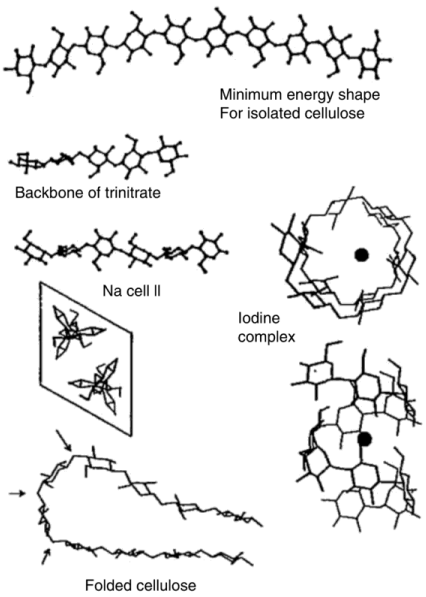
La fibra de algodón ocupa un lugar muy importante dentro de la industria textil, siendo una de las fibras más utilizadas, principalmente por su amplia disponibilidad y suavidad. Proviene de semillas de la planta *Gossypium* y está compuesta en su mayoría por celulosa (entre el 88 y el 96%). Cuenta con varias características como su capacidad para absorber la humedad, su suavidad y su buena transpirabilidad, lo que la hace adecuada para prendas de uso diario (Ramamoorthy et al., 2015).

En cuanto a su estructura, la fibra de algodón tiene una forma tubular con un canal interno llamado lumen y paredes formadas por capas de celulosa con un ángulo de aproximadamente 20-30 ° respecto al eje de la fibra, lo que influye en sus propiedades químicas y físicas. A nivel molecular, la celulosa puede adoptar diversas configuraciones estructurales y arreglos cristalinos, estas estructuras facilitan la absorción tanto de agua como de productos químicos, favoreciendo su afinidad con diversos procesos textiles (Abidi et al., 2014). Como se observa en la

Figura 2, se pueden identificar diferentes formas de las cadenas de celulosa y sus posibles configuraciones estructurales.

Figura 2

Diversas configuraciones estructurales del algodón



Fuente: (Abidi y Manike, 2018).

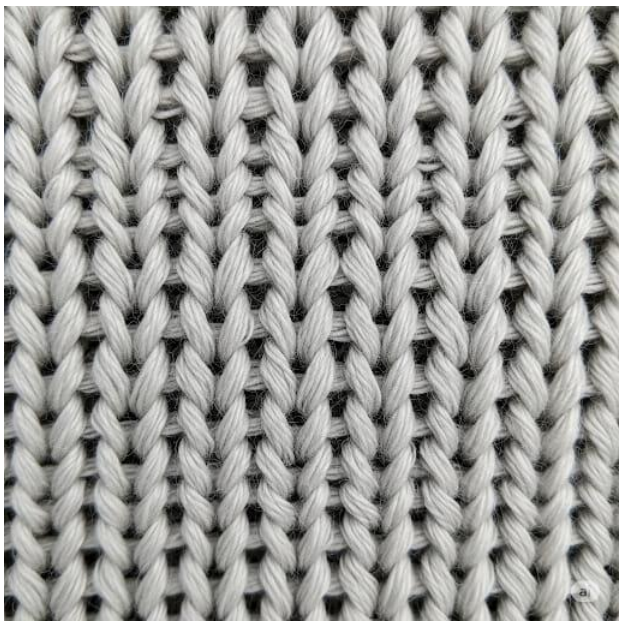
El algodón también puede presentar ciertas desventajas. Según Dong et al. (2020) debido a la longitud corta de su fibra, es común que aparezca pilling, ya que las fibras se desprenden y se enredan en la superficie; también puede estar relacionado con su resistencia a la abrasión o la estructura del tejido. Por este motivo, es necesario utilizar acabados que ayuden a mejorar el comportamiento del material durante el uso y lavado.

2.4.2 Tejido jersey

Dentro de las diferentes estructuras del tejido de punto, el jersey representa una de las estructuras más usadas en prendas de vestir, gracias a su elasticidad, suavidad y comodidad al momento de usarse. De acuerdo con Amin et al. (2021) el tejido jersey se genera a partir de una sola serie de agujas, lo que da lugar a una estructura sencilla que se puede diferenciar fácilmente en el lado frontal, como se muestra en la Figura 3, con forma de "V", y en el revés, que muestra una estructura diferente y menos definida.

Figura 3

Estructura simple del tejido jersey



Fuente: (Escuela Textil, 2025).

El jersey tiene mallas con movimiento, lo que le permite al tejido adaptarse al cuerpo logrando ser agradable al tacto. Sin embargo, puede llegar a ser menos estable en comparación

con los tejidos planos, dando como resultado problemas como deformaciones tras varios usos o después de ciertos lavados (Amin et al., 2021).

Varios estudios señalan que los tejidos jersey fabricados con fibras cortas como el algodón tienden a formar pilling con facilidad. Esto ocurre por la estructura abierta del tejido jersey y la baja torsión de los hilos, favoreciendo la migración de fibras sueltas hacia la superficie del tejido (Dong et al., 2020). De este modo, el tejido jersey necesita tratamientos adicionales para mejorar la unión entre las fibras y aumentar su resistencia al desgaste.

2.4.3 Quitosano

El quitosano es un material natural que se obtiene a partir de la quitina, una sustancia presente principalmente en los caparazones de los crustáceos, en algunos insectos y en ciertos hongos. Está constituido por unidades de β-(1→4)-D-glucosamina, cuya proporción frente a las unidades N-acetil-D-glucosamina determina el grado de desacetilación, parámetro que influye en la reactividad y solubilidad (Younes y Rinaudo, 2015). En este sentido, se recomienda un grado de ≥ 75 %; a partir de este valor, el quitosano adquiere una carga catiónica en medio ácido que facilita su interacción con fibras naturales con carga negativa como el algodón.

Una de las principales razones por las cuales ha despertado interés en aplicaciones en el sector textil es que se trata de un material biodegradable, compatible con varias fibras y no tóxico para el ser humano. Estas características favorecen al quitosano como una alternativa menos contaminante para el medio ambiente frente a productos químicos utilizados en tratamientos convencionales. La **Tabla 4** resume las propiedades fisicoquímicas del quitosano más importantes para su aplicación en acabados textiles.

Tabla 4

Propiedades físico-químicas del quitosano para la aplicación de acabados textiles

Propiedad	Descripción	Resultado textil
Estructura química	Copolímero β-(1→4)-D-glucosamina / N-acetil-D-glucosamina.	Grupos amino que facilitan fijación sobre la celulosa
Solubilidad	En medios ácidos (pH < 6,5)	Se necesita soluciones ácidas para su aplicación

Tabla 4

Continuación Tabla 4

Propiedad	Descripción	Resultado textil
Grado de desacetilación	≥ 75 % (grado comercial)	Determina la reactividad y eficacia del acabado
Biodegradabilidad	Degradación alta gracias a enzimas como las quitinasas	Alternativa sostenible frente a acabados sintéticos
Actividad antimicrobiana	Inhibición de bacterias Gran + y Gran -	Acabado adicional en textiles de uso diario
Carga	Policatiónico en medio ácido	Alta afinidad con fibras de carga negativa como el algodón

Nota. Basado en Younes y Rinaudo (2015) y Szadkowski et al. (2024). pH = potencial de hidrógeno.

También diversas investigaciones como Szadkowski et al. (2024) señalan que el quitosano posee propiedades útiles como actividad antimicrobiana frente a E. coli, formando una película delgada sobre la superficie de los tejidos sin modificar significativamente el tacto ni la resistencia mecánica. Estas propiedades hacen que el quitosano sea una buena opción para la industria textil sostenible.

2.4.4 Ligante acrílico

El ligante es un producto auxiliar, generalmente de base acrílica, que sirve para que los agentes funcionales se adhieran a la superficie de fibras o telas. Funciona mediante la formación de una película polimérica continua sobre las fibras durante el proceso de curado, la cual actúa como puente entre el agente activo y el tejido (Tania & Ali, 2024).

Los ligantes se pueden agrupar en cuatro grupos principales, según su composición química y propiedades. En la **Tabla 5** se resumen las características específicas de cada ligante, la composición química y las propiedades más importantes.

Tabla 5

Clasificación y características de los principales tipos de ligantes

Tipo de ligante	Base química	Propiedades	Limitaciones	Aplicación en algodón
Acrílico	Polímeros y copolímeros de ésteres acrílicos	Alta resistencia al agua, buena formación de película, compatibilidad con fibras celulósicas	Resistencia química y mecánica moderada a largo plazo	Es la más usada en *pad-dry-cure* sobre algodón
Poliuretano (PU)	Polímeros de isocianato y polioles	Excelente adhesión, alta elasticidad y resistente a la abrasión	Costo elevado, menor estabilidad a pH extremos	Usado cuando se requiere mayor durabilidad
Acetato de vinilo (VAE)	Copolímeros de acetato de vinilo y acrilato	Buena adhesión, flexibilidad moderada, resistente a la abrasión	Menor resistencia al agua que los acrílicos	Usado en impresión pigmentaria
Estireno-acrilato	Copolímero de estireno y acrilato	Buena resistencia química y estabilidad, alta solidez	Mayor rigidez superficial	Más usada en poliéster y mezclas

Nota: Basado en da Silva et al. (2023), Technavio (2024) y COTTON INCORPORATED (2004).

2.4.5 Pilling

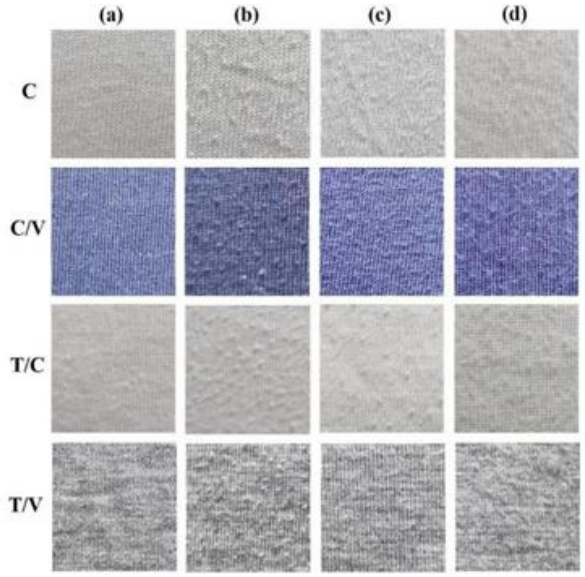
El pilling es uno de los problemas más comunes que presentan los textiles y se reconoce por la aparición de pequeñas bolitas en la superficie de los tejidos. Estas bolitas se forman

principalmente por el roce que sufre el tejido durante el uso diario o a lo largo de los lavados. Aunque no siempre afecta la resistencia del material, sí perjudica la apariencia, lo que hace que disminuya su vida útil y pierda valor comercial (Gocławski et al., 2022).

La formación del pilling ocurre de manera sucesiva. Según Dong et al. (2020) primero algunas fibras sueltas migran hacia la superficie del tejido, con el movimiento constante se enredan entre sí y se forman pequeñas bolitas que quedan sujetas al tejido por fibras más resistentes. En algunos casos, estas bolitas se desprenden del tejido, pero en otros permanecen adheridas, así como se puede observar en la **Figura 4**.

Figura 4

Grado de pilling después de 200 ciclos



Fuente: (Dong et al., 2020).

Entre las soluciones más utilizadas para evitar este fenómeno tenemos los acabados que forman una capa protectora sobre el tejido, como las resinas o algunos polímeros. Investigaciones realizadas en tejidos de punto han demostrado que estos tratamientos mejoran la resistencia al pilling según métodos de ensayo normalizados, aplicándose bajo condiciones adecuadas y sin afectar el confort de la prenda.

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1 Tipos de investigación

La siguiente investigación analiza el desarrollo metodológico mediante la aplicación de los siguientes métodos de investigación:

3.1.1 Método experimental

El método experimental se basa en la manipulación controlada de ciertas variables con el propósito de identificar relaciones de causa y efecto. De acuerdo con diversos estudios metodológicos, la experimentación facilita la obtención de datos empíricos confiables y la comprobación de hipótesis mediante procedimientos organizados y sistemáticos (Muhammad, 2019). A través de este enfoque, es posible analizar de qué manera una variable independiente influye sobre otra variable dependiente dentro de parámetros controlados, lo que facilita la obtención de resultados que pueden repetirse y comprobarse. En este estudio, la variable independiente manipulada es la concentración de quitosano (0.5%, 1.0% y 1.5%), y las variables dependientes son el grado de resistencia al pilling y la durabilidad tras ciclos de lavado.

Dentro de este enfoque, el método de análisis cuantitativo es el más usado en pruebas de laboratorio, ya que permite medir y analizar los fenómenos a través de datos numéricos y herramientas estadísticas. Muhammad (2019) explica que este tipo de método se enfoca en la recolección de información, lo que facilita la comparación de resultados y la interpretación de los hallazgos. En este sentido, este método se utilizó para analizar las variables de concentración de quitosano, con el propósito de evaluar su efecto en tejidos jersey 100% algodón frente a la resistencia al pilling (grados de pilling en escala 1-5), en concordancia con los objetivos planteados y mediante el uso de análisis estadísticos.

3.1.2 Método comparativo

El método comparativo se basa en el estudio de dos o más casos, condiciones o variables con la finalidad de reconocer sus semejanzas o diferencias, lo que permite explicar de mejor manera un fenómeno específico. Según Ruiz Mendoza (2024) este tipo de investigación trabaja con una cantidad intermedia de casos y variables, facilitando el análisis tanto de la diversidad

como de las relaciones existentes entre ellas. Por esta razón, este método es muy utilizado en la investigación científica, ya que ayuda a establecer relaciones entre variables mediante la comparación de diferentes situaciones: las muestras tratadas con respecto al testigo sin acabado, tanto en condición inicial como tras los diferentes ciclos de lavado.

Además, la aplicación de este método contribuye a reforzar la validez de los resultados, ya que permite comparar distintos datos analizados de la misma manera. De este modo, se pueden obtener conclusiones más reales y fundamentadas, a partir de la comparación de la información obtenida bajo condiciones controladas. En este caso, la comparación se realiza a lo largo de dos momentos de evaluación: sin lavar y después de 5 ciclos de lavado doméstico acumulativos según la norma ISO 6330:2021.

3.2 Flujogramas

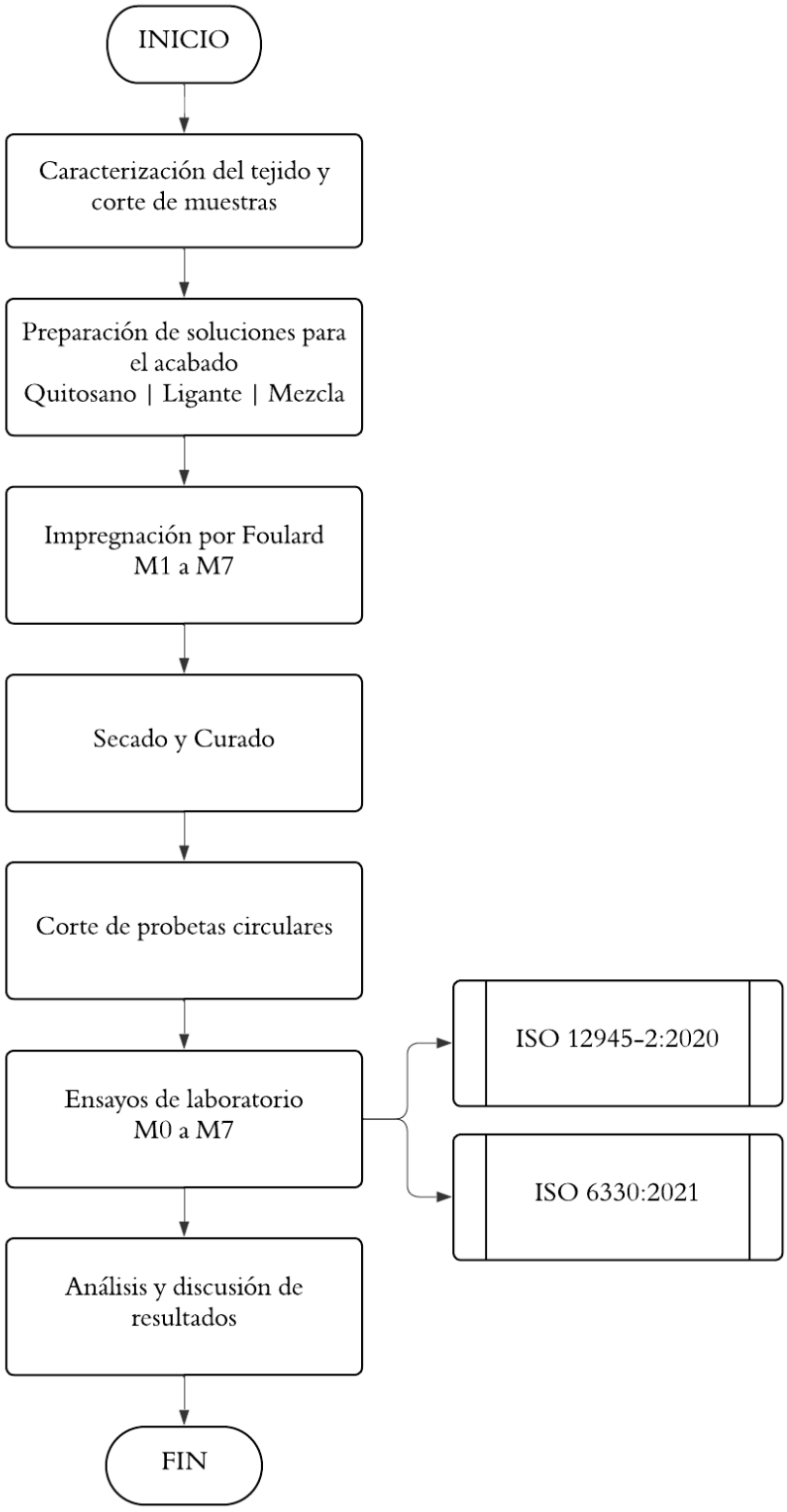
Un flujograma es básicamente un diagrama que muestra, paso a paso y de forma visual, cómo se desarrolla un proceso. Los flujogramas se usan continuamente porque ayudan a explicar el diseño del experimento de una manera clara y sencilla, tanto para el investigador como para cualquier persona que lea el trabajo (Ruiz Mendoza, 2024).

3.2.1 Flujograma General

Un flujograma general resume, de manera ordenada, todos los pasos principales que se siguieron en esta investigación, empezando por la preparación de las muestras de tejido hasta llegar al análisis de resultados, como se observa en la **Figura 5**. Muhammad (2019) en su publicación menciona que este tipo de esquema visual permite entender fácilmente cómo se desarrolla un proceso experimental, tanto a quien lo realiza como a quien lo lee.

Figura 5

Flujograma general del proceso



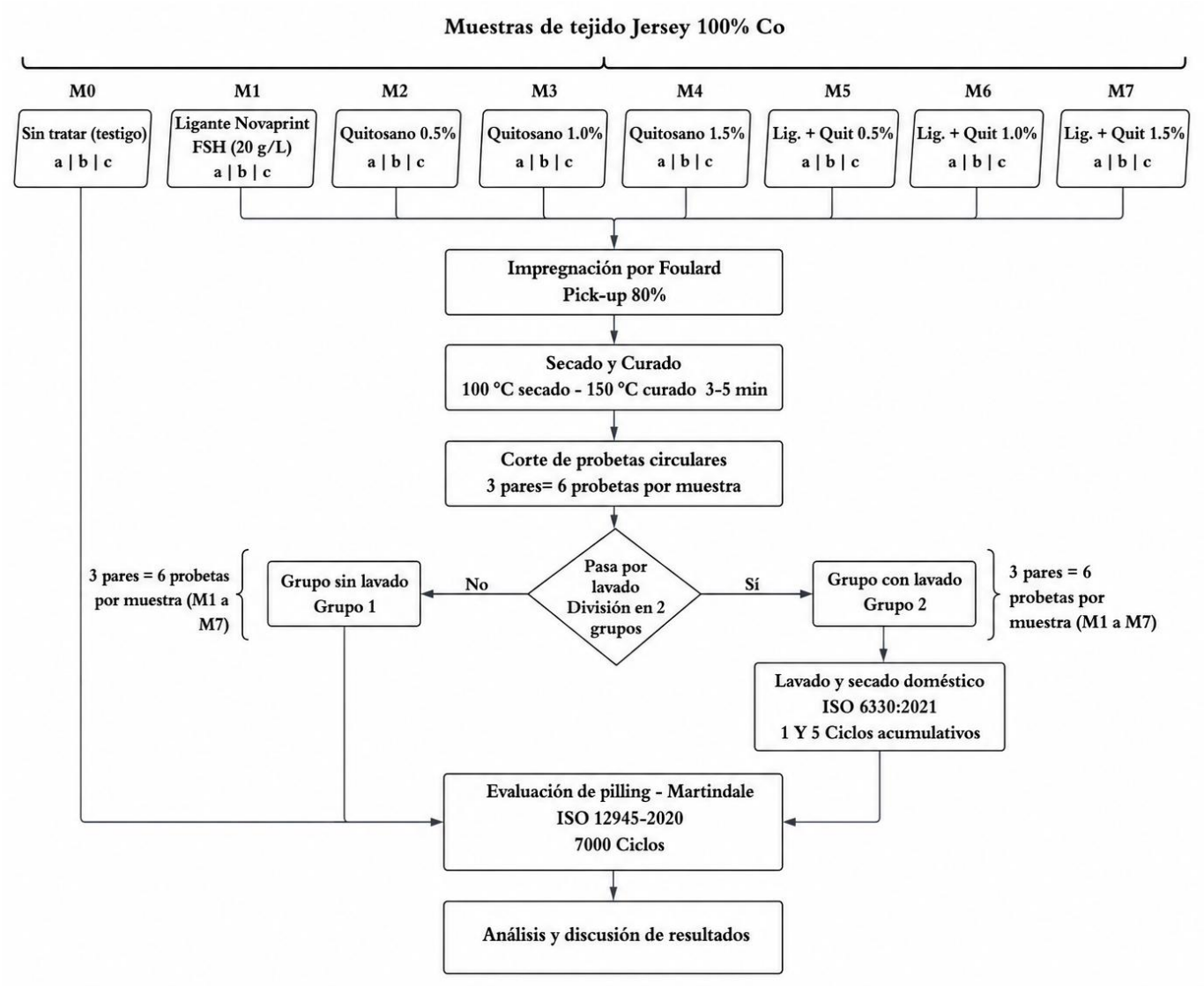
Fuente: Elaboración propia.

3.2.2 Flujograma Muestral

La **Figura 6** representa las etapas correspondientes a la preparación y al análisis de las muestras, detallando el manejo y procesamiento durante el desarrollo de los ensayos de laboratorio.

Figura 6

Flujograma muestral del proceso



Fuente: Elaboración propia.

3.3 Equipos y Materiales

Para realizar las pruebas de esta investigación se utilizaron diferentes equipos y materiales del laboratorio de la CTEX, seleccionados según las necesidades de los procesos. A continuación, se detallan los equipos y materiales utilizados:

3.3.1 Equipos

- **Martindale**

El equipo *Martindale* es utilizado para medir la resistencia de los tejidos al desgaste y a la formación de pilling. En relación con lo expuesto por Živičnjak y Tomljenović (2025) Su funcionamiento acorde con la norma ISO 12945-2:2020 consiste en someter dos probetas de tela, una frente a la otra, a una presión definida sobre las muestras mientras realizan movimientos circulares siguiendo un patrón de curva tipo Lissajous. Además, el número de ciclos y otros parámetros dependen del tipo de tejido. Al finalizar cada ciclo de frote, las muestras se comparan visualmente con fotografías de referencia para asignar un grado de pilling en una escala de 1 a 5, donde 1 representa la mayor cantidad de pilling y 5 la menor cantidad (Gocławski et al., 2022). En la **Tabla 6**, se detallan las especificaciones del equipo basadas en la norma:

Tabla 6

Especificaciones del equipo Martindale

Parámetros del ensayo	**Especificaciones del equipo**
Equipo utilizado	Martindale
Norma aplicada	ISO 12945-2 Categoría 3-tejido de punto
Tipo de muestras/Área expuesta	Probetas circulares/63.62 cm^2
Carga equivalente	2.5 cN cm^{-2}
Número de ciclos para jersey 100 % Co	2.000 ciclos mínimo
Velocidad de rotación	47.5 ± 2.5 rpm
Recorrido de la placa guía portamuestras	24 ± 0.5 mm

Nota: Basado en International Organization for Standardization [ISO] (2020). La trayectoria de Lissajous es una figura curva generada por movimientos combinados en diferentes sentidos.

Este equipo ayuda a reproducir de forma controlada y estandarizada el desgaste superficial que sufren los tejidos al ser sometidos a varios ciclos de lavados domésticos y rozamiento en zonas específicas durante el uso, como axilas, codos o la parte interna de los muslos. El uso del Martindale (**Figura 7**) garantiza que los resultados entre las diferentes muestras tratadas con las diferentes concentraciones de quitosano sean comparables y reproducibles.

Figura 7

Martindale



Fuente: Propia.

- **Wascator James Heal 00522/0447631**

También es conocido como lavadora de laboratorio textil (**Figura 8**); es un equipo para reproducir de manera controlada los ciclos de lavado doméstico bajo la norma. Según Rotzler et al. (2021) este equipo controla de manera precisa parámetros como la temperatura del agua, la duración del ciclo de lavado, la velocidad del centrifugado y el peso de carga del material, asegurando que cada ciclo sea exactamente igual al anterior. Este equipo se usa en ensayos normalizados relacionados con la estabilidad dimensional, permanencia de un acabado, solidez del color, entre otras pruebas de laboratorio.

Figura 8

Wascator James Heal 00522/0447631



Fuente: Propia.

El Wascator fue empleado para simular los lavados domésticos que influyen en la formación del pilling en los tejidos de punto y, a su vez, en la permanencia del acabado con quitosano. Las especificaciones técnicas del equipo utilizado se observan en la **Tabla 7**.

Tabla 7

Especificaciones técnicas del equipo Wascator James Heal 00522/0447631

Parámetros del ensayo	**Especificaciones del equipo**
Equipo utilizado	Wascator FOM71 CLS
Norma Aplicada	ISO 6330:2021
Control de temperatura	40/60/80 ± 1 °C
Nivel de agua	130/160/200 ± 5 mm
Capacidad de carga	2 kg
Velocidad de centrifugado	480 a 520 rpm
Velocidad del tambor	52 ± 1 rpm

Nota: Basado en Rotzler et al. (2021).

- **Foulard Horizontal Mathis HFR**

Conocido también como *Padding Mangle* (**Figura 9**), es utilizado para aplicar acabados textiles mediante dos rodillos con presión controlada. Esta presión permite controlar la cantidad de solución que permanecerá en el tejido; este valor es conocido como *pick-up* y se calcula mediante la Ecuación 1. En este contexto, para la elaboración de esta investigación se utilizó un *pick-up* del 70 al 80 %, con un secado a 100 °C y curado no superior a 150 °C durante un periodo de tiempo aproximado de 3 a 5 min.

Figura 9

Foulard Horizontal Mathis HFR



Fuente: Propia.

Flinčec Grgac et al. (2023) mencionan que la aplicación de acabados mediante foulard ayuda a que la solución se distribuya de manera más uniforme tanto en la superficie del tejido como en el interior de la fibra de algodón, favoreciendo la absorción y fijación de los productos utilizados. Asimismo, las especificaciones más importantes se presentan en la **Tabla 8**. Este método contribuye a obtener acabados más duraderos, eficientes y con mejores propiedades funcionales, ya que el proceso asegura un mayor control del proceso de impregnación del producto en el tejido. También, al mantener constantes los parámetros de velocidad y presión de rodillos, mejora la reproducibilidad del proceso experimental y se reduce la variabilidad entre muestras tratadas.

Tabla 8

Especificaciones técnicas del equipo Foulard Horizontal Mathis HFR

Parámetros del ensayo	Especificaciones del equipo
Equipo utilizado	Foulard horizontal de laboratorio
***Pick-up* utilizado**	70 - 80%
Sistema de presión	Neumático
Presión de aire comprimido	6 bar (90 psi)
Velocidad de trabajo	0.5 a 8 m min^{-1}
Diámetro de los rodillos	110 mm
Dureza de los rodillos	350 mm y 500 mm
Ancho útil de trabajo	300 mm y 450 mm
Volumen del baño	280 a 500 mL
Sistema adicional	Ducha de limpieza y válvula de drenaje

Nota: Basado en Werner Mathis AG (2022).

- **Túnel de secado**

El túnel de secado (**Figura 10**) se utiliza para eliminar el exceso de agua de las muestras de tela después de ser impregnadas con la solución para el acabado, así como para realizar el proceso de polimerización, más conocido como curado. El control de la temperatura y del tiempo de secado y curado es una etapa importante dentro del proceso de impregnación; un secado de forma incorrecta puede afectar al acabado y disminuir la resistencia después de los lavados (Mejía Chalacan, 2024). En este contexto, temperaturas inferiores a las requeridas en este proceso pueden ocasionar una fijación incompleta del acabado, mientras que temperaturas excesivas o tiempos prolongados pueden provocar la degradación de los compuestos activos, afectando las propiedades mecánicas del tejido y generando cambios en la apariencia. Por esta razón, es importante mantener las mismas condiciones de curado y secado de todas las muestras para obtener resultados homogéneos y minimizar la variabilidad.

Figura 10

Túnel de secado



Fuente: Propia

Campos (2023) indica que este equipo tiene una entrada y una salida por donde circula el tejido mediante una malla transportadora; el tejido avanza a una velocidad regulable mientras es sometido a diferentes temperaturas según la configuración y el tipo de procedimiento. Gracias a esta máquina, el tejido puede secarse de manera más uniforme y mantener las propiedades del acabado aplicado. En la **Tabla 9** se presentan las principales especificaciones técnicas de la máquina.

Tabla 9

Especificaciones técnicas del túnel de secado

Parámetro	**Especificación**
Función principal	Secado y fijación de acabados textiles
Sistema de transporte	Malla transportadora
Velocidad máxima	61 ± 5 m min^{-1}
Velocidad mínima	5 ± 3 m min^{-1}
Temperatura máxima	345 ± 5 °C
Temperatura mínima	5 ± 2 °C

Nota: Basado en Campos (2023).

3.3.2 Materiales

- **Quitosano**

El quitosano utilizado en esta investigación corresponde a un producto comercial de grado alimenticio 100% puro en una presentación en polvo, libre de aditivos o ingredientes adicionales (**Anexo 1**). Aunque no está formulado específicamente para investigaciones textiles, posee características fisicoquímicas descritas en la **Tabla 10**, lo que lo convierte en un material adecuado para el desarrollo de acabados textiles, tal como se señala en investigaciones antes mencionadas. El quitosano no se disuelve fácilmente en agua a pH neutro, previamente debe ser preparado en una solución con ácido, ya que necesita un medio ácido con un pH menor a 6,5 para disolverse y activarse correctamente (Younes & Rinaudo, 2015).

Tabla 10

Características del quitosano (Chitosan Powder, BulkSupplements)

Parámetro	**Especificación**
Nombre comercial	Chitosan Powder
Marca	BulkSupplements
Tipo de producto	Quitosano en polvo
Origen	Derivado de la quitina. Obtenida de caparazones de crustáceos
Naturaleza química	Polisacárido catiónico
Estado físico	Polvo
Color	Blanco crema
Olor	Inodoro
Pureza	100 % quitosano (sin rellenos, ni aditivos declarados)
Peso molecular	No especificado por el fabricante
Grado de desacetilación	No especificado por el fabricante
Solubilidad	Insoluble en agua

Nota: El fabricante no proporciona información sobre peso molecular, el grado de desacetilación, tamaño de partícula ni viscosidad, parámetros que influyen en el desempeño del quitosano en aplicaciones textiles. Fuente: Elaboración propia.

- **Ligante Novaprint FHS**

El ligante utilizado en esta investigación fue el Novaprint FHS. Es un ligante acrílico de base acuosa utilizado en procesos de acabado textil. De acuerdo con su ficha técnica (**Anexo 2**), se trata de una dispersión polimérica acrílica formulada para otorgar suavidad al tacto y flexibilidad al tejido tratado, sin generar rigidez superficial. Su mecanismo de acción consiste en la formación de una película superficial sobre el tejido, ayudando a la retención del agente activo, en este caso, el quitosano.

Este ligante fue seleccionado para esta investigación por dos razones principales. En primer lugar, por su función adherente, aunque algunos ligantes acrílicos pueden generar una ligera mejora en la resistencia al pilling al formar una película adhesiva sobre la superficie del tejido, su efecto antipilling no es la función por la cual fueron diseñados. Por esta razón, se incluyó un grupo tratado únicamente con ligante (M1), lo que permite aislar el efecto propio del ligante y diferenciarlo de las muestras tratadas con quitosano. En segundo lugar, por su efecto al tacto, este ligante contribuye a mejorar las propiedades de suavidad, reduciendo la rigidez que pueden ocasionar otros auxiliares de acabado.

- **Controller Acid RB**

Controller Acid RB es un regulador de pH de origen orgánico utilizado en procesos químicos textiles donde requiere controlar o mantener el medio ácido necesario para la correcta activación de agentes funcionales (Quimicolours S.A., 2010). De acuerdo con la ficha técnica (**Anexo 3**), se trata de una mezcla sinergética de ácidos y compuestos orgánicos de alto peso molecular, con carácter iónico ligeramente aniónico, presentada como líquido incoloro y con excelente estabilidad en medio ácido.

En el contexto de esta investigación, el Controller Acid Rb cumple la función de garantizar que el pH del baño de impregnación con quitosano se mantenga por debajo o igual a 6,5 durante todo el proceso. El quitosano es insoluble en agua a pH neutro y requiere un medio ácido con pH $\leq$ 6,5 para su activación y disolución.

- **Tejido Dumba 100% Algodón**

El tejido jersey utilizado en esta investigación corresponde a un tejido de punto llamado "Dumba APT", fabricado por la empresa TEXTILES TORNASOL Cía. Ltda. Según el informe

técnico proporcionado por la empresa, el tejido presenta varias características descritas en el **Anexo 4**. Además, es importante mencionar que el tejido se encuentra sin tinturar, únicamente sometido a un proceso de blanqueo químico y sin aplicación de acabados previos.

El tejido jersey de algodón se caracteriza por ser suave y elástico en dirección horizontal, estas propiedades hacen que el tejido sea adecuado para procesos de acabados textiles porque facilita la absorción y distribución uniforme de químicos sobre la superficie (Izurieta, 2016).

3.3.3 Otros materiales

En esta sección se mencionan los instrumentos y materiales de laboratorio utilizados durante el desarrollo experimental de la investigación, los cuales se detallan en la **Tabla 11**. Estos materiales están destinados a la preparación, medición y manipulación de las soluciones que se emplearán en las diferentes muestras.

Tabla 11

Otros materiales

Instrumentos	Medida	Descripción
Agitador	-	Vidriería
Pipetas graduadas	10 mL	Vidriería
Vaso precipitado	100 y 500 mL	Vidriería
Probeta graduada	500 mL	Vidriería
Vidrio reloj	-	Vidriería
Balanza analítica	0,000g	Equipo BPS 40

Fuente: Elaboración propia.

3.4 Normas de referencia

Las normas de referencia son documentos técnicos creados por organizaciones especializadas como la ISO, que establecen procedimientos, condiciones y parámetros que se deben seguir para realizar ensayos o pruebas de manera correcta y estandarizada.

3.4.1 Determinación de la tendencia a la formación de pilling ISO 12945-2:2020

El título oficial de la norma es *ISO 12945-2:2020 — Determination of fabric propensity to surface pilling, fuzzing or matting — Part 2: Modified Martindale method.* Es un documento internacional creado por la Organización Internacional de Normalización que sirve para medir qué nivel tiene un tejido para formar pilling, utilizando un equipo especial llamado Martindale (International Organization for Standardization [ISO], 2020). En palabras más simples y para mejor entendimiento, esta norma dice exactamente cómo se debe hacer la prueba para que los resultados sean confiables y se puedan comparar con los de cualquier otro laboratorio certificado.

Según lo indicado por la norma International Organization for Standardization [ISO] (2020) el funcionamiento del equipo Martindale es fácil de entender: dos probetas del mismo tejido se frotan entre sí siguiendo un movimiento especial llamado curva de Lissajous que simula el desgaste real que sufre una prenda cuando se usa o se lava. Una vez terminada la prueba, se analiza cada probeta y se la compara con unas fotografías de referencia que tiene la norma (Anexo), asignando una nota del 1 al 5. El grado 1 hace referencia a que el tejido tiene muchísimo pilling en su superficie, mientras que el grado 5 significa que no hubo ningún cambio significativo en la superficie del tejido (International Organization for Standardization [ISO], 2020). En la **Tabla 6** se resumen los parámetros aplicados según la norma ISO 12945-2:2020 para tejidos jersey 100% Co.

3.4.2 Prueba de lavado y secado doméstico ISO 6330:2021

La norma *ISO 6330:2021-Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing*, es el documento técnico oficial que establece los procedimientos normalizados de lavado y secado doméstico para el ensayo de textiles (International Organization for Standardization [ISO], 2021). Lo que hace esta International Organization for Standardization [ISO] (2021) es decirle al investigador cómo simular en el laboratorio, mediante el equipo Wascator tipo A de carga frontal con eje horizontal, los lavados que normalmente hace una persona en su casa con su ropa. La norma también especifica qué tipo de detergente debe usar, cuánto peso debe utilizar, a qué temperatura lavar y cómo secar después, parámetros que se mencionan en la **Tabla** *7*.

3.5 Procedimiento

Esta es la parte de la investigación en donde se explica paso a paso todo lo que se debe hacer en el laboratorio para llevar a cabo el desarrollo del estudio.

3.5.1 Caracterización del tejido

La caracterización del tejido es el primer paso del procedimiento experimental y tiene como finalidad documentar las propiedades físicas del tejido utilizado; esto garantiza que todas las probetas pertenezcan al mismo lote de producción y garantiza la validez comparativa de los resultados, ya que cualquier variación de las propiedades físicas entre las diferentes probetas podría generar diferencias en los resultados.

Las características técnicas del tejido utilizado se presentan en la **Tabla 12** y se obtuvieron a partir de la ficha técnica emitida por TEXTILES TORNASOL Cía. Ltda. (**Anexo 4**). Estos datos sirven como punto de partida para comprender y comparar los resultados obtenidos durante la investigación.

Tabla 12

Caracterización tejido jersey 100% Algodón

Parámetro	**Valor**
Nombre comercial	Dumba
Título	24/1 Ne
Composición	100% Algodón
Estructura	Tejido de punto jersey
Gramaje	168 g m^{-2} ± 5%
Ancho de tejido	118 cm ± 2%
Columnas	58 *mallas* in^{-1}
Pasadas	28 *mallas* in^{-1}
Densidad	1624 *mallas* in^{-2}
Acabado	Ninguno
Color	Blanco (post-descrude)

Nota: Basado en la ficha técnica emitida por TEXTILES TORNASOL Cía. Ltda.

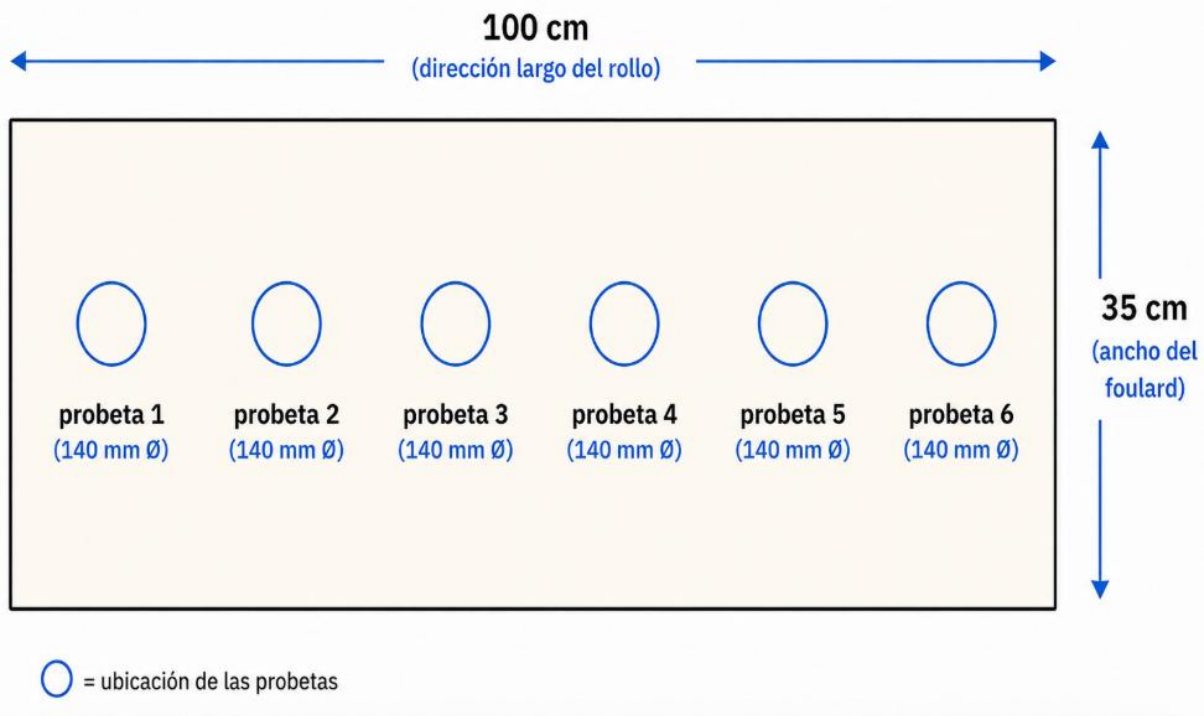
3.5.2 Corte de probetas

Previo al inicio del corte de probetas del tejido jersey 100% Co, el tejido debe estar sometido a acondicionamiento en la atmósfera establecida por la Norma ISO 139:2005. En esta norma se especifican una temperatura de 20,0 ± 2 °C y una humedad relativa de 65,0 ± 4 % como referencia para el ensayo de textiles ISO (2005). El corte de probetas rectangulares se realizó a partir de 15 ± 5 cm del borde superior y lateral del tejido; la medida de las probetas rectangulares que serán sometidas al proceso de acabado mediante foulard es de 35 cm x 100 cm. En total se cortaron 16 muestras para el proceso de impregnación, 2 muestras por cada grupo experimental.

Las probetas para el ensayo de pilling mediante el método Martindale deben ser de forma circular con un diámetro de 140,0 ± 5 mm o cuadradas con una longitud de 150 ± 2 mm; en tejidos de punto ligeros se debe tener cuidado de que el tejido no quede estirado durante el montaje. Es importante mencionar que para esta investigación se utilizaron probetas circulares de 140 mm de diámetro en todos los casos y por cada muestra de 35 x 100 cm de tejido tratado se obtuvieron 3 pares de probetas circulares como lo indica la norma; el total de probetas circulares obtenidas por grupo es 6.

Figura 11

Distribución de 3 pares de probetas circulares dentro de cada muestra de 35 x 100 cm



Fuente: Elaboración propia.

Las probetas se evalúan en el equipo Martindale en dos situaciones diferentes: sin lavar y después de 5 ciclos de lavado acumulados. Esta evaluación se realiza con el propósito de analizar con mayor precisión si el proceso de lavado afecta o no el rendimiento y la durabilidad del acabado aplicado en el tejido y su efecto en la resistencia al pilling, reduciendo la variabilidad de los resultados y aumentando la confiabilidad de la evaluación. En la **Tabla 13** se resume el número total de probetas por grupo y el proceso de evaluación acumulativa que sigue. Esta organización permite mantener un control del estado de cada muestra durante las diferentes etapas de evaluación, garantizando un orden en los ensayos y facilitando la comparación de los resultados.

Tabla 13

Número total de probetas circulares por grupo

Muestras	Tratamiento	Probetas Grupo 1	Probetas Grupo 2	Total, por grupo
M0	Sin tratar	3 pares	3 pares	6 pares
M1	Solo ligante	3 pares	3 pares	6 pares
M2	Quitosano 0.5%	3 pares	3 pares	6 pares
M3	Quitosano 1.0%	3 pares	3 pares	6 pares
M4	Quitosano 1.5%	3 pares	3 pares	6 pares
M5	Quit. + Lig. 0.5%	3 pares	3 pares	6 pares
M6	Quit. + Lig. 1.0%	3 pares	3 pares	6 pares
M7	Quit. + Lig. 1.5%	3 pares	3 pares	6 pares
			Total	48 pares

Fuente: Elaboración propia

3.5.3 Formulación de receta

En esta sección se definen las concentraciones del agente activo y de los auxiliares utilizados, así como los parámetros del proceso de impregnación mediante foulard, los cuales se presentan en la **Tabla *14***. Las formulaciones de cada receta se deben realizar en función de la cantidad de agua utilizada en el baño, considerando la capacidad de trabajo del equipo empleado durante el proceso experimental. También, estos parámetros fueron definidos con el

propósito de asegurar una aplicación homogénea de los productos sobre el tejido, garantizando la reproducibilidad de los tratamientos realizados.

Tabla 14

Receta de acabado formulada para cada grupo experimental

Componente	**M0**	**M1**	**M2**	**M3**	**M4**	**M5**	**M6**	**M7**
Novaprint FSH (g L^{-1})	-	20	-	-	-	20	20	20
Quitosano (g L^{-1})	-	-	5	10	15	5	10	15
Controller Acid Rb	-	pH < 5	pH < 5	pH < 5	pH < 5	pH < 5	pH < 5	pH < 5
Pick-up (%)	-	70-80	70-80	70-80	70-80	70-80	70-80	70-80
Secado	-	100 °C	100 °C	100 °C	100 °C	100 °C	100 °C	100 °C
Curado	-	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C	150 °C
Tiempo curado	-	3-5 min	3-5 min	3-5 min	3-5 min	3-5 min	3-5 min	3-5 min

Fuente: Elaboración propia

3.5.4 Proceso operativo

El proceso operativo describe la secuencia de pasos que se realizan para aplicar el acabado y realizar las evaluaciones correspondientes bajo condiciones normalizadas y reproducibles.

- **Paso 1 – Acondicionamiento previo**

Todas las probetas fueron acondicionadas previamente bajo estándares mencionados en la Norma ISO 139:2005, por un mínimo de 16 horas antes de cualquier ensayo o proceso de acabado (ISO, 2005). Es importante realizar este proceso porque el algodón es una fibra que absorbe o libera mucha humedad según el ambiente en que se encuentre y si cada muestra tiene una cantidad diferente de humedad al momento del ensayo, los resultados podrían ser inconsistentes y no serían comparables entre sí.

- **Paso 2 – Preparación de la solución del acabado**

Para el grupo M1 se preparó únicamente la solución de ligante Novaprint FSH a 20 g $\boldsymbol{L^{-1}}$, en agua durante 10 min hasta obtener una mezcla homogénea, valores recomendados directamente por el distribuidor del producto. Esta concentración también fue elegida porque, según COTTON INCORPORATED (2004) menciona que cuando se aplica esta concentración sobre tejidos de punto como el jersey, el producto tiende a ser más flexible y suave en comparación con otras concentraciones. En este sentido, el uso de concentraciones más altas hace que el tejido se vuelva más rígido.

Para preparar la solución de acabado de los grupos M3, M4 y M5, el quitosano en polvo fue disuelto en agua a temperatura ambiente con un pH ≤ 6,5 durante 10 minutos hasta obtener una mezcla homogénea. Es importante que el agua tenga un pH < 6,5 porque el quitosano se disuelve y activa correctamente en medios ácidos; si el pH está por encima de ese valor, el quitosano no se disuelve y no funciona como acabado (Younes y Rinaudo, 2015). Para los grupos M5 (Lig. + Quit. 0.5 %), M6 (Lig. + Quit. 1.0 %) y M7 (Lig. + Quit. 1.5 %) el quitosano y el ligante fueron mezclados en el mismo baño de impregnación, manteniendo la concentración del ligante en 20 g $\boldsymbol{L^{-1}}$. La muestra del grupo M0 no recibe ningún tratamiento específico ya que es el testigo.

- **Paso 3 – Impregnación por Foulard**

Las muestras de los grupos M1 a M7 fueron pasadas por el foulard horizontal para aplicarles el acabado. Este equipo funciona sumergiendo el tejido en la solución del acabado durante 5 min y luego pasándolo entre los rodillos que presionan el tejido para que se adhiera cierta cantidad a la superficie del tejido y dentro de la fibra de algodón de manera controlada. Esta cantidad se conoce como *pick-up* y se calcula con la Ecuación 1.

- **Paso 4 – Secado y curado**

Después de pasar por el proceso de foulard, las muestras deben pasar por el túnel de secado. Primero, se deben secar a una temperatura de 100 °C para quitar el exceso de agua. Luego se curan a una temperatura máxima de 150 °C durante 3 a 5 minutos para favorecer la fijación del acabado sobre las fibras del tejido. Estas condiciones se mantienen para todas las muestras tratadas.

- **Paso 5 – Corte de probetas circulares**

Una vez aplicado y fijado el acabado sobre las muestras, se procede al corte de las 96 probetas circulares de 140 mm de diámetro, siguiendo las especificaciones de la Norma ISO 12945-2:2020. De cada muestra de 35 x 100 cm se obtuvieron 3 pares de probetas circulares como se muestra en la **Figura 11**. Las 96 probetas obtenidas fueron divididas en dos grupos de 48 probetas, tal como se resume en la **Tabla 13**.

- **Paso 6 – Grupo 1: evaluación directa en el equipo Martindale sin lavado**

Las 48 probetas del grupo 1 son llevadas directamente al equipo Martindale sin pasar por ningún ciclo de lavado. El objetivo de este paso es medir el grado de pilling de cada grupo en su estado inicial, justo después de aplicar el acabado, con el fin de saber si el acabado con quitosano influye positiva o negativamente frente a la formación de pilling en los tejidos jersey 100% Co y también saber cuánto cambia la resistencia al pilling después de los lavados. El ensayo se realizó conforme a la norma ISO 12945-2:2020, aplicando una presión de 2.5 cN cm^{-2} y un mínimo de 7000 ciclos acumulativos de frotamiento para tejido de punto de algodón (ISO, 2020).

- **Paso 7 – Grupo 2: Lavado doméstico y evaluación en el Martindale**

Las 48 probetas del grupo 2 son sometidas a ciclos de lavado doméstico acumulativos en el equipo Wascator FOM71 CLS, siguiendo el procedimiento 4N de la norma ISO 6330:2021, que indica lavar a 40 ± 3 °C con agitación normal, usando el detergente de referencia SDC TYPE 4 y una carga total de 2.0 ± 0.2 kg incluyendo lastre (ISO, 2021). El Wascator controla con precisión la temperatura, la duración del ciclo, la velocidad de centrifugado y la carga de tela, garantizando que cada lavado sea exactamente igual al anterior, lo que no es posible lograr con una lavadora doméstica (Rotzler et al., 2021). El secado de las probetas se realizó siguiendo el procedimiento A de la norma que indica que se debe secar en línea. Las 6 probetas de cada grupo pasaron por los lavados de forma acumulativa y fueron evaluadas en el Martindale.

Figura 12

Procedimiento experimental del Grupo 2



Nota: Imagen mejorada mediante inteligencia artificial con OpenAI (2026). Fuente: Elaboración propia.

- **Paso 8 – Evaluación visual y registro de resultados**

En cada evaluación del Martindale, tanto del Grupo 1 y 2, las probetas fueron comparadas visualmente con las fotografías de referencia de la Norma ISO 12945-2:2020 (**Anexo 5**) para asignarles un grado de pilling del 1 a 5, donde 1 significa mucho pilling y 5 significa sin ningún cambio significativo (ISO, 2020). La norma menciona que la diferencia entre los grados asignados a las probetas de un mismo grupo no debe ser mayor a medio grado; si hay una diferencia mayor, se debe reportar por separado (ISO, 2020). Con los resultados obtenidos, se registran y analizan estadísticamente para la discusión de los resultados.

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presentan y analizan los resultados obtenidos durante el desarrollo experimental de la investigación, correspondientes a la evaluación de la resistencia al pilling en el tejido jersey 100% Co. El análisis compara el comportamiento del tejido sin tratamiento y de los tejidos tratados a diferentes concentraciones, considerando el desempeño del acabado antes y después de 5 lavados acumulativos.

4.1 Resultados

En esta sección se presentan los datos obtenidos durante el proceso de acabado y el análisis de pilling. Los datos se presentan mediante tablas y posteriormente se analizan para identificar la eficiencia y el efecto de cada tratamiento antes y después de los lavados aplicados.

- **Resultado del proceso de impregnación.**

En la **Tabla 15** se pueden observar los valores obtenidos de Pick-up durante el proceso de impregnación de las muestras tratadas mediante foulard. En todos los tratamientos se mantuvo un porcentaje establecido de Pick-up dentro del rango establecido para tejidos de punto (70-80 %), lo que indica que el proceso de impregnación se realizó de manera uniforme y controlada. Mantener el rango establecido es importante para garantizar que cada muestra contenga la cantidad adecuada de solución de acabado y así asegurar una distribución homogénea.

Este parámetro también influye directamente en la reproducibilidad del ensayo, ya que una absorción uniforme permite obtener resultados más confiables y comparables entre las diferentes formulaciones analizadas. Por otro lado, cumplir con el rango establecido evidencia que las condiciones de presión de los rodillos del foulard fueron las adecuadas para el tipo de tejido utilizado, evitando el exceso de solución que pueda afectar el secado, el curado y la eficiencia de las diferentes soluciones.

Tabla 15

Porcentajes de Pick-up de cada muestra

Nro. de probeta	Peso en seco (g)	Peso húmedo (g)	Pick-up (%)
M0-AL	59.311	-	-
M0-DL	58.500	-	-
M1-AL	60.012	102.02	70
M1-DL	60.200	102.340	70
M2-AL	58.066	100.790	73.58
M2-DL	59.100	103.130	74.50
M3-AL	59.863	103.797	73.39
M3-DL	58.800	103.280	75.65
M4-AL	58.130	101.215	74.119
M4-DL	59.500	105.020	76.50
M5-AL	59.665	103.360	73.238
M5-DL	60.000	104.400	74.00
M6-AL	59.575	102.492	72.039
M6-DL	58.900	102.190	73.50
M7-AL	58.770	102.452	74.328
M7-DL	59.300	104.960	77.00

Nota: DL = muestras que se utilizaron para la prueba de pilling después del lavado. Fuente: Elaboración propia

- **Resultados del ensayo conforme a la norma ISO 12945-2:2020 e ISO 6330:2021**

En la

Tabla 16 se presentan los valores promedio de los resultados obtenidos en el ensayo de pilling correspondientes a las tres probetas por cada muestra, evaluadas antes y después de ser sometidas a los ciclos de lavado doméstico.

Tabla 16

Resultados de la evaluación de pilling antes y después del lavado

Nro. De Ciclos	M0	M1 AL	M2 AL	M3 AL	M4 AL	M5 AL	M6 AL	M7 AL	M0	M1 DL	M2 DL	M3 DL	M4 DL	M5 DL	M6 DL	M7 DL
125	1	4	3	3	4	4	4	4	1	3	2	2	3	3	3	3
500	1	4	2	3	4	3	3	4	1	3	1	2	2	2	3	3
1000	1	3	2	2	3	2	3	4	1	2	1	1	1	2	2	3
2000	1	3	1	2	3	2	2	3	1	1	1	1	1	1	2	2
5000	1	2	1	1	2	1	2	3	1	1	1	1	1	1	1	1
7000	1	2	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	1	1	1

Nota: AL = Antes del Lavado, DL = Después del lavado. Fuente: Elaboración propia

4.2 Normalidad de los datos obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados

Antes de comparar los grados de pilling entre los tratamientos, se verificó la normalidad de los datos usando el software PAST 4 (prueba de Jarque-Bera). Los resultados (**Figura *13***) mostraron p > 0.05 en todos los grupos, confirmando la distribución normal con 95 % de confianza.

Figura 13

Test de normalidad de datos de pilling antes y después de los lavados.

Tests for normal distribution

	M0	M1 AL	M2 AL	M3 AL	M4 AL	M5 AL	M6 AL	M7 AL
N		6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W		0,8532	0,8216	0,8532	0,8532	0,9076	0,96	0,8216
p(normal)		0,167	0,09114	0,167	0,167	0,4207	0,8201	0,09114
Anderson-Darling A		0,4168	0,5444	0,4168	0,4168	0,3107	0,2458	0,5444
p(normal)		0,2147	0,09171	0,2147	0,2147	0,4278	0,6065	0,09171
p(Monte Carlo)		0,23	0,1	0,2285	0,2336	0,4732	0,6916	0,0991
Lilliefors L		0,2016	0,2929	0,2016	0,2016	0,2234	0,1832	0,2929
p(normal)		0,623	0,1082	0,623	0,623	0,4572	0,7613	0,1082
p(Monte Carlo)		0,6293	0,1125	0,6296	0,6242	0,4598	0,7695	0,11
Jarque-Bera JB		0,5625	0,6224	0,5625	0,5625	0,4928	0,2219	0,6224
p(normal)		0,7548	0,7326	0,7548	0,7548	0,7816	0,895	0,7326
p(Monte Carlo)		0,5115	0,4249	0,5046	0,5152	0,6157	0,9213	0,4309

Tests for normal distribution

	M0	M1 DL	M2 DL	M3 DL	M4 DL	M5 DL	M6 DL	M7 DL
N		6	6	6	6	6	6	6
Shapiro-Wilk W		0,7752	0,4961	0,6399	0,7013	0,8216	0,8532	0,7752
p(normal)		0,03473	2,073E-05	0,001351	0,006373	0,09114	0,167	0,03473
Anderson-Darling A		0,6248	1,599	1,091	0,9054	0,5444	0,4168	0,6248
p(normal)		0,05331	7,649E-05	0,002301	0,008043	0,09171	0,2147	0,05331
p(Monte Carlo)		0,0543	0,0001	0,0013	0,007	0,095	0,2315	0,0503
Lilliefors L		0,3017	0,4918	0,4074	0,3916	0,2929	0,2016	0,3017
p(normal)		0,08642	0,0001	0,001407	0,00492	0,1082	0,623	0,08642
p(Monte Carlo)		0,0909	0,0001	0,0022	0,0049	0,1096	0,6299	0,091
Jarque-Bera JB		0,8136	3,56	1,063	1,293	0,6224	0,5625	0,8136
p(normal)		0,6658	0,1686	0,5879	0,5238	0,7326	0,7548	0,6658
p(Monte Carlo)		0,209	0,0001	0,1068	0,0742	0,427	0,515	0,2108

Nota: AL = Antes del Lavado, DL = Después del lavado. Fuente: Elaboración propia a partir del *software Past 4*.

4.3 Análisis de la varianza de los datos obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados.

La desviación estándar y el coeficiente de variación (CV) que se observan en la **Figura 14** permiten evaluar la consistencia de los resultados obtenidos en cada grupo experimental. Antes del lavado, el grupo M7 presentó el menor CV, lo que indica que su comportamiento a lo largo de los ciclos de frotamiento fue el más estable y reproducible. Después del lavado, todos los grupos incrementaron su CV, siendo M4 el que presentó la mayor dispersión, lo que confirma que la ausencia del ligante genera respuestas negativas tras el lavado. Estos hallazgos coinciden con da Silva et al. (2023) y Tania y Ali (2024) quienes destacan la importancia de los ligantes para fijar agentes funcionales en fibras celulósicas.

Figura 14

Desviación estándar y coeficiente de variación del pilling antes y después de los lavados.

Univariate statistics

	M0	M1 AL	M2 AL	M3 AL	M4 AL	M5 AL	M6 AL	M7 AL
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Min	1	2	1	1	2	1	1	2
Max	1	4	3	3	4	4	4	4
Sum	6	18	10	12	18	13	15	20
Mean	1	3	1,666667	2	3	2,166667	2,5	3,333333
Std. error	0	0,3651484	0,3333333	0,3651484	0,3651484	0,4772607	0,4281744	0,3333333
Variance	0	0,8	0,6666667	0,8	0,8	1,366667	1,1	0,6666667
Stand. dev	0	0,8944272	0,8164966	0,8944272	0,8944272	1,169045	1,048809	0,8164966
Median	1	3	1,5	2	3	2	2,5	3,5
25 prcntil	1	2	1	1	2	1	1,75	2,75
75 prcntil	1	4	2,25	3	4	3,25	3,25	4
Skewness	0	0	0,8573214	0	0	0,6676284	0	-0,8573214
Kurtosis	0	-1,875	-0,3	-1,875	-1,875	-0,446163	-0,2479339	-0,3
Geom. mean	1	2,884499	1,513086	1,817121	2,884499	1,906369	2,289428	3,237741
Coeff. var	0	29,81424	48,98979	44,72136	29,81424	53,95593	41,95235	24,4949

Univariate statistics

	M0	M1 DL	M2 DL	M3 DL	M4 DL	M5 DL	M6 DL	M7 DL
N	6	6	6	6	6	6	6	6
Min	1	1	1	1	1	1	1	1
Max	1	3	2	2	3	3	3	3
Sum	6	11	7	8	9	10	12	13
Mean	1	1,833333	1,166667	1,333333	1,5	1,666667	2	2,166667
Std. error	0	0,4013865	0,1666667	0,2108185	0,341565	0,3333333	0,3651484	0,4013865
Variance	0	0,9666667	0,1666667	0,2666667	0,7	0,6666667	0,8	0,9666667
Stand. dev	0	0,9831921	0,4082483	0,5163978	0,83666	0,8164966	0,8944272	0,9831921
Median	1	1,5	1	1	1	1,5	2	2,5
25 prcntil	1	1	1	1	1	1	1	1
75 prcntil	1	3	1,25	2	2,25	2,25	3	3
Skewness	0	0,4559393	2,44949	0,9682458	1,536722	0,8573214	0	-0,4559393
Kurtosis	0	-2,390012	6	-1,875	1,428571	-0,3	-1,875	-2,390012
Geom. mean	1	1,61887	1,122462	1,259921	1,348006	1,513086	1,817121	1,944161
Coeff. var	0	53,62866	34,99271	38,72983	55,77734	48,98979	44,72136	45,3781

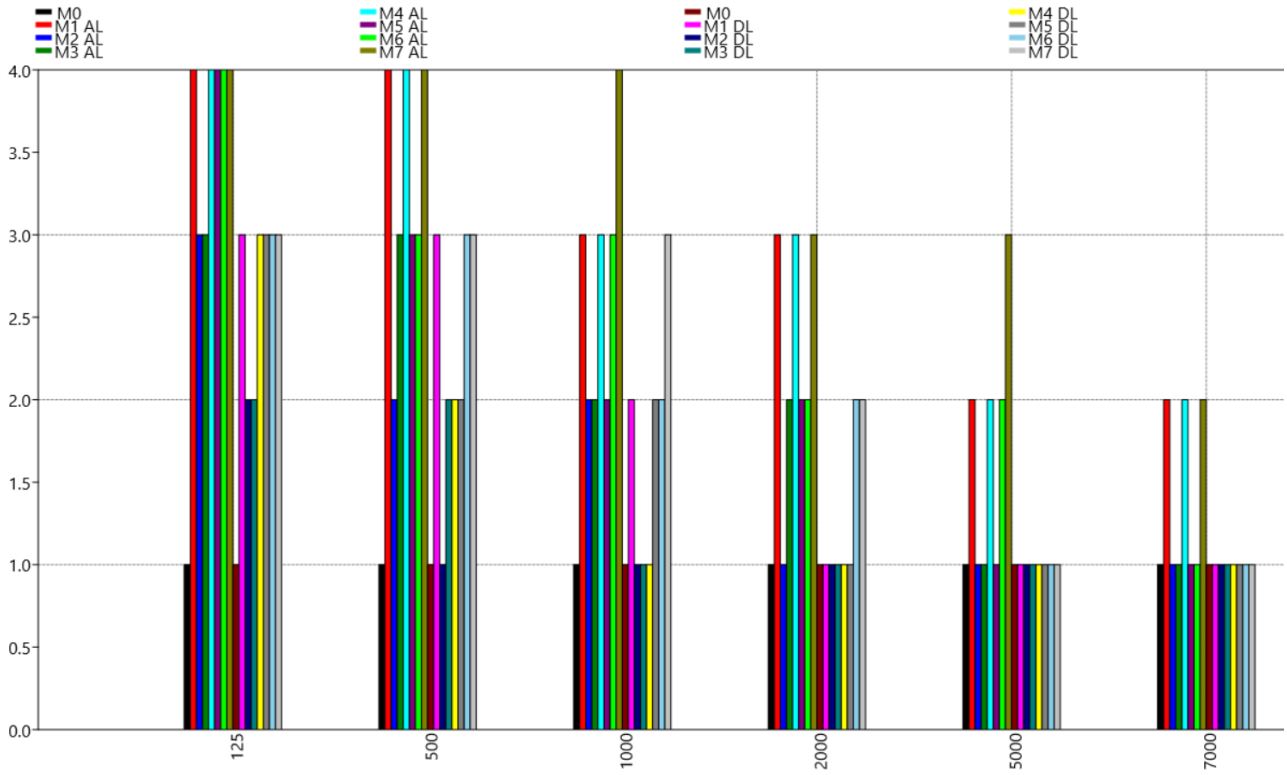
Fuente: Elaboración propia a partir del *software Past 4*

4.4 Análisis del diagrama de barras de los resultados obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados.

La **Figura 15** presenta el diagrama de barras comparativo de los grados de pilling obtenidos antes y después de los lavados para todos los grupos evaluados en los seis ciclos de frotamiento establecidos por la norma ISO 12945-2:2020.

Figura 15

Diagrama de barras comparativo de los grados de pilling obtenidos para todos los grupos evaluados



Fuente: Elaboración propia

Lo primero que se observa es que todos los grupos presentan una tendencia decreciente en el grado de pilling a medida que aumentan los ciclos de frotamiento, recordando que el grado de pilling va de 1 a 5, donde 1 indica mucho pilling y 5 indica ausencia de pilling significativo. Este comportamiento coincide con lo señalado por Dong et al. (2020) quienes señalan que la formación de pilling ocurre de manera progresiva. En este sentido, a medida que aumentan los ciclos de frotamiento, el daño superficial del tejido aumenta independientemente del acabado.

En los 125 ciclos se observa la mayor diferencia entre los grupos; los grupos M1 AL, M4 AL y M7 AL alcanzan el grado 4 debido a que el acabado aplicado forma una película superficial sobre el tejido, favoreciendo la reducción del desprendimiento de fibras sueltas responsables de iniciar la formación de pilling. El acabado reduce el efecto inicial de los frotes, lo que permite conservar una mejor apariencia superficial del tejido, en especial durante los primeros ciclos de ensayo (Sekulska-Nalewajko et al., 2020). Por otro lado, el testigo sin tratar (M0) se mantiene en 1 y los grupos M2 AL y M3 AL en grado 3. Después del lavado, los grupos DL ya muestran valores inferiores desde el primer ciclo de evaluación: M1 DL, M4 DL y M7 DL bajan a grado 3 y M2 DL a grado 2. Este resultado confirma lo que señalan Pušić et al. (2024) mencionando que el lavado reduce el recubrimiento del acabado sobre la fibra porque depende de la estabilidad de la unión entre el recubrimiento y la fibra. También, Nitayaphat et al. (2026) explica que la durabilidad de recubrimientos textiles y sus propiedades funcionales se pierden progresivamente por acciones mecánicas y químicas del lavado. En este sentido, desde los ciclos de frotamiento postlavado, se refleja una disminución inmediata del grado de pilling.

Esta reducción es visible desde los primeros ciclos y va reduciéndose progresivamente hasta los ciclos finales, donde la mayoría de los grupos DL llegan al grado mínimo al que llegan los grupos AL. El único grupo que mantiene grados de pilling altos durante más ciclos de frotamiento es M7 antes y después de los lavados, lo que indica que la combinación de ligante con quitosano en la concentración más alta ofrece la mayor eficiencia y durabilidad del acabado. Este comportamiento refleja lo indicado por Flinčec Grgac et al. (2023) quienes señalan que el uso de agentes de fijación favorece una unión más estable del quitosano sobre la fibra. También, la afinidad del quitosano por las fibras celulósicas se debe a la presencia de grupos funcionales activos, principalmente de grupos amino e hidroxilo, capaces de mejorar la adhesión mediante enlaces de hidrógeno (Younes y Rinaudo, 2015)

También se puede observar que los grupos que combinan quitosano con ligante M5 AL, M6 AL y M7 AL presentan barras más altas que los grupos sin ligante M2 AL, M3 AL y M4 AL a la misma concentración de quitosano, especialmente en los ciclos iniciales. Aunque el quitosano presenta afinidad con las fibras celulósicas debido a la interacción entre sus grupos funcionales y la fibra celulósica, estas interacciones pueden no ser suficientes para garantizar una alta durabilidad (Younes y Rinaudo, 2015). En este sentido, la mezcla con ligante no solo ayuda a fijar el quitosano sobre el tejido, sino que también contribuye a mejorar la resistencia

al pilling, lo que coincide con lo mencionado por da Silva et al. (2023) quienes encontraron mediante microscopía electrónica que el poliacrilato mejora significativamente los acabados favoreciendo una unión más estable, actuando como puente de adhesión entre el recubrimiento y la fibra de algodón.

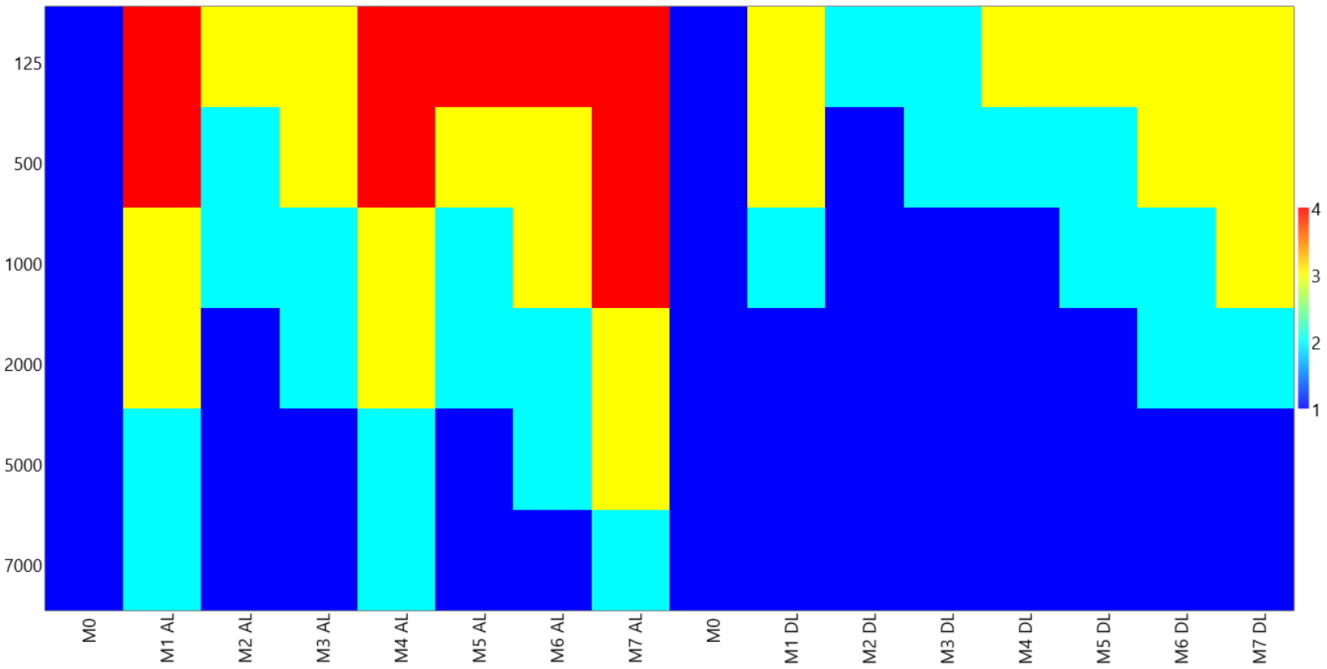
En los ciclos finales del ensayo, casi todos los grupos DL decrecen hacia el grado 1, con excepción de M1 AL y M4 AL, que mantienen grado 2 en los 5000 y 7000 ciclos, y M7 AL se mantiene en grado 3 en los 5000 ciclos antes de bajar a grado 3 en los 7000 ciclos. Después del lavado, la situación es más uniforme: todos los grupos de DL, sin excepción, llegan al grado 1 tanto en los 5000 como en los 7000 ciclos. Esto indica que la protección del acabado proporcionado por el quitosano y el ligante después de los lavados disminuye. (Nitayaphat et al., 2026) menciona que la durabilidad de los acabados puede verse afectada por los lavados debido a la pérdida parcial del polímero retenido en la superficie. También, aunque el quitosano presenta afinidad con las fibras celulósicas, la ausencia o reducción del material de fijación puede provocar una menor resistencia frente a los ciclos de frote (Younes y Rinaudo, 2015).

4.5 Análisis del mapa de calor de los resultados obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados.

La **Figura 16** presenta un mapa de calor que resume el comportamiento del grado de pilling de los diferentes tratamientos antes y después de los lavados. La representación mediante colores permite identificar rápidamente las variaciones en la resistencia al pilling conforme aumentan los ciclos de frotamiento. La escala de colores representa el grado de pilling obtenido, donde el color azul representa el grado 1, el celeste el grado 2, el amarillo el grado 3 y el rojo el grado 4, que significa menor formación de pilling.

Figura 16

Mapa de calor de los resultados obtenidos en la prueba de pilling antes y después de los lavados



Fuente: Elaboración propia

Es importante señalar que ningún tratamiento alcanzó una calificación de grado 5, por lo que el mayor valor obtenido durante el ensayo fue grado 4, lo que indica que, aunque algunos tratamientos mejoraron la resistencia al pilling, ninguno logró eliminar completamente la formación de pilling en la superficie del tejido.

En condiciones antes del lavado (AL), las muestras tratadas con quitosano, especialmente las que tienen una combinación con ligante, presentan una mayor eficiencia con los grados 3 y 4. Este comportamiento se debe a que aún hay mayor permanencia del acabado sobre la superficie del tejido, debido a que aún no ha experimentado procesos relacionados con lavados. Según Lim & Hudson (2004) el quitosano puede formar recubrimientos sobre fibras celulósicas debido a su capacidad de interacción con la superficie de la fibra. En este sentido, la incorporación de un ligante y la eficiencia del quitosano proporcionan mayor estabilidad al acabado aplicado, mientras que la muestra testigo (M0) mantiene calificaciones de grado 1 durante todo el ensayo. Después de los lavados (DL), se observa una disminución general, llegando a un grado 1, evidenciando la pérdida progresiva del efecto del acabado como consecuencia del lavado. (Dong et al., 2020) explica que después del lavado acumulativo se

puede presentar una pérdida del material fijado en la superficie del tejido, especialmente cuando las interacciones entre el polímero y la celulosa no son suficientemente fuertes o cuando no existe un material de fijación que ayude a su durabilidad.

En conjunto, el mapa de calor confirma visualmente la tendencia observada en el análisis estadístico y en el diagrama de barras; los tratamientos que contienen quitosano y ligante presentan una mayor resistencia al pilling y permanencia del acabado, siendo la muestra M7, antes y después del acabado, la más eficiente de todas las muestras, aunque su desempeño disminuye con el incremento de los ciclos de frotamiento. Esto puede explicarse por el efecto entre el quitosano y el ligante; por un lado, el quitosano presenta grupos funcionales amino e hidroxilo capaces de establecer interacciones con los grupos hidroxilo de la celulosa, favoreciendo su adherencia a la fibra (Younes y Rinaudo, 2015). Asimismo, el ligante actúa fijando el quitosano en la superficie del tejido, formando una película más uniforme y reduciendo la generación de fibras sueltas que forman pilling durante los ciclos de frotamiento (Flinčec Grgac et al., 2023). Además, la mayor concentración de quitosano en conjunto con el ligante presente en M7 permite una mayor resistencia frente a la acción mecánica de los ciclos de frotamiento. Esto se refleja en los resultados obtenidos durante el ensayo: grados de pilling más altos durante un mayor número de ciclos de frotamiento, lo que indica que conserva una mejor apariencia en comparación con los demás tratamientos.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El desarrollo del acabado a base de quitosano aplicado sobre el tejido jersey 100 % algodón demostró que este biopolímero es una alternativa sostenible para mejorar la resistencia al pilling. La muestra M7 (ligante + quitosano al 1.5 %) presentó el mejor comportamiento frente a la formación de pilling, alcanzando un grado 3 en los 7000 ciclos del ensayo, correspondiendo a un 50% de resistencia equivalente, mientras que el tejido sin tratamiento obtuvo grado 1, evidenciando la capacidad del quitosano en conjunto con el ligante para favorecer la estabilidad de las fibras superficiales del tejido sometidas a los frotamientos.

- La incorporación de un ligante en las formulaciones ayudó a incrementar la eficiencia y permanencia del acabado después de los ciclos acumulativos de lavados domésticos, siendo la muestra M7 (ligante + quitosano al 1.5 %) con un grado 3 a los 2000 ciclos, equivalente al 50 %, la mejor opción frente a la M4 (quitosano al 1.5 % sin ligante), alcanzando un grado 1 a los 2000 ciclos, equivalente al 0% de resistencia. Este comportamiento confirma que la fijación del biopolímero sobre la superficie del tejido permite que el acabado conserve sus propiedades en condiciones normales de uso.

- El análisis estadístico confirmó que las diferencias observadas entre las formulaciones evaluadas fueron importantes, lo que demuestra que el acabado sí influye en cómo se comporta el tejido frente a la formación de pilling. Aun así, ninguna formulación alcanzó una calificación de grado 5 según la escala de la norma ISO 12945-2, es decir, que el acabado reduce el pilling, pero no lo elimina por completo.

- Se cumplió el objetivo general de la investigación, ya que se logró desarrollar y evaluar un acabado con quitosano para comparar la resistencia al pilling en tejidos jersey 100 % algodón. Los resultados obtenidos evidencian

experimentalmente que el quitosano funciona como alternativa natural para mejorar los textiles funcionales, y sirven como base para futuras investigaciones sobre acabados sostenibles en la industria textil.

5.2 Recomendaciones

- Desarrollar investigaciones orientadas a mejorar la formulación del acabado mediante la evaluación de diferentes grados de desacetilación y pesos moleculares del quitosano, en especial el quitosano específicamente de uso textil. También, distintos tipos y concentraciones de ligantes, con el fin de incrementar la durabilidad del tratamiento sin afectar las propiedades físicas del tejido.

- Replicar el desarrollo de este acabado sobre otros tipos de estructura de tejidos y composiciones, con el propósito de establecer el comportamiento del acabado en diferentes condiciones del tejido y determinar su potencial de aplicación en una mayor variedad de productos textiles.

- Promover la aplicación de biopolímeros como el quitosano en el desarrollo de acabados funcionales para la industria textil, impulsando alternativas más sostenibles y amigables con el medio ambiente que contribuyan a mejorar el desempeño de los materiales y al mismo tiempo reduzcan el uso de productos sintéticos dañinos para el medio ambiente.

- Ampliar las investigaciones relacionadas con el uso del quitosano en el sector textil, evaluando su aplicación en diferentes procesos y materiales, con el fin de desarrollar nuevas tecnologías que mejoren el desempeño de los productos y, a su vez, contribuir a una producción más sostenible.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Abidi, N., Cabrales, L., & Haigler, C. H. (2014). Changes in the cell wall and cellulose content of developing cotton fibers investigated by FTIR spectroscopy. *Carbohydrate Polymers*, *100*, 9-16. https://doi.org/10.1016/j.carbpol.2013.01.074

Abidi, N., & Manike, M. (2018). X-ray diffraction and FTIR investigations of cellulose deposition during cotton fiber development. *Textile Research Journal*, *88*(7), 719-730. https://doi.org/10.1177/0040517516688634

Amin, Md. R., Mahmud, Md. A., & Anannya, F. R. (2021). Structural Impact on Some Common Physical Properties of Single Jersey Weft Knit Fabric. *AATCC Journal of Research*, *8*(4), 36-46. https://doi.org/10.14504/ajr.8.4.6

Asamblea Constituyente. (2013, diciembre 9). *Constitución del Ecuador*.

Azis, N. M., Sarani, S. F., Nasir, E., & Tulos, N. (2018). EFFECT OF LAUNDERINGS ON THE PILLING PROPERTIES OF COTTON AND POLYESTER WEFT KNITTED FABRICS. *Journal of Academia UiTM Negeri Sembilan*, *6*, 38-45.

Campos, A. (2023). *APLICACIÓN DE ÁCIDO CÍTRICO EN TEJIDO BLANQUEADO JERSEY 100 % ALGODÓN, PARA EVITAR EL AMARILLAMIENTO POR LA EXPOSICIÓN PROLONGADA AL SOL*. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15185

COTTON INCORPORATED. (2004). *BINDERS FOR TEXTILE APPLICATIONS*.

da Silva, D. J., Ferreira, R. R., da S. Ferreira, G., Barbosa, R. F. S., Marciano, J. S., Camani, P. H., Souza, A. G., & Rosa, D. S. (2023). Multifunctional cotton fabrics with novel antibacterial coatings based on chitosan nanocapsules and polyacrylate. *Journal of Coatings Technology and Research*, *20*(5), 1541-1555. https://doi.org/10.1007/s11998-023-00761-y

Dong, X., Xing, T., & Chen, G. (2020). Improving the Anti-Pilling Performance of Cellulose Fiber Blended Knitted Fabrics with 2,4,6-Trichloropyrimidine Treatment. *Coatings*, *10*(10), 969. https://doi.org/10.3390/coatings10100969

Elias, K. Md., Rahman, M. O., & Hossain, H. M. Z. (2023). Studying the Effect of Polyester Fiber Blend Ratio and Pilling Cycle on Blended Knit Fabrics. *Journal of Textile Science and Technology*, *09*(04), 227-243. https://doi.org/10.4236/jtst.2023.94015

Escuela Textil. (2025, agosto 12). *Estructuras de punto textil: tipos, propiedades y sostenibilidad*. https://www.textileschool.com/30432/textile-knit-structures-types-properties-and-sustainability/

Flinčec Grgac, S., Biruš, T.-D., Tarbuk, A., Dekanić, T., & Palčić, A. (2023). The Durable Chitosan Functionalization of Cellulosic Fabrics. *Polymers*, *15*(18), 3829. https://doi.org/10.3390/polym15183829

Gocławski, J., Sekulska-Nalewajko, J., & Korzeniewska, E. (2022). Prediction of textile pilling resistance using optical coherence tomography. *Scientific Reports*, *12*(1). https://doi.org/10.1038/s41598-022-23230-9

Google Maps. (2026). *Carrera de Ingeniería en Textiles - Google Maps_page-0001*. https://www.google.com/maps/place/Carrera+de+Ingenier%C3%ADa+en+Textiles/@0.3779692,-78.1208116,17z/data=!4m6!3m5!1s0x8e2a3b38f9cd91ed:0x961fee2a0b1df71!8m2!3d0.3779638!4d-78.1236011!16s%2Fg%2F11qr6fvl3n?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI2MDQxMy4wIKXMDSoASAFQAw%3D%3D

Hossain, Md. S., Islam, MD. M., Dey, S. C., & Hasan, N. (2021). An approach to improve the pilling resistance properties of three thread polyester cotton blended fleece fabric. *Heliyon*, *7*(4), e06921. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2021.e06921

International Organization for Standardization [ISO]. (2005). *ISO 139:2005/Amd.1:2011. Textiles — Standard atmospheres for conditioning and testing — Amendment 1. ISO.* https://www.iso.org/standard/35179.html

International Organization for Standardization [ISO]. (2020). *ISO 12945-2:2020. Textiles — Determination of fabric propensity to surface pilling, fuzzing or matting — Part 2: Modified Martindale method.* https://www.iso.org/standard/75375.html

International Organization for Standardization [ISO]. (2021). *ISO 6330:2021. Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing (4.ª ed.). ISO.* https://www.iso.org/standard/75934.html

ISO. (2020). *Textiles — Determination of fabric propensity to surface fuzzing and to pilling — Part 2: Modified Martindale method (ISO 12945-2:2020)*.

Izurieta, M. (2016). *DISEÑO Y SIMULACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE VAPOR DE AGUA PARA EL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA EMPRESA "INDUSTRIAL TEXTILES TORNASOL Cía. Ltda."* https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/13112/3/UPS-KT01306.pdf?utm_source=chatgpt.com

Kadolph, S. J. . (2014). *Textiles*. Pearson Education Limited.

Kara, A., & Büyükkoru, B. (2023). Investigation of Anti-Pilling Properties of Different Fabrics Applied with Polyvinylcaprolactam. *Tekstil ve Konfeksiyon*, *33*(1), 77-87. https://doi.org/10.32710/tekstilvekonfeksiyon.1034833

Lim, S.-H., & Hudson, S. M. (2004). Synthesis and antimicrobial activity of a water-soluble chitosan derivative with a fiber-reactive group. *Carbohydrate Research*, *339*(2), 313-319. https://doi.org/10.1016/j.carres.2003.10.024

Mejía Chalacan, A. (2024). *Aplicación de un acabado a base de lanolina en tejidos jersey 100% algodón cardado para determinar su influencia a la formación de Pilling* [Universidad Técnica del Norte]. https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/16094

Mondal, M. I. H., Sarker, S. C., Ahmed, F., Pervez, M. N., & Saha, J. (2024). Fabrication of sustainable functional cotton fabric with silk sericin and chitosan for protective textiles. *Heliyon*, *10*(20), e39250. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e39250

Muhammad, I. (2019). Book Review Creswell, J. W. (2014). Research Design: Qualitative, Quantitative and Mixed Methods Approaches (4th ed.). Thousand Oaks, CA: Sage. *English Language Teaching*, *12*(5), 40. https://doi.org/10.5539/elt.v12n5p40

Nitayaphat, W., Wongpreedee, K., & Jintakosol, T. (2026). Sustainable Water-Resistant Cotton Fabrics Coated with a Chitosan/Wax Composite Extracted from Discarded Outer Cabbage Leaves. *Molecules*, *31*(10), 1611. https://doi.org/10.3390/molecules31101611

OpenAI. (2026). *ChatGPT [Modelo de inteligencia artificial]*. https://openai.com/?utm_source=chatgpt.com

Pušić, T., Bušac, T., Šimić, K., Čurlin, M., Šaravanja, A., Grgić, K., & Volmajer Valh, J. (2024). Sustainability-Oriented Surface Modification of Polyester Knitted Fabrics with Chitosan. *Sustainability*, *16*(3), 1121. https://doi.org/10.3390/su16031121

Quimicolours S.A. (2010). *Ficha técnica: Controller Acid RB*. Anexo 2 del presente trabajo

Ramamoorthy, S. K., Skrifvars, M., & Persson, A. (2015). A Review of Natural Fibers Used in Biocomposites: Plant, Animal and Regenerated Cellulose Fibers. *Polymer Reviews*, *55*(1), 107-162. https://doi.org/10.1080/15583724.2014.971124

Rotzler, S., Krshiwoblozki, M. von, & Schneider-Ramelow, M. (2021). Washability of e-textiles: current testing practices and the need for standardization. *Textile Research Journal*, *91*(19-20), 2401-2417. https://doi.org/10.1177/0040517521996727

Ruiz Mendoza, K. K. (2024). Reflexiones conceptuales: Método comparativo, Investigación Comparativa en Educación, ¿Educación o Pedagogía Comparada? *Revista Española de Educación Comparada*, (44), 417-436. https://doi.org/10.5944/reec.44.2024.35815

Sekulska-Nalewajko, J., Gocławski, J., & Korzeniewska, E. (2020). A Method for the Assessment of Textile Pilling Tendency Using Optical Coherence Tomography. *Sensors*, *20*(13), 3687. https://doi.org/10.3390/s20133687

Szadkowski, B., Śliwka-Kaszyńska, M., & Marzec, A. (2024). Bioactive and biodegradable cotton fabrics produced via synergic effect of plant extracts and essential oils in chitosan coating system. *Scientific Reports*, *14*(1), 8530. https://doi.org/10.1038/s41598-024-59105-4

Tania, I. S., & Ali, M. (2024). Utilization of titanium dioxide (TiO2) nanoparticles to improve functionality and mechanical performances of cotton fabric. *Heliyon*, *10*(18), e37899. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e37899

Technavio. (2024). *Polymer binder market size, growth, trends, analysis report 2024–2028.* https://www.technavio.com/report/polymer-binder-industry-market-analysis

Universidad Técnica del Norte. (2022). *Convocatoria Investiga UTN 2022*. https://www.utn.edu.ec/investiga2022/

UTN. (2024). *Líneas de Investigación*. https://investigacion.utn.edu.ec/lineas-de-investigacion/

Werner Mathis AG. (2022). *Manual de instrucciones foulard horizontal de laboratorio*. Werner Mathis AG. https://www.mathis.com.br/arquivos/PDF/port/HFR.pdf?utm_source=chatgpt.com

Wright, E. L. (1981). Low Wet Pick-Up Finishing: A Review of Commercial Experience'. *Textile Research Journal*, *51*(4), 251-255. https://doi.org/10.1177/004051758105100405

Wu, K., Yan, Z., Wu, Z., Li, J., Zhong, W., Ding, L., Zhong, T., & Jiang, T. (2024). Recent Advances in the Preparation, Antibacterial Mechanisms, and Applications of Chitosan. En *Journal of Functional Biomaterials* (Vol. 15, Número 11). Multidisciplinary Digital Publishing Institute (MDPI). https://doi.org/10.3390/jfb15110318

Xiao, Q., Xie, E., Guo, L., & Wang, W. (2025). Research on the antibacterial and anti-pilling properties of polyester-cotton fabrics by the sol-gel technology. *International Journal of Clothing Science and Technology*, *37*(2), 374-384. https://doi.org/10.1108/IJCST-07-2024-0151

Younes, I., & Rinaudo, M. (2015). Chitin and Chitosan Preparation from Marine Sources. Structure, Properties and Applications. *Marine Drugs*, *13*(3), 1133-1174. https://doi.org/10.3390/md13031133

Živičnjak, J., & Tomljenović, A. (2025). Analysis of the Interdependence of Surface-Induced Pilling and Electrical Resistance of Cotton Knitwear. *Applied Sciences*, *15*(19), 10419. https://doi.org/10.3390/app151910419

ANEXOS

Anexo 1

Especificaciones técnicas del quitosano

BULK SUPPLEMENTS.com®
CLEAN & PURE BULK SUPPLEMENTS

Chitosan

Dietary Supplement
Net Wt. 8.8 oz 250g

SUPPLEMENT FACTS

Serving Size: 1/2 tsp (about 1g)
Servings per container: 250

Amount Per Serving	% Daily Value
Chitosan (From Shellfish) 1g	*

*Daily Value not established.

Other Ingredients: None

Distributed Exclusively by:
BulkSupplements.com
640 W Lake Mead Pkwy
Henderson, NV 89015, USA

SCAN ME

*These statements have not been evaluated by the Food and Drug Administration. This product is not intended to diagnose, treat, cure, or prevent any disease.

Suggested Use: As a dietary supplement, take 1/2 tsp (about 1g) with 8-12 oz of water or as directed by your healthcare professional.

Allergen Information: Shellfish

Made and Quality Tested in the USA with Globally Sourced Ingredients.

Contents are sold by weight, not volume. Settling may occur. Store in a cool, dry place.

WARNING:
For Healthy Individuals 18 and older. Consult a healthcare professional prior to use if you are pregnant or nursing, taking medication, or have a medical condition. KEEP OUT OF REACH OF CHILDREN.

Color May Vary

Lot Number: XXXXXXX
Best Before: XXXXXXXXX

005

X0019PNORH

NEW - BulkSupplements.com Chitosan Powder (250 Grams)

Anexo 2

Especificaciones técnicas ligante Novaprint FSH

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

1. DESCRIPCIÓN DE PRODUCTO

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

2. CARACTERÍSTICAS DE LA DISPERSIÓN

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

3. APLICACIÓN – Aspectos generales

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

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

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

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

Anexo 2

Continuación anexo 2

4. FÓRMULAS GENERALES ORIENTATIVAS

4.1 Pasta Madre para tejidos de algodón, viscosa.

COMPONENTE	Sin Varsol	Con Varsol
Agua	Restante	Restante
Amoníaco (25%)	1 – 2 g.	1 –2 g.
NOVAPRINT FSH	70 – 180 g.	70 – 180 g.
NOVAPRINT P (*)	4 – 8 g.	4 – 8 g.
Varsol	---	50 – 200 g.
Espesante NOVAPRINT TC ULTRA R	14 – 16 g.	11 –14 g.
Total	1000 g.	1000 g.

4.2 Pasta Madre para toalla y género de punto

COMPONENTE	Sin Varsol	Con Varsol
Agua	Restante	Restante
Amoníaco (25%)	1 – 2 g.	1 – 2 g.
NOVAPRINT FSH	75 – 100 g.	75 – 100 g.
NOVAPRINT P (*)	4 – 8 g.	4 –8 g.
Varsol	---	75 – 100 g.
Espesante NOVAPRINT TC ULTRA R	10 –11 g.	7 – 10 g.
Total	1000 g.	1000 g.

(*) Perfilante para uso en poliéster 100%, poliéster – algodón, poliéster – viscosa.

Para estampación pigmentaria sobre poliéster-algodón, poliéster/viscosa y/o celulosa regenerada se hace necesario el uso de 5-10g/Kg. de fijador **NOVAPRINT ME** al momento de adicionar el pigmento a la pasta madre, con el fin de mejorar las solideces.

Eventualmente úsese 1-2 g/Kg. de emulsionante.

Los componentes se adicionan en el orden que aparece arriba.

Si se requiere almacenar pasta preparada por largo tiempo, se debe evitar la formación de nata en la superficie. Esto se consigue cerrando los recipientes herméticamente. Prácticas comunes son la utilización de una hoja de plástico y una banda elástica para cerrar el tambor o la adición de capa delgada de varsol sobre la pasta la cual sería compatible con la misma y se podría incorporar fácilmente por agitación cuando va a ser usada.

El pH de la pasta debe estar en el intervalo 8-8.5. Ajústese con amoníaco al 25% cuando sea necesario y verifíquense el pH después de almacenamientos prolongados durante los cuales se presentan pérdidas por evaporación.

Anexo 2

Continuación anexo 2

5. ENVASE Y ALMACENAMIENTO

NOVAPRINT FSH se despacha en tambores de 200 Kg o a granel según los requerimientos.

NOVAPRINT FSH se debe almacenar en lugares frescos, no sujetos a temperatura de congelamiento y recipientes con cierre hermético. En lo posible se debe evitar la manipulación o inmersión de objetos que puedan contaminar o inocular micro organismos. Para almacenamiento en tanques es aconsejable aplicar una atmósfera con formol.

6. PRECAUCIONES

Con **NOVAPRINT FSH** ténganse en cuenta las medidas usuales de manejo de productos químicos. Evítese el contacto con las mucosas o contactos prolongados con la piel. La manipulación en grandes cantidades debe hacerse en lugar ventilado.

El pH de **NOVAPRINT FSH** fue ajustado con un álcali volátil para facilitar el secado y evitar problemas de sensibilidad al agua de la película. Es por ello que aconsejamos medir y ajustar el pH con amoníaco (de ser necesario) antes de usar el producto. Durante las etapas de almacenamiento y transporte, parte del amoníaco se puede evaporar (dependiendo de las condiciones de temperatura) y consecuentemente la viscosidad disminuye.

APROBADO POR:	Departamento de Investigación y Desarrollo		
LÍNEA:	Resinas & Pigmentos	**FECHA:**	Diciembre de 2010

COLORQUIMICA S.A. informa que las indicaciones sobre sus productos, consignadas en el presente documento, están basadas en la experiencia y se suministran únicamente a título de orientación.

Las recomendaciones implícitas o explícitas consignadas no constituyen garantía de desempeño puesto que no es posible conocer todas aquellas variables inherentes a otras materias primas y procesos de cada usuario en particular.

Se recomienda hacer adaptaciones a las condiciones locales de trabajo y a la materia prima a utilizar.

Anexo 3

Especificaciones técnicas Controller Acid Rb

Quimicolours S.A.

FICHA TECNICA

CONTROLLER ACID RB

Carácter Iónico : Iónico ligeramente aniónico.

Constitución : Mezcla sinergética de ácidos y compuestos orgánicos de alto peso molecular

FUNCIONES Y CAMPOS DE EMPLEO

El **CONTROLLER ACID RB,** es un producto fuertemente ácido, con características débilmente secuestrantes, buffer y enmascarador de bicarbonatos.
Debido a su alto poder acidulante, se utiliza en los procesos químico textiles donde se desee regular el PH o trabajar en medio ácido, como la tintura de colorantes dispersos, reactivos y otros. Es también altamente eficiente, en todos los procesos de neutralización ácido – base, como son los post – tratamientos en descrude, blanqueo, mercerizado y lavado de tinturas, que requieran de esta condición.

El **CONTROLLER ACID RB,** refuerza la acción de los secuestrantes buffers y eliminadores de bicarbonatos, colaborando en la igualación y reproducibilidad de las tinturas de fibras poliestéricas, celulosicas, viscosa, poliamida, acrílico y lana.

CARACTERISTICAS

Aspecto : Líquido incoloro

Estabilidad : Excelente en medio ácido y básico fuerte, estable a los agentes de reducción y oxidación en las concentraciones usuales.

Solubilidad : Soluble en todas las proporciones

Presentación : Tambores de 100 y 200 kilos

Anexo 4

Especificaciones técnicas Dumba Algodón

Textiles Tornasol CALIDAD EN PUNTO	INFORME ARTICULO TERMINADO	LAB-PF-DA-26 - 0120
		VERSIÓN 001
		PAGINA 1 de 1

DESCRIPCIÓN	DUMBA ALGODÓN	FECHA ELABORACION	5/7/2025
PRESENTACIÓN	TUBULAR	ACABADO	-
COLOR	APT	LOTE	TC3-144-2651528

CARACTERISTICAS

PARAMETRO	NORMA BASE	UNIDAD	VALOR REAL	TOLERANCIA	
COMPOSICIÓN					
ALGODÓN	AATCC 20	%	100%	± 5%	
POLIESTER		%	-	± 5%	
ELASTANO		%	-	± 5%	
TEJIDO		-	PUNTO	-	
TITULO	-	-	-	-	
PESO	ISO 38-01	g/m²	168	± 5%	
ANCHO TOTAL	ASTM D 3774	cm	118	± 2%	
VARIACIÓN DEL COLOR	DE (D65/10) - VISUAL	ΔE	-	≤1	
ENCOGIMIENTO ANCHO (T)	AATCC 135 (2018)	%	-4,3	± 4%	
ENCOGIMIENTO LARGO (U)		%	-3,9	± 4%	
REVIRADO/ TORQUE	AATCC 179 (2019)	%	3	± 5%	
SOLIDEZ DEL COLOR AL LAVADO (TRANSFERENCIA DEL COLOR)	AATCC 61 2013e	Escala de grises		≥ 4	
SOLIDEZ DEL COLOR A LA LUZ (40H)	AATCC - 16	Escala de grises	-	≥ 4	
RESISTENCIA A LA FORMACIÓN DE PILLING	ISO12945-1	Grado de 1 a 5	-	-	

CONTROL CALIDAD - TEXTILES TORNASOL

Fecha: LAB-PF-DA-26 - 0120

Anexo 5

LCT-PG-17-F2-ISO 12945-2:2020



ASTM D 3512 No. 1—Very Severe Pilling

ASTM D 3512 PHOTOGRAPHIC STANDARDS

RANDOM TUMBLE PILLING TEST METHOD

The five photographs illustrate varying degrees of pilling and related surface changes which could be encountered on a typical fabric. They vary from No. 1—Very Severe Pilling, to No. 5—No Pilling. The photographs, according to personal preference, may be used as supplied or may be cut up and used individually.

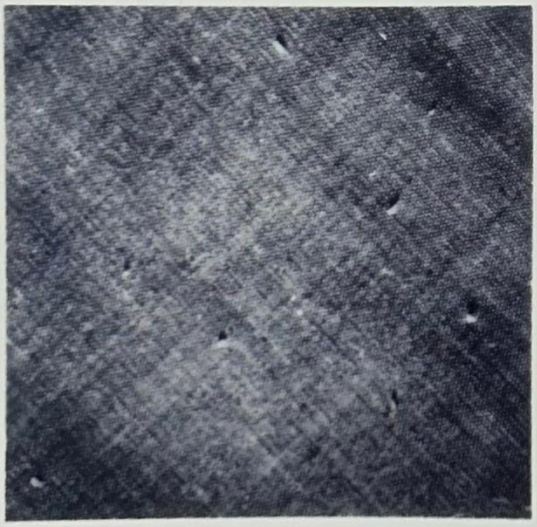
Copyright
ASTM International
100 Barr Harbor Drive, PO Box C700
West Conshohocken, PA. 19428
ASTM Designation: D3512. ASTM Stock Number: ADJD3512



ASTM D 3512 No. 2—Severe Pilling



ASTM D 3512 No. 3—Moderate Pilling



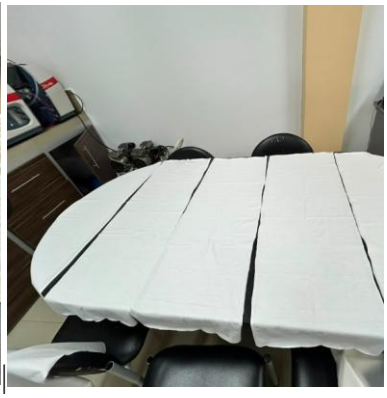
ASTM D 3512 No. 4—Slight Pilling



ASTM D 3512 No. 5—No Pilling

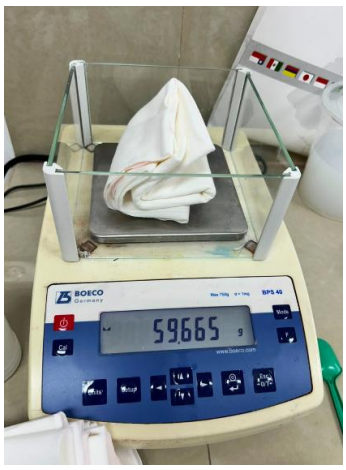
Anexo 6

Corte y acondicionamiento de las muestras

Anexo 7

Proceso de Pick-up





Anexo 8

Proceso de soluciones para el acabado antipilling





Anexo 9

Impregnación, secado y curado del acabado antipilling.




Anexo 10

Ensayo norma ISO 12945-2:2020





Anexo 11

Análisis visual de pilling



Anexo 12

Certificado de Laboratorio

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES DE LA CARRERA DE TEXTILES

IBARRA - ECUADOR
Carrera de Textiles
Ingeniería

Ibarra, 28 de julio del 2026

CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

CERTIFICO

Que la señorita **Joselin Nicole Rivera Capelo,** portadora de la cédula de ciudadanía N° **1727674945**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **"DESARROLLO DE UN ACABADO CON QUITOSANO PARA COMPARAR LA RESISTENCIA AL PILLING EN TEJIDOS JERSEY 100% ALGODÓN",** los equipos utilizados en el laboratorio fueron:

- **Balanza analítica, vasos de precipitación**
- **Lavadora Wascator**
- **Equipo Foulard**
- **Equipo Martindale**
- **Túnel de secado.**

Además, se le brindaron las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad con el proceso.

Atentamente:

MSc. JOSÉ POSSO.

RESPONSABLE TÉCNICO DEL LABORATORIO DE PROCESOS TEXTILES – CTEX