



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE TEXTILES

**TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO TEXTIL**

**“COMPORTAMIENTO DEL TEJIDO DENIM (BLUE JEAN) AL PRELAVADO,
EMPLEANDO DESPERDICIO LAMINAR DE ACRÍLICO PELLET”**



AUTOR: Moreno Monge Bryan Alexander

DIRECTOR: MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

Ibarra - Ecuador

2025

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

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			
CEDULA DE IDENTIDAD	1004436042		
APELLIDOS Y NOMBRES	Moreno Monge Bryan Alexander		
DIRECCIÓN	El Tejar – Ibarra – Imbabura		
EMAIL	bamorenom@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO	-----	TEL. MÓVIL	0985512595

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO	Comportamiento del tejido denim (blue jean) al prelavado, empleando desperdicio laminar de acrílico pellet
AUTOR	Moreno Monge Bryan Alexander
FECHA	19 de Junio del 2025
SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR	
CARRERA/PROGRAMA	<input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO
TÍTULO POR EL OPTA	Ingeniero Textil
DIRECTOR	MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

CONSTANCIA

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

Ibarra, a los 19 días del mes de junio del 2025

EL AUTOR

A handwritten signature in black ink, appearing to read 'Moreno Monge Bryan Alexander', with several horizontal lines drawn over it.

Moreno Monge Bryan Alexander

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACION
CURRICULAR**

Ibarra, a los 19 días del mes de junio del 2025

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR.

CERTIFICA:

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



MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

C.C: 1001589017

APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

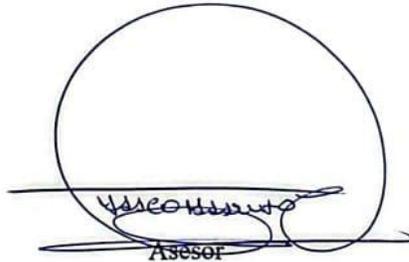
El Comité Calificado de Trabajo de Integración Curricular “Comportamiento del tejido denim (blue jean) al prelavado, empleando desperdicio laminar de acrílico pellet” elaborado por Moreno Monge Bryan Alexander, previo a la obtención del título de Ingeniero Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:



Director

MSc. Willam Ricardo Esparza Encalada

C.C: 1001589017



Asesor

MSc. Marco Francisco Naranjo Toro

C.C: 1706870464

DEDICATORIA

Este trabajo lo dedico a mis padres, Gloria Monge y Marcelo Moreno quienes, con su apoyo, amor incondicional y sacrificio han sido la guía en este camino, que ha sido largo, pero no imposible, ustedes fueron, son y serán mi mayor inspiración para lograr muchas cosas.

El apoyo en este largo viaje han sido los cimientos para construir mis sueños.

Le agradezco a Dios, por darme unos maravillosos padres, que siempre están para mí en momentos complicados de mi vida y aconsejarme con sabiduría y fortaleza y poder seguir adelante.

Sin su presencia en mi vida, este logro no habría sido posible.

Gracias por enseñarme que las cosas se logran con esfuerzo, perseverancia y humildad ya que siempre me inculcaron estos valores.

A mis amigos, compañeros, gracias por su apoyo, su confianza y por estar a mi lado en este viaje. Cada risa compartida y cada palabra de aliento han sido un motor para seguir avanzando.

Este logro es de todos ustedes.

AGRADECIMIENTO

*Agradezco a mis hermanos, por siempre estar a mi lado
dándome palabras de aliento brindándome su apoyo en cada desafío.*

*La confianza que han depositado en mi ha sido muy importante
para nunca rendirme y seguir adelante, el amor incondicional que me dan
día a día, y hacerme ver que los sueños se pueden hacer realidad
por mas lejos que los vea.*

*A mi tutor MSc. Willam Esparza, que, con sus conocimientos, paciencia y
dedicación pude alcanzar a desarrollar este trabajo,*

*A mis profesores, quienes con sus conocimientos y sabiduría
han dejado una huella en mi formación. Gracias por sus enseñanzas,
por sus consejos y por motivarme a ser mejor cada día.*

*Finalmente, a todas aquellas personas que, de una u otra manera,
han dejado huella en mi formación y crecimiento, les dedico
con cariño este logro, que no es solo mío, sino de todos los
que me han acompañado en este camino.*

RESUMEN

El objetivo de este estudio es analizar el comportamiento del prelavado con tejido denim (Blue Jean) empleando desperdicio laminar de acrílico pellet. Se busca evaluar cómo diferentes tamaños de pellets afectan la decoloración del tejido y determinar las condiciones óptimas para maximizar la eficiencia del prelavado sin comprometer la integridad del material. Para ello, se utilizó una metodología mixta, combinando enfoques bibliográficos, analíticos, experimentales y comparativos. Se realizó una revisión documental sobre los procesos de lavado del denim y el uso de pellets acrílicos. En la fase experimental, se sometieron muestras de tejido denim a prelavados controlados utilizando pellets de tres dimensiones diferentes (1,5 cm, 1,75 cm y 2 cm). Se empleó un espectrofotómetro para medir la variación de color (ΔE^*), mientras que el análisis estadístico incluyó pruebas de normalidad (Shapiro-Wilk), análisis de varianza (ANOVA) y prueba de Tukey para evaluar diferencias significativas entre los tratamientos. Los resultados indicaron que los pellets de 1,5 cm y 2 cm generaron un mayor desgaste del color, con valores de ΔE^* promedios superiores a 2,0, lo que demuestra una alta efectividad en la decoloración del tejido. En contraste, los pellets de 1,75 cm mostraron un impacto menor, con un ΔE^* promedio de 1,27, evidenciando una menor eficiencia en la fricción contra el tejido. El análisis estadístico confirmó diferencias significativas entre los tamaños de los pellets, determinando que los de 1,5 cm y 2 cm fueron los más adecuados para generar una pérdida de color uniforme y controlada. La investigación confirmó que el tamaño de los pellets de acrílico influye directamente en la intensidad del desgaste del tejido denim. Los resultados sugieren que la implementación de pellets reciclados de acrílico en la industria textil puede ser una alternativa viable y sostenible para mejorar los procesos de prelavado. Se recomienda realizar estudios adicionales variando otros parámetros, como la velocidad de rotación, la temperatura del lavado y la composición química del detergente, para optimizar aún más el procedimiento y evaluar su aplicabilidad a gran escala.

Palabras clave: Prelavado, Tejido denim, Blue Jean, Laminar de acrílico, Pellet

ABSTRACT

The present study aims to analyze the behavior of the prewash process in denim fabric (Blue Jean) using laminated acrylic pellet waste. It seeks to evaluate how different pellet sizes affect fabric discoloration and determine the optimal conditions to maximize prewash efficiency without compromising material integrity. For this purpose, a mixed methodology was employed, combining bibliographic, analytical, experimental, and comparative approaches. A literature review was conducted on denim washing processes and the use of acrylic pellets. In the experimental phase, denim fabric samples were subjected to controlled prewash processes using pellets of three different dimensions (1.5 cm, 1.75 cm, and 2 cm). A spectrophotometer was used to measure color variation (ΔE^*), while statistical analysis included normality tests (Shapiro-Wilk), analysis of variance (ANOVA), and Tukey's test to assess significant differences among treatments. The results indicated that 1.5 cm and 2 cm pellets generated greater color wear, with ΔE average values exceeding 2.0*, demonstrating high effectiveness in fabric discoloration. In contrast, 1.75 cm pellets showed a lower impact, with an average ΔE^* of 1.27, indicating lower efficiency in fabric friction. Statistical analysis confirmed significant differences between pellet sizes, determining that 1.5 cm and 2 cm were the most suitable for achieving a uniform and controlled color loss. In conclusion, the research confirmed that acrylic pellet size directly influences the intensity of denim fabric wear. The results suggest that implementing recycled acrylic pellets in the textile industry could be a viable and sustainable alternative to improve prewash processes. It is recommended to conduct further studies varying other parameters, such as rotation speed, washing temperature, and detergent composition, to further optimize the procedure and evaluate its large-scale applicability.

Keywords: Prewashing, Denim fabric, Blue Jean, Laminated acrylic, Pellet

ÍNDICE DE CONTENIDOS

INTRODUCCIÓN	1
Descripción del tema	1
Importancia del estudio	2
Objetivo General	3
Objetivos Específicos	3
Características del Sitio del Proyecto	4
CAPÍTULO I.....	5
MARCO TEÓRICO.....	5
1.1 Antecedentes	5
1.2 Bases teóricas.....	6
1.2.1 Tejido Denim (Blue Jean)	6
1.2.2 Acrílico Laminar	7
1.2.3 Usos industriales del Pellet de Acrílico	8
1.2.4 Prelavado Denim (Blue Jean)	9
1.3 Marco Legal	10
1.3.1 Constitución de la República del Ecuador	10
1.3.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte	10
1.3.3 Reglamento de Código Orgánico Ambiental (RCOA)	10
1.4 Marco conceptual.....	11
1.4.1 Tejido Denim (Blue Jean)	11
1.4.2 Pellet de Acrílico.....	12
1.4.3 Prelavado Tejido Denim (Blue Jean)	13
CAPÍTULO II	14

METODOLOGÍA	14
2.1 Enfoque y Tipo de Investigación	14
2.1.1 Investigación Bibliográfica.....	14
2.1.2 Investigación Analítica.....	14
2.1.3 Investigación Experimental	15
2.1.4 Investigación Comparativa	15
2.2 Diseño de la Investigación Materiales, Equipos y Software.....	15
2.2.1 Máquina de Prelavados	15
2.2.2 Máquina Láser	16
2.2.3 Proceso de confección de prendas denim (blue jean).....	16
a) Máquina Recta	17
b) Máquina Overlock	17
2.2.4 Espectrofotómetro.....	17
2.2.5 Centrifugadora	18
2.2.6 Túnel de Secado.....	18
2.2.7 Auxiliares de lavado	19
a) Detergente.....	19
2.3 Procedimiento y Análisis de Datos	19
2.3.1 Recepción de materia prima.....	19
2.4 Normas.....	22
2.4.1 ISO 105 A06: Medición Instrumental de la Profundidad del Color	22
2.5 Flujograma	23
2.5.1 Flujograma del Proceso General.....	23
2.5.2 Flujograma del Proceso Muestral	24
2.5.3 Pruebas de Laboratorio	24

CAPÍTULO III	25
RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	25
3.1 Resultados.....	25
3.1.1 Resultados al desgaste del color, tiempo, relación de baño, peso de pellets de acrílico	25
3.2.1 Resultados de los análisis estadísticos	29
3.2.3 Resultados gráficos de las pruebas del espectrofotómetro	31
Discusión de resultados	32
CAPÍTULO IV	34
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	34
4.1 Conclusiones.....	34
4.2 Recomendaciones	35
Referencias bibliográficas	37
ANEXOS.....	40

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Prelavado denim	10
Tabla 2 Parámetros del proceso de prelavado.	21
Tabla 3 Muestra Base	25
Tabla 4 Proceso de lavado	26
Tabla 5 Resultados de lavado con de pellets dimensión 1,5cm.....	27
Tabla 6 Resultados de lavado con pellets dimensión 1,75 cm	27
Tabla 7 Resultados de lavado con pellets dimensión 2 cm	28
Tabla 8 Resultados generales de los diferentes tamaños de pellets.....	29

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Ubicación del Laboratorio Textil.....	4
Figura 2 Pellets de acrílico.....	13
Figura 3 Máquina de prelavado	16
Figura 4 Túnel de secado	18
Figura 5 Curva de acabado.....	22
Figura 6 Flujograma del proceso general.....	23
Figura 7 Flujograma del proceso muestral.....	24
Figura 8 Normalidad de datos.....	30
Figura 9 Prueba Tukey en las variaciones de color según los diferentes tamaños de pellets .	31
Figura 10 Gráfico estadístico (variación de color).....	32

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Maquina Laser.....	40
Anexo 2 Procesos de Confección	40
Anexo 3 Corte de Chips.....	41
Anexo 4 Desengomado	41

INTRODUCCIÓN

Descripción del tema

Actualmente, la crisis que se presenta a nivel mundial en términos ambientales enfrenta a la sociedad a grandes desafíos relacionados con el uso eficiente de los recursos naturales, para ello, se requieren soluciones innovadoras con el fin de garantizar el desarrollo sostenible y el bienestar del ecosistema y la relación sociedad-naturaleza. Es por esto por lo que cada día existen más técnicas al servicio de la mejora ambiental y, en este caso específico, a la fabricación de una prenda de vestir a base de tejido denim, que en el transcurso de los años ha transformado sus procesos de producción con el fin de generar el menor impacto.

Es bien sabido que la fabricación de un tejido denim en la industria textil provoca un impacto importante y significativo en el ambiente, tal como lo demuestra Ariztizabal et al. (2020) en su investigación referida a las consecuencias que acarrea la confección de estas prendas de vestir y los efectos derivados por el elevado consumo de agua y la utilización de componentes tóxicos, cuyos residuos terminan en el sistema fluvial.

Por otra parte, la historia del acrílico se remonta a los años cuarenta, a través de la búsqueda de alternativas que sustituyan a las fibras naturales, se dio vida al acrílico; de allí se ha ido diversificando y mejorando en sus características propias, con el objeto de que la producción del material final genere mayor rentabilidad y mejor calidad (Textti, 2024).

En términos del proceso de lavandería del tejido Blue Jean, en la actualidad se generan estrategias basadas en la minimización del impacto ambiental; es por esto que el tema a desarrollar basa su objetivo principal en el análisis del desperdicio laminar de acrílico pellet, el cual, basado en sus conocidas ventajas y atributos, da origen a la presente investigación que tiene como finalidad dar a conocer las principales ventajas de la aplicación de dicho material y su eventual

utilización en la industria textil. Desde la perspectiva analítico-experimental, se propone la realización de pruebas en equipos de laboratorio acondicionados para realizar ensayos y que se encuentran en la Carrera de Textiles de la Universidad Técnica del Norte; la investigación persigue el fin noble para el uso consciente de los recursos naturales y el equilibrio con el ambiente, teniendo en cuenta que la contaminación es un problema latente y que su minimización, reducción o eliminación, son todavía una tarea pendiente.

Importancia del estudio

Como es sabido, la fabricación en masa de productos, así como los procesos que estos precisan para llegar a la calidad de la prenda, afectan en grandes proporciones al medio ambiente; es por esto que la importancia de dicho estudio radica en la posibilidad de darle una oportunidad al planeta con soluciones innovadoras que aporten calidad y resistencia a las prendas de vestir y, por otro lado, dé solución a un problema de generación de desechos plásticos.

La importancia y la diferencia del manejo de los materiales reciclados también enfoca su estrategia en cómo estos son aplicados a los procesos de fabricación. El uso de pellets en lugar de reciclados de forma triturada proporciona al proceso de producción una calidad que se mantiene a lo largo de la realización del producto, así como ayuda a reducir el número de defectos y a aumentar la vida útil de las maquinarias debido a que reducen su abrasión (Zhou, 2024). En consecuencia, la uniformidad del grano y características de fusión, dan origen a un material de mayor consistencia, lo que genera un aumento en la eficiencia de la producción.

Gracias a la característica del acrílico de ser más duradero y poseer un alto brillo óptico, para el nuevo proceso se puede ahorrar hasta un 70% de agua y se utilizan menos químicos y energía al no requerir tanto calor para la fijación del color (Zepol, 2023).

En comparación con otros materiales existentes actualmente que están en uso en el mercado que son utilizados en la reducción del impacto ambiental, el pellet de acrílico es utilizado en procesos de más exigencia, ya que le da a la prenda la característica de menor desgaste en el tiempo, por lo que presenta mayor vida útil (Longsheng, 2023). En consecuencia, al tener una prenda de vestir de alta calidad y que su desgaste sea con pellets de acrílico, en su proceso no tendría mucho desperdicio de partículas en las tuberías de las aguas residuales, ya que como el acrílico tiene una estructura firme no se va a desgastar con facilidad, en ese sentido, el impacto ambiental en términos de desechos se verá altamente reducido.

Objetivo General

- Analizar el comportamiento del prelavado en tejido denim (Blue Jean) empleando desperdicio laminar de acrílico pellet

Objetivos Específicos

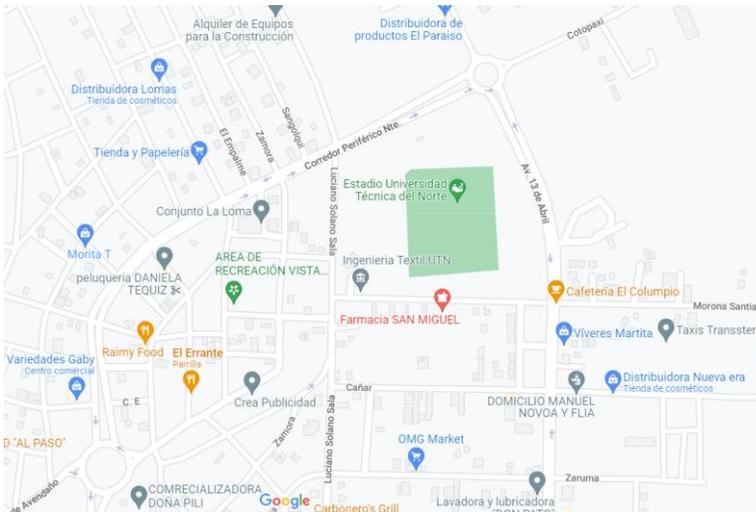
- Indagar en fuentes bibliográficas, tesis, artículos, etc. Información sobre el prelavado del tejido denim y el comportamiento con desperdicios laminar de acrílico pellet.
- Desarrollar pruebas de prelavado en el tejido denim, utilizando pellets de acrílico elaborado con los desperdicios laminares de diferentes dimensiones.
- Evaluar el tejido denim prelavado mediante el equipo espectrofotómetro, y obtener datos de las variaciones para evaluar la diferencia de tonalidad del color en el tejido denim (Blue Jean).
- Analizar los resultados obtenidos en el espectrofotómetro mediante gráficas estadísticas de tendencia utilizando el software past 4, Excel, para la evaluación de la tonalidad del color en el tejido denim (Blue Jean).

Características del Sitio del Proyecto

Cómo se lo indica en la **Figura 1**. El proyecto presente se desarrolló en la ciudad de Ibarra, en los laboratorios de la carrera de Textiles que pertenece a la Universidad Técnica del Norte, es el único laboratorio a nivel nacional calificado para realizar pruebas con certificación, en donde se puede encontrar una variedad de equipos de alta tecnología, ubicada en el barrio azaya, calle Morona Santiago y Luciano Solano Sala, con las siguientes coordenadas 0.37935287236308185, -78.12209215096641.

Figura 1

Ubicación del Laboratorio Textil



Fuente: (Google Maps, 2024)

CAPÍTULO I

MARCO TEÓRICO

1.1 Antecedentes

La investigación tiene un enfoque medioambiental, por medio de la propuesta establecida se busca generar conciencia productiva y generar una prenda sana para la sociedad, es decir que durante el proceso de prelavado no exista un desperdicio del producto final como es el jean y la contaminación por residuos, polvo de la piedra pómez.

Según López (2010) “el tratamiento de prelavado de los jeans o denim consiste en la introducción de pequeñas piedras de pómez en la lavadora que permiten una fricción y desprendimiento de partículas”, esto genera cualidades en la prenda de jean, sin embargo, presenta inconvenientes ya que el exceso de abrasión daña el material de lavado y los desperdicios son eliminados junto con el agua que es el origen de la contaminación. En función de las consecuencias se propone el uso del material identificado como laminar de acrílico pellet cuyas propiedades físicas ayudaran a la obtención de un efecto favorable en el prelavado.

En la evolución del mercado denim, la demanda del consumidor persiste. La evolución de las marcas de alta gama tiene un desempeño favorable con lo que los consumidores están dispuestos a pagar sumas de dinero muy altas por un buen producto, en este caso no hay una barrera de precio para lo que optan por una prenda de calidad.

Se consideran tres parámetros en el lavado enzimático: concentración de enzima, temperatura de lavado y tiempo a pH 5,5. Para investigar el estado de lavado óptimo, se selecciona prendas de mezclilla de algodón teñidas con índigo (pantalones) y se procesan por enzimas, con una concentración de 0,5% a 3,5%, temperatura de 40°C a 70°C y tiempo de 20 min a 60 min para el logro con el efecto deseado, desgastado y envejecido (Alba, 2018).

1.2 Bases teóricas

El presente estudio de investigación es un tema nuevo en el proceso de desgaste del Denim aplicando pellet de acrílico de desperdicio laminar por lo cual no se encuentran estudios previos que sustenten los parámetros que se realiza en el desgaste, de esta manera la información obtenida que se recopiló en su mayoría son de sitios web confiables ya que de esta manera se pudo continuar con la investigación, pero con datos y estadísticas realizadas en el laboratorio Textil de la Universidad Técnica del Norte.

1.2.1 Tejido Denim (Blue Jean)

Según Espinoza (2019) el denim Stretch, compuesto principalmente por 98% de algodón y 2% de elastano, es una combinación de algodón y spandex. En este tipo de tejido, el elastano se encuentra envuelto en el algodón, formando el hilo de la trama y otorgando elasticidad horizontal a la prenda. La estructura del tejido sigue el patrón tradicional de la sarga. En contraste con el denim clásico, el denim stretch ofrece mayor comodidad y flexibilidad, caracterizándose además por su resistencia y durabilidad. Fabricado a partir de algodón tejido con una trama que consiste en un hilo de trama y un hilo de urdimbre del mismo color, el tejido denim presenta un aspecto distintivo de rayas diagonales.

Es ampliamente empleado en la fabricación de prendas de trabajo y pantalones vaqueros. Se trata de un tejido básico reconocido a nivel global que combina dos hilos de algodón, uno teñido de azul índigo y el otro blanco, los cuales se entrelazan entre sí para formar una tela denominada sarga, que presenta una apariencia rígida y áspera (Santini, 2023).

Se utiliza en una amplia variedad de prendas, desde pantalones y chaquetas hasta camisas y faldas, se caracteriza por su durabilidad, resistencia y distensión clásica, por lo cual se caracterizó

en la prenda de designación popular de las personas de todas las edades. Además, se fabrica a partir de hilos de algodón trenzados de manera similar a una tela de canvas este tejido tradicional es de color azul oscuro, pero hoy en día está disponible en una amplia gama de tonalidades, desde blanco hasta negro, esto es gracias a los acabados que se aplica al tejido (Veigler, 2024).

Uno de los aspectos más importantes del denim es su resistencia al desgaste, es un tejido muy resistente y duradero, por lo cual resulta idóneo en prendas que se usan con frecuencia y sufren desgaste constante. Además, el denim también es muy resistente a las arrugas y a la suciedad, lo que lo hace fácil de limpiar (Gamboa, 2018).

En cuanto a la moda, el denim ha sido un material popular desde hace décadas. Los jeans, que son probablemente la prenda más icónica hecha de denim, en las últimas décadas, han experimentado un aumento significativo de su popularidad a nivel mundial. Sin embargo, el denim también se utiliza para hacer una variedad de prendas, como chaquetas, camisas, faldas y pantalones.

1.2.2 Acrílico Laminar

El acrílico laminado es un material compuesto de varias capas de acrílico transparente, presenta una resistente a la intemperie respecto de impactos, agentes químicos, como también a los rayos UV, ligero y con mayor solidez que el vidrio. Está presente en aplicaciones como paneles decorativos, láminas de ventanas, techos, productos de protección y barreras o divisores, posee una facilidad de limpieza, mantenimiento y transporte, además de un costo económico para la adquisición (Martí, 2019).

El laminado acrílico se obtiene al mezclar una capa de metacrilato de metilo con una lámina de plástico o aluminio. Esto permite que el material sea más duradero con un alto brillo óptico que el acrílico convencional, además, el proceso de laminación también proporciona una superficie

más uniforme y lisa, lo que lo hace ideal para su uso específicamente en productos de exhibición. El acrílico laminar es un material de alta calidad que ofrece una combinación única de resistencia, transparencia y durabilidad. Estas características lo convierten en una opción óptima para una diversidad de usos, desde la fabricación de productos de exhibición hasta la fabricación de paneles de pared (Moreno, 2022).

1.2.3 Usos industriales del Pellet de Acrílico

El pellet de acrílico es utilizado en la industria textil para fabricar lo siguiente:

- Telas acrílicas, como fieltro y terciopelo
- Tejidos acrílicos, como suéteres y bufandas
- Fibras acrílicas para ropa, como lana acrílica
- Hilos acrílicos para tejidos y costura
- Productos de acabado, como resinas y productos impermeables.

Es un material versátil y empleado en diversas industrias, abarca desde la textil hasta la construcción, electrónica, iluminación y moda. Posee una gran resistencia al agua y facilidad de cuidado por lo cual es usado en la fabricación de hilos para tejidos y costura, así como en productos de acabado, como resinas y productos impermeables (Alvarado, 2008).

Es reconocido como materia prima en la producción de fibras y artículos acrílicos como también en la producción de telas, tejidos suaves y cálidos, como suéteres, bufandas y lana acrílica. El pellet de acrílico es un material plástico termoestable fabricado a partir de monómeros acrílicos. Posee propiedades únicas entre las cuales se especifica la transparencia, resistencia a la intemperie y capacidad para ser moldeado en una diversidad de formas y dimensiones (Boschet y Ameduri, 2014).

El proceso de fabricación incluye la polimerización de monómeros acrílicos y su posterior extrusión en forma de pequeñas perlas o pelotas. Este material es utilizado comúnmente en elaboración de elementos a gran escala debido a su disponibilidad, bajo costo y versatilidad (Arias, 2019).

1.2.4 Prelavado Denim (Blue Jean)

El prelavado de denim es un proceso importante en la producción de pantalones blue jeans. Este proceso se realiza antes y después de la fabricación de la prenda para lograr un aspecto más desgastado y suave al tejido. Además, el prelavado también tiene la función de reducir la cantidad de tintes residuales en el denim, lo que mejora la calidad del producto final. Además, el prelavado también puede ser utilizado para cambiar la forma en que el tejido. Por ejemplo, puede hacer que el denim se sienta más suave y cómodo, lo que lo hace más atractivo para los consumidores. También puede ayudar en que el denim se ajusta a la figura del cuerpo, lo que mejora la apariencia y el confort de la prenda (Trelles y Mejía, 2018).

Sin embargo, el prelavado también puede tener algunos efectos negativos. Por ejemplo, el proceso puede debilitar el tejido, lo que puede llevar a una mayor tasa de desgaste y rotura de la prenda. También puede ser costoso, ya que requiere un proceso adicional en la producción y aumenta los costos totales de la prenda.

El prelavado de denim es un proceso importante en la producción de pantalones jeans ya que puede mejorar la apariencia y el confort de la prenda, pero también puede tener algunos efectos negativos y aumentar los costos de producción.

En la **Tabla 1**, se observa cuáles son los parámetros para tomar en cuenta al momento de realizar un prelavado.

Tabla 1

Prelavado denim

Peso (tela)	Detergente	Agua	Temperatura	Tiempo	Producto
375 gr	0.8%	200 litros	75°	25 min	Piedra pómez

1.3 Marco Legal

1.3.1 Constitución de la República del Ecuador

Según la Constitución de la Republica del Ecuador (2008) en el Art. 15 se dispone que el Estado fomentará el empleo de tecnologías ambientalmente amigables y de energías alternativas no contaminantes y de mínima repercusión, tanto en el ámbito público como en el privado. Se asegura que la soberanía energética no será conseguida en perjuicio de la soberanía alimentaria ni afectará el derecho al acceso al agua.

1.3.2 Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte

Las líneas de investigación de la universidad técnica del norte con las que se realizó el presente trabajo de investigación son la producción industrial y tecnología sostenible, así como la gestión, producción, productividad, innovación y desarrollo socioeconómico, las cuales se alinean con la temática abordada en este trabajo (Universidad Técnica del Norte, 2022).

1.3.3 Reglamento de Código Orgánico Ambiental (RCOA)

Con base al Reglamento al Código Orgánico del Ambiente en 2019, indica que: Hay normas y regulaciones para proteger el ambiente y prevenir la contaminación del agua. Según el código, la contaminación del agua es una acción que daña o perturba el equilibrio ecológico de los ecosistemas acuáticos.

1.4 Marco conceptual

1.4.1 Tejido Denim (Blue Jean)

El tejido denim es un tipo de tela que se caracteriza por ser resistente y duradera. Se fabrica a partir de algodón tejido con una trama que consiste en un hilo de trama y un hilo de urdimbre del mismo color. El tejido denim es un tipo de tela de algodón resistente y duradero, con un aspecto característico de rayas diagonal. Es muy utilizado en la confección de ropa de trabajo y Jeans, es un tejido reconocido internacionalmente que resulta de la combinación de dos hebras de algodón, una teñida de azul índigo y la otra de color blanco, que se entrelazan para crear una tela llamada sarga, la cual presenta una textura firme y áspera (Espinoza, 2019).

La tela denim, reconocida también como jean azul, figura como uno de los materiales más populares y adaptables en el ámbito de la moda. Es empleado en una diversidad de indumentarias que van desde pantalones y chaquetas hasta camisas y faldas. El denim se caracteriza por su durabilidad, resistencia y tendencia clásica, por lo cual se caracterizó en la prenda de designación popular de las personas de todas las edades, se fabrica a partir de hilos de algodón trenzados de manera similar a una tela de canvas este tejido tradicional es de color azul oscuro, pero hoy en día también se puede encontrar en una variedad de colores, desde blanco hasta negro, esto es gracias a los acabados que se aplica al tejido.

Uno de los aspectos más importantes del denim es su resistencia al desgaste, es un tejido muy resistente y duradero, por lo cual resulta idóneo en la confección de prendas que son utilizadas con frecuencia. Además, el denim también es muy resistente a las arrugas y a la suciedad, lo que lo hace fácil de limpiar (Gamboa, 2018). Además, en cuanto, a la moda, el denim ha sido un material popular desde hace décadas. Los jeans, que son probablemente la prenda más icónica

hecha de denim. Sin embargo, el denim también se utiliza para hacer una variedad de prendas, como chaquetas, camisas, faldas y pantalones.

1.4.2 Pellet de Acrílico

El acrílico es un polímero termoplástico que se fabrica a partir de compuestos de metacrilato de metilo. Es un material reconocido por la transparencia alta, por lo cual hace ideal para su uso en aplicaciones donde se necesita un alto grado de claridad visual, como paneles de visualización. Los pellets de acrílico se producen a partir de la extrusión del material en un proceso que implica el calentamiento y la fusión del polímero para crear una forma sólida y granulada (Bodaghi et al., (2022).

Berdahl et al. (2008) menciona que una de las ventajas de los pellets de acrílico es su resistencia a la intemperie. El material no se descompone ni se decolora con la exposición a la luz solar, lo que lo hace ideal para su uso en exteriores. Además, el acrílico es muy vigoroso a casi todos los productos químicos y es muy duradero, lo que lo hace ideal para aplicaciones industriales textiles y comerciales, es un material que se puede moldear y manipular para crear una amplia variedad de formas y diseños. Los pellets de acrílico también son fáciles de trabajar, lo que los hace ideales para su uso en talleres o industrias textiles entre otras. La desventaja de esto es que los pellets de acrílico pueden ser costosos en comparación con otros materiales plásticos. Además, el acrílico es más propenso a la fractura que otros materiales, lo que lo hace menos adecuado para su uso en aplicaciones de alta tensión o carga. Además, el material es inflamable y debe manipularse con precaución en entornos de alta temperatura

Los pellets de acrílico son un material de plástico rígido y resistente con lo cual es muy utilizado. El material es conocido por su alta transparencia y resistencia, lo cual lo hace ideal para ser utilizado en la intemperie y en aplicaciones de diseño. Aunque puede ser costoso en

comparación con otros materiales plásticos, su durabilidad y resistencia a los productos químicos lo hacen ideal para aplicaciones industriales y comerciales.

Figura 2

Pellets de acrílico



Fuente. (Longsheng, 2023)

1.4.3 Prelavado Tejido Denim (Blue Jean)

El proceso de prelavado, según Soto (2015) tiene como objetivo principal desgastar una prenda para otorgarle una apariencia de desgaste y uso, lo que le confiere un aspecto de moda. Además de este efecto estético, el prelavado también suaviza y endurece la tela. Sin embargo, es importante tener en cuenta que estos procedimientos pueden afectar negativamente los hilos utilizados en las costuras, especialmente si no se seleccionan ni aplican con el cuidado adecuado.

Los estudios planteados en esta investigación se involucran en la “*Innovación en procesos de lavandería*”, de esta manera dar a la prenda un nuevo color o aspecto, buscando crear un producto atractivo comercial. De igual manera en la tesis “*TELA DENIM ECOD*” Publicada por la misma universidad Técnica del Norte se da a conocer a las empresas fabricantes los tipos de jeans, todas las opciones otorgadas por este tipo de tejido elaborado a partir de botellas plásticas (Cabrera, 2022).

CAPÍTULO II

METODOLOGÍA

2.1 Enfoque y Tipo de Investigación

2.1.1 Investigación Bibliográfica

La investigación bibliográfica es un tipo de investigación que se basa en el estudio y análisis de fuentes bibliográficas y documentales relevantes sobre un tema específico. En este enfoque, el investigador recopila, examina y sintetiza información de libros, artículos académicos, tesis, informes técnicos, documentos gubernamentales, entre otros recursos escritos. El objetivo principal de este tipo de investigación es revisar y evaluar el conocimiento existente sobre un tema en particular, identificando las principales teorías, enfoques, hallazgos y debates dentro de un campo de estudio (Asiu et al., (2021). En la presente investigación, se recopiló información sobre el prelavado del tejido denim y el comportamiento con desperdicios laminar de acrílico pellet.

2.1.2 Investigación Analítica

La investigación analítica es un enfoque científico que se centra en descomponer un problema o fenómeno en sus componentes más básicos para comprender su funcionamiento, relaciones causales y comportamiento. En este tipo de investigación, se utilizan métodos analíticos y estadísticos para examinar datos detallados y complejos con el fin de identificar patrones, tendencias, asociaciones significativas y relaciones causales entre variables (Lucero, 2023). La investigación analítica implicó un estudio detallado y exhaustivo sobre cómo el tejido denim reacciona específicamente al proceso de prelavado cuando se utiliza desperdicio laminar de acrílico pellet.

2.1.3 Investigación Experimental

En la investigación experimental, el investigador ajusta una o más variables de estudio para controlar su aumento o disminución y analizar su impacto en los comportamientos observados. Se centró en prelavar tejido denim utilizando pellets de acrílico de diversas dimensiones, evaluando la tonalidad del color a través de espectrofotometría y análisis estadístico para una comprensión más profunda de su comportamiento (Morán, 2023).

2.1.4 Investigación Comparativa

En el estudio, se subraya la importancia de establecer una base sólida mediante la investigación comparativa. Baen (2017) resalta que comparar implica encontrar similitudes entre los elementos de estudio, pero la dificultad radica en determinar el grado apropiado de analogía entre ellos. Esto implica evaluar cuidadosamente las características relevantes y las diferencias significativas para garantizar una comparación adecuada y una interpretación precisa de los resultados.

2.2 Diseño de la Investigación Materiales, Equipos y Software

2.2.1 Máquina de Prelavados

La **Figura 3** se trata de un equipo industrial que ofrece beneficios tanto en términos mecánicos como técnicos. Consiste en un cilindro que está integrado a una malla protectora de prendas, con un diseño de tamizado. En la parte lateral superior se ubica la entrada y salida de las prendas. Este dispositivo permite aplicar diseños al material textil, utilizando el método de agotamiento, con auxiliares diferentes con densidades variadas (Chileno, 2023).

Figura 3

Máquina de prelavado



2.2.2 Máquina Láser

Con la tecnología de la maquinaria y su proceso posterior, el cual es el diseño en el programa de adobe ilustrador donde se diagrama las diferentes figuras que se necesite para el corte laser como se muestra en el **Anexo 1**. La tecnología y la precisión del rayo láser posibilitan la impresión de una amplia gama de figuras, aplicaciones y efectos en prendas sin recurrir a métodos dañinos para la salud del operador, lo que conlleva ahorros significativos de productos químicos agua, energía y tiempo durante el proceso de acabado de los jeans (Paredes, 2017).

2.2.3 Proceso de confección de prendas denim (blue jean)

En el proceso se utilizaron dos tipos de máquinas diferentes, con las cuales se realiza el proceso de costura de pantalones, los que fueron designados a las muestras con las que se realizó el prelavado con las diferentes dimensiones de pellets tal como se muestra en el **Anexo 2**.

a) Máquina Recta

La máquina de coser plana o recta se caracteriza por su funcionamiento el cual consta de 2 hilos de seguridad y formar la puntada cerrada, conocida como puntada "lockstitch". El primer hilo se suministra desde un cono, mientras que el segundo se enrolla en un carretel pequeño. Este tipo de máquina es ampliamente utilizada en la costura de diversos materiales textiles debido a su durabilidad, potencia y calidad. En la confección de camisetas, también se puede emplear la máquina atracadora, que opera de igual manera a la máquina recta, pero con una puntada de seguridad de mayor calidad (Angulo, 2022).

b) Máquina Overlock

Conocida también como remalladora se utiliza para crear costuras de seguridad entre 2 piezas de tela, garantizando una costura limpia mediante una cuchilla que suaviza los bordes para evitar el deshilachado que podría causar incomodidad al usar la prenda. Esta máquina requiere de 3 a 5 hilos de alimentación, algunos de los cuales se enhebran en el mecanismo superior de costura en las agujas, mientras que otros se enhebran en la parte inferior para crear la puntada de seguridad (Angulo, 2022).

2.2.4 Espectrofotómetro

El espectrofotómetro es un equipo utilizado en diversas industrias, como la textil, la química y la alimentaria, para medir y analizar la reflexión o absorción de la luz por parte de una muestra. Consiste en una fuente de luz, un monocromador para seleccionar longitudes de onda específicas, una muestra o celda de muestra donde se coloca el material a analizar, y un detector que registra la intensidad de la luz transmitida o reflejada. A partir de estas mediciones, el espectrofotómetro puede detectar el porcentaje de una sustancia en una muestra, evaluar la pureza de un compuesto, o analizar características como el color y la opacidad de un material. Es una

herramienta fundamental en investigación y control de calidad debido a su capacidad para proporcionar mediciones precisas y reproducibles (Pinto, 2022).

2.2.5 Centrifugadora

La centrifugadora para jeans es una máquina utilizada en la industria textil, específicamente en la etapa de acabado de los jeans. Esta máquina es utilizada para sacar el exceso de agua y productos químicos de los jeans después de procesos de lavado y teñido. Funciona mediante un proceso de centrifugado, donde los jeans se colocan en el tambor de la máquina y se someten a una rápida rotación, lo que genera fuerza centrífuga que expulsa el líquido hacia afuera. Esto ayuda a acelerar el tiempo de secado y mejora la eficiencia del proceso de acabado, contribuyendo a una producción más rápida y eficiente de los jeans (Pinto, 2022).

2.2.6 Túnel de Secado

La **Figura 4** es un componente crítico en la infraestructura de la planta textil, desempeña una función esencial al facilitar el proceso de secado de muestras o sustratos textiles. Su importancia radica especialmente en garantizar la termofijación precisa de resinas y ligantes, operando a una temperatura óptima de 150°C, lo que contribuye significativamente a la calidad y durabilidad (Chileno, 2023).

Figura 4

Túnel de secado



2.2.7 Auxiliares de lavado

Para el proceso de lavado en este caso solo se utilizó un auxiliar el cual fue solo detergente que tenía características específicas para el proceso de lavado.

a) Detergente

Un detergente es una sustancia utilizada para limpiar y eliminar la suciedad de superficies, generalmente en contextos domésticos o industriales. Está compuesto por agentes tensoactivos que ayudan a disolver la grasa y la suciedad, así como otros ingredientes como agentes quelantes, abrasivos, enzimas, blanqueadores, perfumes y conservantes, dependiendo de su formulación y uso previsto. Los detergentes pueden estar disponibles en forma líquida, en polvo, en gel o en pastilla, y se utilizan comúnmente para lavar ropa, vajilla, utensilios de cocina, superficies domésticas, entre otros (Chileno, 2023).

2.3 Procedimiento y Análisis de Datos

2.3.1 Recepción de materia prima

La materia prima será suministrada por la empresa Grafíar Publicidad, ubicada en las calles Obispo Mosquera 5-13 y Sucre en Ibarra. Se utilizarán 62,5 g por cada muestra, lo que suma un total de 187,5 g de pellets por cada tamaño y cada muestra de tejido Denim para el estudio, distribuidas en tres muestras en total.

2.3.2 Corte de CHIPS

Para llevar a cabo los cortes, se empleó una máquina láser. Como se muestra en el **Anexo 3**, se efectuaron cortes en tres tamaños diferentes: 1,5 cm, 1,75 cm y 2 cm. Estas dimensiones fueron seleccionadas meticulosamente para garantizar la diversidad y representatividad de los cortes realizados en las muestras de tejido Denim. La utilización de la tecnología láser asegura una precisión y consistencia óptimas en los cortes, lo que resulta fundamental para la uniformidad y fiabilidad de los datos obtenidos en el estudio.

2.3.3 Desengomado

En el **Anexo 4** se muestra el proceso de desengomado en el tejido denim es importante para eliminar los aprestos aplicados durante el proceso de urdido, posterior a esto permite mejorar las propiedades para siguientes procesos, en este caso como acabados especiales tal como es el desgaste de color. Para esto se utilizó la máquina de prelavados, en la cual se trabajó con una temperatura de 90°C en este proceso (Vicunha, 2020), en la **Tabla 2** se puede observar los parámetros que se utilizó.

Tabla 2

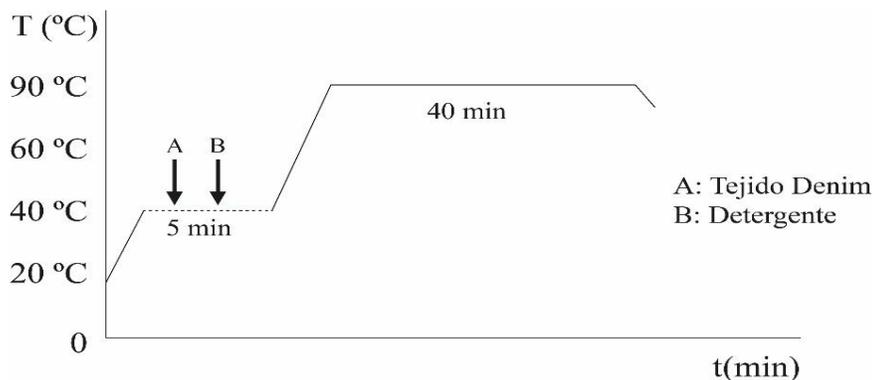
Desengomado

Ítem	Unidades	Parámetros
Tejido Denim	g	375
Detergente (g)	g	6,09
Tiempo (min)	min	45
Temperatura	°C	90

En la **Figura 5** se puede observar la curva de acabado que se realizó en este proceso con los parámetros establecidos anteriormente.

Figura 5

Curva de acabado (Desengomado)



2.3.4 Prelavado

El desarrollo de prelavado se lo realiza con la máquina de prelavados que se encuentra en las instalaciones de la Universidad Técnica del Norte, en la carrea de CTEX. Según (Vicunha, 2020), establece una temperatura de 40°C - 60°C depende del tipo de desgaste que se necesite aplicar, de igual manera se lo puede realizar sin temperatura, en este caso específico se realizó el proceso en temperatura ambiente del agua que es a 20 °C. Durante un periodo de 45 minutos, se añade detergente al ciclo de lavado, garantizando una limpieza efectiva y completa del tejido Denim. Este enfoque meticuloso en el prelavado es importante para eliminar cualquier contaminante superficial y preparar adecuadamente las muestras para las etapas posteriores del estudio (Vicunha, 2020).

Tabla 3

Parámetros del proceso de prelavado.

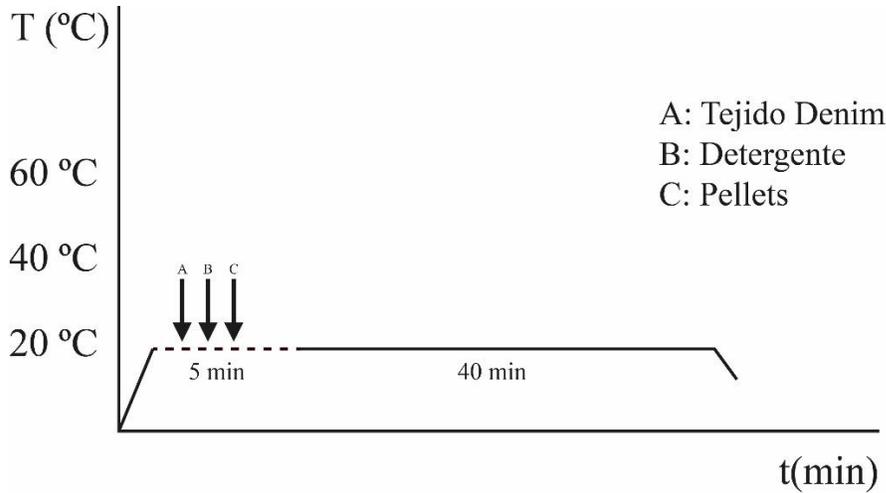
Ítem	Unidades	Parámetros
Temperatura	°C	20
Tiempo	min	45
R/B	l/kg	1:30

2.3.5 Lavado y Secado

Después del prelavado, las muestras de tejido Denim avanzan al proceso de lavado y secado, realizado mediante un sistema de túnel de secado. En este sistema, las muestras pasan a través de un flujo de secado, donde se aplican condiciones de temperatura y tiempo controladas para asegurar un secado uniforme y eficiente. En la **Figura 6** se puede visualizar la curva de acabado que se realizó.

Figura 6

Curva de acabado prelavado



2.4 Normas

2.4.1 ISO 105 A06: Medición Instrumental de la Profundidad del Color

Este enfoque, según lo especificado en la norma ISO 105 A06, busca establecer los estándares de color en el laboratorio para evaluar la solidez del color transferido a la superficie del material mediante el uso del Espectrofotómetro.

La efectividad, precisión, sensibilidad y alcance espectral de un espectrofotómetro están determinados por las variables de diseño y la selección de sus componentes ópticos. Cuando la luz pasa a través de un material, parte de su energía es absorbida. La coloración de los materiales se debe a esta absorción selectiva de ciertas longitudes de onda de la luz blanca incidente, lo que hace que solo percibamos las longitudes de onda no absorbidas (Morán, 2023).

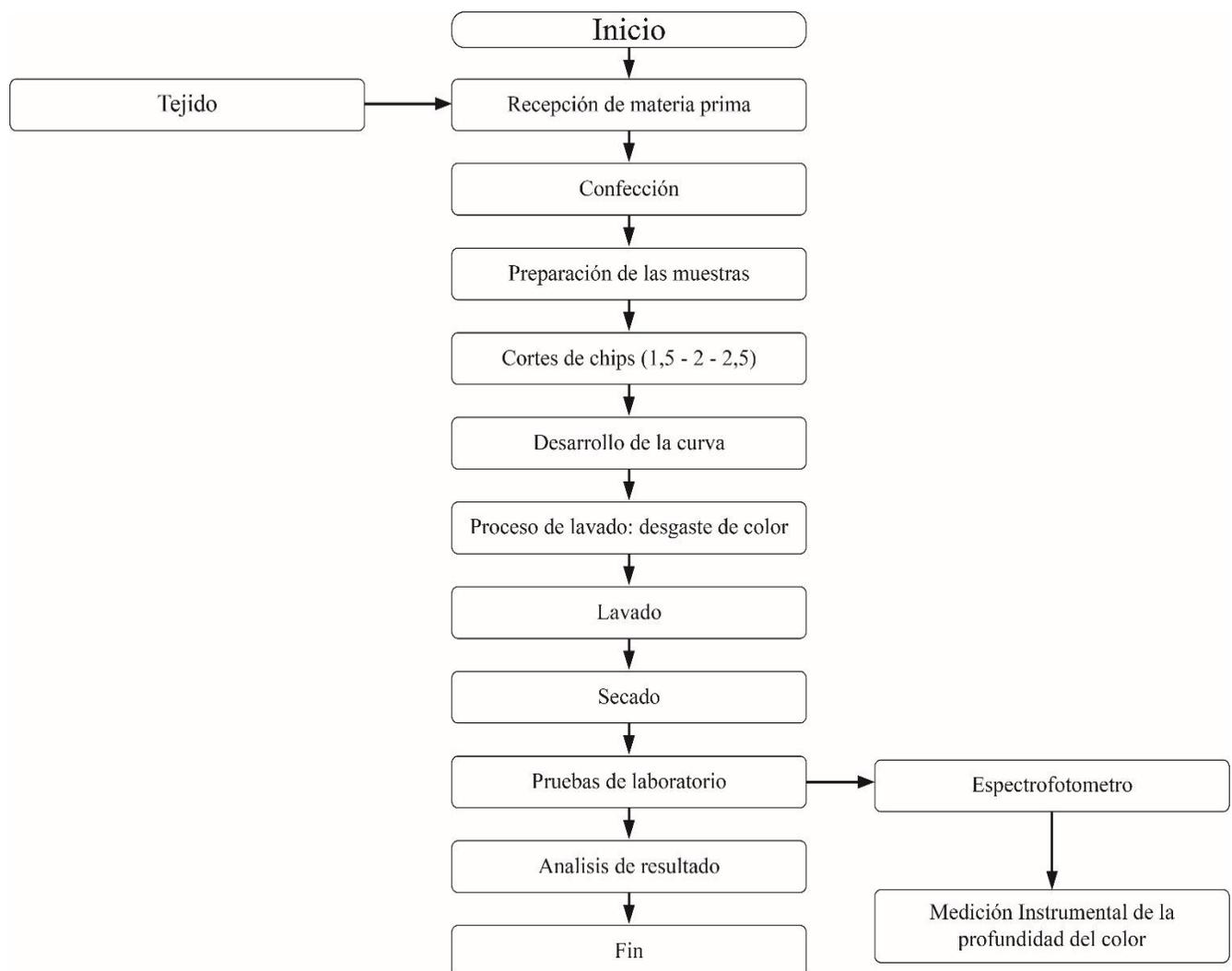
2.5 Flujograma

2.5.1 Flujograma del Proceso General

La **Figura 7** describe el diagrama de flujo que ilustra los pasos involucrados en un experimento para evaluar el comportamiento del tejido Denim al prelavado, empleando desperdicios de acrílico pellet. El cual inicia desde la recepción del tejido hasta las pruebas de laboratorio realizadas.

Figura 7

Flujograma del proceso general

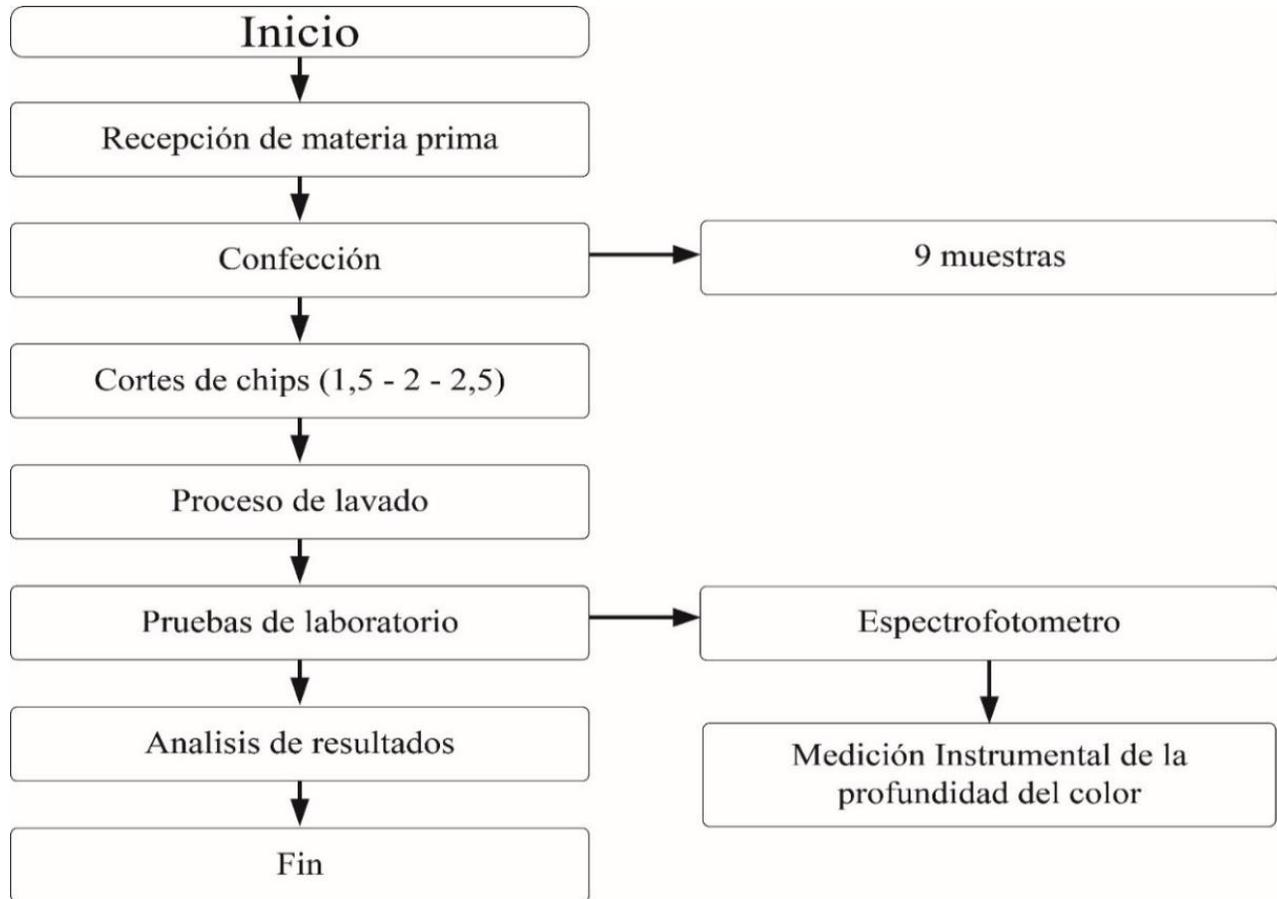


2.5.2 Flujograma del Proceso Muestral

En la **Figura 8** se describe el proceso muestral para evaluar el comportamiento del tejido Denim al prelavado, empleando desperdicios deacrílico pellet.

Figura 8

Flujograma del proceso muestral.



2.5.3 Pruebas Espectrofotométricas

Preparación del espectrofotómetro

- Calibración del equipo

Preparación de la muestra espectrofotométría

- Muestra base no tiene ningún tipo de proceso
- Planchar las muestras

- Tamaño de la muestra (10x10 cm)

Selección de condiciones de medición

En la norma **ISO 105-A06** tiene condiciones específicas las cuales se deben realizar

- Angulo de medición 45°

CAPÍTULO III

RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

3.1 Resultados

En esta sección se presentan los resultados obtenidos a lo largo del estudio, enfocados en evaluar los parámetros y procesos textiles analizados. Los datos se organizan de manera que respondan a los objetivos planteados y se apoyan en representaciones gráficas, tablas y estadísticas específicas de la industria textil. La información se expone de forma objetiva y detallada, proporcionando una base sólida para interpretar el impacto de las variables estudiadas en esta investigación.

3.1.1 Resultados al desgaste del color, tiempo, relación de baño, peso de pellets de acrílico

En la **Tabla 4** se detalla la muestra del tejido sin ningún proceso, por el cual se obtuvieron los siguientes resultados.

Tabla 4

Muestra Sin Pellets

Muestra Tejido Denim	ΔE
1	3,36
2	3,52
3	3,21

En la **Tabla 5** se detalla el procedimiento de lavado aplicado al denim utilizando pellets de diferentes tamaños y detergente diseñado para prendas delicadas en particular, el cual contiene agentes tensoactivos no iónicos y enzimas seleccionados por su eficiencia en la limpieza sin causar daños a la tela ni modificar su color original. Además, se establecieron parámetros específicos para el lavado como por ejemplo un lapso de lavado de 45 minutos junto a una relación de baño (R/B) de 1 a 30, estos elementos garantizan que la etapa del prelavado y el lavado sean reproducibles y eficaces conforme a los objetivos planteados en la investigación.

Tabla 5

Proceso de lavado

Muestra Tejido Denim (Blue Jean) (cm)	Tiempo (min)	R/B
1.5	45	1/30
1.75	45	1/30
2	45	1/30

En la **Tabla 6**, se observan los resultados obtenidos de pellets de acrílico de 1,5 cm en el lavado del tejido denim, obteniendo una diferencia de tonalidad promedio de $\Delta E = 4,49$, lo que indica un efecto significativo en el desgaste del color del tejido. Las diferencias entre las muestras fueron mínimas variando entre 4,46 y 4,55 puntos; indicando una alta uniformidad en los resultados.

Así mismo, se destaca que estos resultados se relacionan con el uso de una proporción de baño elevada (Relación R/B = 1/30), debido a la liviana consistencia del tejido manipulado; las muestras incluían tres pantalones para niños que pesaban en total 375 g (equivalentes a 0,375 kg). Dado que la máquina de lavado contaba al menos una capacidad de 10 litros; fue necesario ajustar la proporción del baño para asegurar un contacto óptimo entre los gránulos de detergente el tejido

trabajado, lo cual garantizó una distribución uniforme durante el lavado y permitió que los pellets se mezclaran de manera efectiva en la tela, aumentando al máximo la retención del color sin afectar la calidad del material.

Tabla 6

Resultados de lavado con de pellets dimensión 1,5cm

Muestra Tejido Denim	ΔE	Tiempo (min)	Peso pellets (g)
1	4,48	45	187,5
2	4,55	45	187,5
3	4,46	45	187,5

Los resultados presentados en la **Tabla 7**, al utilizar pellets dimensión 1,75 cm, muestran un impacto medio en la pérdida del color, con valores de ΔE que varían entre 3,47 y 3,90, teniendo un promedio de 3,66.

Tabla 7

Resultados de lavado con pellets dimensión 1,75 cm

Muestra Tejido Denim	ΔE	Tiempo (min)	Peso pellets (g)
1	3,90	45	187,5
2	3,63	45	187,5
3	3,47	45	187,5

Los resultados de la **Tabla 8**, muestran que al utilizar pellets de 2 cm en el lavado de tejido denim, se obtuvo una importante pérdida de coloración evidenciada por valores de ΔE que varían entre 3,95 y 4,39 y un promedio de 4,15.

Tabla 8

Resultados de lavado con pellets dimensión 2 cm

Muestra Tejido Denim	ΔE	Tiempo (min)	Peso pellets (g)
1	4,12	45	187,5
2	3,95	45	187,5
3	4,39	45	187,5

En la **Tabla 9**, se observan los resultados consolidados de las pruebas con diferentes tamaños de pellets de 1,5 cm y 2 cm, obteniendo que, los valores promedio de ΔE , registrados en 4,497 y 4,153 respectivamente, demostraron una eficiencia y consistencia destacadas en el desvanecimiento del color durante el proceso de prelavado. En contraste, los pellets de 1,75 cm mostraron un ΔE promedio de 3,667, lo que indicó una influencia menor en la pérdida de color y una eficacia más baja en comparación con los otros tamaños. Al utilizar un período de lavado de 45 minutos, una proporción alta de baño (R/B = 1:30), y manteniendo un peso constante de 187,5 g para los pellets, se logró asegurar la consistencia en el proceso.

Tabla 9

Resultados generales de los diferentes tamaños de pellets

Pellets (cm)	DE*	TIEMPO (min)	PESO PELLETS (g)
0	3,363	45	0
1,5	4,497	45	187,5
1,75	3,667	45	187,5
2	4,153	45	187,5

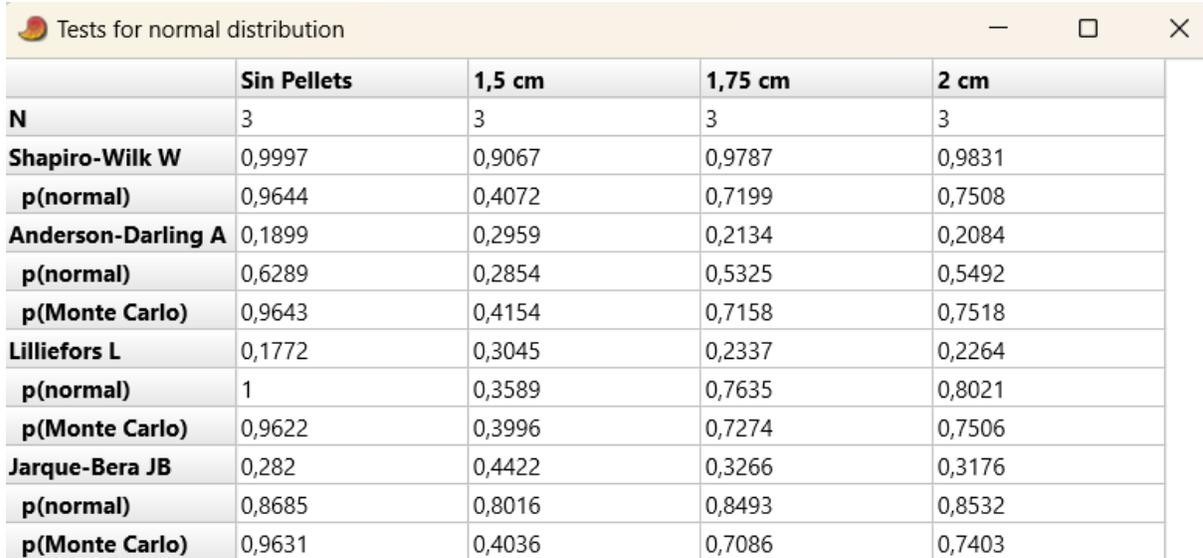
3.2.1 Resultados de los análisis estadísticos

La prueba de normalidad son herramientas estadísticas utilizadas para determinar si un conjunto de datos sigue una distribución normal. Los resultados de estas pruebas se interpretan principalmente a través del valor p. Si este valor es menor a 0,05, se considera que hay una desviación significativa en la distribución de los datos, lo que indica que no siguen una distribución normal. Por el contrario, si el valor p es mayor a 0,05, se concluye que los datos son consistentes con una distribución normal, es decir, no presentan desviaciones significativas respecto a este modelo (Hammer, 2024).

En la **Figura 9**, se presenta el test de normalidad de Shapiro-Wilk de los datos de la prueba de desgaste de color, obteniendo que estos siguen una distribución normal, ya que los valores de **p** para cada tamaño son superiores a 0,05, permitiendo aplicar métodos paramétricos para evaluar las diferencias entre los tamaños de pellets.

Figura 9

Normalidad de datos.

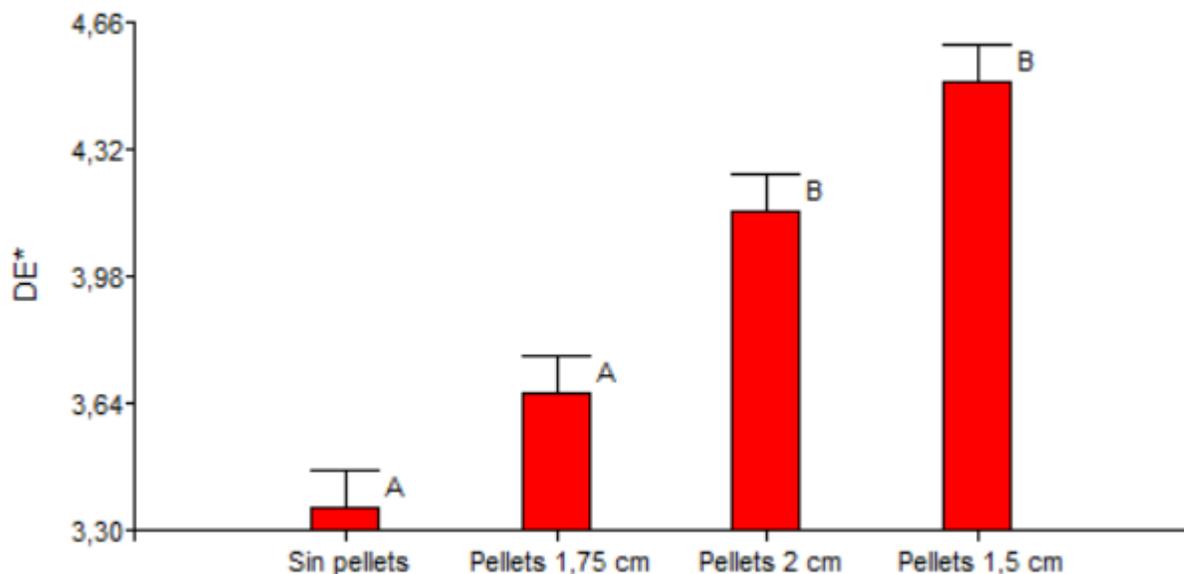


	Sin Pellets	1,5 cm	1,75 cm	2 cm
N	3	3	3	3
Shapiro-Wilk W	0,9997	0,9067	0,9787	0,9831
p(normal)	0,9644	0,4072	0,7199	0,7508
Anderson-Darling A	0,1899	0,2959	0,2134	0,2084
p(normal)	0,6289	0,2854	0,5325	0,5492
p(Monte Carlo)	0,9643	0,4154	0,7158	0,7518
Lilliefors L	0,1772	0,3045	0,2337	0,2264
p(normal)	1	0,3589	0,7635	0,8021
p(Monte Carlo)	0,9622	0,3996	0,7274	0,7506
Jarque-Bera JB	0,282	0,4422	0,3266	0,3176
p(normal)	0,8685	0,8016	0,8493	0,8532
p(Monte Carlo)	0,9631	0,4036	0,7086	0,7403

Para determinar si existían diferencias significativas en las variaciones de color según los diferentes tamaños de pellets, se realizó un Análisis de Varianza (ANOVA) de una vía, obteniendo que el valor de p fue menor de 0,001 lo que indica que existen diferencias significativas entre las variaciones de color, indicando que el tamaño del pellet influye significativamente en el desgaste del color del tejido, por lo que se procedió a efectuar una prueba Tukey obteniendo que los pellets de 2,00 cm y 1,50 cm no presentan diferencias entre sí, pero sí con respecto a los pellets de 1,75 cm, tal como se muestra en la **Figura 10**.

Figura 10

Prueba Tukey en las variaciones de color según los diferentes tamaños de pellets



3.2.3 Resultados gráficos de las pruebas del espectrofotómetro

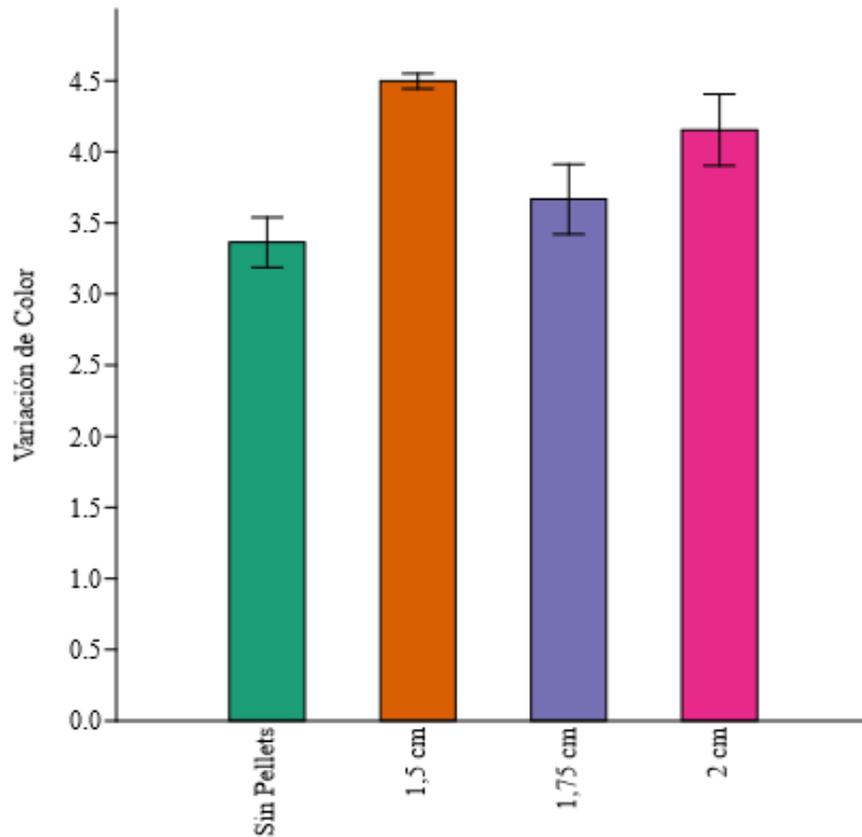
Para la mejor comprensión de los resultados se realizó gráficos estadísticos, los cuales para mayor interpretación se seleccionó los gráficos de barras de las pruebas del espectrofotómetro.

En la **Figura 11** se visualiza el grafico de barras, en el cual se representa el desgaste de color de las diversas dimensiones de pellets (1,5 – 1,75 - 2) cm, que se utilizaron en el proceso, estas dimensiones se realizaron por el motivo que la maquinaria que se utilizó, el cilindro tiene perforaciones de 1 cm, por esta razón no se pudo realizar dimensiones más pequeñas.

En el grafico se puede apreciar claramente que ubo una variedad de color en las diferentes dimensiones, las muestras (1.5 – 2) cm, demostraron ser las más eficientes para realizar el desgaste del color logrando una mayor profundidad a comparación a la muestra de 1,75 cm que no se obtuvo un buen resultado. Esto quiere decir que los pellets de (1.5 – 2) cm, son los óptimos para el proceso de desgaste debido al equilibrio en la característica de los pellets.

Figura 11

Gráfico estadístico (variación de color)



Discusión de resultados

Los resultados obtenidos en este estudio permitieron examinar cómo los distintos tamaños de pellets de acrílico afectan la decoloración del tejido denim. En términos generales se observaron diferencias significativas en los cambios de tonalidad (ΔE^*) entre las diferentes dimensiones de los pellets (1,5 cm, 1,75 cm y 2 cm), como lo indicaron tanto las pruebas de normalidad como el análisis de varianza (ANOVA) unidireccional.

Para los pellets de 1,5 cm y 2 cm se observaron los mayores valores de ΔE^* (4,497 y 4,153 en promedio respectivamente), lo que implica una mayor eficacia en la pérdida de color. Esta situación sugiere que estos tamaños facilitan un contacto uniformemente efectivo entre los pellets

y el tejido, maximizando así la transferencia de energía y la abrasión durante el procedimiento de lavado. Por el contrario, los pellets de 1,75 cm mostraron un ΔB promedio de 3,667 lo que refleja un desgaste menor. Los pellets de 1.5 cm tuvieron mayor eficiencia en el desgaste puesto que al ser el tamaño más pequeño se obtuvieron más pellets con el mismo peso, lo que permitió que al tener mayor cantidad hubiera más fricción entre tejido denim y los pellets. Los pellets de 2 cm al ser el tamaño más grande se obtuvo menor cantidad de pellets, pero al ser los más grandes tuvieron una fricción aceptable con el tejido. Los pellets de 1.75 cm, generaron un desgaste menor, esto puede ser atribuido a su capacidad menor para producir fricción constante debido a su tamaño intermedio, haciéndolos menos eficientes en comparación a los otros dos tamaños.

El factor importante para asegurar un contacto efectivo entre los pellets y el tejido fue mantener una proporción de baño elevada (1 parte de tejido por cada 30 partes de baño), dado el reducido peso de las muestras (0,375 kg) y la capacidad mínima del equipo de lavado (10 litros). Este ajuste contribuyó a distribuir uniformemente los pellets durante el proceso y mejorar la retención del color sin comprometer la integridad estructural del tejido.

Los análisis de Tukey sugirieron que no existen diferencias significativas entre los pellets de 1.5 cm y 2 cm ($p > 0,05$), lo cual respalda la idea de que ambos tamaños son igualmente efectivos para este proceso de prelavado. Por el contrario, a diferencia de los pellets de 1,75 cm los cuales presentaron discrepancias respecto a los otros dos tamaños resaltando su menor rendimiento en cuanto a la pérdida de color. Estos resultados indican que en próximas aplicaciones es clave priorizar pellets de 1,5 - 2 centímetros para mejorar el proceso inicial de lavado del denim; así como también considerar otros factores como la velocidad de rotación y el tiempo durante el lavado para potenciar los efectos de los tamaños de los pellets y aumentar al máximo la eficiencia del procedimiento.

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1 Conclusiones

- El análisis de la literatura permitió comprender los procesos de lavado previo del tejido denim y las características de los desechos laminares de pellets acrílicos. Se identificaron técnicas y factores importantes como la proporción de agua en el baño de lavado y los tiempos de prelavado, contribuyen a mejorar la limpieza y a controlar el desgaste del tejido de manera eficaz. Además, se recopilaron investigaciones que respaldan la utilización de estos pellets como una opción sostenible resaltando su efectividad para reducir el impacto ambiental al reutilizar materiales reciclados.
- Durante las pruebas de prelavado realizadas utilizando pellets de diferentes tamaños, se observaron diferencias en la decoloración del tejido denim. Los resultados mostraron que los pellets de 1,5 cm y 2 cm fueron los más efectivos en generar un desgaste uniforme y profundo, mientras que los de 1,75 cm presentaron un rendimiento inferior. La consistencia en el proceso fue garantizada mediante la utilización de un tiempo de lavado de 45 minutos y una relación de baño alta, adaptada al peso reducido de las muestras, lo que demuestra la eficacia de este diseño experimental para evaluar el comportamiento del tejido denim.
- La medición del tejido previo al lavado a través de espectrofotometría permitió cuantificar de manera precisa las variaciones en la tonalidad del color ΔE^* , confirmando el efecto del tamaño de los pellets en el desgaste del tejido. Los pellets de 1,5 cm y 2 cm presentaron valores de ΔE^* promedios superiores a 4,30, lo que evidenció su capacidad para provocar cambios significativos en la tonalidad del tejido. Por otro lado,

los pellets de 1,75 cm mostraron un impacto menor en la pérdida de color al presentar un valor promedio de ΔE^* de 3,67.

- El análisis gráfico y estadístico llevado a cabo utilizando los programas PAST 4 y Excel reveló patrones evidentes en las variaciones de color en función del tamaño de los pellets utilizados, respaldando que los pellets de 1,5 y 2 cm son los más eficientes en provocar un desgaste uniformemente marcado del color. En adición las pruebas de normalidad y ANOVA confirmaron divergencias significativas entre los distintos tamaños resaltando la menor eficiencia de los pellets.

4.2 Recomendaciones

- Se recomienda seguir explorando diversas fuentes bibliográficas que traten sobre avances tecnológicos y técnicas sustentables en el lavado previo de textiles. Asimismo, resulta fundamental profundizar en la investigación de tratamientos químicos y mecánicos que mejoren el rendimiento de los pellets reciclados de acrílico para evaluar su durabilidad y eficiencia en entornos industriales. Esto no solo facilitará una comprensión teórica más sólida, sino también la implementación de mejoras prácticas fundamentadas en investigaciones actualizadas.
- Además, se debe llevar a cabo más pruebas cambiando otros factores como la velocidad de giro de la máquina de lavado y las temperaturas del ciclo para descubrir combinaciones ideales que ayuden a mantener el color de forma uniforme por más tiempo en la ropa.
- Se recomienda analizar otros aspectos del tejido como su resistencia a la tracción y la uniformidad de desgaste en distintas zonas del denim para complementar la información de ΔE^* y potenciar el análisis previo al lavado.

- Se recomienda emplear herramientas estadísticas más avanzadas como Minitab y Python, para estudiar las diferencias entre variables clave como el tamaño de los pellets y el tiempo de lavado con relación al baño de solución empleada. De esta forma se podría mejorar la eficiencia en la optimización de las condiciones previas al lavado de forma más efectiva.

Referencias bibliográficas

- Alba, J. (18 de septiembre de 2018). *Procesos de lavados en denim para el desarrollo sostenible*. UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO. repositorio: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/28540/1/Jarrín%20Valeria.pdf>
- Alvarado, B. (2008). *Estudio experimental sobre residuos sólidos para la reutilización de botellas pet en bloques de concreto*. Universidad Mayor de San Andrés. <http://repositorio.umsa.bo/xmlui/handle/123456789/33736>
- Angulo, J. (2022). *Estudio de los micro movimientos en las tareas de confección con máquinas de coser industriales para establecer tiempos predeterminados en la confección de camisetas básicas*. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/13387>
- Arias, E. (2019). *Estudio de la viabilidad de células de mieloma múltiple cultivadas en entornos tridimensionales biomiméticos de médula ósea*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/124870>
- Aristizábal, V., Rincón, I., y Lesmes, A. (2020). El impacto ambiental que genera el proceso del Denim. *Convicciones*, 7(13). <https://www.google.com/url?sa=i&url=https%3A%2F%2Fwww.fesc.edu.co%2FRevistas%2FOJS%2Findex.php%2Fconvicciones%2Farticle%2Fview%2F595%2F597&psig=AOvVaw3pxkbbhfU6B0xSdyTf4nWs&ust=1732445778928000&source=images&cd=vfe&opi=89978449&ved=0CAQQn5wMahcKEwjwIJSOqf>
- Aristizabal, V., Rincón, L., y Lesmes, A. (2020). El impacto ambiental que genera el proceso del Denim. *Revista CONVICCIONES*, 7(13), 6-13. <https://www.fesc.edu.co/Revistas/OJS/index.php/convicciones/article/view/595>
- Asiú, L., Asiú, A., y A. Barboza. (2021). Evaluación formativa en la práctica pedagógica: una revisión bibliográfica. *Conrado*, 17(78), 134-139. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1990-86442021000100134&lng=es
- Baen, G. (2017). *Metodología de la investigación, 3.a ed.* Grupo editorial Patria. http://www.biblioteca.cij.gob.mx/Archivos/Materiales_de_consulta/Drogas_de_Abuso/Articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Berdahl, P., Akbari, H., Levinson, R., y Miller, W. (2008). Weathering of roofing materials – An overview. *Construction and Building Materials*, 22(4), 423-433. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2006.10.015>
- Bodaghi, M., Park, C., y Krawczak, P. (2022). Reactive Processing of Acrylic-Based Thermoplastic Composites: A Mini-Review. *Front. Mater*, 9, 1-8. <https://doi.org/10.3389/fmats.2022.931338>
- Boschet, F., y Ameduri, B. (2014). (Co)polymers of Chlorotrifluoroethylene: Synthesis, Properties, and Applications. *Chem. Rev.*, 114(2), 927-980. <https://doi.org/10.1021/cr2002933>
- Cabrera, F. (2022). *Innovación en procesos de lavandería de denim*. Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/12170>
- Chileno, M. (2023). *Aplicación de sulfato de hierro en tejido jersey polar 100% poliéster para disminuir la carga electrostática*. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15322>
- Constitución de la República del Ecuador. (2008). *RESOLUCIÓN No. 038-DE-ABG-2022. 2008.*

- Escobar, F. (2024). *Evaluación de solidez del color al lavado en etiquetas impresas con diferentes ribbons de transferencia térmica: Cera, cera-resina, resina, sobre cinta satinada 100% poliéster*. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/15670>
- Espinoza, M. (2019). *Innovación en la industria confeccionista de denim a partir del diseño: industria confeccionista de denim. Caso: Universidad del Azuay*. Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/9112>
- Gamboa, D. (2018). *Proyecto idea de negocios DG Jeans*. Universidad Cooperativa de Colombia. <https://repository.ucc.edu.co/items/0f73f1b0-6db6-489b-8633-1bf06ff17653>
- Graciela, F. (2023). *El tejido popular como forma de representación identitaria de La Alpujarra granadina: origen y desarrollo de una tradición en peligro de extinción*. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/85136>
- Hammer, Ø. (2024). *PAleontological STatistics*. University of Oslo.
- Jconnelly, A. (2024). *The Analytical Balanc*. <https://www.depts.ttu.edu/meatscience/docs/The-Analytical-Balance-7-23-20.pdf>
- Longsheng. (2023). *Longsheng*. Pellets de acrílico para servicio de moldeo por inyección: <https://www.longshengmfg.com/es/gr%C3%A1nulos-acr%C3%ADlicos-para-servicio-de-moldeo-por-inyecci%C3%B3n/>
- Longsheng. (13 de marzo de 2023). *LONGSHENG*. LONGSHENG: <https://www.longshengmfg.com/es/gr%C3%A1nulos-acr%C3%ADlicos-para-servicio-de-moldeo-por-inyecci%C3%B3n/>
- López, A. (2010). *Proyecto para la creación e instalación de una microempresa manufacturera textil especializada en la línea del hogar, en la parroquia de Conocoto cantón Quito provincia del Pichincha*. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/4623>
- Lucero, M. (2023). *Evaluación de un acabado antibacterial con alumbre potásico en un tejido jersey 65% poliéster y 35% algodón, mediante el método de impregnación*. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14487>
- Martí, P. (2019). *Estudio comparativo del comportamiento de envejecimiento de tejidos tratados con diferentes resina*. Universitat Politècnica de València. <https://riunet.upv.es/handle/10251/122353>
- Martinez, L. (2018). *Proyecto de Idea de Negocios DG JEANS*. Universidad Cooperativa de Colombia.
- Morán, E. (2023). *Influencia de la temperatura y tiempo de estampación con vinil textil termotransferible en tejido jersey 100% poliéster para optimar la solidez al lavado*. Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/14784>
- Moreno, C. (2022). *Homogenización de la dureza en láminas de acrílico mediante la optimización del proceso de post-curado*. Centro de Tecnología Avanzada. <http://ciateq.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1020/607>
- Organización Internacional de Normalización. (2024). ISO 6330:2012. Textiles — Domestic washing and drying procedures for textile testing. <https://www.iso.org/standard/43044.html>
- Paredes, A. (2017). *Diseño y elaboración de indumentaria en denim aplicando procesos de lavandería y materia prima sostenible*. Universidad Técnica de Ambato. <https://repositorio.uta.edu.ec:8443/jspui/handle/123456789/25805>

- Pinto, M. (2022). *Proceso de gestión de mantenimiento para equipos del Departamento de Química: Espectrofotómetro infrarrojo*. Universidad de los Andes. <http://hdl.handle.net/1992/58203>
- Santini, G. (2023). *El tejido popular como forma de representación identitaria de La Alpujarra granadina: origen y desarrollo de una tradición en peligro de extinción*. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/85136>
- Soto, C. (2015). *Sostenibilidad y reciclaje; elaboración de ropa hogar usando muestras sobrantes y residuos de lavandería, procesos y acabados del Denim de las empresas textiles de Medellín*. Universidad Pontificia Bolivariana. <http://hdl.handle.net/20.500.11912/4505>
- Textti. (2024). Acrílico: <https://textti.com/diccionario/a/acrilico/>
- Trelles, M., y Mejía, M. (2018). *Tela Denim ECO-D. Innovación para la industria*. Universidad del Azuay. <http://dspace.uazuay.edu.ec/handle/datos/8121>
- Universidad Técnica del Norte. (2022). *Convocatoria Investiga UTN 2022*. <https://www.utn.edu.ec/investiga2022/>
- Veigler. (2024). Tipos de telas y tejidos y sus características. *Veigler Business School*. <https://veigler.com/tipos-telas-tejidos/>
- Zepol, L. (2023). *Qi*. ¿Jeans hechos con plástico?: <https://qiarg.org/2023/09/30/jeans-hechos-con-plastico/>
- Zhou, S. (2024). *HITOP IND*. ¿Por qué utilizar pellets de plástico reciclados para moldeo por inyección en lugar de triturados?: <https://hitopindustrial.com/es/pellets-de-plastico-reciclado-para-moldeo-por-inyeccion-en-lugar-de-triturados/>

ANEXOS

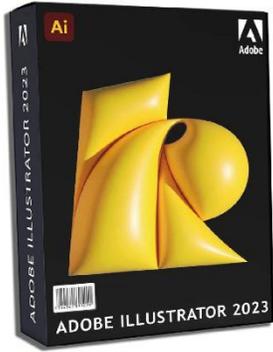
Anexo 1 Maquina Laser



Anexo 2 Procesos de Confección



Anexo 3 Corte de Chips



Tamaño de los chips



Anexo 4 Desengomado

