



**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**

**TEMA:**

**“ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y  
PILLING DE UN TEJIDO JERSEY ACRÍLICO ELABORADAS EN MÁQUINAS  
RECTILÍNEAS GALGA 7 Y 10”.**



**AUTOR (A):** Anderson Gustavo Perugachi Marcillo

**DIRECTOR:** MSc Elvis Raúl Ramírez 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:

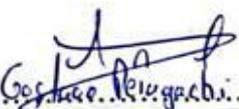
| DATOS DE CONTACTO                            |   |  |            |
|--|---|--|------------|
| <b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>                   |   | 1004686307   |            |
| <b>APELLIDO Y NOMBRE</b>                     |   | Anderson Gustavo Perugachi Marcillo                                  |            |
| <b>DIRECCIÓN</b>                             |   | Calle Bolívar y morales – Otavalo- Imbabura                          |            |
| <b>EMAIL</b>                                 |   | <a href="mailto:agperugachim@utn.edu.ec">agperugachim@utn.edu.ec</a> |            |
| <b>TELÉFONO FIJO</b>                         | 062668460   | <b>TEL. MÓVIL</b>  | 0968170264 |
| DATOS DE LA OBRA                             |   |  |            |
| <b>TÍTULO</b>                                | “ESTUDIO COMPARATIVO DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN Y PILLING DE UN TEJIDO JERSEY ACRÍLICO ELABORADAS EN MÁQUINAS RECTILÍNEAS GALGA 7 Y 10”. |  |            |
| <b>AUTOR</b>                                 | Perugachi Marcillo Anderson Gustavo   |  |            |
| <b>FECHA:</b>                                | 16 de julio del 2025  |  |            |
| SOLO PARA TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR |   |  |            |
| <b>CARRERA/PROGRAMA</b>                      | <input checked="" type="checkbox"/> GRADO <input type="checkbox"/> POSGRADO   |  |            |
| <b>TÍTULO POR EL OPTA</b>                    | Ingeniero Textil  |  |            |
| <b>DIRECTOR</b>                              | MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada  |  |            |

## CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se desarrolló, sin violar derechos de autores 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 reclamación por terceros.

Ibarra, a los 16 días, del mes de julio del 2025

El Autor

  
.....Anderson Gustavo Perugachi.....

Anderson Gustavo Perugachi Marcillo

**CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN  
CURRICULAR**

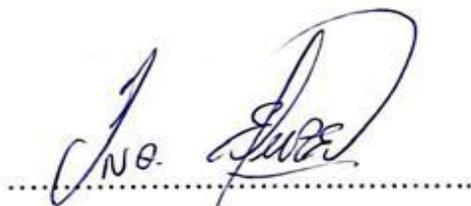
Ibarra, a los 16 días del mes de julio del 2025

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

**DIRECTOR DE 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, autorizó su presentación para los fines legales pertinentes.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'E. Ramírez Encalada', is written over a horizontal dotted line.

MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

C.C.100145897-3

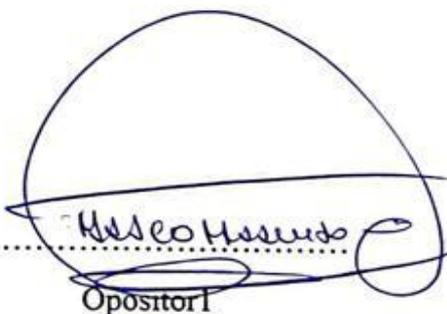
## APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR

El Comité Calificador de Trabajo de Integración Curricular “Estudio Comparativo de la Resistencia a la Tracción y Pilling de un Tejido Jersey Acrílico Elaboradas en Máquinas Rectilíneas Galga 7 y 10” elaborado por Anderson Gustavo Perugachi Marcillo, previo a la obtención del Título de Ingeniero Textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre la Universidad Técnica del Norte:



.....  
MSc. Elvis Raúl Ramírez Encalada

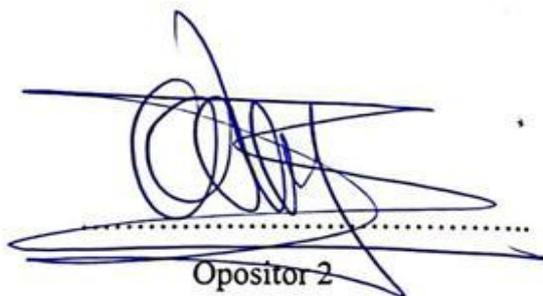
C.C.100145897-3



.....  
Opositor 1

MSc. Marco Francisco Naranjo Toro

C.C.1706870464



.....  
Opositor 2

MSc. Omar Vinicio Godoy Collaguazo

C.C. 1003083936

## **DEDICATORIA**

*Esta tesis está dedicada a Dios quien ha sido mi guía y fortaleza, su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.*

*A mis padres Gustavo y María quienes, con su amor y paciencia me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.*

*A mi hermano Kevin por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias, hermano. A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.*

***Anderson Perugachi***

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Elvis Ramírez, quien fue el principal colaborador durante todo este proceso, quien, con su dirección, conocimiento y enseñanza, permitió el desarrollo de este trabajo, así como también a mis asesores al Ing. Marco Naranjo, Ing. Omar Godoy y demás ingenieros que, durante el transcurso de mi vida estudiantil, con sus enseñanzas me prepararon para el ejercicio profesional, además, agradezco al personal de laboratorio quienes día a día nos dan la guía para ejecutar las prácticas.*

***Anderson Perugachi***

## RESUMEN

Dentro de la producción textil, existen diversos problemas que requieren atención constante, siendo uno de los más relevantes la formación de pilling, este fenómeno se define como la aparición de grumos de fibras enredadas en la superficie de un tejido. Comprender los factores que influyen en su formación es fundamental, ya que permite minimizar o prevenir su presencia en los textiles, mejorando así su calidad y durabilidad.

Este estudio analiza la resistencia a la tracción y al pilling en tejidos tipo jersey elaborados en máquinas rectilíneas de galga 7 y 10, utilizando hilo acrílico 2/40 Nm. Se trabajó con cuatro longitudes de malla: 22, 23, 24 y 25, mm por cada tipo de galga.

Las muestras de tejidos fueron sometidas a ensayos de pilling, tracción y abrasión, conforme a las normativas ISO 12954-2 y ASTM D2261-11 respectivamente. Posteriormente, los resultados obtenidos fueron tabulados y analizados mediante el software PAST 4, facilitando la interpretación de los resultados a través de la estadística.

Los ensayos arrojaron resultados clave: en primera instancia, en la prueba de resistencia al pilling, la muestra E7NP22 presentó el mejor desempeño, alcanzando una calificación de 2 puntos a los 7000 ciclos. Paralelamente, en los referentes a la resistencia a la tracción, se determinó que la muestra E10NP23 tiene un mejor desempeño en el sentido longitudinal (MD), con una fuerza máxima de 114.21 N, mientras que en el sentido transversal (CD), la muestra E7NP23 mostró la mayor resistencia, soportando una fuerza máxima de 99.13 N. Finalmente, el análisis de abrasión indicó que la muestra más resistente dentro del grupo de probetas E7 fue la E7NP25, soportando un total de 88790 ciclos.

Con estos antecedentes, la resistencia a la tracción y el pilling de tejidos jersey acrílicos elaborados en máquinas rectilíneas de galga 7 y 10 es de gran relevancia, ya que permite desarrollar soluciones prácticas y accesibles para el sector textil. Sus hallazgos pueden contribuir a mejorar la calidad de los productos, fortalecer la competitividad de los artesanos locales y posicionarlos de manera más sólida en el mercado textil.

**Palabras clave:** Rectilínea, Stoll, Jersey, Acrílico, Tejido, Estiraje, Longitud de Malla, Galga, Resistencia, Abrasión.

## ABSTRACT

Within textile production, there are several problems that require constant attention, one of the most relevant being the formation of pilling, which is defined as the appearance of clumps of entangled fibers on the surface of a fabric. Understanding the factors that influence its formation is fundamental, since it allows minimizing or preventing its presence in textiles, thus improving their quality and durability.

This study analyzes the tensile strength and pilling resistance of jersey fabrics produced on straight 7 and 10 gauge machines, using 2/40 Nm acrylic yarn. Four mesh lengths were used: 22, 23, 24 and 25 mm, for each type of gauge, giving a total of 40 specimens.

The fabric samples were subjected to pilling, tensile and abrasion tests, according to ISO 12954-2 and ASTM D2261-11 standards, respectively. Subsequently, the results obtained were tabulated and analyzed using PAST 4 software, facilitating the interpretation of the results through various statistical graphs.

The tests yielded key results: first, in the pilling resistance test, sample E7NP22 presented the best performance, achieving a score of 2 points at 7,000 cycles. At the same time, in the tensile strength test, it was determined that sample E10NP23 has a better performance in the longitudinal direction (MD), with a maximum force of 114.21 N, while in the transverse direction (CD), sample E7NP23 showed the highest resistance, withstanding a maximum force of 99.13 N. Finally, the abrasion analysis indicated that the most resistant sample within the group of E7 specimens was E7NP25, withstanding 88790 cycles.

With this background, the tensile strength and pilling resistance of acrylic jersey fabrics produced on rectilinear machines of gauge 7 and 10 is of great relevance, since it allows the development of practical and accessible solutions for the textile sector. Its findings can contribute to improve the quality of products, strengthen the competitiveness of local artisans and position them more solidly in the textile market.

**Keyword:** Straight, Stoll, Jersey, Acrylic, Woven, Stretch, Mesh Length, Gauge, Resistance, Abrasion.

## LISTA DE SIGLAS

**E:** galga

**P:** paso

**MG:** multi- gauge (por sus siglas en inglés)

**Gg:** galga-gauge

**NP:** longitud de malla

**RS:** contadores

**PAC:** acrílico

**P:** pasadas

**C:** columnas

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|   |      |
|---|------|
| PORTADA .....   | ii   |
| IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA .....   | ii   |
| CONSTANCIA.....   | iii  |
| CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR DE TRABAJO DE INVESTIGACIÓN<br>CURRICULAR..... | iv   |
| APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR .....                                   | v    |
| DEDICATORIA .....   | vi   |
| AGRADECIMIENTO .....  | vii  |
| RESUMEN .....   | viii |
| ABSTRACT .....  | ix   |
| LISTA DE SIGLAS .....   | x    |
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....   | xi   |
| ÍNDICE DE TABLAS .....  | xiv  |
| ÍNDICE DE FIGURA .....  | xv   |
| INTRODUCCIÓN .....  | 1    |
| Planteamiento del problema.....   | 1    |
| Justificación .....   | 2    |
| Objetivos.....  | 3    |
| Objetivo general.....   | 3    |
| Objetivos específicos para alcanzar.....                                  | 3    |
| CAPÍTULO I.....   | 4    |
| MARCO TEÓRICO.....  | 4    |
| ESTADO DEL ARTE.....  | 4    |
| 1.1 Estudios previos .....  | 4    |
| 1.1.1 Tejido de punto en máquinas rectilíneas.....                        | 6    |
| 1.1.2 Máquinas Rectilíneas Stoll ADF Family.....                          | 7    |
| 1.1.3 Máquina Rectilínea Shima Seiki .....                                | 19   |
| 1.1.4 Pilling en tejidos de punto .....                                   | 20   |
| 1.2 Marco legal .....   | 22   |

|   |    |
|---|----|
| 1.2.1 Sistema de Gestión de calidad en la industria textil .....  | 22 |
| 1.2.2 Norma para determinar la tendencia a la formación de pilling ISO 12945-2.....                     | 22 |
| 1.2.3 Norma para establecer el desgarró de la tela por el método de la lengüeta<br>ASTM-D2261-11 .....  | 23 |
| 1.2.4 Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte.....                                   | 24 |
| 1.2.5 Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto en Máquinas Rectilíneas<br>.....            | 25 |
| 1.3 Marco conceptual .....  | 25 |
| 1.3.1 Tejido de punto rectilíneo.....   | 25 |
| 1.3.2 Formación de un tejido jersey .....   | 26 |
| 1.3.3 Máquina Rectilínea .....  | 28 |
| 1.3.4 Principales máquinas rectilíneas del mercado .....  | 29 |
| 1.3.5 Sistema Galga en máquinas rectilíneas.....  | 34 |
| 1.3.6 Sistema Multi-gauge en máquinas rectilíneas.....  | 36 |
| 1.3.7 Tipos de hilos para tejido en rectilínea .....  | 37 |
| 1.3.8 Capacidad de resistencia a la abrasión de un tejido jersey .....                                  | 38 |
| 1.3.9 Capacidad de resistencia a la tracción de un tejido jersey.....                                   | 39 |
| 1.3.10 Longitud de malla .....  | 40 |
| CAPÍTULO II.....  | 42 |
| MARCO METODOLÓGICO .....  | 42 |
| 2.1 Tipos de investigación.....   | 42 |
| 2.1.1 Investigación analítica .....   | 42 |
| 2.1.2 Investigación experimental .....  | 42 |
| 2.1.3 Investigación comparativa .....   | 43 |
| 2.2 Técnicas de investigación .....   | 43 |
| 2.3 Normas a utilizar .....   | 43 |
| 2.3.1 Norma para determinar la tendencia a la formación de pilling ISO 12945-2 .....                    | 44 |
| 2.3.2 Norma para establecer el desgarró de la tela por el método de la lengüeta ASTM-<br>D2261-11. .... | 44 |
| 2.4 Diagrama de Flujo del proceso comparativo.....  | 44 |
| 2.4.1 Flujograma General.....   | 44 |
| 2.4.2 Flujogramas Muéstrales .....  | 46 |

|  |    |
|--|----|
| 2.5 Equipos y Materiales .....   | 47 |
| 2.5.1 Martin dale .....  | 47 |
| 2.5.2 Dinamómetro .....  | 48 |
| 2.6 Proceso para la elaboración de una muestra de tejido Jersey .....  | 49 |
| 2.6.1 Parámetros y variables .....   | 49 |
| 2.6.2 Acrílico 2/40 Nm.....  | 50 |
| 2.6.3 Maquinaria .....   | 51 |
| 2.6.4 Características de la máquina.....   | 52 |
| 2.6.5 Descripción del proceso .....  | 52 |
| 2.7 Pruebas de laboratorio .....   | 56 |
| 2.7.1 Pasos para realizar las pruebas de resistencia a la tracción .....   | 56 |
| 2.7.2 Pruebas de resistencia al pilling .....  | 58 |
| CAPÍTULO III.....  | 61 |
| RESULTADOS Y ANALISIS.....   | 61 |
| 3.1 Resultado .....  | 61 |
| 3.1.1 Resultado de la prueba tendencia a la formación de pilling .....   | 61 |
| 3.1.2 Resultados de la prueba resistencia a la abrasión .....  | 62 |
| 3.1.3 Resultado de la prueba para establecer el desgarró de la tela por el método de la lengüeta.....  | 62 |
| 3.1.4 Tabla general de resultados de las pruebas de tendencia a la formación de pilling, abrasión y resistencia a la tracción de la tela por método de la lengüeta. .... | 65 |
| 3.2 Discusión de resultados .....  | 66 |
| 3.2.1 Análisis de la varianza.....   | 67 |
| 3.2.2 Normalidad de los datos .....  | 67 |
| 3.2.3 Análisis e interpretación de resultados .....  | 72 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....   | 82 |
| Conclusiones .....   | 82 |
| Recomendaciones.....   | 83 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....  | 84 |
| ANEXOS .....   | 90 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 1</b> <i>Partes de una máquina rectilínea Stoll</i> .....                                   | 8  |
| <b>Tabla 2</b> <i>Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte</i> .....              | 24 |
| <b>Tabla 3</b> <i>Materiales y equipos</i> .....   | 47 |
| <b>Tabla 4</b> <i>Características del Dinamómetro Titán Range</i> .....                              | 49 |
| <b>Tabla 5</b> <i>Parámetro y variables para el desarrollo de una muestra de tejido jersey</i> ..... | 50 |
| <b>Tabla 6</b> <i>Características de una máquina APM</i> .....                                       | 52 |
| <b>Tabla 7</b> <i>Características del hilo</i> .....   | 53 |
| <b>Tabla 8</b> <i>Características del tejido con densidad E10</i> .....                              | 55 |
| <b>Tabla 9</b> <i>Características del tejido con densidad E10</i> .....                              | 56 |
| <b>Tabla 10</b> <i>Características del tejido con densidad E7</i> .....                              | 56 |
| <b>Tabla 11</b> <i>Resultado de la prueba de pilling</i> .....                                       | 61 |
| <b>Tabla 12</b> <i>Resultados de la prueba de abrasión</i> .....                                     | 62 |
| <b>Tabla 13</b> <i>Configuración del equipo de prueba de tracción</i> .....                          | 63 |
| <b>Tabla 14</b> <i>Resultados dinamométricos dirección longitudinal (MD)</i> .....                   | 64 |
| <b>Tabla 15</b> <i>Resultados dinamométricos dirección transversal (CD)</i> .....                    | 65 |
| <b>Tabla 16</b> <i>Consolidación de resultados</i> .....   | 66 |
| <b>Tabla 17</b> <i>Prueba de normalidad, resistencia al pilling</i> .....                            | 68 |
| <b>Tabla 18</b> <i>Prueba de normalidad, resistencia a la abrasión</i> .....                         | 70 |
| <b>Tabla 19</b> <i>Prueba de normalidad, resistencia a la tracción longitudinal (MD)</i> .....       | 71 |
| <b>Tabla 20</b> <i>Prueba de normalidad, resistencia a la tracción transversal (CD)</i> .....        | 72 |

## ÍNDICE DE FIGURA

|   |    |
|---|----|
| <b>Figura 1</b> <i>Muestra con estructura de un tejido de punto</i> .....                     | 6  |
| <b>Figura 2</b> <i>Maquina rectilínea Stoll ADF</i> .....                                     | 8  |
| <b>Figura 3</b> <i>Tensores de una máquina rectilínea.</i> .....                              | 9  |
| <b>Figura 4</b> <i>Sistema de alimentación de una máquina rectilínea</i> .....                | 10 |
| <b>Figura 5</b> <i>Fontura de una máquina rectilínea Stoll</i> .....                          | 11 |
| <b>Figura 6</b> <i>Motor de graduación de una máquina rectilínea</i> .....                    | 12 |
| <b>Figura 7</b> <i>Sistema de tisaje de una máquina rectilínea Stoll ADF</i> .....            | 12 |
| <b>Figura 8</b> <i>Bloque de selección de una máquina rectilínea Stoll</i> .....              | 13 |
| <b>Figura 9</b> <i>Jacks y platinas de una máquina rectilínea.</i> .....                      | 14 |
| <b>Figura 10</b> <i>Variador de fontura de una máquina rectilínea</i> .....                   | 14 |
| <b>Figura 11</b> <i>Sistema de estiraje de una máquina rectilínea</i> .....                   | 15 |
| <b>Figura 12</b> <i>Estirador auxiliar de una máquina rectilínea</i> .....                    | 16 |
| <b>Figura 13</b> <i>Sistema de alimentación de una máquina rectilínea</i> .....               | 16 |
| <b>Figura 14</b> <i>Sistema de tisaje (carro)</i> .....                                       | 17 |
| <b>Figura 15</b> <i>Pantalla táctil de una máquina rectilínea</i> .....                       | 18 |
| <b>Figura 16</b> <i>Armario de tarjetas electrónicas de una máquina rectilínea</i> .....      | 18 |
| <b>Figura 17</b> <i>Puerto USB de una máquina rectilínea</i> .....                            | 19 |
| <b>Figura 18</b> <i>Máquina rectilínea Shima Seyki</i> .....                                  | 19 |
| <b>Figura 19</b> <i>Tejido de punto rectilíneo (Jacquard)</i> .....                           | 21 |
| <b>Figura 20</b> <i>Tejido de punto-prenda completa</i> .....                                 | 26 |
| <b>Figura 21</b> <i>Movimiento de agujas para la formación de un tejido de punto</i> .....    | 27 |
| <b>Figura 22</b> <i>Máquina rectilínea Prottí</i> .....                                       | 30 |
| <b>Figura 23</b> <i>Sistema de diseño por cartones de una máquina rectilínea Prottí</i> ..... | 30 |
| <b>Figura 24</b> <i>Máquina rectilínea APM</i> .....  | 31 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 25</b> <i>Máquina rectilínea Universal</i> .....   | 32 |
| <b>Figura 26</b> <i>Máquinas rectilíneas Santa Gostino (máquina manual)</i> .....                                      | 33 |
| <b>Figura 27</b> <i>Tipos de gauge en una máquina rectilínea.</i> .....  | 34 |
| <b>Figura 28</b> <i>Diferencia de tejidos elaborados en dos diferentes galgas</i> .....                                | 35 |
| <b>Figura 29</b> <i>Placa de especificaciones de una máquina rectilínea</i> .....                                      | 35 |
| <b>Figura 30</b> <i>Diferencia entre una máquina Mg -Gg</i> .....  | 36 |
| <b>Figura 31</b> <i>El paso dentro de una máquina rectilínea</i> .....   | 37 |
| <b>Figura 32</b> <i>Rotura de un tejido de punto rectilíneo</i> .....  | 40 |
| <b>Figura 33</b> <i>Tejido con diferentes longitudes de malla</i> .....  | 41 |
| <b>Figura 34</b> <i>Flujograma general del proceso de elaboración de muestras de tejido jersey 100% acrílico</i> ..... | 45 |
| <b>Figura 35</b> <i>Flujograma del proceso de tisaje de un tejido jersey</i> .....                                     | 46 |
| <b>Figura 36</b> <i>Martindale</i> .....   | 48 |
| <b>Figura 37</b> <i>Dinamómetro Titán</i> .....  | 48 |
| <b>Figura 38</b> <i>Proceso de parafinado</i> .....  | 53 |
| <b>Figura 39</b> <i>Guía hilo (pluma)</i> .....  | 54 |
| <b>Figura 40</b> <i>Rango de longitud de malla</i> .....   | 55 |
| <b>Figura 41</b> <i>Corte de probetas de un tejido jersey</i> .....  | 57 |
| <b>Figura 42</b> <i>Configuración del software dinamométrico</i> .....   | 57 |
| <b>Figura 43</b> <i>Carga e inicio de ensayo resistencia a la tracción</i> .....                                       | 58 |
| <b>Figura 44</b> <i>Fijación de las probetas</i> .....   | 59 |
| <b>Figura 45</b> <i>Carga de probetas al equipo Martindale</i> .....   | 59 |
| <b>Figura 46</b> <i>Inspección del ensayo resistencia al pilling</i> .....   | 60 |
| <b>Figura 47</b> <i>Prueba ANOVA</i> .....   | 67 |
| <b>Figura 48</b> <i>Resultados de la prueba resistencia al pilling</i> .....   | 74 |
| <b>Figura 49</b> <i>Resultados pruebas a la abrasión</i> .....   | 75 |

|  |    |
|--|----|
| <b>Figura 50</b> <i>Resultados resistencia a la tracción en sentido longitudinal</i> .....     | 77 |
| <b>Figura 51</b> <i>Resultados resistencia a la tracción en sentido transversal (CD)</i> ..... | 79 |

## INTRODUCCIÓN

### Planteamiento del problema

Dentro de la producción textil existen varios problemas de los cuales hay que preocuparse, uno de ellos es la formación de pilling, considerado por (Solé, 2019) como la formación de bolitas es un fenómeno no deseado que se caracteriza por la aparición de grumos de fibras enredadas en la superficie de un tejido. Cuando este defecto se hace evidente, da lugar a un aspecto desgastado tras un breve periodo de uso.

Por ello, tener conocimientos básicos sobre los factores que provocan la formación de pilling en un tejido es muy importante, ya que con esto se podrá evitar o disminuir la presencia de este problema sobre un textil, de ahí, la necesidad de tomar en cuenta varios aspectos como: tipo de fibra a utilizar, estructura del tejido, diseño del tejido, parámetros de la máquina y longitudes de malla.

Varios estudios actualmente mencionan, que la formación de pilling sobre un tejido, es generado por la composición del hilo, debido a la presencia de fibras sintéticas que influyen en gran medida sobre las características de dicho defecto, dado que a mayor tenacidad y rigidez la presencia del pilling es notablemente más prolongadas que en el caso de hilos con fibras naturales.

El pilling y otras imperfecciones como cadenas sueltas, que aparecen sobre el tejido de punto surgen por diferentes factores, dando como resultado la aparición de estos pequeños grumos de fibras en la superficie del sustrato, proporcionando un efecto visual de envejecimiento prematuro de la tela y generando una sensación desagradable al tacto.

Por otra parte, el estudio realizado por López y Naik, (1979) busca dar una solución con respecto al problema de pilling. Donde indica que la causa de esta formación es la pelusa sobre la fibra y que posterior a ello se crea el pilling, generando la apariencia de envejecimiento de la prenda.

Es decir que el tejido contiene grupos de fibras, que se fijan mediante diversas fibrillas de "anclaje", lo que da como resultado un aspecto poco atractivo para los artículos textiles. Esta formación se produce debido a la fricción entre las diferentes secciones de una prenda o entre la prenda y otro objeto abrasivo.

## **Justificación**

El presente estudio es importante porque en la actualidad en la producción de tejidos tipo jersey y sweaters, es común enfrentarse a diversos problemas que afectan la exigencia del consumidor. Por ello, esta investigación busca aplicar técnicas y métodos para producir tejido jersey en máquinas rectilíneas que cumplan con el confort y durabilidad, satisfaciendo las exigencias de los usuarios y asegurando una mayor vida útil de las prendas.

En este contexto, el siguiente trabajo investigativo se justifica porque permitirá investigar las causas que generan la formación de pilling en tejidos de punto rectilíneo que es uno de los problemas más frecuentes en la industria textil. Por ende, representa un desafío buscar posibles procedimientos de solución al problema, mismos que servirán especialmente para los pequeños talleres y productores, quienes a menudo desconocen las técnicas y métodos necesarios para crear productos resistentes a la tracción y al pilling. Es por ello que la importancia de esta investigación es fundamental para el área del tejido y la confección de los cantones Otavalo y Antonio Ante que destacan el mercado de la industria de la confección de sweaters en el Ecuador.

Cabe señalar que este estudio al proporcionar soluciones prácticas y accesibles causará un impacto positivo en el sector textil, al fortalecer los niveles de competitividad de los artesanos locales, permitiéndoles mejorar la calidad de sus productos y posicionarse de manera sólida en el mercado textil. Esto a su vez, contribuye al incremento de ingresos y al desarrollo económico de los pequeños productores de sweaters y fabricantes de tejidos jersey, particularmente en la ciudad de Otavalo.

Los beneficiarios directos de la presente investigación serán los ligados a la industria textil, principalmente los pequeños talleres y productores artesanales que desconocen procesos técnicos que ayudan a mejorar la resistencia a la atracción y al pilling, así podrán obtener tejido de calidad que cumplan con los requerimientos de mercado. Y los beneficiarios indirectos serán los consumidores de estos tejidos que podrán comprar prendas de calidad y durabilidad.

## **Objetivos**

### **Objetivo general**

Comparar la resistencia a la tracción y pilling de un tejido jersey acrílico elaborado en máquinas rectilíneas galga 7 y 10.

### **Objetivos específicos para alcanzar**

- Revisar fuentes bibliográficas sobre la resistencia a la tracción de los tejidos de máquinas rectilíneas y de la formación de pilling para dar sustento al trabajo de investigación.
- Realizar muestras de tejido jersey utilizando hilo acrílico título 2/40 Nm en máquinas rectilíneas galga 7 y 10 mediante 4 distintas regulaciones de longitud de malla.
- Analizar las muestras a nivel de laboratorio identificando la resistencia a la tracción y pilling del tejido a través de los equipos Dinamómetro y Martin dale.
- Evaluar los resultados obteniendo muestras más resistentes a la tracción y abrasión.

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### ESTADO DEL ARTE

#### 1.1 Estudios previos

Existe varios estudios sobre el tema tanto a nivel nacional como internacional, que permiten identificar ampliamente la problemática, llegando a establecer bases técnicas que pueden ayudar a superar estas dificultades en el sector textil.

A nivel internacional en Perú se han realizado estudios sobre el pilling en los artículos textiles, donde establece que el pilling es un fenómeno no deseado en los textiles que se caracteriza por la formación de racimos de fibras enredadas en la superficie del tejido, (Solé, 2014). Esto puede crear una impresión de desgaste o envejecimiento en un lapso de tiempo notablemente breve. Como resultado, el pilling es un defecto que debe evitarse y es esencial anticiparlo desde la etapa inicial de diseño del tejido seleccionando fibras adecuadas, determinando la estructura de los hilos e implementando técnicas de acabado adecuadas. Como resultado del estudio se concluye que es necesaria la previsión del pilling desde el mismo momento de concepción y diseño del artículo, y para ello, es importante el conocimiento de carácter técnico y tecnológico. Por ende, si se conoce muy bien los materiales textiles, los parámetros de calidad y bases tecnológicas de fabricación, será mucho más fácil disminuir el pilling en los tejidos y con ello mejorar la calidad del producto.

En el sector nacional, Mejía (2024) en su trabajo de titulación con el tema “Aplicación de un acabado a base de lanolina en tejidos Jersey 100% algodón cardado para determinar su influencia a la formación de pilling”, se basó en la aplicación de terminado por impregnación a base de “Lanolina”, realizando varios ensayos de acuerdo a las normas ISO 12945-2:2020 e ISO 6330:2021 en el equipo Martindale.

Es importante mencionar que obtuvo un buen resultado tanto en el grado de pilling en el tejido y en el lavado doméstico. Tras el análisis de los resultados experimentales de formación de bolitas y lavado, se concluyó que las muestras que demostraron un cambio fueron C1 y C2, ambas con un contenido de lanolina del 4,5 %. Estas muestras a nivel general demostraron un valor de grado de formación de bolitas de 1,76 antes del lavado y de 1,7 después, y las muestras con concentraciones de 0 %, 1,5 % y 3 % recibieron una

calificación de 1.

Un estudio realizado por Cuicapuza (2018) sobre el acabado antipilling, describe un método para aplicar un acabado anti-pilling a los textiles. Destaca que el pilling es un problema relacionado con fibras como el poliéster, que da lugar a la formación de bolitas en la superficie del tejido. Al utilizar celulasas para el tratamiento enzimático, se eliminan las fibrillas que sobresalen, lo que da lugar a una superficie más suave que ayuda a prevenir el pilling.

El documento ofrece una visión global del proceso de tratamiento enzimático utilizando Makilase en diferentes concentraciones y sustratos, junto con un análisis de los resultados obtenidos. Concluye destacando que la formación de bolitas puede provocar una reducción tanto de la vida útil como de la calidad de las prendas, afectando al aspecto del tejido. Además, es fundamental comprender las condiciones de temperatura y pH que optimizan la actividad enzimática, siendo necesaria la agitación mecánica para mejorar el proceso de hidrólisis de la celulosa. El estudio también aconseja tener en cuenta el tiempo necesario para que el Launderometer alcance la temperatura objetivo de 60 °C. El acabado anti-pilling se basa en la agitación mecánica para facilitar la hidrólisis de las pectinas y el anti-pilling, que debe realizarse en una máquina en lugar de utilizar un baño María.

Otro estudio nacional es el realizado por Cruz (2023) sobre el análisis comparativo de resistencia a la tracción y a la abrasión, en tejido jersey terminado en algodón 100% y mezcla bambú/algodón 70/30 fabricados con título 20/1 Ne; donde se demuestra que se han examinado exhaustivamente los elementos clave que contribuyen a la formación de bolitas en los tejidos de punto, y se ha observado que los tres factores principales que influyen en la formación de pilling son: el factor de cobertura, el nivel de torsión y la vaporización del tejido, por lo que es necesario aplicar bases técnicas que ayuden a mejorar los procesos.

Para la comprensión adecuada de la temática se amplía la información sobre varios subtemas de interés que ayudarán a tener una visión global del tema. Entre ellos se toma en cuenta tejido de punto en máquinas rectilíneas, máquinas rectilíneas Stoll ADF Family, máquina rectilínea Shima Seiki, sistemas, Galgas en máquinas rectilíneas, pilling en tejidos de punto; estos y otros temas serán analizados con la finalidad de ampliar la información teórico y técnica como fundamento de la investigación.

### 1.1.1 Tejido de punto en máquinas rectilíneas

De acuerdo a lo expuesto por Ruiz, (2013) los tejidos planos, conocidos como tejidos de trama y de urdimbre, consisten en hilos de urdimbre alternados e hilos de trama entrelazados en ángulos rectos. Este tipo de tejidos se utilizan de forma amplia, históricamente, han formado la base para producir una variedad de artículos, como mantelería, ropa de cama, ropa de baño, trajes, jeans, camisas y más. Con ello el tejido de punto por trama se ha convertido en uno de los materiales más populares en la actualidad. Sin embargo, su invención y desarrollo se remontan a la antigüedad, con un largo recorrido histórico que culmina en lo que hoy conocemos como el proceso de tricotado.

Cabe resaltar, que el tejido de punto realizado en máquinas rectilíneas es el resultado de la interacción precisa entre diversos procesos, los cuales funcionan en conjunto con los dispositivos y componentes que integran estas máquinas. Según Textiles Panamericanos (2015) el tricotado rectilíneo en la actualidad es uno de los tejidos más utilizados para la confección de prendas de vestir, así como bufandas, sweaters, gorras de lana, ponchos y chalecos (**Figura 1**), ya que este tipo de tejido tiene características naturales de suavidad, resistencia, flexibilidad y volumen, los cuales son ideales para la fabricación de prendas.

La estructura visible de un tejido de punto producido en una máquina rectilínea se ilustra en la imagen que se muestra a continuación.

#### **Figura 1**

*Muestra con estructura de un tejido de punto*



Nota: La imagen representa la base de la estructura del tejido de punto. Fuente: Propia.

### 1.1.2 Máquinas Rectilíneas Stoll ADF Family

Según Cerda (2010) la máquina rectilínea es una herramienta diseñada para producir telas con diferentes niveles de elasticidad, utiliza agujas de punto de lengüeta, entrelazando hilos para crear mallas. El tejido de trama o punto recogido se logra entrelazando un solo hilo consigo mismo o varios hilos juntos. Existe una variedad significativa entre las máquinas rectilíneas de punto, siendo las agujas su componente fundamental. En una máquina recta, las agujas se colocan en ángulo, mientras que, en una máquina circular, forman un círculo completo. Las mallas se montan sobre estas agujas. Al usar agujas planas, se pueden producir telas planas adecuadas para prendas de vestir y crear piezas rectangulares o cortas, como medias, cuellos, mangas y más con costuras.

El desarrollo de estas máquinas rectilíneas ha experimentado un notable avance en tecnología y capacidad de producción en los últimos años. En este contexto, la fábrica Stoll, ubicada en Schröder, Alemania, se destaca por su capacidad para fabricar hasta 100,000 máquinas rectilíneas al año, incorporando la más avanzada tecnología alemana. “La empresa ofrece 11 modelos y series diferentes, entre los cuales sobresale la familia” ADF (Stoll, 2012), actualmente han considerado la creación de una nueva generación de máquinas rectilíneas con mejor innovación tecnológica para mejorar el rendimiento.

Las máquinas ADF (**Figura 2**) representan una innovadora línea de equipos especializados en la fabricación de tejidos de punto. Estas máquinas están diseñadas para producir una amplia variedad de patrones y estilos, ofreciendo una versátil paleta de colores que permite satisfacer las demandas cambiantes de la moda en la industria textil.

Además, Stoll (2012) determina que la tecnología de Stoll ADF promete una producción mayor en el proceso de tricotado, ya que optimiza las secuencias a periodos más cortos, así como también la alimentación y preparación del hilo. A continuación, en la **Tabla 1**, se muestran las partes de una máquina tricota un ejemplar de la familia ADF una de las máquinas rectilíneas más modernas.

La generación de estas máquinas ADF establecen un estándar totalmente nuevo y permiten dimensiones de tejidos inigualables, en tamaño y calidad, la innovadora tecnología de portador de hilo permitirá el libre movimiento de los hilos, horizontal y verticalmente.

**Figura 2**

*Máquina rectilínea Stoll ADF*



Nota: En la imagen se visualiza una máquina rectilínea utilizada para tejido de punto. Fuente: (Stoll, 2021).

### 1.1.2.1 Partes de la una máquina rectilínea ADF Family

La **Tabla 1** muestra las diferentes partes que conforman una máquina rectilínea.

**Tabla 1**

*Partes de una máquina rectilínea Stoll*

| Ítem | Partes de una máquina rectilínea          |
|------|---|
| A    | Tensores o sistema de control de hilo     |
| B    | Alimentadores de hilo                     |
| C    | Fonturas                                  |
| D    | Motores de graduación                     |
| E    | Sistema de tisaje                         |
| F    | Sistema de selección de aguja             |
| G    | Platinas de retención y pre-jack          |
| H    | Variador de fontura                       |
| I    | Peine y sistema de estiraje               |
| J    | Tijera y guía hilos                       |
| K    | Carro y sistema de aspiración             |
| L    | Pantalla táctil                           |
| M    | Armario de tarjetas electrónicas          |
| N    | Puerto USB dispositivo de carga de diseño |

Nota: Partes básicas de una máquina rectilínea codificada por literales. Fuente: Propia.

### a) Los tensores de hilo

Los tensores son también conocidos como sistemas de control de hilo, son dispositivos mecánicos que incorporan componentes electrónicos en su interior. Su función principal es gestionar y purgar el hilo suministrado al sistema de tisaje, además de detectar imperfecciones como pequeños nudos o fallas en la estructura del hilo.

Según Ruiz (2023) cuando un nudo de tamaño considerable atraviesa el dispositivo, este activa un sensor interno que detiene automáticamente la máquina. En ese momento, un operario debe inspeccionar la falla, corregirla y realizar un nuevo nudo. Por otro lado, si un nudo pequeño pasa sin ser detectado por el primer sensor, un segundo sensor se activará. Este último no detendrá la máquina, pero reducirá la velocidad del carro hasta que el nudo cruce el tejido, minimizando interrupciones en el proceso.

Adicionalmente, el sistema de control de hilo incluye un mecanismo crucial compuesto por un par de platillos metálicos, así como se aprecia en la **Figura 3**. Estos platillos regulan la tensión del hilo, garantizando que su recorrido sea uniforme hasta llegar a las agujas, donde se realiza el proceso de tisaje de manera precisa y eficiente.

### Figura 3

*Tensores de una máquina rectilínea.*



Nota: La imagen muestra los tensores de una máquina rectilínea y cómo funcionan. Fuente: Propia.

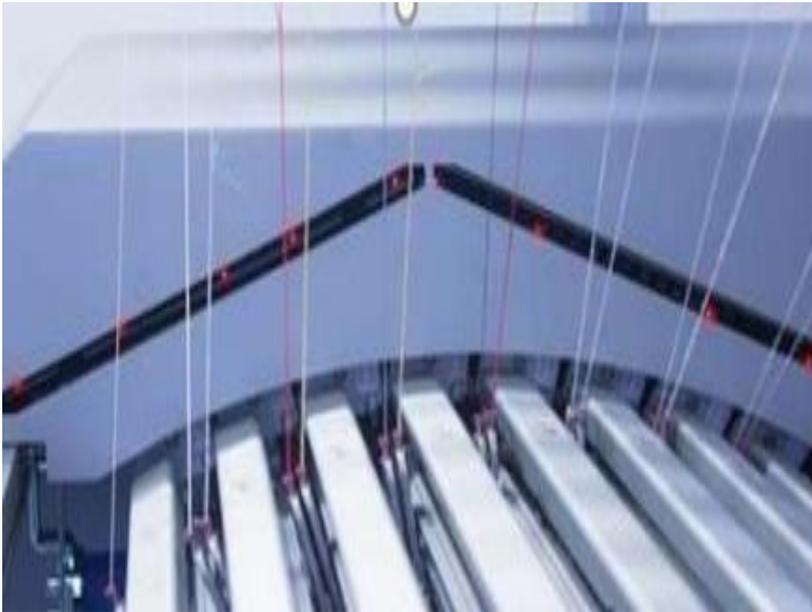
## b) Sistema de alimentación de una máquina rectilínea

La innovación tecnológica en maquinaria textil se refleja de manera evidente en el nuevo modelo de tricotsa rectilínea de Stoll. De acuerdo con Ruiz (2013) este diseño introduce mejoras significativas al eliminar el tradicional alimentador de hilo, que en versiones anteriores consistía en dos rodillos cerámicos en movimiento.

Además, es importante señalar que en estos nuevos modelos se ha eliminado el recuperador de hilo inferior, ya que este sistema innovado del dispositivo de alimentación de la serie ADF como se muestra en la **Figura 4** ha optimizado su sistema de suministro de hilo, ofreciendo mejoras significativas en su rendimiento.

### **Figura 4**

*Sistema de alimentación de una máquina rectilínea*



Nota: Imagen del sistema de alimentación que tiene una máquina rectilínea. Fuente: (Stoll-ADF Family, 2021).

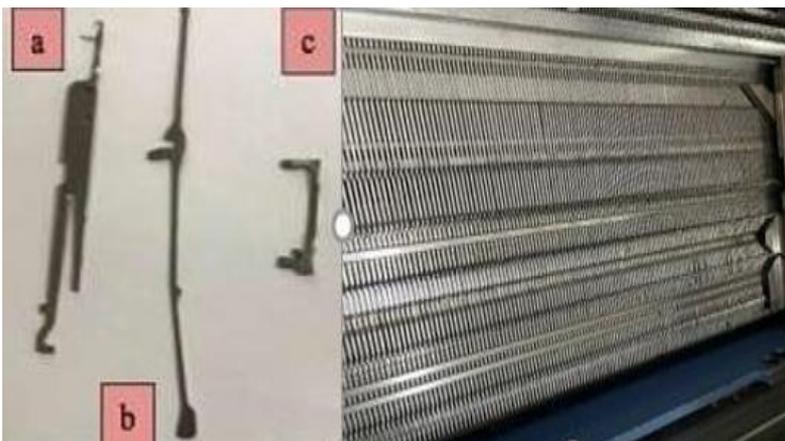
Este nuevo sistema avanzado de alimentación continua de hilo está diseñado para mantener una tensión uniforme a lo largo de todo su recorrido. Este dispositivo es crucial para minimizar problemas asociados con imperfecciones en el hilo, como fluctuaciones en la tensión que pueden provocar defectos en el tejido, tales como roturas en las mallas o variaciones en la longitud.

### c) La fontura

También es conocida comúnmente como "cama", desempeña un papel crucial en las máquinas de tejeduría rectilínea, ya que es el componente donde se incorporan diversos elementos en sus ranuras. Estos elementos son esenciales para la formación de distintas estructuras, como mallas, retenidos, enlaces, trenzas, transferencias, entre otros. Los elementos (**Ver Figura 5**), que se colocan y se acoplan a cada aguja en su respectiva ranura son: (A) la aguja, (B) la pieza de acoplamiento o cuerpo de aguja, (C) la platina intermedia y el selector.

### Figura 5

*Fontura de una máquina rectilínea Stoll*



Nota: La imagen determina la fontura de una máquina rectilínea y los elementos A, B y C, que se acoplan a cada aguja. Fuente: Propia.

### d) Motores de graduación

De acuerdo con Ruiz (2013) las máquinas Stoll, dentro de su sistema, incorporan cuatro dispositivos denominados motores de graduación los cuales se muestra en la **Figura 6**. Estos motores se encargan de regular la longitud de malla del tejido, permitiendo ajustes precisos a través de un monitor táctil. A diferencia de las máquinas rectilíneas convencionales, las máquinas Stoll ofrecen la capacidad de trabajar con múltiples longitudes de malla, lo que les otorga la versatilidad necesaria para crear diversos patrones y diseños en un mismo tejido.

## Figura 6

*Motor de graduación de una máquina rectilínea*



Nota: Imagen de los motores de graduación, Fuente: Propia.

### e) Sistema de tisaje

El funcionamiento del sistema de tisaje de las máquinas rectilíneas según Ruiz (2013) se basa en un carro de levas que se mueve para accionar las agujas, manteniendo la tela en una posición fija. Esto da como resultado la creación de pasadas intermitentes. Entre los elementos que integran este sistema se encuentran los motores de graduación, bloques de selección, cepillos, levas, camones y cerrojos, los cuales pueden ser fijos o móviles (**Ver Figura 7**). Estos componentes facilitan la creación de vías a través de las cuales las agujas, talones y selectores participan en la formación del tejido. Cabe mencionar que existen máquinas con uno o hasta cuatro sistemas de tisaje y esto dependerá básicamente del modelo y serie de la máquina siendo 1 el sistema de tisaje de menor y 4 el sistema de mayor producción.

## Figura 7

*Sistema de tisaje de una máquina rectilínea Stoll ADF*



Nota: Sistema de tisaje en una máquina de tejido rectilínea.

Fuente: (Stoll-ADF Family, 2021).

**f) Sistema de selección de aguja**

Este dispositivo cuenta con un mecanismo de selección electromagnético que reduce el desgaste del selector, permitiendo seleccionar cada aguja individualmente como se observa en la **Figura 8**, lo que permite que la máquina funcione, transfiera o permanezca inactiva según las instrucciones programadas (Ruiz, 2013).

**Figura 8**

*Bloque de selección de una máquina rectilínea Stoll.*



Nota: Imagen de la selección de agujas. Fuente: (Cristian Ruiz, 2013).

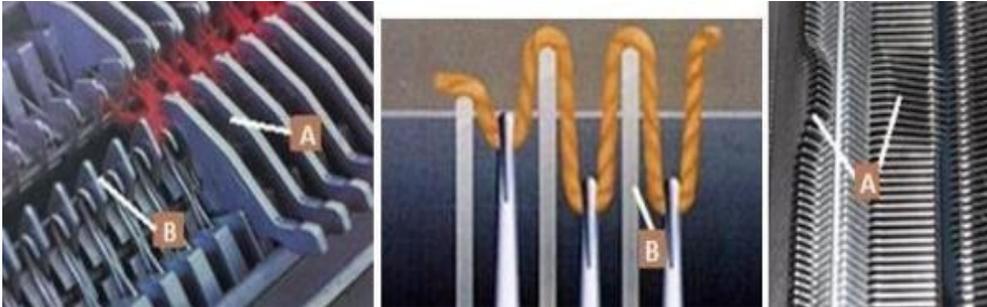
A diferencia de las antiguas máquinas rectilíneas, que utilizaban un bloque con dispositivos llamados banderines para seleccionar las agujas, las máquinas modernas emplean un sistema de selección electromagnética. Este cambio reduce el desgaste de los selectores y mejora la eficiencia operativa, ya que el nuevo sistema es capaz de seleccionar la aguja adecuada según el diseño o patrón del tejido. De esta manera, se optimiza el rendimiento y la precisión en el proceso de fabricación.

**g) Platinas de retención**

Las platinas de retención son elementos móviles cuyo propósito principal es liberar y empujar las mallas ya formadas, facilitando el avance del tejido como se indica en la **Figura 9**. Estas platinas y los Pre-Jacks son componentes metálicos ubicados en la parte superior de la fontura, cerca de la cabeza de las agujas. Aunque desempeñan funciones distintas, ambos trabajan de manera complementaria. Cabe señalar también que las placas o platinas de retención (A) y los dientes de desprendimiento (B) posicionados en la fontura, ayudan a una separación más efectiva de las mallas que se están formando. Por su parte, los Pre-Jacks son componentes fijos cuya función es separar las mallas, (Ruiz, 2013).

## Figura 9

*Jacks y platinas de una máquina rectilínea.*



Nota: Imagen de las planitas de retención. Fuente: (Cristian Ruiz, 2013).

### h) El variador de fontura

Según Ruiz (2013) es un dispositivo compuesto por un servomotor y una pequeña tarjeta electrónica, ubicada en la parte trasera de la fontura como se observa en la (**Figura 10**), en el extremo derecho de la máquina. Su función principal es proporcionar movimientos ajustables de hasta 4 pulgadas, lo que permite modificar la posición de las agujas traseras en relación con las delanteras.

Esta capacidad de ajuste facilita la creación de diversas estructuras textiles, tales como acanalados, calados, Jacquard, entre otras puntadas. Es decir que la fontura regula el ancho de la máquina, permitiéndole realizar ajustes significativos de hasta 4 pulgadas, junto con una velocidad programable que permite la creación de varios diseños.

## Figura 10

*Variador de fontura de una máquina rectilínea.*



Nota: En la imagen se visualiza el variador de fontura. Fuente: Propia.

### i) Sistema de estiraje

Una máquina de tejido está equipada con un sistema de estiraje auxiliar como se indica en la **Figura 12** y dependiendo del modelo o la serie de fabricación, puede incluir un sistema de peine. Este sistema se compone de tres componentes principales: el estirador auxiliar, el estirador principal y el peine. Las máquinas equipadas con este sistema son series completas, diseñadas para producir una amplia variedad de tejidos, permitiendo la manipulación de campos de aguja que varían en su configuración inicial y final (Ruiz (2013)). Esto es particularmente beneficioso cuando se producen telas que implican aumentos y disminuciones.

El sistema de peine para Stoll (2014) tiene como finalidad estirar el tejido desde su primera pasada; durante este proceso, el peine se eleva al inicio de cada ciclo de tejido y engancha la primera línea de este, estirándola hasta que alcanza el nivel del estirador principal (**Ver Figura 11**). Al completar su recorrido, el peine regresa a su posición inicial para preparar el siguiente ciclo.

#### **Figura 11**

*Sistema de estiraje de una máquina rectilínea*

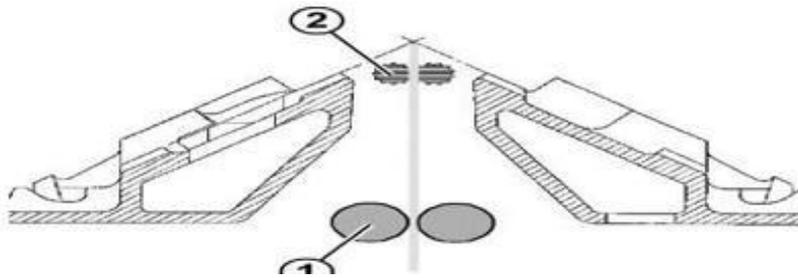


Nota: En la imagen del sistema de estiraje. Fuente: Propia.

Una vez que el tejido ha sido colocado en el estirador principal, compuesto por dos rodillos recubiertos de goma, se estira continuamente a lo largo del proceso hasta completar el número de piezas previstas para la producción. Además, la máquina cuenta con un estirador auxiliar situado en la parte superior del estirador principal, debajo de las fonturas. Este estirador auxiliar se emplea principalmente en la elaboración de tejidos complejos, como los que requieren menguados, intarsia, aumentos y prendas completas.

## Figura 12

### *Estirador auxiliar de una máquina rectilínea*



Nota: Imagen del estirador auxiliar. Fuente: (Cristian Ruiz, 2013).

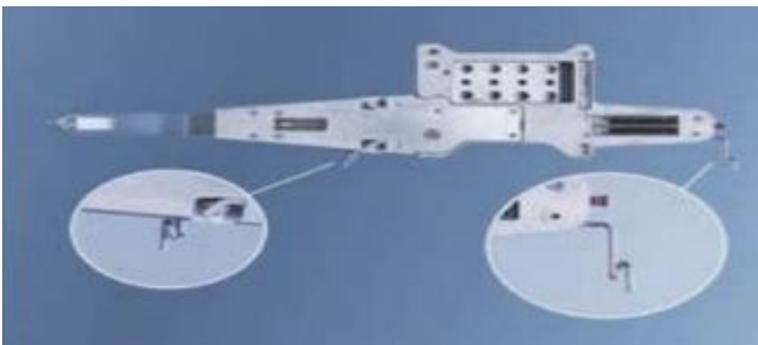
#### **j) Sistema de guías de hilos**

El sistema de guías de hilos (**Ver Figura 13**), junto con el mecanismo de pinzado y corte, operan de manera integrada. El propósito del guía hilo es suministrar el hilo a las agujas mediante un sistema electromagnético, que permite su desplazamiento de un extremo a otro, o bien, lo hace recorrer el trayecto dentro de su área de trabajo. Al concluir el proceso de tejido, el guía hilo es transferido al sistema de pinzado y corte, donde se almacenan los hilos guías restantes, completando así el ciclo Ruiz (2013).

Por lo general, este dispositivo cuenta con 8 guías de hilo en cada lado, lo que hace un total de 16, junto con un mecanismo de sujeción y corte de hilo para cada hilo en ambos lados. Estos mecanismos son operados por pistones controlados electromagnéticamente, que le permite moverse y detenerse cuando sea necesario.

## Figura 13

### *Sistema de alimentación de una máquina rectilínea.*



Nota: La imagen muestra Sistema de alimentación de una máquina rectilínea. Fuente: (Stoll-ADF Family, 2021).

### k) El carro y sistema de aspiración

Este carro incorpora el sistema de tisaje como se indica en la **Figura 14** y algunos otros elementos como el sistema de aspiración, que es el encargado de limpiar y absorber todo tipo de pelusas que se encuentran en la fontura, mismas que por lo general se acumulan en las platinas de retención y pre jacks; además de ello, en algunos casos incorporan un sistema de lubricación de fontura automático para un buen desplazamiento del carro.

En estas máquinas rectilíneas actuales, según Stoll (2013) el movimiento del carro está regulado por un motor y el controlador de la máquina. Además, el recorrido del carro está optimizado únicamente sobre la superficie de tejido, en lugar de abarcar toda su longitud; esto se denomina recorrido variable, que puede alcanzar velocidades de tejido de hasta 1,20 metros por segundo.

#### **Figura 14**

*Sistema de tisaje (carro).*



Nota: Imagen del cepillo. Fuente: Propia.

### l) Pantalla táctil

La pantalla táctil en una máquina rectilínea Stoll, es un dispositivo de visualización que integra todos los controles y configuraciones necesarios para medir y ajustar las dimensiones y graduaciones de un tejido a desarrollarse (**Ver Figura 15**); además, permitir la realización de actualizaciones y mantenimiento del sistema. Es decir, que esta pantalla táctil incluye todos los controles esenciales para el funcionamiento de la máquina, como cargar diseños, ajustar la velocidad del carro, el estiramiento, la longitud de la malla, las repeticiones y el número total de piezas, entre otros.

### Figura 15

*Pantalla táctil de una máquina rectilínea.*



Nota: En esta imagen se visualiza la pantalla táctil.

Fuente: (Stoll-ADF Family, 2021).

### m) Armario de tarjetas electrónicas

Ruiz (2013) menciona que el armario es el componente central donde se alojan todas las tarjetas electrónicas como indica la **Figura 16** y junto a ellas, también está el procesador, el disco duro, y otros elementos importantes que garantiza el funcionamiento de esta. Además, contiene las baterías, las cuales cumplen una función crucial como: preservar la información operativa de la máquina durante un corte de energía, permitiendo reanudar las operaciones sin pérdida de datos de control.

### Figura 16

*Armario de tarjetas electrónicas de una máquina rectilínea.*



Nota: Imagen del armario de tarjetas electrónicas. Fuente:

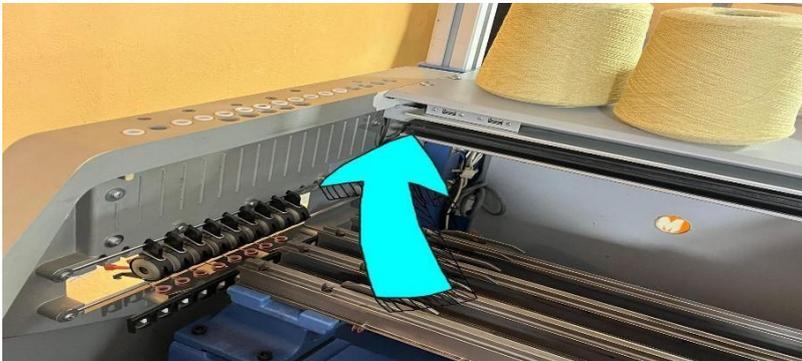
(Cristian Ruiz, 2013).

#### n) Puerto de entrada

El puerto de entrada como indica la **Figura 17**, permite cargar y transferir diseños a la máquina directamente desde cualquier dispositivo USB, facilitando la incorporación de archivos de manera sencilla y eficiente. Además, Ruiz (2013) expresa que es posible conectar uno o más dispositivos al ordenador mediante un cable de red Ethernet, permitiendo la carga directa de diseños desde la máquina.

**Figura 17**

*Puerto USB de una máquina rectilínea.*



Nota: Entrada USB máquina rectilínea Stoll. Fuente: Propia

#### 1.1.3 Máquina Rectilínea Shima Seiki

Las avanzadas máquinas rectilíneas de fabricación japonesa (**Figura 18**) se encuentran a la vanguardia de la tecnología textil, consolidándose como competidores directos de la reconocida marca alemana Stoll.

**Figura 18**

*Máquina rectilínea Shima Seyki.*



Nota: Imagen de una máquina Shima Seiki. Fuente: (Shima Seiki, 2022).

Según Shima Seiki, (2022) la avanzada máquina de esta marca presenta un sistema innovador para la fabricación de prendas completas, garantizando una producción estable en términos de medidas y peso. Esta tecnología no solo optimiza la precisión en la manufactura, sino que también reduce significativamente el desperdicio al eliminar procesos adicionales, como el corte y la costura.

Las máquinas rectilíneas tienen componentes y elementos similares, sin importar el país de fabricación o marca. Cada parte de la máquina cumple con una función específica; sin embargo, la eficiencia, la producción y el desempeño de la máquina pueden variar de un modelo a otro.

#### **1.1.4 Pilling en tejidos de punto**

A lo largo de los años, el pilling ha sido reconocido como uno de los problemas más evidentes que afecta la calidad de los tejidos, lo que ha generado diversas críticas de los consumidores, quienes a menudo se cuestionan cual es el origen y las causas de la aparición de pequeñas bolitas en las prendas textiles. La formación del pilling se produce en tejidos que contienen fibras y tienen una estructura “abierta”, como los tejidos de punto. Se pueden aplicar tratamientos de acabado a los tejidos para prevenir o reducir esta formación (Seampedia, 2019).

Este fenómeno de abrasión, según Textiles Panamericanos (2014) es común observar en tejidos de punto, guarda una estrecha relación con el tipo de materia prima utilizada en su fabricación, así como con el tiempo de uso de la prenda. El pilling, en muchos casos, se presenta de manera inevitable con el paso del tiempo, pero que se presente este envejecimiento de forma prematura da a la prenda una apariencia de desgaste.

De la misma manera Vaughn, (2020) expone que la formación de pilling afecta significativamente la calidad, la estética y la comodidad de la tela. Cambia el aspecto de la tela y crea un aspecto desgastado como se indica en la **Figura 19**. Además, la textura puede volverse áspera e incómoda. Además, la formación de este defecto también compromete la resistencia de la tela, lo que aumenta su susceptibilidad a rasgaduras y agujeros, lo que en última instancia acorta su vida útil. De ahí la necesidad de reconocer estos efectos y buscar la manera de preservar la calidad de la tela.

## Figura 19

### *Tejido de punto rectilíneo (Jacquard)*



Nota: En la imagen se visualiza un ejemplo de tejido de punto rectilíneo (Jacquard). Fuente: Propia.

Como menciona López y Naik, (1979) el desprendimiento de estas pequeñas bolitas de la superficie de un tejido elaborado a partir de una fibra natural es mucho más fácil, ya que no posee mayor resistencia; a diferencia de uno formado a partir de una fibra sintética, que son más resistentes, por ende, el desprendimiento es mucho más difícil.

Según Vaughn, (2020) la apariencia del tejido principalmente en material sintético se altera con la formación de bolitas, lo que da como resultado un aspecto desgastado. Además, la textura puede volverse áspera y menos cómoda. La integridad del tejido se debilita con la formación de bolitas, lo que lo hace más propenso a rasgaduras y agujeros, lo que en última instancia reduce su longevidad.

La formación de pilling en un material textil también está influenciada por el tipo de tejido utilizado. En el caso de un tejido de calada, la abrasión es menor en comparación con un tricotado de punto por trama. La principal causa del rápido desarrollo de pilling en un tejido de punto radica en la estructura de sus mallas.

La vellosidad que caracteriza visualmente la superficie de un tejido de punto se ve influenciada por el desgaste constante que experimenta la prenda durante su uso. El movimiento repetido favorece la liberación de fibras cortas de las mallas, lo que facilita la formación de pilling.

La gran variedad existentes de tejidos de punto y su frecuente uso por las personas se están expandiendo a medida que estos consumidores sienten un fuerte apego a ellos.

## **1.2 Marco legal**

El Marco legal de este proceso investigativo describe leyes, normas a nivel nacional e internacional para la fabricación de productos textiles, así como normas institucionales de la UTN para la elaboración de los trabajos de titulación. Cabe señalar que la mejora de la calidad en el área textil es uno de los temas más importantes para los productores de este artículo, por ende, es necesario visualizar aspectos normativos dentro de este contexto.

### **1.2.1 Sistema de Gestión de calidad en la industria textil**

. De acuerdo al SAE (2018) el sistema de gestión de calidad se implementa con la finalidad de mejorar los productos y servicios en el área textil. Los empresarios textiles ecuatorianos se esfuerzan por mejorar su producción mediante la adopción de sistemas de gestión de calidad adaptados a su industria, alineando sus procesos y estructura con la norma ISO 9001 para fortalecer la presencia de sus productos en los mercados internacionales.

Los sistemas de gestión están certificados por organizaciones acreditadas por el SAE, lo que garantiza que los procesos de producción den como resultado prendas textiles de calidad en materia prima, peso, textura, color, antipilling entre otros. El importante crecimiento de la industria textil en nuestro país ha establecido una fuente vital de ingresos para la economía, lo que hace que la importancia de la calidad sea un factor clave para las ventas competitivas.

Uno de los problemas más comunes en el tejido de punto es el pilling y para ello, en varias empresas textiles se incrementó internamente una norma para mejorar la presencia de Pilling en el producto textil, determinando normas para los diferentes procesos, en este caso del tinturado, el literal 6 textualmente dice: “Unir en forma correcta y dejar 10cm en cada extremo, para facilitar la eliminación del pilling que se produce por el tratamiento Antipilling” (Villagas, s/f).

### **1.2.2 Norma para determinar la tendencia a la formación de pilling ISO 12945-2**

Organización Internacional de Normalización afirma que “las normas ISO, son un conjunto de estándares desarrolladas por comités internacionales cuyo objetivo es de establecer niveles de calidad igual o similar de manera mundial en procesos de desarrollo de productos industriales, gestión y prestación de servicios” (ISO, 2010).

La norma ISO 12945-2 tiene como objetivo determinar la tendencia a la formación de pilling, que son fibras enmarañadas situadas en la superficie del tejido que se forman por la constante fricción entre las fibras. En el estudio realizado por Cucás (2020) expone que la velocidad de formación de pilling también dependerá de la composición, estructura, proceso de hilado y tipo de fibra. Sin embargo, se recomienda a quienes participan en acuerdos basados en esta sección de la norma ISO 12945 que exploren la opción de utilizar las ediciones más recientes de los documentos normativos mencionados. En el caso de referencias sin fecha, se aplica la última versión del documento normativo citado. Los miembros de ISO e IEC mantienen registros de las normas internacionales actualmente válidas.

El método Martin dale es uno de los métodos más usados para determinar la resistencia a la abrasión de un tejido y consiste en utilizar un equipo de laboratorio en la cual se simulará la formación de pilling además de otros cambios en la superficie de la tela (AEQCT, 2021).

Según Heal (2024) las muestras de tejido se someten a pruebas en el Martin dale Tester, y un equipo evalúa el comportamiento del material frente a la fricción. En los ensayos, la superficie frontal de la muestra se frota contra otra sección del mismo tejido mediante un movimiento controlado y una presión ligera predefinida. La formación de pilling se evalúa utilizando un conjunto de cinco fotografías de referencia. Mismas que son analizadas de forma sistematizada, donde el grado 1 indica un desgaste severo y el grado 5 corresponde a la ausencia de pilling.

### **1.2.3 Norma para establecer el desgarró de la tela por el método de la lengüeta ASTM-D2261-11**

Sociedad Americana para Pruebas y Materiales fundada en 1898, es una de las organizaciones más importantes, creada con el objetivo de desarrollar normas que contribuyan al mejoramiento de calidad del comercio mundial, juntamente con productores, usuarios y consumidores (ASTM, 2016).

Además, las normas ASTM en la actualidad se incorporan en proyectos de investigación y desarrollo de sistemas de calidad, comprobación y aceptación de productos nuevos de calidad (ASTM, 2016). La norma ASTM-D2261-11 fue creada con el objetivo de

medir la fuerza que se requiere para que una tela sea rasgada; generalmente en los ensayos se utiliza muestras de tejido de punto, posterior a ello es obtener muestras de 75mm de ancho por 200 mm de longitud, que serán evaluadas para revisar el nivel de resistencia de la tela al rasgamiento (ASTM, 2013).

Posteriormente, se realiza un corte longitudinal de 75 mm en el centro de la muestra. Los extremos libres se fijarán en las mordazas del dinamómetro, manteniendo una distancia entre ellas de  $75 \pm 1$  mm. La velocidad de desplazamiento se ajustará a 50 mm/min, de acuerdo con el tipo de material utilizado en el ensayo; los resultados establecen el nivel de rasgamiento de la tela, por ende, su calidad.

#### 1.2.4 Línea de investigación de la Universidad Técnica del Norte

La Universidad Técnica Del Norte a través de la dirección de investigación otorga 10 líneas de investigación los cuales se muestran en la **Tabla 2**; así:

**Tabla 2**

*Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte*

| Ítem | Líneas de investigación de la UTN   |
|------|---|
| 1    | Producción industrial y tecnología sostenible.                              |
| 2    | Desarrollo agropecuario y forestal sostenible.                              |
| 3    | Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables.                     |
| 4    | Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable.                   |
| 5    | Salud y Bienestar 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    | Desarrollo, aplicación de software y cyber security(seguridad cibernética). |
| 10   | Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socio-económico |

Nota: La tabla describe las líneas de investigación determinadas por la UTN para la carrera de Ingeniería textil. Fuente: (Universidad Técnica Del Norte, 2016).

### **1.2.5 Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto en Máquinas Rectilíneas**

El documento titulado “*Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto en Máquinas Rectilíneas*” (UTN, 2023) ofrece una descripción exhaustiva de los conocimientos fundamentales necesarios para adentrarse en el campo del tejido rectilíneo. En este texto se presentan conceptos esenciales relacionados con los procesos de formación de tejidos, así como una explicación detallada de los componentes que conforman una máquina rectilínea, cuyo propósito principal es la producción de tejidos.

Además, se expone de manera clara la evolución de las máquinas rectilíneas, comparando los modelos actuales con los más antiguos, destacando de esta manera los métodos de programación incorporados en las máquinas más modernas y sofisticadas (Ruiz, 2013). En conclusión, la guía técnica muestra y explica la funcionalidad de las máquinas con respecto al desarrollo de una muestra, teniendo en cuenta las diferentes formas que existen para poder realizar un tejido de punto rectilíneo.

## **1.3 Marco conceptual**

### **1.3.1 Tejido de punto rectilíneo**

Según Textiles Panamericanos (2015) los tejidos de punto son ampliamente reconocidos por su suavidad inherente, volumen, durabilidad y capacidad para recuperar la forma. Además de estas cualidades, brindan excelentes posibilidades de ingeniería para gestionar y anclar hilos individuales de manera efectiva. Esta capacidad distintiva permite a un diseñador mejorar la apariencia y la calidad táctil del tejido, influir en la distribución del color, modificar la textura y la profundidad de la superficie y crear una amplia gama de características adicionales para el tejido así como se muestra en la **Figura 20**.

Es conocido también como proceso de tricotado por trama o de punto rectilíneo, ya que su formación ocurre de manera lineal, a través de un par de elementos llamados fonturas. Estas están ubicadas en forma de 'V' sobre la estructura de la máquina, y en su interior incorporan distintos componentes como agujas, platinas, jacks y selectores, los cuales permiten la formación del tejido cuando un dispositivo denominado 'carro' inicia su recorrido, suministrando el hilo. “El tejido de punto en una máquina rectilínea es el resultado de la interacción de varios procesos que son desarrollados con los dispositivos y elementos de la máquina, de acuerdo con la orden del programador” Ruiz (2013).

## **Figura 20**

### *Tejido de punto-prenda completa*



Nota: En la imagen se visualiza un tejido de punto de prenda completa. Fuente: Propia.

### **1.3.2 Formación de un tejido jersey**

Un tejido es el producto final de una serie de procesos que se desarrollan en una máquina rectilínea, proceso conocido también como tricotado. El tejido jersey, dentro de la amplia variedad de tejidos fabricados a partir de máquinas rectilíneas, se considera uno de los más demandados en el mercado textil, esto debido a que: “La tela jersey es el ligamento más sencillo y clásico de los tejidos de punto, y es la base para la mayoría de los tejidos de una sola cara” (Ledezma, 2023, p. 21). Este tipo de tejido destaca por la simplicidad de su proceso de formación de mallas y por ser extremadamente liviano, en contraste con otros tejidos más complejos, en los que pueden combinarse distintos tipos de diseño, como trenzas, canalés, puntadas, entre otros.

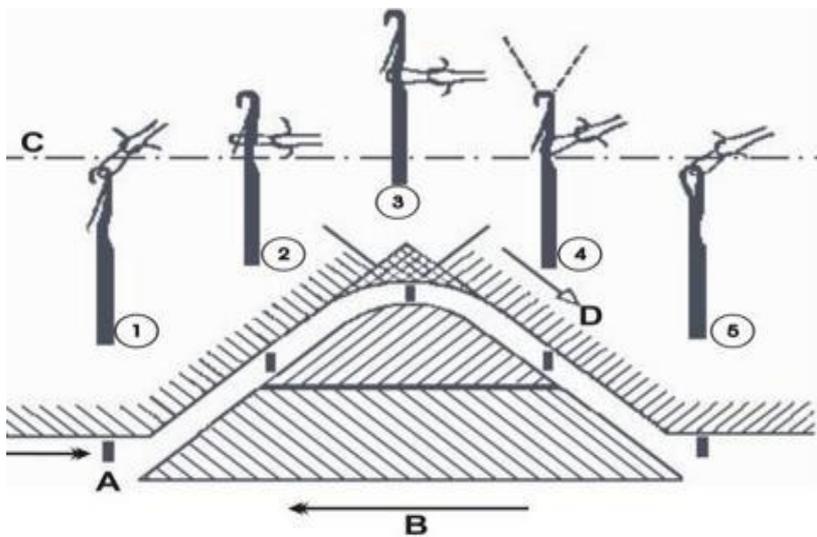
Además de estas características, este tejido tiene gran elasticidad, debido a la naturaleza del tejido de punto, ya que aquí, los lazos permiten que el tejido se estire en ambas direcciones, lo que le confiere una mayor capacidad de adaptación a la forma del cuerpo. Este tipo de tela textil también posee una excelente caída, lo que la hace especialmente adecuada para la confección de prendas de vestir que requieren fluidez, suavidad al tacto y gran comodidad ideal para elaborar blusas, vestidos, pantalones ligeros y todo tipo de indumentaria que demande un acabado prolijo y un movimiento elegante.

Según Lockuán (2012) en su estudio menciona que el proceso de formación de una malla involucra la interacción de varios elementos que se encuentran distribuidas dentro de una máquina rectilínea, así como: el carro, fontura y el guía hilos quienes influirán directamente en la posición y secuencia de las agujas para la formación de la malla.

Dentro del proceso del tejido se encuentra varias fases que son importantes detallarles, para comprender la función de las agujas (**Ver Figura 21**). Lockuán (2012) describe este proceso de la siguiente forma:

**Figura 21**

*Movimiento de agujas para la formación de un tejido de punto.*



Nota: En la imagen se observa el movimiento de agujas de una máquina rectilínea. Fuente: (Lockuán, 2012).

- a) **Posición inicial de la aguja:** En esta etapa, la aguja se encuentra en una posición de reposo, en la que la parte superior de la aguja, denominada cabeza, sostiene el bucle o malla formada, estando esta próxima al borde final superior de la fontura.
- b) **Media subida:** A medida que las levas se acercan aún más a los talones de las agujas, estas adoptan distintas posiciones. La posición de subida media es una posición de espera, en la cual la aguja se eleva hasta un punto en el que se mantiene con la lengüeta abierta, pero sin desprender la malla antigua.
- c) **Posición de altura máxima:** En esta etapa, la altura de la aguja es notable, ya que alcanza su máxima subida, desprendiendo la malla antigua hacia el cuerpo de la aguja y quedando con la lengüeta abierta por acción del cepillo, en una posición de espera.

- d) Según Lockuán (2012) la media bajada y alimentación después de alcanzar la posición máxima, la aguja inicia su proceso de descenso, en el que desciende hasta un punto medio. En este momento, es alimentada por medio de un guía de hilos, que se encarga de llevar el hilo de extremo a extremo. La aguja, por acción de la malla antigua, cierra la lengüeta y baja a una posición distinta a la inicial, ya que esta variará según las regulaciones impuestas por el fabricante de la máquina.
- e) Posición de alineación. - En este punto una de las levas va posicionando y alineando a las agujas de manera que estén listas para un nuevo ciclo de alimentación y formación de malla.

Al final de un recorrido, la malla formada por cada aguja en el hilo es impulsada hacia abajo por pre-jacks y así estirada por los rodillos, que son el sistema de estiramiento de la máquina. Este sistema evita que la banda que se forma se acumule en la aguja, evitando así que se rompa.

Sin embargo, la formación de la malla está directamente relacionada con el diseño del tejido. Las máquinas actuales permiten realizar diversos tipos de formación de mallas en una sola pasada, obteniendo figuras, relieves y espacios vacíos denominados calada, que son puntos huecos en la tela generados por la interacción de las agujas situadas en la fontura posterior y anterior.

### **1.3.3 Máquina Rectilínea**

Originalmente, las únicas agujas disponibles para tejer mecánicamente fueron desarrolladas por el inglés William Lee como componente de la primera máquina que él mismo inventó en 1589 (Cachimuel, 2017). Estas agujas solían llamarse "ganchos de crochet o ganchillos" y todavía lo son. Debido a su forma y a la "presión" con la que deben cerrarse durante el trabajo, su aspecto general actual no difiere mucho de la versión original.

Por ello se menciona en muchos estudios, que las máquinas rectilíneas tricotasas tienen su origen en la antigüedad y han experimentado una evolución significativa, hasta convertirse en lo que hoy conocemos como máquinas rectilíneas de nueva generación.

Una máquina rectilínea se utiliza principalmente en la fabricación y producción de tejido de punto. Recibe su nombre "rectilínea" debido a que posee dos fonturas, una delantera y otra trasera, dispuestas de manera horizontal y lineal sobre la bancada de la máquina, formando así una V invertida.

La fontura según Ruiz (2013) es una plancha metálica que tiene en su superficie un conjunto de canales o ranuras separadas por una distancia determinada, la cual influye en la galga final de la máquina. Estas ranuras son donde se sitúan las agujas, platinas y selectores, que, junto con las levas montadas en el carro, permiten la formación de las mallas. El carro recorre la fontura de extremo a extremo, guiando las agujas y selectores, los cuales determinan qué agujas participarán en el proceso de formación del tejido en una máquina rectilínea.

La evolución de estas máquinas ha dado lugar a diversos modelos y series, que se clasifican según sus características, facilidad de manejo, marca y/o fabricante. Existe varias máquinas en el mercado textil para la producción de sacos, entre ellas se encuentran:

### **1.3.4 Principales máquinas rectilíneas del mercado**

#### **1.3.4.1 Máquina Rectilínea PROTTI**

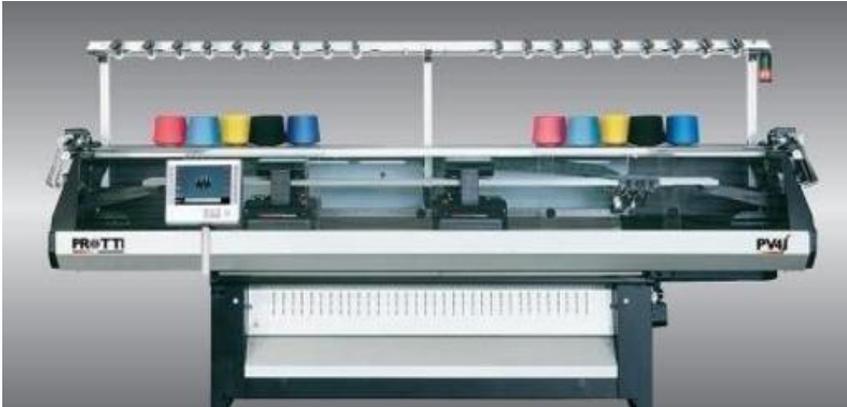
La máquina lineal PROTTI que se muestra en la **Figura 22** es un modelo de la marca italiana y es una máquina de tejer semimecánica. Inicialmente, la máquina contaba con un sistema de cartón que giraba en un extremo, incorporando diseños de telas que luego se desarrollaron en la fontura.

Según Ruiz (2013) todos los sistemas que, en conjunto, contribuyen a la formación de un tejido en una máquina PROTTI se realizan de manera semi-electrónica, ya que en el pasado estas máquinas no contaban con sistemas automáticos para el tisaje, la programación de diseño, la selección de guía de hilo, la regulación de la longitud de malla, el sistema de estiraje, la variación de la velocidad del carro, la selección de agujas, la lubricación y el contador de pasadas.

Esta máquina es una de las más comunes y utilizadas en el sector textil, y siendo una de las más antiguas tiene la facilidad de aplicar diseños de forma manual de acuerdo con el gusto y necesidad del propietario.

## Figura 22

*Máquina rectilínea Protti*



Nota: En la imagen se observa una máquina rectilínea de tipo (PROTTI). Fuente:(Ruiz, 2013).

El sistema de cartones que se muestra en la **Figura 23**, en una máquina rectilínea de antigua generación se utilizaba para diseñar de manera manual y mecánica los distintos tipos de tejido. El desarrollo del diseño sobre los cartones se llevaba a cabo mediante un dispositivo denominado picador, el cual realizaba perforaciones en la superficie. Cada perforación definía el proceso que debían seguir las levas del carro en relación con una pasada (Huilca-Galarza, 2019). Además, al sistema de cartones está directamente relacionado con el programa de control de la máquina, que permite modificar el patrón de tejido al cambiar los cartones o ajustar las perforaciones, se pueden alterar las secuencias del guía hilos para crear diseños.

## Figura 23

*Sistema de diseño por cartones de una máquina rectilínea Protti.*



Nota: Imagen del diseño por cartones en máquinas antiguas. Fuente: Propia.

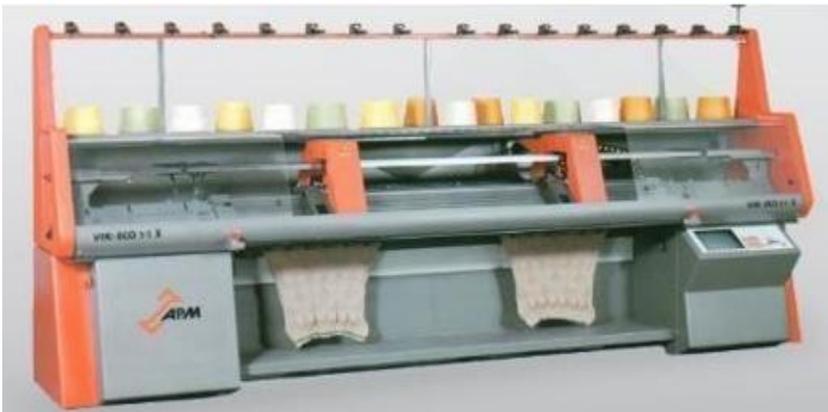
### 1.3.4.2 Máquina Rectilínea APM

Según Quinchuqui (2017) es considerada una de las máquinas más versátiles debido a su facilidad de manejo y su programación digital, que permite realizar los distintos tipos de diseño requeridos para la producción de sacos. Sin embargo, a pesar de contar con un software de programación y diseño, este proceso se realiza de manera manual, lo que implica tener un conocimiento profundo sobre todos los procesos de tejido y formación de malla. La programación se lleva a cabo pasada por pasada hasta completar el diseño o patrón de tejido.

Para Acero (2024) una máquina APM, a diferencia de una tricotosa PROTTI, presenta mejoras en su estructura y sistemas de tisaje como se muestra en la (**Figura 24**), ya que es una máquina electrónica. La formación de mallas se realiza mediante un bloque selector, encargado de seleccionar cada una de las agujas que se utilizarán para desarrollar el diseño.

**Figura 24**

*Máquina rectilínea APM*



Nota: Imagen de una máquina rectilínea APM de dos carros.

Fuente: (Acero, 2024).

Estas máquinas, también disponen de un sistema de estiraje compuesto por piñones y un motor eléctrico encargado de accionar los piñones, los cuales, a su vez, transmiten movimiento al rodillo de estiraje. En algunas de las series más recientes, de acuerdo con Acero (2024) las máquinas APM incorporan un sistema automático de selección de guías de hilos, lo que permite al sistema de tisaje realizar tejidos listados y rayados de manera automática, con el objetivo de incrementar la producción.

### 1.3.4.3 Máquina Rectilínea Universal

La Máquina Rectilínea Universal es una maquinaria de fabricación alemana y aunque esta empresa ha dejado de fabricarlas, estas máquinas siguen en el mercado en nuestro país, por lo que es importante señalarlas. Su programa de diseño se llama MA-8000, y muchas empresas y talleres que todavía las usan.

Según Ruiz (2013) las máquinas rectilíneas universales son tricotosas con tecnología más avanzada en comparación con las máquinas APM electrónicas, ya que las máquinas universales cuentan con tres sistemas de tisaje como se indica en la **Figura 25**, lo que les permite lograr una mayor producción. Sin embargo, esta productividad dependerá en gran medida del tipo de tejido que se desee desarrollar. Además, el sistema de estiraje presenta mejoras al eliminar el trabajo mediante piñones, siendo reemplazado por un servomotor controlado por una tarjeta electrónica.

#### Figura 25

*Máquina rectilínea Universal*



Nota: Imagen de una máquina Universal. Fuente: (Cristian Ruiz, 2013).

Del mismo modo, el sistema de tisaje tiene mejoras en cuanto a la regulación de longitud de mallas de un tejido, ya que esta cuenta con motores de graduación quienes realizan el trabajo de controlar la longitud de malla en un tejido (Suárez, 2017). Por ello, en la actualidad este tipo de máquinas cuenta con una demanda dentro del mercado textil donde la mayoría de los fabricantes de sacos aun lo prefieren.

#### 1.3.4.4 Máquina Rectilínea Santa-Gostino

Esta máquina es una de las más antiguas. Las máquinas Santa Gostino son completamente manuales y cubren la elección de sistemas de trenzado y estiramiento, así como guías de hilo. En el sistema de tisaje, se encuentran las levas móviles y fijas, las cuales son accionadas mediante llaves ubicadas en la superficie del carro. De igual manera, el movimiento de la fontura, necesario para desarrollar un tejido determinado, se realiza mediante una palanca situada en uno de los extremos de la fontura (Freira, 2022).

La selección de agujas en una máquina Santa Gostino se realiza de manera manual como se indica en la **Figura 26**, ya que estas máquinas cuentan con solo dos posiciones para las agujas: la posición de trabajo y la posición de descanso. Por ejemplo, si se desea realizar un tejido 2x1 en este tipo de máquina, simplemente se disponen las agujas de la siguiente manera: dos agujas en la posición de trabajo (arriba) y una en la posición de descanso (abajo), tal como se muestra en la imagen siguiente.

#### **Figura 26**

*Máquinas rectilíneas Santa Gostino (máquina manual)*



Nota: Imagen visual de una máquina rectilínea manual con cambia color Santa Gostino. Fuente: Propia.

Hay que reconocer la excelente magnitud de la máquina a pesar de la simplicidad de la hilandería, por lo que es fácil de manejar lo que da mayores posibilidades de ganancia, ya que los operadores se adecuan cómodamente al trabajo (Lechner, 1969).

### 1.3.5 Sistema Galga en máquinas rectilíneas

Para Baltanás (2017), la galga se denomina al calibre o la cantidad de agujas que determina el número de puntadas contenidas en una pulgada inglesa (25,4 mm) de fontura. Esta galga determina la finura de una máquina de tejer y se expresa de manera diferente según la cantidad de agujas que se encuentren en una fontura; por lo que, cuanto mayor sea el número de agujas, deben estar más juntas y finas, y la tela producida será muy delgada y muy fina.

La galga (**Ver Figura 27**) es un sistema de numeración que se incorpora a las máquinas rectilíneas para tejido de punto y esta define el número de agujas que caben en una pulgada inglesa.

Dónde: La Galga inglesa = # de agujas / 1 pulgada

**Figura 27**

*Tipos de gauge en una máquina rectilínea.*

|  |  |
|--|--|
| <b>Galga 10</b><br>10 agujas en 1 pulgada                    |   |
| <b>Galga 7</b><br>7 agujas en 1 pulgada                      |  |
| <b>Multi galga E6.2</b><br>12 agujas cabeza 8 en una pulgada |  |

Nota: Imagen de dos diferentes tipos de Gauge (galgas). Fuente: Propia.

Dentro de las máquinas de tejeduría rectilínea, las abreviaturas utilizadas para identificar la galga se representan con la letra "E" o, en algunos casos, con las letras "Gg". La galga determina tanto la densidad como la finura del tejido como se indica en la **Figura 28**, ya que, a mayor número de galga, el tejido será más fino, mientras que, a menor número de galga, el tejido será más grueso. Esto influye directamente en las dimensiones del tejido, tanto en su ancho como en su largo (Ruiz, 2013).

## Figura 28

*Diferencia de tejidos elaborados en dos diferentes galgas.*



Nota: La imagen muestra la diferencia del tejido elaboradas en dos diferentes (galgas). Fuente: Propia.

Es importante señalar, que algunas de las máquinas rectilíneas cuentan con una sola fontura y otras con doble fontura. Sin embargo, esto no afecta la determinación de la galga de la máquina, ya que la posición de las agujas en cada ranura y, la cantidad de agujas por pulgada permanecen constantes. En la mayoría de las máquinas, la galga se encuentra detallada en la placa de la máquina como se indica en la **Figura 29**, tal como se muestra en el ejemplo a continuación.

## Figura 29

*Placa de especificaciones de una máquina rectilínea.*



Nota: Imagen de la placa de especificaciones de una máquina rectilínea. Fuente: Propia.

### 1.3.6 Sistema Multi-gauge en máquinas rectilíneas

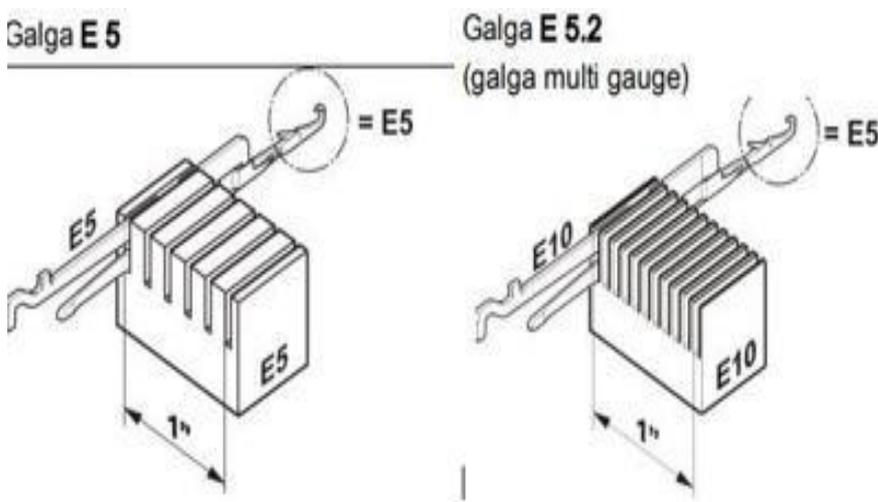
La galga múltiple domina todas las técnicas de tejidos clásicos y producen patrones y tejidos complejos de forma rentable (STOLL, 2021). Gracias a su equipamiento, pueden incluso producir ópticas con un rendimiento similar al de un telar. Este sistema garantiza una baja y constante tensión del hilo.

Dada la evolución de las máquinas textiles en la actualidad, ha surgido una nueva modalidad para representar las galgas. Estas galgas pueden ser variables; por ejemplo, una máquina Multi-gauge E5.2 tiene una fontura para E10. Sin embargo, a diferencia de las máquinas de galga fija, en las cuales la aguja posee tanto el cuerpo como la cabeza de galga 10, en las máquinas Multi-gauge la aguja presenta un cuerpo de galga E10 y una cabeza de galga E5 como se indica en la **Figura 30**.

Este tipo de máquinas tiene la capacidad de realizar una amplia variedad de tejidos con diferentes densidades. Además, permiten la creación de tejidos en técnica 1x1, lo que facilita la producción de tejidos más gruesos y densos, incluso utilizando una galga fina (Ruiz, 2013).

**Figura 30**

*Diferencia entre una máquina Mg -Gg*



Nota: Mg representa una multi galga y la Gg una galga pura. Fuente: (Stoll, 2014).

Por ende, las máquinas Multi-gauge son en la actualidad las más demandadas, ya que contar con una de este tipo, elimina la necesidad de disponer de varias máquinas con diferentes calibres. Sin embargo, para fabricar un tejido a partir de una muestra, es necesario conocer el tipo de galga utilizado, lo cual se determina mediante las siguientes fórmulas.

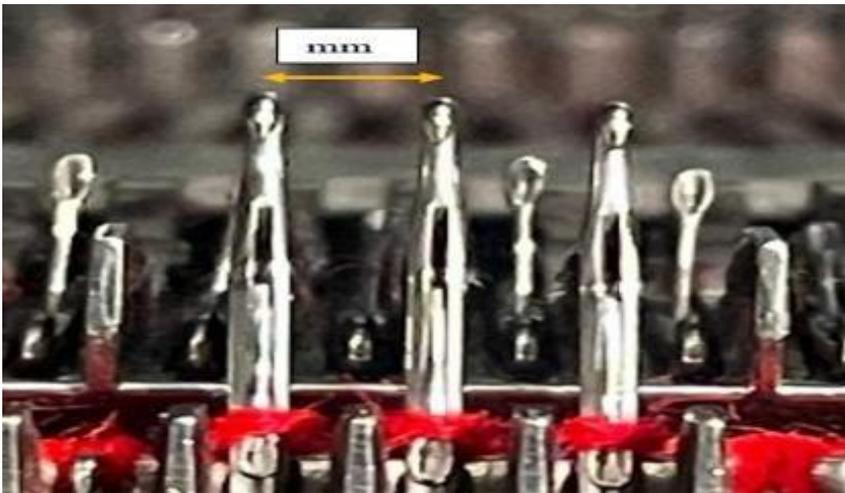
$$\text{Paso } x = \frac{25,4}{\text{galga}}$$

$$\text{Galga } x = \frac{\text{paso(mm)}}{25,4}$$

Donde paso se define como la distancia en milímetros que existe entre dos agujas dentro de la fontura de una máquina rectilínea (**Ver Figura 31**).

### **Figura 31**

*El paso dentro de una máquina rectilínea*



Nota: Imagen que visualiza el paso en una máquina rectilínea.

Fuente: Propia.

#### **1.3.7 Tipos de hilos para tejido en rectilínea.**

De acuerdo a lo mencionado por Hilaris (2024) en la industria textil, el hilo es un material utilizado en la producción de textiles, costura, tejido, bordado, fabricación de cuerdas y otras aplicaciones, entre estos se encuentran los hilos de coser, hilos de bordar hilo industrial y otros. Actualmente, las máquinas rectilíneas están diseñadas para tejer con hilo industrial que tiene una amplia variedad de tipos y calidades: como algodón, cachemira, poliéster, acrílico, fibras regeneradas, poliéster-cotton, lana, entre otros.

No existe una fórmula única que determine qué tipos de hilo son adecuados para las máquinas rectilíneas, ya que existen diversas técnicas y métodos para realizar el tejido. Un ejemplo mencionado por Naranjo (2013) expresa que un hilo con título 2/40 Nm puede ser utilizado en cualquier máquina rectilínea, independientemente de su galga. Esto se debe a que, aunque el hilo acrílico 2/40 es relativamente delgado, puede ser tejido tanto en una máquina rectilínea de galga E12 (muy fina) como en una máquina de galga E7 (más gruesa), adaptándose a las características de cada máquina.

De igual manera, un hilo de título 2/28 Nm puede ser tejido en una máquina E12 y también en una E7. Para ello, generalmente se utilizan diversas técnicas. Pero si es importante conocer la numeración de los hilos y para qué tipo de tejido se los puede utilizar, por ejemplo, se sabe que un hilo de título 2/28 Nm es relativamente grueso para una máquina E12, porque es de galga fina, y, a su vez, este hilo es muy delgado para una máquina E7.

Una de las técnicas más empleada para tejer un hilo grueso en una E12, generalmente es la denominada 1x1, que consiste en saltar una aguja, lo que da un tejido adecuado y muy bien apreciado. Por el contrario, si se desea tejer un hilo fino en una máquina E7, se debe realizar un hermanado de acuerdo con la densidad de tejido que se desee obtener.

Es por estas razones técnicas, es que los diferentes tipos de hilo si pueden ser utilizados en diversos tejidos independientemente de su título y composición, de ahí la importancia de su utilización en el área textil.

### **1.3.8 Capacidad de resistencia a la abrasión de un tejido jersey**

El tejido jersey, uno de los más demandados en la industria de la moda textil, ha generado ciertos inconvenientes después de su fabricación. Por ello, es crucial tener un concepto claro sobre qué es el pilling y cómo se origina en la superficie de un tejido, que generalmente es debido a la abrasión.

“La abrasión se define como el proceso de eliminar o desgastar la superficie de un sólido mediante fricción” (Cayambe, 2023, p. 21). Esto puede ocurrir cuando un sólido entra en contacto físico con otro sólido o mediante el uso de un fluido abrasivo. Por lo general, este proceso se realiza en materiales flexibles como los textiles. De ahí la necesidad de buscar la forma de resistencia a la abrasión.

La capacidad de un tejido de jersey para soportar el desgaste superficial por fricción continua se denomina resistencia a la abrasión. Esta fricción surge del roce y movimiento de la prenda contra otra superficie, independientemente de si está compuesta por el mismo tejido o por otro diferente. Además, esta resistencia está influenciada por varios factores, entre ellos la calidad de las materias primas utilizadas en la producción del tejido y el tipo específico de acabado final aplicado al producto (Ivester y Neefus, s/f).

Algunas investigaciones mencionan que el acabado al que es sometido el producto final es de gran importancia, ya que de ello dependerá la posibilidad de que se forme el denominado pilling. En caso de que esto ocurra, existen dos métodos de prueba utilizados en la industria textil para evaluar la resistencia a la abrasión.

Estos métodos son: el Martindale y el Wyzenbeek, pruebas diseñadas para textiles que miden la abrasión en la superficie plana de un tejido, pero no en los bordes, donde también puede formarse pilling.

### **1.3.9 Capacidad de resistencia a la tracción de un tejido jersey**

Cruz (2023) en su estudio mencionó a Mamani (2017) quien determina que la resistencia a la tracción “Es el máximo esfuerzo que un cuerpo puede soportar antes de romperse o distenderse de otro cuerpo a través de una fuerza intermedia”. (p. 29) Por lo tanto, la resistencia a la tracción se refiere a la capacidad de un tejido para no romperse fácilmente ante los constantes movimientos derivados del uso diario.

Con frecuencia, prendas como chaquetas de lana, guantes y gorras presentan una tendencia a deteriorarse en un breve período de tiempo. Este problema ha generado debate, ya que representa un defecto perjudicial que compromete la longevidad de estos artículos, volviéndolos a menudo inutilizables.

El proceso de tracción comienza cuando un tejido es sometido a una fuerza mayor, lo que incide en la expansión de las cadenas macromoleculares dentro de la estructura del hilo Cruz (2023). A medida que aumenta la fuerza de fricción externa, los hilos se alargan y se vuelven más delgados (**Figura 32**). Con el tiempo, a medida que el uso de la prenda se prolonga, estos se estiran provocando la deformación gradual de la longitud del hilo que forma y sostiene las mallas como se muestra en la. (TESTEXTILE, 2021).

## Figura 32

*Rotura de un tejido de punto rectilíneo.*



Nota: Imagen de un tejido de punto con rotura. Fuente: Propia.

Por ende, la capacidad de resistencia a la tracción también dependerá de la formación de pilling, ya que, al formarse y caer posteriormente, estos generan un espacio vacío que tiende a romperse debido a la ausencia de fibras en esa sección de la estructura del tejido.

### 1.3.10 Longitud de malla

Según Capdevila (2002) el parámetro estructural más importante de los tejidos de malla es la longitud de la malla. Este parámetro influye en la densidad y las dimensiones del artículo, así como en su peso, apariencia y caída. Las mallas son cadenas formadas por la interacción de las agujas con el hilo proporcionado por el guía hilos y se encuentran de manera vertical, que en conjunto dan lugar el ancho y largo requerido para un tejido (Naik, 1984).

La longitud de malla en el tejido de punto rectilíneo es la unidad más pequeña que influye directamente en el gramaje del tejido, ya que refleja la capacidad de una máquina para estirar la malla mediante levas. A mayor estiramiento, mayor será la longitud de malla, y como resultado, menor será el peso del tejido.

Por lo tanto, al producir dos tejidos con diferentes longitudes de malla, una mayor y otra menor, pero con el mismo número de pasadas, se puede observar que el tejido con mayor longitud de malla será más largo, más ancho y ligero que el tejido con menor longitud de malla como se indica en la **Figura 33**. En las máquinas modernas, la longitud de malla

es controlada por un dispositivo denominado motor de graduación, el cual regula, incluso aguja por aguja, las longitudes de malla requeridas por el fabricante para un tejido determinado.

Según Stoll, (2014) menciona que, gracias a esta tecnología avanzada, actualmente es posible realizar distintos diseños de patrones de tejido. Mientras que en el pasado una máquina solo podía producir tejidos con una única graduación de principio a fin, las máquinas modernas permiten la creación de tejidos con longitudes de malla variables, lo cual es especialmente útil cuando se emplean diferentes tipos de hilo.

### **Figura 33**

*Tejido con diferentes longitudes de malla.*



Nota: Imagen de un tejido con diferente longitud de malla.

Fuente: Propia

## CAPÍTULO II

### MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Tipos de investigación

En el presente trabajo de investigación, se seleccionó el método cuantitativo para obtener resultados acerca de la resistencia a la tracción y al pilling de un tejido jersey fabricado en máquinas rectilíneas. Para ello, se eligieron tres tipos de investigación: analítica, experimental y comparativa, los cuales representan aspectos fundamentales para el desarrollo del estudio.

##### 2.1.1 Investigación analítica

Como señala Fraino (2015) la investigación analítica consiste en el desarrollo de análisis, definiciones y conceptos con el fin de identificar posibles causas, consecuencias, naturaleza o fenómenos de un tema específico, con el propósito de comprender su esencia.

Por ende, la investigación analítica se ha consolidado como un método fundamental en el desarrollo de estudios científicos, ya que constituye una herramienta eficaz para la recopilación de datos e información novedosa, con el objetivo de generar nuevos conceptos en áreas específicas de estudio.

##### 2.1.2 Investigación experimental

Esta investigación según Ramos (2021) se define por una asignación aleatoria de los participantes en grupos experimentales y de control en función de la probabilidad, lo que permite la distribución aleatoria de condiciones no controladas entre ambos grupos, lo que reduce la probabilidad de que estos factores afecten los resultados. Además, presenta dos o más niveles de manipulación de la variable independiente, según los requisitos del investigador, junto con mediciones de la variable dependiente tomadas antes y después.

Como señala McDougal (2009) la investigación experimental surge al llevar a cabo una acción de manera controlada, manipulando variables de forma deliberada y sistemática. Posteriormente, se observa el efecto resultante de dicha acción. Este enfoque también se conoce como estudio de intervención, ya que el investigador establece una causa con el propósito de analizar y explicar sus efectos.

### **2.1.3 Investigación comparativa**

Como señala Flores, (2020) la investigación comparativa tiene la función de compararla forma diferencial de los fenómenos causa efecto que existe en dos cuerpos de estudios.

El método comparativo según Tonon (2011), identifica tanto similitudes como diferencias, opera con datos actuales y se implementa de manera horizontal. Implica la comparación de elementos dentro del mismo género y se basa en el principio de homogeneidad, lo que lo distingue de la comparación simple. En la investigación cualitativa en ciencias sociales y ciencias políticas, el empleo del método comparativo requiere una cuidadosa selección de casos por parte del investigador. Este proceso de selección debe cumplir con estándares metodológicos, asegurando que los casos elegidos presenten variables similares consideradas como constantes, junto con variables contrastantes que sean dignas de ser analizadas.

Es un enfoque de investigación que se distingue por emplear un método comparativo, el cual consiste en analizar las similitudes y diferencias entre dos objetos o sujetos de estudio con el objetivo de comprender lo desconocido a partir de lo ya conocido.

## **2.2 Técnicas de investigación**

El desarrollo de la investigación implicó la técnica bibliográfica donde la recopilación de información de fuentes bibliográficas sobre la resistencia a la tracción, el pilling, tejido jersey acrílico, máquinas rectilíneas galga; así como sus propiedades mecánicas en tejidos de punto, con el fin de establecer una sólida base teórica sobre estos temas.

Para los ensayos de medición de la resistencia a la tracción y pilling se emplearon las normas técnicas pertinentes y técnicas y herramientas estadísticas para el análisis, lo que permitió presentar una conclusión clara en los resultados de la investigación.

## **2.3 Normas a utilizar**

Para el desarrollo de la investigación enfocada en el tema, resistencia a la tracción y pilling de un tejido jersey elaboradas en máquinas rectilíneas se utilizó las siguientes normas ISO (Internacional Organization for Standardization).

### **2.3.1 Norma para determinar la tendencia a la formación de pilling ISO 12945-2**

La norma ISO 12945-2, elaborada por la Organización Internacional de Normalización (ISO), establece un método para evaluar la resistencia a la abrasión de diferentes tejidos textiles. Este procedimiento utiliza equipos que simulan el desgaste a través de una serie de movimientos repetitivos (ISO, 2010).

Además, la norma define un proceso que permite comparar dos muestras de textiles que han sido sometidas a condiciones similares. El objetivo es obtener resultados que faciliten la comparación mediante una tabla estándar, proporcionada por la propia norma.

### **2.3.2 Norma para establecer el desgarramiento de la tela por el método de la lengüeta ASTM -D2261-11.**

Esta norma establece una serie de procesos, métodos y procedimientos destinados a evaluar la resistencia a la tracción de un tejido específico. Al finalizar el desarrollo de estos procedimientos, se podrá realizar una comparación basada en los resultados obtenidos en el ensayo de laboratorio.

## **2.4 Diagrama de Flujo del proceso comparativo**

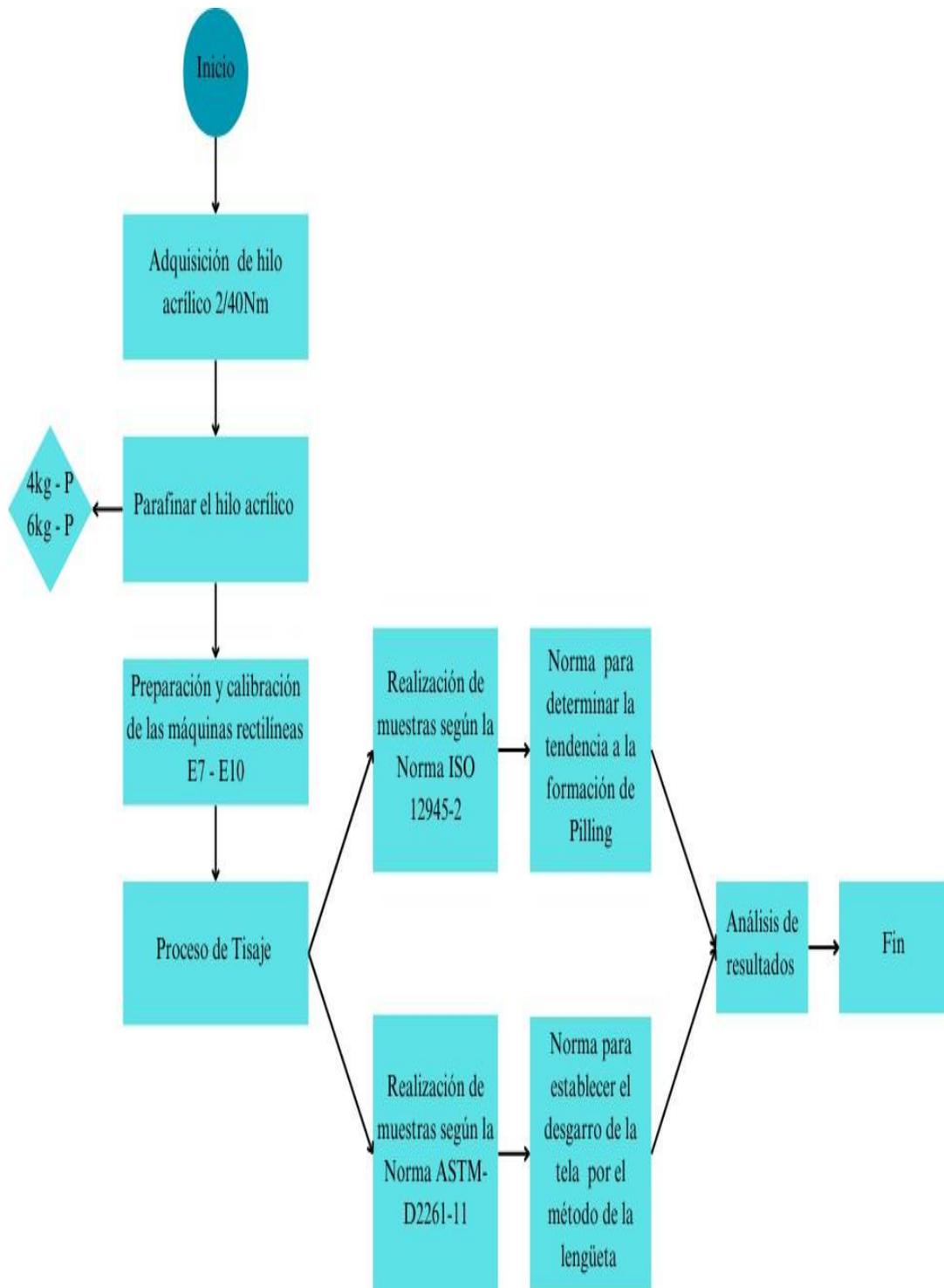
### **2.4.1 Flujograma General**

La **Figura 34** muestra la secuencia de los subprocesos involucrados en el proyecto de investigación, abarcando desde la preparación de la maquinaria, compra de la materia prima y fabricación del tejido, hasta el análisis de las pruebas de resistencia a la tracción y pilling mismas que serán controladas mediante normas internacionales.

Donde las pruebas textiles implican una técnica para evaluar la resistencia y las propiedades de los productos pertenecientes a la industria textil. Esto puede incluir cosas como cuerdas, telas, hilos, cordones, hilos y compuestos tejidos. Según Industrial Physics (2025) las mediciones que se registran con más frecuencia como parte de las pruebas textiles son la resistencia a la rotura, el alargamiento, la resistencia al desgarramiento y la resistencia a la perforación. Las pruebas textiles pueden variar ampliamente en términos de su aplicación. Según el producto que se esté probando, las fuerzas de tracción pueden ser de menos de una libra de fuerza a varios miles de libras de fuerza.

**Figura 34**

*Flujograma general del proceso de elaboración de muestras de tejido jersey 100% acrílico.*



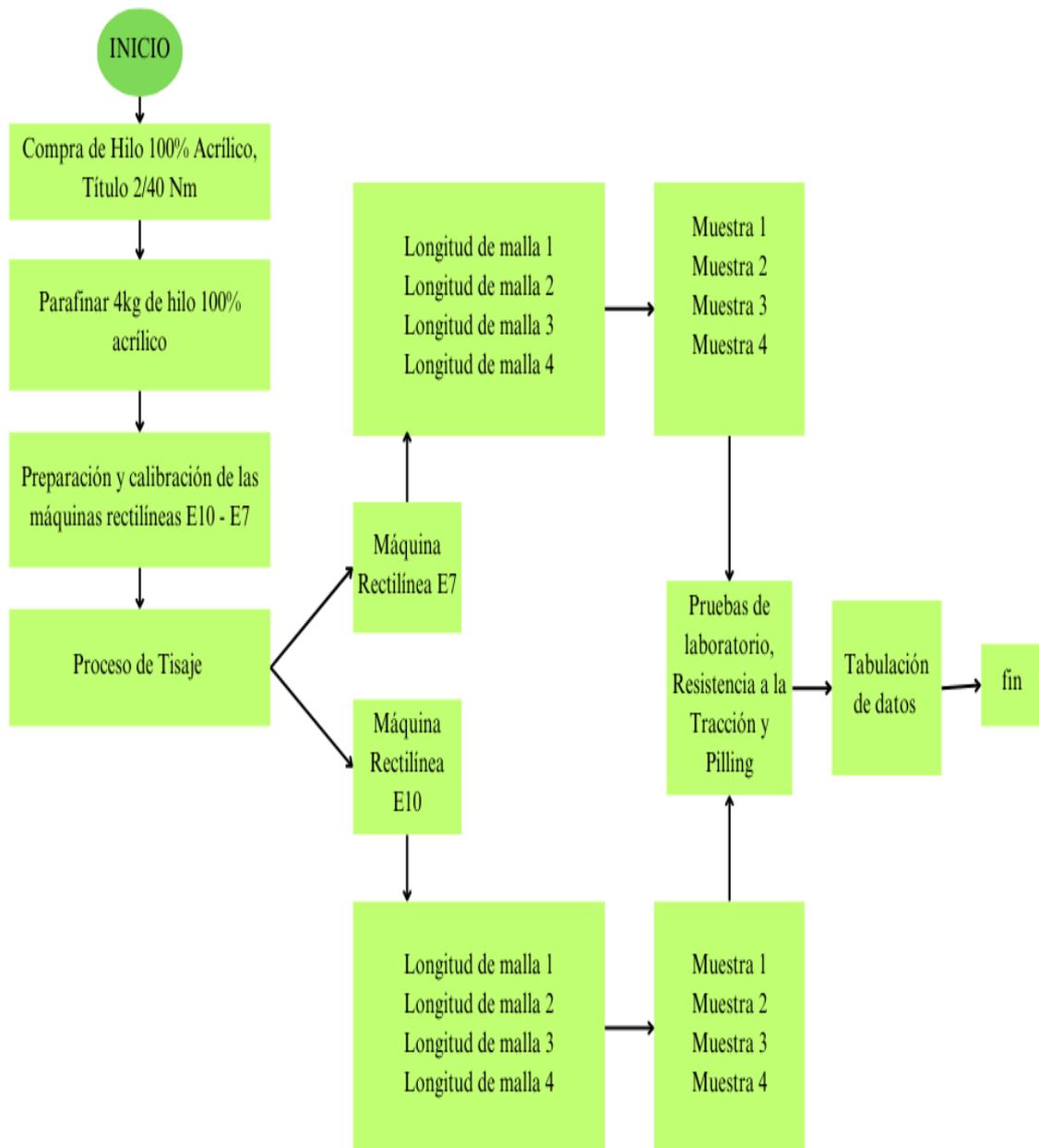
Nota: En la imagen se visualiza el flujograma general proceso de elaboración de muestras de tejido jersey 100% acrílico. Fuente: Propia.

## 2.4.2 Flujogramas Muéstrales

En el siguiente diagrama de flujo **Figura 35**, se detalla el proceso de tejeduría en una máquina rectilínea, con el fin de obtener las muestras de tejido jersey a partir de hilo 100% acrílico, necesarios para las pruebas respectivas.

**Figura 35**

*Flujograma del proceso de tisaje de un tejido jersey.*



Nota: La imagen representa el flujograma del proceso de tisaje de un tejido jersey. Fuente: Propia.

## 2.5 Equipos y Materiales

En el contexto del proyecto de investigación, la **Tabla 3** muestra los diversos materiales y equipos, los cuales resultaron fundamentales para la elaboración del tejido jersey y, en consecuencia, para la realización de los diferentes análisis durante las pruebas efectuadas en el laboratorio textil.

**Tabla 3**

*Materiales y equipos*

| Nombre del Equipo | Parámetros             |
|-------------------|------------------------|
| Martin dale       | 5 estaciones           |
| Dinamómetro       | 5kN - 10kN             |
| Balanza analítica | 750g - 20mg            |
| Tejido Jersey     | NP (longitud de malla) |
| Hilo Acrílico     | 2/40 Nm                |

**Nota:** Materiales y equipos utilizados en el análisis de las muestras de tejido de punto.  
Fuente: Propia.

### 2.5.1 Martindale

Es un instrumento de medición, diseñado para ser utilizado en laboratorios de la industria textil, tiene como objetivo evaluar la resistencia a la abrasión y la tendencia a la formación de pilling (**Ver Figura 36**), de acuerdo con lo establecido en la Norma ISO 12945-2, que especifica el procedimiento para determinar la resistencia a la abrasión de un tipo determinado de tejido (James Heal, 2017).

Es decir, que la durabilidad de una tela se evalúa mediante la prueba Martindale. Esta evaluación se realiza en materiales de tapicería para determinar su idoneidad para diferentes aplicaciones, como sillas decorativas, zonas de mucho tránsito o mobiliario comercial. Comúnmente conocida como "prueba de roce", mide la resistencia a la abrasión.

Es importante destacar que, para llevar a cabo esta evaluación, será necesario contar con muestras de tejido que se utilizarán durante el proceso de prueba. También es considerada como una técnica, o evaluación de fricción Martindale, imita el uso típico de una funda de asiento; por lo tanto, la muestra de tela se frota contra una superficie abrasiva estándar con una fuerza determinada.

**Figura 36**

*Martindale*



Nota: En la imagen se observa la herramienta el instrumento Martindale para la realización de las pruebas. Fuente: (James Heal, 2016).

### 2.5.2 Dinamómetro

Según Heal, (2017) el dinamómetro que se muestra en la **Figura 37** , y que también está disponible en el laboratorio de la Planta Académica Textil de la UTN, es un equipo especializado para realizar pruebas universales de tracción. Este dispositivo cuenta con una amplia gama de aplicaciones, que incluyen no solo prendas de vestir y telas no tejidas, sino también otros materiales no textiles.

**Figura 37**

*Dinamómetro Titán*



Nota: La imagen muestra un Dinamómetro Titán textil. Fuente: (James Heal, 2017).

Las características básicas del equipo de laboratorio (**Tabla 4**), dinamómetro se detallan así:

**Tabla 4**

*Características del Dinamómetro Titán Range*

---

| Especificaciones del equipo    |                     |
|--------------------------------|---------------------|
| Marca comercial                | James Heal          |
| Modelo                         | 1410                |
| Presión de aire comprimido     | Rango de 7 a 10 bar |
| Sistema operativo del programa | Windows 10          |
| Programa que incorpora         | TestWise            |
| Peso del equipo                | 82 kg               |
| Nombre comercial.              | Titán Range         |

---

Nota: Especificaciones básicas del dinamómetro. Fuente: (James Heal, 2017).

## **2.6 Proceso para la elaboración de una muestra de tejido Jersey**

Para llevar a cabo el proceso de tejido de un material tipo jersey en máquinas rectilíneas, es fundamental cumplir con ciertos parámetros previos al desarrollo del tejido. Estos criterios son esenciales para garantizar la obtención de un producto de alta calidad, capaz de satisfacer las necesidades del consumidor.

### **2.6.1 Parámetros y variables**

Considerando que el tejido de punto tiene un proceso de fabricación en donde se utilizan agujas que forman una malla entrelazada a partir de uno o varios hilos.

Este tejido de mallas tiene un elemento importante que es la pasada. Además, hay que tomar en cuenta que se forman bucles que pasan y repasan por otros bucles. De estos elementos importantes se parte para determinar una clasificación de tejidos

Para el desarrollo de un tejido jersey en una máquina rectilínea debemos acatar algunos de los parámetros claves los cuales se muestran en la **Tabla 5**.

**Tabla 5**

*Parámetro y variables para el desarrollo de una muestra de tejido jersey.*

| Tipo       | Galga a utilizar | Calibración  |
|------------|------------------|--|
| Rectilínea | Galga Pura E7    | Desarrollo del programa  |
|            | Galga Pura E10   | Longitud de Malla<br>Pasadas por cm<br>Estiraje de Tejido<br>Velocidad de Carro<br>Alimentador del Hilo<br>Recuperador de Hilo<br>Tensión del Hilo<br>Sensor de Choque<br>Campo de tisaje<br>Selección de guía hilo<br>Lubricación de agujas y<br>platinas |

Nota: Parámetros y variables para el desarrollo de una muestra de tejido jersey. Fuente: Propia.

### **2.6.2 Acrílico 2/40 Nm**

A lo largo de los años, y como resultado de la constante mejora en la calidad de vida, las personas han incrementado su consumo de textiles más diversos. Por ello, la comodidad y la calidad de estos productos se han vuelto aspectos esenciales en el mercado textil. Así, a lo largo del tiempo, se ha buscado mejorar estas necesidades mediante el desarrollo de nuevos productos y, a su vez, cumplan con los requisitos exigidos por los consumidores.

La fibra acrílica de acuerdo con Saludstyle (2022) comparte propiedades similares a las de la lana, presentando una estructura macromolecular distintiva caracterizada por una conformación helicoidal irregular y la ausencia de una región cristalina estricta, aunque exhibe disposiciones tanto de orden superior como de orden inferior.

Esta estructura única otorga a la fibra acrílica una excelente elasticidad térmica y su densidad es menor que la de la lana. En consecuencia, el tejido ofrece un aislamiento térmico eficaz, lo que lo hace ideal para la ropa interior térmica.

En este contexto, surge la fibra acrílica, una de las fibras más utilizadas en la fabricación de hilos acrílicos HB, que se ha consolidado como una de las más empleadas en la industria textil para la creación de prendas de vestir. Las propiedades de este hilo, que se asemejan a las de la lana, incluyen elasticidad, conservación térmica y transpirabilidad, características fundamentales a la hora de elaborar prendas como: calcetines, sweaters, gorras, bufandas, guantes etc.

### **2.6.3 Maquinaria**

Durante el desarrollo de este proyecto de investigación, se han empleado diversos equipos e instrumentos, destacando entre ellos la máquina rectilínea, la cual es fundamental para la elaboración de las muestras de tejido. Estas muestras serán sometidas a rigurosos análisis con el objetivo de obtener resultados precisos y significativos.

La máquina seleccionada para la producción de las muestras es una máquina rectilínea de la marca APM que posee características idóneas (**Ver Tabla 6**) para el desarrollo de esta investigación, además de ser una máquina de origen italiano, la cual ha estado en el mercado por más de 50 años. A pesar de no haber recibido actualizaciones en la última década, la APM sigue siendo una de las pioneras en la industria textil, y sus características y ventajas le han permitido mantenerse operativa hasta la fecha.

Entre sus principales ventajas se encuentran: su fácil manipulación, la simplicidad en la programación, la disponibilidad de repuestos y la capacidad de recibir mantenimiento inmediato, así como su versatilidad en cuanto a las galgas y su alta capacidad de producción.

Sin embargo, en comparación con las máquinas más modernas, esta máquina presenta algunas desventajas. Entre ellas, destaca su naturaleza semi-electrónica, la menor velocidad del carro y la necesidad de calibración manual para la longitud de malla lo cual dificulta un poco al tratar de obtener una densidad adecuada en el tejido para posteriormente realizar la producción.

## 2.6.4 Características de la máquina

**Tabla 6**

*Características de una máquina APM.*

---

Especificaciones de una máquina rectilínea

---

|                                      |                   |
|--------------------------------------|-------------------|
| Modelo                               | APM               |
| Tipo                                 | semi- electrónica |
| Galgas                               | 10-7-5-8          |
| Sistemas                             | 2                 |
| Ancho de fontura                     | 210 cm            |
| Velocidad de trabajo                 | 0.5 m/s a 0.8 m/s |
| Tipo de fontura                      | Tipo V invertida  |
| Número de Guía hilos                 | 8                 |
| Sensibilidad del sistema de estiraje | Rango de 1-12     |
| Número de agujas en la fontura       | 830               |
| Voltaje                              | 220V              |
| Calibración de longitud de malla     | manual            |

---

Nota: Datos de especificaciones básicas de una máquina rectilínea. Fuente: Propia.

## 2.6.5 Descripción del proceso

Para la fabricación de muestras de tejido jersey 100% acrílico en máquinas rectilíneas, se tuvieron en cuenta diversos factores y consideraciones esenciales para optimizar el proceso.

### a) Selección de la materia prima (hilo acrílico 2/40 Nm)

Esta etapa inicial es crucial, ya que de la selección realizada dependerán los procesos posteriores y, en consecuencia, el producto final.

Por este motivo, para el tisaje de las muestras que serán sometidas a diversos ensayos, se utilizará hilo acrílico con título 2/40 Nm. Este material será adquirido en "Casa Tex", un almacén especializado en la venta y distribución de hilos e insumos textiles ubicado en la ciudad de Otavalo.

La característica técnicas de la materia prima a utilizar se muestra en la **Tabla 7**.

**Tabla 7**

*Características del hilo.*

| <b>Características</b>    | <b>Detalle</b>                    | <b>Muestra de color de Hilo</b>   |
|---------------------------|-----------------------------------|---|
| Composición               | 100% acrílico                     |  |
| Color                     | Rojo                              |   |
| Título de hilo            | 2/40 Nm                           |   |
| Género                    | HB                                |   |
| Número de cabos           | 2                                 |   |
| Tipo de acabado           | Blanqueo y Suavizado              |   |
| Grado de elaboración      | Descrude, Blanqueado y Tinturado. |   |
| Partida arancelaria       | 55.09.32.00.00                    |   |
| Peso por unidad comercial | 1.1 kg. Por cono                  |   |

Nota: Características básicas del hilo a utilizarse en el ensayo. Fuente: Propia.

**b) Proceso de parafinado del hilo**

El proceso de encerado que se indica en la **Figura 38** implica la aplicación de una fina capa de cera y/o parafina a un tipo específico de hilo, mejorando su capacidad de moverse suavemente a través de los diversos componentes mecánicos de una máquina de tejer de línea recta.

**Figura 38**

*Proceso de parafinado.*



Nota: En la imagen se observa el proceso de parafinado.

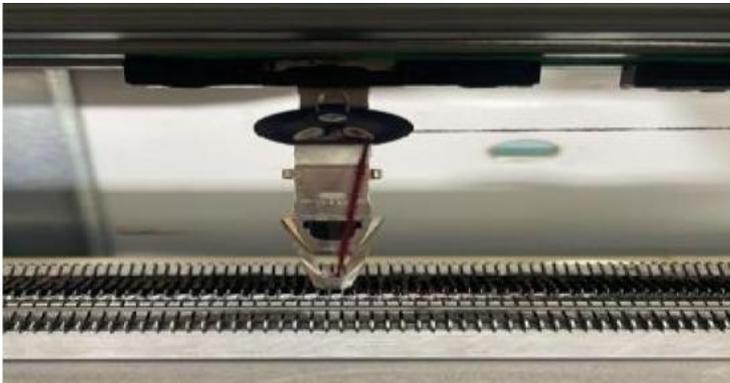
Fuente: Propia.

### c) Montaje de la materia prima sobre la máquina

En esta etapa, los conos de hilo parafinados se colocan sobre los tableros de alimentación de las máquinas rectilíneas. Posteriormente, el hilo se conduce a través de los diferentes sistemas de tensión y alimentación de la máquina, hasta llegar a las 'plumas' (Ver Figura 39) , que son responsables de guiar el hilo de izquierda a derecha, según sea el caso.

#### Figura 39

*Guía hilo (pluma).*



Nota: La presente imagen identifica la guía de hilo en la máquina rectilínea. Fuente: Propia.

### d) Calibración de la máquina

El proceso de calibración de la máquina, y en particular el de la longitud de las mallas, se llevó a cabo de manera manual debido a que, al ser una máquina semi-electrónica, no cuenta con motores de ajuste automático. Para la fabricación de la muestra, la máquina operó con cuatro longitudes de malla distintas, las cuales tienen un rango que va de 0 a 35 unidades como se indica en la **Figura 40**.

Para la calibración es necesario conocer la serie de bucles a través de dos técnicas, la del punto por trama y el punto por urdimbre. El primero por el de trama es uno de los más comunes y consiste en base de formación de bucles donde se utiliza un solo hilo continuo sobre unas cuantas sucesivas que pasan a lo largo del tejido. El segundo que es el punto de urdimbre se refiere al uso de hilos diferentes, que requiere un hilo por cada columna, aquí los tejidos no son muy elásticos, por ende, menos propensos a deshacerse.

**Figura 40**

*Rango de longitud de malla.*



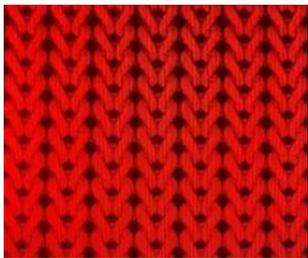
Nota: Imagen del rango de longitud de la malla a utilizar en el estudio. Fuente: Propia.

**e) Proceso de tisaje**

Finalmente, después de completar los pasos previos, se inicia el proceso de tisaje. Para ello, se determina el ancho del tejido, utilizando un número específico de agujas, lo cual se configura directamente en la máquina. El tiempo estimado para la muestra varía en función del ancho y la longitud deseados. Las características básicas del tejido jersey obtenido se presentan en la **Tabla 8**, **Tabla 9** y **Tabla 10**.

**Tabla 8**

*Características del tejido con densidad E10.*

| Características   | Detalle                    | Muestra De tejido   |
|-------------------|----------------------------|---|
| Composición       | Acrílico                   |  |
| Color             | Rojo                       |   |
| Título del hilo   | 2/40 Nm                    |   |
| Género de tejido. | Punto Rectilíneo           |   |
| Estructura        | Jersey Simple              |   |
| Densidad E10-NP25 | 17 p/pulgada - 12c/pulgada |   |
| Densidad E10-NP24 | 16 p/pulgada - 11c/pulgada |   |
| Densidad E10-NP23 | 15 p/pulgada - 11c/pulgada |   |
| Densidad E10-NP22 | 13 p/pulgada - 11c/pulgada |   |

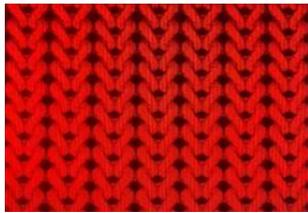
Nota: La tabla describe las características que tiene el tejido elaborado en el presente estudio. Fuente: Propia.

**Tabla 9***Características del tejido con densidad E10.*

| <b>Características</b> | <b>Detalle (g/m<sup>2</sup>)</b> |
|------------------------|----------------------------------|
| Gramaje E10NP25        | 470                              |
| Gramaje E10NP24        | 478                              |
| Gramaje E10NP23        | 536                              |
| Gramaje E10NP22        | 550                              |

Nota: Características básicas del sustrato. Fuente: Propia.

**Tabla 10***Características del tejido con densidad E7.*

| <b>Características</b> | <b>Detalle</b>              | <b>Muestra De tejido</b>  |
|------------------------|-----------------------------|---|
| Composición            | Acrílico                    |  |
| Color                  | Rojo                        |   |
| Título del hilo        | 2/40 Nm                     |   |
| Género de tejido.      | Punto Rectilíneo            |   |
| Estructura             | Jersey Simple               |   |
| Densidad E7-NP25       | 19 p/pulgada - 10 c/pulgada |   |
| Densidad E7-NP24       | 18 p/pulgada - 10c/pulgada  |   |
| Densidad E7-NP23       | 16 p/pulgada - 10c/pulgada  |   |
| Densidad E7-NP22       | 15 p/pulgada - 9c/pulgada   |   |
| Gramaje E7-NP25        | 582 (g/m <sup>2</sup> )     |   |
| Gramaje E7-NP24        | 556 (g/m <sup>2</sup> )     |   |
| Gramaje E7-NP23        | 538 (g/m <sup>2</sup> )     |   |
| Gramaje E7-NP22        | 495 (g/m <sup>2</sup> )     |   |

Nota: La tabla contiene características básicas de un tejido de punto rectilíneo. Fuente: Propia.

## **2.7 Pruebas de laboratorio**

### **2.7.1 Pasos para realizar las pruebas de resistencia a la tracción**

Para el desarrollo de esta prueba se sigue un determinado número de rigurosos pasos que son establecidas por la normativa ASTM-2261-11 para lo cual es necesario tomar como mínimo 3 muestras longitudinales (MD) y 3 muestras en sentido transversal (CD).

**Paso 1.** Obtener muestras de tejido de punto con dimensiones de 7.5cm de ancho y 20cm de longitud, además posterior a ello se realiza el corte longitudinal de 75mm como se indica en la **Figura 41**.

### **Figura 41**

*Corte de probetas de un tejido jersey.*

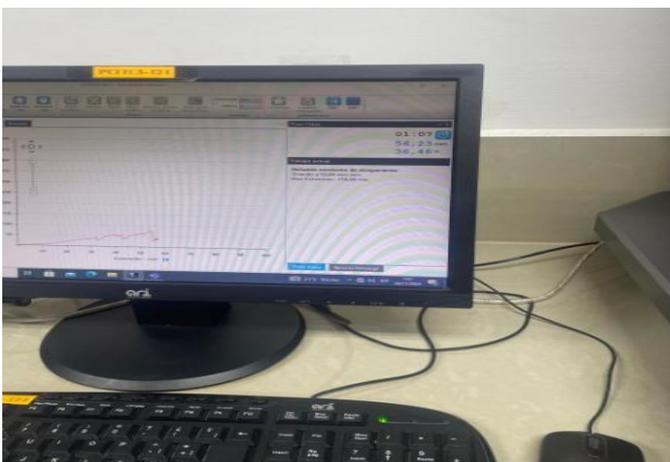


Nota: Imagen del corte de probetas. Fuente: Propia.

**Paso 2.** La **Figura 42** muestra la configuración del equipo y software, en este proceso se verifica la calibración de la máquina, así como también los parámetros a utilizar, mismas que serán configurados en base a la norma ASTM-2261-1.

### **Figura 42**

*Configuración del software dinamométrico.*

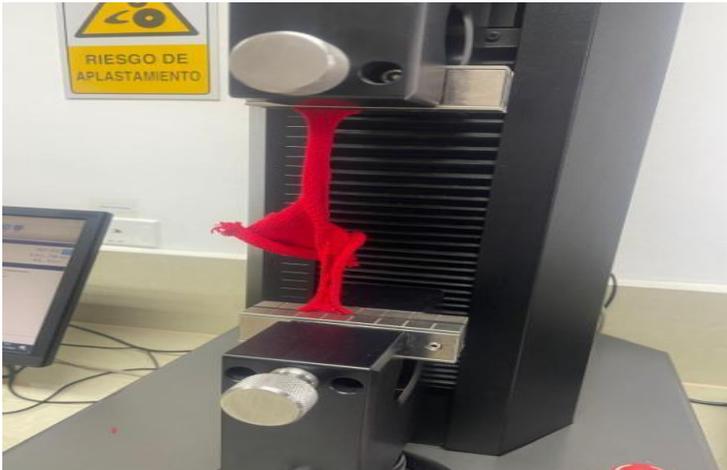


Nota: Imagen del software Dinamométrico. Fuente: Propia.

**Paso 3.** Se procede a colocar las probetas donde los extremos sueltos serán colocados en las mordazas del dinamómetro con una distancia entre mordazas de  $75 \pm 1$  mm como se indica en la **Figura 43**. La velocidad de desplazamiento se inicia con una prueba a 50 mm/min dependiendo del tipo del material con el que se realice el ensayo.

### **Figura 43**

*Carga e inicio de ensayo resistencia a la tracción.*



Nota: Imagen del software Dinamométrico. Fuente: Propia.

### **2.7.2 Pruebas de resistencia al pilling**

Para el desarrollo y aplicación del ensayo, resistencia a la abrasión se empleó parámetros establecidos de acuerdo a la Norma ISO 12945-2 la cual especifica la masa de carga según el tipo de tejido que se va a realizar además de utilizar al menos 3 probetas por muestra, las condiciones del laboratorio deben ser de  $20 \pm 2$  °C y una humedad relativa constante del  $65 \pm 2\%$ .

**Paso 1.** Obtención de probetas según la norma a utilizar, para ello se extrae muestras de tejido por medio de la troqueladora la cual abarca un área de 152cm<sup>2</sup>

**Paso 2. Acondicionamiento** las muestras deben reposar en un ambiente controlado ( $20 \pm 2$ °C y  $65 \pm 4\%$  de humedad relativa) durante al menos 24 horas.

**Paso 3.** El procedimiento se inicia colocando una muestra de jersey de la misma especie en la placa inferior de la máquina como se indica en la **Figura 44**.

#### **Figura 44**

*Fijación de las probetas.*



Nota: Imagen de la fijación de probetas. Fuente: Propia.

A continuación, la muestra de tejido designada para la prueba se fija de forma segura en el porta muestras superior e inferior y por consiguiente se carga al equipo de prueba Martindale como se indica en la **Figura 45**.

#### **Figura 45**

*Carga de probetas al equipo Martindale.*



Nota: Imagen del manejo de equipos. Fuente: Propia.

**Paso 4.** Configurar el Martindale para ejecutar una cantidad específica de ciclos, esto puede variar entre 500,1000,2,000 y 7,000 ciclos según las características del tejido. Durante la prueba, la máquina realizará un movimiento elíptico controlado, diseñado para reproducir el desgaste mediante fricción sobre la muestra de manera uniforme y repetida. Esto permitirá al final de cada ciclo realizar una calificación adecuada bajo la supervisión de un profesional capacitado como indica la **Figura 46**.

**Figura 46**

*Inspección del ensayo resistencia al pilling.*



Nota: Imagen de la revisión de los ensayos. Fuente: Propia.

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1 Resultado

En este apartado se presentan los diversos resultados obtenidos según las normativas y metodologías aplicadas en las pruebas de resistencia a la tracción y pilling, analizando cada muestra resultante de estas evaluaciones. Posteriormente, se comparan los valores obtenidos. Además, se empleó el programa estadístico PAST 4 para realizar un análisis que permitiera verificar la confiabilidad de los datos recolectados en los ensayos, complementando dicho análisis con tablas y gráficos explicativos.

##### 3.1.1 Resultado de la prueba tendencia a la formación de pilling

La **Tabla 11** muestra los resultados de la prueba de formación de pilling esta se llevó a cabo en ocho muestras de tejido identificadas como E10NP22, E10NP23, E10NP24, E10NP25, E7NP22, E7NP23, E7NP24, y E7NP25, siguiendo el procedimiento de la norma ISO 12945-2. Durante el ensayo, se evaluaron las resistencias de las muestras al pilling a través de ciclos progresivos de fricción (500, 1000, 2000, 5000 y 7000 ciclos) en una escala estándar del 1 al 5, donde una calificación de 5 representa una resistencia excelente y 1 indica un deterioro severo.

**Tabla 11**

*Resultado de la prueba de pilling.*

| CICLO | E10<br>NP22 | E10<br>NP23 | E10<br>NP24 | E10<br>NP25 | E7<br>NP22 | E7<br>NP23 | E7<br>NP24 | E7<br>NP25 |
|-------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| 500   | 5           | 4           | 4           | 3           | 4          | 5          | 4          | 4          |
| 1000  | 5           | 4           | 3           | 2           | 4          | 4          | 3          | 3          |
| 2000  | 4           | 3           | 2           | 1           | 3          | 2          | 2          | 1          |
| 5000  | 1           | 1           | 1           | 1           | 3          | 1          | 1          | 1          |
| 7000  | 1           | 1           | 1           | 1           | 2          | 1          | 1          | 1          |

Nota: Esta tabla muestra los resultados obtenidos de la prueba de pilling donde, E

(Galga) y NP (longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.1.2 Resultados de la prueba resistencia a la abrasión

La **Tabla 12** muestra los resultados de la prueba a la abrasión esta permitió evaluar la capacidad de las muestras de tejido jersey acrílico para resistir el desgaste causado por fricción prolongada, es decir, cuanto resiste el tejido hasta romper el primer hilo de su estructura.

Los resultados, expresados en ciclos, indicaron la cantidad de movimiento elíptico que cada tejido pudo soportar antes de presentar fallos significativos en su estructura. Los datos revelaron una variabilidad considerable entre las muestras de galga 7 y galga 10, lo que reflejó diferencias significativas

**Tabla 12**

*Resultados de la prueba de abrasión.*

| ÍTEM          | PARÁMETROS |       |       |       |       |       |       |       |
|---------------|------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
|               | E10        | E10   | E10   | E10   | E7    | E7    | E7    | E7    |
|               | NP22       | NP23  | NP24  | NP25  | NP22  | NP23  | NP24  | NP25  |
| <b>Nro.</b>   | 33035      | 51125 | 18570 | 33035 | 28231 | 29823 | 14784 | 88790 |
| <b>ciclos</b> |            |       |       |       |       |       |       |       |

Nota: Esta tabla muestra los ciclos obtenidos en la prueba de abrasión donde, E (Galga) y NP (longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.1.3 Resultado de la prueba para establecer el desgarró de la tela por el método de la lengüeta.

La **Tabla 13** muestra la configuración utilizada en el equipo Dinamómetro Titán para realizar las pruebas de resistencia a la tracción en las muestras de tejido acrílico. Esta configuración incluyó parámetros específicos como la velocidad de desplazamiento de la mordaza, la longitud de sujeción de la probeta textil, la carga máxima aplicada y las condiciones de pretratamiento de la muestra asegurando así la obtención de resultados precisos y reproducibles. Estos ensayos mecánicos permitieron evaluar, la elongación y la calidad estructural de la tela, aspectos fundamentales para garantizar su desempeño en

procesos de confección y fabricación de productos textiles de alto estándar.

**Tabla 13**

*Configuración del equipo de prueba de tracción.*

| Ítem                    | Parámetros    |
|-------------------------|---------------|
| Test Name:              | E7 – E10      |
| Probetas:               | 3             |
| Direcciones requeridas: | Ambos         |
| Plan de Mordazas:       | T27           |
| Separación de mordazas: | 75,00 mm      |
| Force Control Gain:     | 25            |
| Célula de carga:        | 5000 N        |
| Tested by:              | Administrator |
| Pretension              | 0,50 N        |
| Extension               | 150,00 mm     |
| Velocidad               | 50,00 mm/min  |
| Firmware                | V2.7          |
| Load Cell SN:           | Serial Number |
| Versión:                | 5.0.1.0.0     |

Nota: Configuración del equipo para la prueba de atracción. Fuente: (James Heal, 2017).

Los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la tracción de las muestras de tejido jersey acrílico permitieron identificar diferencias significativas en la capacidad de los tejidos para soportar fuerzas aplicadas en la dirección longitudinal como se indica en la **Tabla 14**. Se analizaron ocho muestras textiles, de las cuales cuatro fueron tejidas en máquinas rectilíneas de galga 7, con la siguiente codificación: (E7NP22, E7NP23, E7NP24, E7NP25), y las otras cuatro se elaboraron en máquinas rectilíneas de galga 10 (E10NP22, E10NP23, E10NP24, E10NP25). Para garantizar la fiabilidad de los resultados y minimizar la variabilidad en las propiedades mecánicas, se realizaron tres repeticiones por cada muestra. Este procedimiento permitió evaluar de manera comparativa la influencia de la galga de la máquina de tejeduría en las características estructurales del tejido, como la densidad de malla, la resistencia a la tracción y la estabilidad dimensional, parámetros

esenciales en la industria de la confección y manufactura textil.

**Tabla 14**

*Resultados dinamométricos dirección longitudinal (MD).*

| Parámetro    | E7     | E7    | E7    | E7    | E10    | E10    | E10    | E10    |
|--------------|--------|-------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
|              | NP22   | NP23  | NP24  | NP25  | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   |
| Newton       | N      | N     | N     | N     | N      | N      | N      | N      |
| 1            | 92,74  | 89,45 | 84,49 | 78,03 | 112,12 | 101,45 | 83,67  | 98,06  |
| 2            | 100,74 | 79,44 | 98,71 | 83,82 | 109,79 | 126,97 | 114,71 | 104,89 |
| 3            | 103,54 | 88,72 | 81,75 | 92,18 | 99,97  | 114,21 | 105,31 | 96,16  |
| Media        | 99,01  | 85,87 | 88,31 | 84,68 | 107,3  | 114,21 | 101,23 | 99,7   |
| Desv.Tip.    | 5,6    | 5,58  | 9,1   | 7,11  | 6,45   | 12,76  | 15,92  | 4,59   |
| Coef.De var. | 5,66%  | 6,5%  | 10,3% | 8,40% | 6,01%  | 11.17% | 15,72% | 4,61%  |

Nota: Resultados obtenidos de la prueba dinamométrica, E (Galga) y NP (longitud de malla). Fuente: Propia.

Los resultados obtenidos en la prueba de resistencia a la tracción transversal de las muestras de tejido jersey acrílico permitieron identificar diferencias significativas en la capacidad de los tejidos para soportar fuerzas aplicadas en la dirección transversal como se indica en la **Tabla 15**. Para ello se analizaron ocho muestras textiles, de las cuales cuatro fueron tejidas en máquinas rectilíneas de galga 7, con la siguiente codificación: (E7NP22, E7NP23, E7NP24, E7NP25), y las otras cuatro se elaboraron en máquinas rectilíneas de galga 10 (E10NP22, E10NP23, E10NP24, E10NP25).

Asimismo, con el fin de asegurar la confiabilidad de los datos obtenidos y reducir al mínimo la dispersión en las propiedades mecánicas de las muestras, se realizaron tres ensayos repetidos para cada tejido analizado.

Esta metodología permitió comparar de forma precisa cómo incide la galga de la máquina rectilínea en diversos aspectos estructurales del género de punto, tales como la densidad de mallas, la resistencia a la tensión y la estabilidad dimensional. Estos parámetros resultan determinantes para evaluar la calidad y el comportamiento del material durante los

procesos de confección y acabado dentro del sector textil.

**Tabla 15**

*Resultados dinamométricos dirección transversal (CD).*

| Parámetros    | E7    | E7     | E7    | E7     | E10    | E10   | E10   | E10    |
|---------------|-------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|
|               | NP22  | NP23   | NP24  | NP25   | NP22   | NP23  | NP24  | NP25   |
| Newton        | N     | N      | N     | N      | N      | N     | N     | N      |
| 1             | 81,59 | 95,96  | 94,42 | 79,56  | 98,09  | 88,18 | 95,32 | 98,06  |
| 2             | 91,68 | 88,98  | 94,41 | 85,97  | 91,82  | 89,74 | 89,38 | 104,89 |
| 3             | 93,09 | 112,45 | 90,62 | 96,94  | 104,05 | 80,54 | 86,92 | 96,16  |
| Media         | 88,79 | 99,13  | 93,15 | 87,49  | 97,99  | 86,15 | 90,54 | 83,3   |
| Desv. Tip.    | 6,27  | 12,05  | 2,19  | 8,79   | 6,12   | 4,92  | 4,32  | 4,82   |
| Coef. De Var. | 7,06  | 12,16% | 2,35% | 10,05% | 6,24%  | 5,71% | 4,77% | 5,79%  |

Nota: Resultados obtenidos de la prueba dinamométrica donde, E (Galga) y NP (longitud de malla). Fuente: Propia.

### **3.1.4 Tabla general de resultados de las pruebas de tendencia a la formación de pilling, abrasión y resistencia a la tracción de la tela por método de la lengüeta.**

En la **Tabla 16** se expone el resumen de los resultados obtenidos en los ensayos de pilling, abrasión y resistencia a la tracción, evaluados tanto en la dirección de la máquina (MD) como en la dirección transversal (CD). Esta información permitió efectuar una comparación integral del comportamiento de las muestras de tejido de punto tipo jersey, realizadas con hilo acrílico título 2/40 Nm en máquinas rectilíneas AMP de galga 10 y galga 7.

Además, el estudio de estos parámetros resulta esencial para establecer la durabilidad, el comportamiento mecánico y la calidad superficial del tejido, factores determinantes para su adecuada utilización en la confección de prendas de vestir y artículos textiles de alta calidad. Evaluar estas propiedades permite optimizar los procesos de, tejeduría y acabado, garantizando que la prenda final cumpla con los estándares de

resistencia y apariencia requeridos en el mercado textil.

**Tabla 16**

*Consolidación de resultados.*

| Prueba       |        | E10   | E10    | E10    | E10   | E7    | E7    | E7    | E7    |
|--------------|--------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
|              |        | NP22  | NP23   | NP24   | NP25  | NP22  | NP23  | NP24  | NP25  |
| Pilling      | 500    | 5     | 4      | 4      | 3     | 4     | 5     | 4     | 4     |
|              | 1000   | 5     | 4      | 3      | 2     | 4     | 4     | 3     | 3     |
|              | 2000   | 4     | 3      | 2      | 1     | 3     | 2     | 2     | 1     |
|              | 5000   | 1     | 1      | 1      | 1     | 3     | 1     | 1     | 1     |
|              | 7000   | 1     | 1      | 1      | 1     | 2     | 1     | 1     | 1     |
| Abrasión     | Ciclos | 33035 | 51125  | 18570  | 33035 | 28231 | 29823 | 14748 | 88790 |
| Desgarr<br>o | MD     | 107,3 | 114,21 | 101,23 | 99,7  | 99,01 | 85,87 | 88,31 | 84,68 |
|              | CD     | 97,99 | 86,15  | 90,54  | 83,3  | 88,79 | 99,13 | 93,15 | 87,49 |

Nota: Resultados generales obtenidos donde, E (Galga) y NP (longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.2 Discusión de resultados

Posterior a la tabulación de los datos y la presentación de los resultados obtenidos en las pruebas de resistencia a la tracción, pilling y abrasión, realizadas a partir de tejidos jersey 100% acrílico en máquinas rectilíneas de galga 7 y 10, se procede a interpretar los valores proporcionados por los ensayos. Es importante destacar que dichos valores serán consolidados para determinar las propiedades abrasivas de cada probeta, así como su comportamiento frente a fuerzas de tracción.

Dentro de los resultados obtenidos están resultados de la prueba de pilling, resultados de la prueba de abrasión, configuración del equipo de prueba de tracción resultados dinamométricos dirección longitudinal (MD), resultados dinamométricos dirección transversal (CD) y finalmente consolidación de resultados. Todas las tablas se encuentran

analizadas de forma técnica para poder establecer la discusión respectiva

### 3.2.1 Análisis de la varianza

El análisis ANOVA muestra que existen diferencias significativas entre las medias de los grupos de telas evaluados ( $F=135$ ,  $p=2,496e-197$ ), indicando que al menos un grupo presenta características distintas en comparación con los demás (**Ver Figura 47**). Aunque la varianza explicada por los grupos es pequeña ( $\omega^2=0,03171$ ), lo que sugiere que las diferencias entre grupos no representan una gran proporción de la variabilidad total, los resultados son estadísticamente sólidos.

#### Figura 47

Prueba ANOVA.

| <b>Test for equal means</b>  |                    |                    |                    |                  |                                |
|--|--------------------|--------------------|--------------------|------------------|--------------------------------|
|  | <b>Sum of sqrs</b> | <b>df</b>          | <b>Mean square</b> | <b>F</b>         | <b>p (same)</b>                |
| <b>Between groups:</b>   | 345600             | 7                  | 49371,5            | 135,6            | 2,496E-197                     |
| <b>Within groups:</b>  | 1,0471E07          | 28752              | 364,184            |                  | <b>Permutation p (n=99999)</b> |
| <b>Total:</b>  | 1,08166E07         | 28759              |                    |                  | 1E-05                          |
| <b>Components of variance (only for random effects):</b>   |                    |                    |                    |                  |                                |
| <b>Var(group):</b>   | 13,6321            | <b>Var(error):</b> | 364,184            | <b>ICC:</b>      | 0,0360812                      |
| <b>omega<sup>2</sup>:</b>  | 0,03171            |                    |                    |                  |                                |
| <b>Levene's test for homogeneity of variance, from means</b>                                     |                    |                    |                    | <b>p (same):</b> | 4,175E-85                      |
| <b>Levene's test, from medians</b>   |                    |                    |                    | <b>p (same):</b> | 4,869E-68                      |
| <b>Welch F test in the case of unequal variances:</b> $F=132,8$ , $df=1,232E04$ , $p=3,146E-189$ |                    |                    |                    |                  |                                |
| <b>Bayes factor:</b> 3,105E191 (decisive evidence for unequal means)                             |                    |                    |                    |                  |                                |

Nota: La imagen muestra la homogeneidad de la varianza a partir de las medidas tomadas en los ensayos. Fuente: Propia.

Además, el factor de Bayes (3,1051E91) proporciona evidencia decisiva para confirmar estas diferencias, siendo relevante para destacar variaciones importantes en propiedades como resistencia o durabilidad de las telas.

### 3.2.2 Normalidad de los datos

La prueba de normalidad aplicada a las variables presentadas en la tabla indica que los datos siguen una distribución normal. Los valores en Shapiro-Wilk están

significativamente sobre el 1, lo que señala la normalidad, y los valores de p son mayores ( $p > 0.05$ ), aceptando la normalidad. Asimismo, los valores de Anderson-Darling son altos, y sus valores p también, reforzando esta conclusión. En resumen, para todas las variables analizadas, las pruebas sugieren que los datos se distribuyen normalmente.

En la **Tabla 17** se presenta la evaluación de normalidad del pilling mediante las pruebas de Shapiro-Wilk y Anderson-Darling, se encontró que las muestras analizadas E10NP22, E10NP23, E10NP24, E7NP22, E7NP23, y E7NP24 tuvieron p-valores mayores a 0.05 en al menos una o más de las pruebas aplicadas, lo que indicó que sus datos seguían una distribución normal. Este comportamiento reflejó una mayor consistencia y homogeneidad en los valores obtenidos durante las pruebas, lo que a su vez sugiere una estructura de tejido más uniforme y menos susceptible a variaciones en el desgaste superficial.

**Tabla 17**

*Prueba de normalidad, resistencia al pilling.*

| Parámetros             | E10<br>Np22 | E10<br>NP23 | E10<br>NP24 | E10<br>NP25 | E7<br>NP22 | E7<br>NP23 | E7<br>NP24 | E7<br>NP25 |
|------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|------------|------------|------------|------------|
| N                      | 5           | 5           | 5           | 5           | 5          | 5          | 5          | 5          |
| Shapiro-<br>Wilk W     | 0,7817      | 0,803       | 0,902       | 0,7709      | 0,881      | 0,8668     | 0,902      | 0,7667     |
| p(normal)              | 0,057       | 0,085       | 0,421       | 0,0459      | 0,0314     | 0,02538    | 0,4211     | 0,0422     |
| Anderson-<br>Darling A | 0,5385      | 0,4834      | 0,2886      | 0,6028      | 0,3644     | 0,3653     | 0,2886     | 0,6186     |
| p(normal)              | 0,0812      | 0,1173      | 0,4537      | 0,0566      | 0,2732     | 0,2715     | 0,4537     | 0,04622    |

Nota: Resultados de prueba de normalidad donde E (Galga) y NP (Longitud de malla).

Fuente: Propia.

En el caso de las muestras de galga 10, esta normalidad podría atribuirse a la mayor densidad de los tejidos producidos con esta galga. La compactación inherente de los puntos favoreció una distribución más uniforme de las fibras y una respuesta más predecible al pilling durante los ciclos de prueba. Por ejemplo, E10NP22 y E10NP23 mantuvieron calificaciones altas (5 y 4) durante los primeros ciclos y mostraron un deterioro progresivo más controlado en comparación con otras muestras.

Por otro lado, en las muestras de galga 7, a pesar de ser menos densas que las de galga 10, también se observó una distribución homogénea de los valores de pilling. Esto podría deberse a una calidad uniforme en la fabricación, donde las fibras estuvieron mejor cohesionadas y distribuidas, reduciendo las fluctuaciones entre repeticiones. La muestra E7NP23, en particular, destacó por mantener una resistencia aceptable al pilling hasta los ciclos intermedios (2000 ciclos) antes de mostrar un desgaste acelerado.

En general, las muestras que presentaron normalidad compartieron características de uniformidad en su estructura y comportamiento bajo condiciones de desgaste. Esto evidenció una mayor confiabilidad en su desempeño frente al pilling además la normalidad en los datos permitiendo predecir de manera más precisa su resistencia al pilling, haciéndolas adecuadas para aplicaciones que requieren estabilidad en el desempeño superficial.

Por otro lado, las muestras E10NP25 y E7NP25 (ambas con densidad de 25) no cumplieron con la prueba de normalidad, ya que sus p-valores fueron menores a 0.05. Esto indicó una mayor variabilidad o patrones no lineales en los datos de pilling de estas muestras, en comparación con las demás.

En las muestras de densidad 25, la normalidad podría explicarse por factores relacionados con su estructura y comportamiento ante el desgaste superficial. Estas muestras mostraron un desempeño irregular durante las pruebas de pilling, con un rápido deterioro a partir de los 1000 ciclos y calificaciones bajas en los ciclos avanzados. Esto sugiere que su resistencia al pilling es más sensible a pequeños cambios en las condiciones del tejido o en la distribución de las fibras, lo que ha generado una dispersión significativa en los valores registrados. Por ello, se sugiere que la resistencia al pilling es más sensible a pequeñas variaciones en las condiciones de tejido o distribución de las fibras, lo que podría haber causado una gran dispersión en los valores medidos.

Además, los tejidos con menor densidad tienden a tener una menor cohesión entre las fibras, lo que los hace más vulnerables al desgaste y a la formación de pilling. En el caso de las muestras E10NP25 y E7NP25, esta característica podría haber amplificado las diferencias individuales en la respuesta de cada repetición de la prueba, afectando negativamente la distribución de los datos.

Este comportamiento tiene concordancia con los resultados generales de pilling,

donde las muestras mostraron un desempeño inferior en comparación con las de mayor densidad. Esto destaca la importancia de la densidad en la fabricación de tejidos, ya que influye directamente en su resistencia y consistencia frente al pilling.

Por consiguiente, este comportamiento fue coherente con los efectos frecuentes de formación de bolitas, donde estas muestras tuvieron un rendimiento inferior en comparación con las de mayor densidad. Esto pone en manifiesto la importancia de la densidad en la fabricación de tejidos, ya que se relaciona directamente con su resistencia a la formación de bolitas y, por lo tanto, con su consistencia.

En la **Tabla 18** que se encuentra a continuación se presenta la prueba de normalidad para los datos de abrasión, tanto la prueba de Shapiro-Wilk como la de Anderson-Darling indicaron que todas las muestras analizadas presentan  $p$ -valores mayores a 0.05, lo que sugiere que no hay evidencia suficiente para rechazar la normalidad. Esto implica que los datos de abrasión en todas las muestras siguen una distribución normal, reflejando una consistencia en los resultados de desgaste dentro de cada grupo de tejidos evaluados.

**Tabla 18**

*Prueba de normalidad, resistencia a la abrasión.*

| Parámetros             | E10    | E10    | E10    | E10    | E7     | E7     | E7     | E7     |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   |
| N                      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| Shapiro-<br>Wilk W     | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| p(normal)              | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      | 1      |
| Anderson-<br>Darling A | 0,1895 | 0,1895 | 0,1895 | 0,1895 | 0,2296 | 0,2296 | 0,2296 | 0,2296 |
| p(normal)              | 0,6307 | 0,6307 | 0,6307 | 0,6307 | 0,4867 | 0,4867 | 0,4867 | 0,4867 |

Nota: Resultados de la prueba de normalidad donde E (Galga) y NP (Longitud de malla). Fuente: Propia.

En la **Tabla 19** se presenta la prueba de normalidad para los datos de tracción longitudinal (MD), los resultados de Shapiro-Wilk y Anderson-Darling mostraron  $p$ -valores mayores a 0.05 en ambas pruebas, indicando que los datos seguían una distribución normal

y evidencian una mayor consistencia en sus resultados y a la vez indicando uniformidad en los diferentes tejidos de galga 7 y 10.

**Tabla 19**

*Prueba de normalidad, resistencia a la tracción longitudinal (MD).*

| Parámetros             | E7     | E7     | E7     | E7     | E10    | E10    | E10    | E10    |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   |
| N                      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      |
| Shapiro-<br>Wilk W     | 0,9283 | 0,8044 | 0,8675 | 0,9891 | 0,8876 | 1      | 0,9507 | 0,9039 |
| p(normal)              | 0,4822 | 0,125  | 0,2885 | 0,8005 | 0,347  | 1      | 0,5725 | 0,3981 |
| Anderson-<br>Darling A | 0,2709 | 0,4191 | 0,3423 | 0,2016 | 0,3185 | 0,1895 | 0,2451 | 0,2992 |
| p(normal)              | 0,3503 | 0,1014 | 0,1934 | 0,5756 | 0,2367 | 0,6307 | 0,4309 | 0,2778 |

Nota: Resultados de la prueba de normalidad donde E (Galga) y NP (Longitud de malla).  
Fuente: Propia.

En la **Tabla 20** se presentan las pruebas de normalidad en la tracción transversal (CD), en la que las muestras E7NP22, E7NP23, E7NP25, E10NP22, E10NP23, E10NP24, y E10NP25 mostraron una distribución consistente y homogénea en sus resultados ( $p$ -valor  $> 0.05$ ), reflejando uniformidad en la resistencia transversal. Este comportamiento puede atribuirse a una mejor cohesión estructural en el tejido, lo que permitió que los valores obtenidos fueran menos dispersos y más predecibles.

Por el contrario, la muestra E7NP24 dentro de este grupo, al no ajustarse a los criterios de normalidad estadística, mostró resultados más dispersos y poco consistentes, lo que evidencia posibles irregularidades en la uniformidad del hilo empleado. Estas deficiencias podrían haber afectado la integridad estructural del tejido, incrementando su vulnerabilidad frente a tensiones transversales y comprometiendo su desempeño mecánico durante el desarrollo del ensayo.

**Tabla 20***Prueba de normalidad, resistencia a la tracción transversal (CD).*

| Parámetros             | E7     | E7     | E7     | E7     | E10    | E10    | E10    | E10    |
|------------------------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
|                        | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   | NP22   | NP23   | NP24   | NP25   |
| N                      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      | 3      |
| Shapiro-<br>Wilk W     | 0,8404 | 0,9481 | 0,752  | 0,9776 | 0,9998 | 0,8729 | 0,9459 | 0,9039 |
| p(normal)              | 0,2151 | 0,5611 | 0,0043 | 0,7129 | 0,9721 | 0,3038 | 0,5516 | 0,3981 |
| Anderson-<br>Darling A | 0,3749 | 0,2481 | 0,4852 | 0,2146 | 0,1897 | 0,3358 | 0,2506 | 0,299  |
| p(normal)              | 0,1458 | 0,4208 | 0,0577 | 0,5288 | 0,6296 | 0,2043 | 0,4123 | 0,2778 |

Nota: Resultados de la prueba de normalidad donde E (Galga) y NP (Longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.2.3 Análisis e interpretación de resultados

Con base en los resultados obtenidos de las tres pruebas realizadas, se llevó a cabo un análisis integral que permitió evaluar el desempeño de las muestras de tejido jersey acrílico producidas en máquinas rectilíneas de galga 7 y galga 10. Dichas pruebas fueron esenciales para determinar la resistencia superficial y estructural de los tejidos, identificando tanto sus fortalezas como las áreas de oportunidad para mejorar su desempeño.

#### 3.2.3.1 Análisis de los resultados obtenidos en la prueba de pilling

En la **Figura 48** se pueden identificar los resultados de la prueba de pilling, donde las muestras de galga 10 comenzaron con calificaciones superiores en los primeros ciclos, pero sufrieron un deterioro progresivo más rápido en las etapas avanzadas, como en la muestra E10NP22 que mostró el mejor desempeño inicial, con una calificación perfecta de 5 hasta los 1000 ciclos, manteniendo un nivel aceptable de 4 hasta los 2000 ciclos. Sin embargo, después de los 5000 ciclos, cayó a la calificación más baja (1), indicando un

desgaste severo.

Las muestras de galga 10, como E10NP23, E10NP24 y E10NP25, evidenciaron una mayor susceptibilidad al desgaste. Estas muestras comenzaron con calificaciones de 4 o 3 en los primeros ciclos y alcanzaron la calificación de 1 a los 2000 o 5000 ciclos, lo que reflejó una menor resistencia al pilling en comparación con E10NP22. Este comportamiento podría deberse a ligeras diferencias en la compactación o distribución de las fibras, afectando su tolerancia al desgaste.

Por otro lado, las muestras de galga 7 mostraron un desempeño inicial menos consistente, pero algunas lograron mantener mejor resistencia en los ciclos avanzados, como las muestras E7NP22 y E7NP23 que se destacaron como las más resistentes dentro de este grupo, con calificaciones de 4 o 5 hasta los 1000 ciclos y una calificación de 3 a los 5000 ciclos. Este resultado reflejó una mejor tolerancia al desgaste en comparación con las demás muestras de galga 7 y algunas de galga 10.

Por el contrario, E7NP24 y E7NP25 presentaron un desgaste más acelerado, alcanzando calificaciones de 1 en los 2000 o 5000 ciclos, lo que evidenció una estructura más propensa a la formación de vellosidad y por consiguiente el pilling.

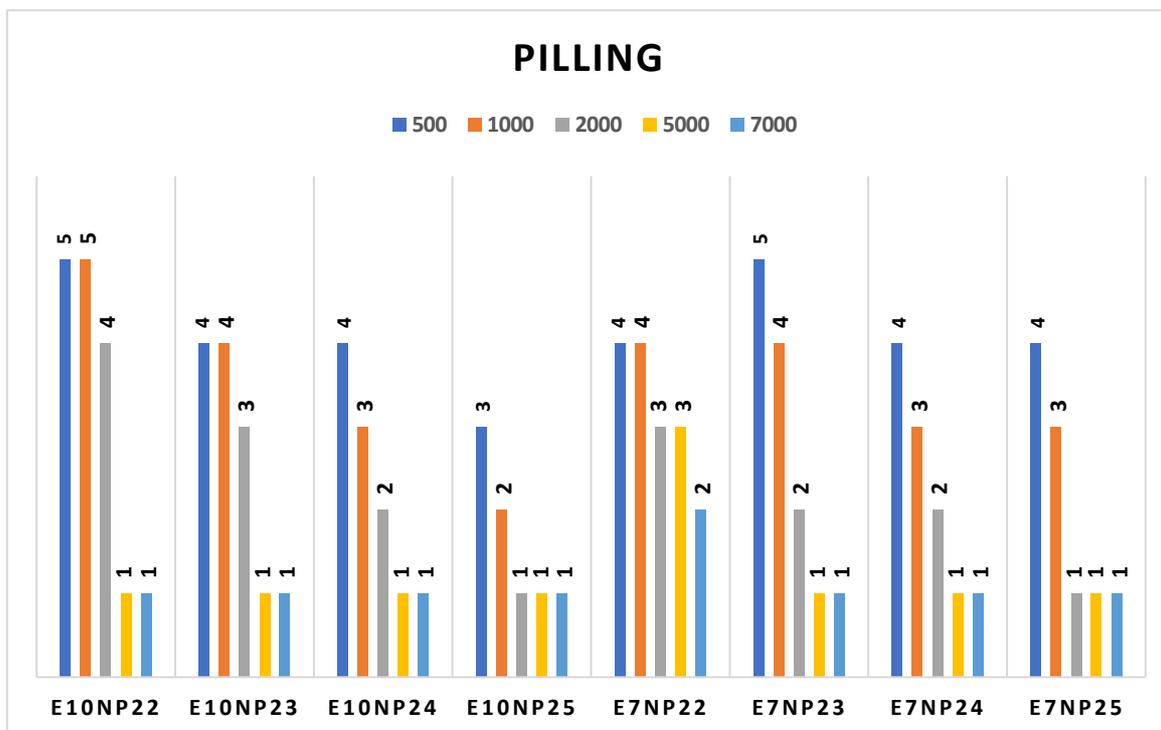
La diferencia en el desempeño puede explicarse por la estructura del tejido y las propiedades adoptadas durante del proceso de fabricación. Ya que los tejidos de galga 10 tienen una mayor densidad de mallas por unidad de área debido al menor tamaño de las agujas y la mayor cantidad de pasadas, lo que les proporciona una estructura más compacta y homogénea. Esta característica contribuyó a su resistencia al desgaste abrasivo, ya que una mayor cohesión entre las fibras reduce la formación de pilling bajo fricción.

En contraste, los tejidos de galga 7 tienen una estructura más abierta debido a un menor número de mallas por unidad de área, lo que resulta en una menor resistencia al pilling. Este diseño más laxo permite que las fibras individuales sean desplazadas más fácilmente durante el contacto con superficies abrasivas, facilitando la formación de vellosidad en la superficie del tejido generando así el desgaste prematuro.

Además, la teoría del pilling establece que los tejidos con menor densidad tienden a exhibir mayor propensión a este fenómeno debido a la menor resistencia a las fuerzas mecánicas y a la facilidad de liberación de fibras superficiales. Las fibras sueltas se entrelazan y forman un frisado visible en la superficie del tejido.

**Figura 48**

*Resultados de la prueba resistencia al pilling.*



Nota: Resultados de la prueba resistencia al pilling donde E (Galga) y NP (Longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.2.3.2 Análisis de los resultados obtenidos en la prueba a la abrasión.

Como se indica en la **Figura 49** la muestra de galga 10 E10NP23 se destacó con el mejor desempeño al alcanzar 51125 ciclos, demostrando una notable resistencia a la abrasión. Este resultado fue casi el doble del valor obtenido por la muestra E10NP24, que registró el menor desempeño dentro de este grupo con 18570 ciclos.

La alta resistencia de E10NP23 puede atribuirse a su mayor cohesión estructural y una distribución uniforme de las fibras, características propias de los tejidos de galga 10. Por otro lado, E10NP24, a pesar de pertenecer al mismo grupo, pudo haber tenido una menor densidad del tejido, lo que redujo su capacidad para resistir la fricción.

En las muestras de galga 7, se observaron resultados más variables. Sorprendentemente, E7NP25 presentó el mejor desempeño de todas las muestras analizadas, alcanzando 88790 ciclos, superando incluso a las de galga 10. Este resultado atípico podría

explicarse por una combinación de factores, como una mayor flexibilidad de la estructura, que le permitió distribuir mejor las tensiones generadas por la fricción. En contraste, E7NP24 registró el menor desempeño de todas las muestras, con solo 14748 ciclos, lo que evidencia su limitada capacidad para resistir el desgaste. Este desempeño inferior podría deberse a inconsistencias en la uniformidad del tejido o a una menor cohesión entre las fibras.

Las pruebas de abrasión realizadas en el laboratorio revelaron que, en términos generales, las muestras de galga 10 mostraron un desempeño superior frente a la fricción constante a la que fueron sometidas, registrando valores altos en la mayoría de los casos. En contraste, las muestras de galga 7 presentaron valores inferiores en comparación con las de galga 10.

**Figura 49**

*Resultados pruebas a la abrasión.*



Nota: Resultados de la prueba resistencia a la abrasión donde E (Galga) y NP (Longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.2.3.3 Análisis de los resultados obtenidos en la prueba a la tracción, sentido MD (Machine Direction).

En la (Figura 50) se muestra los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción en la dirección longitudinal (MD). Se analizaron ocho muestras, cuatro de ellas elaboradas en máquinas rectilíneas de galga 7 (E7NP22, E7NP23, E7NP24, E7NP25) y las otras cuatro en galga 10 (E10NP22, E10NP23, E10NP24, E10NP25), realizando tres repeticiones por cada muestra.

En la Tabla 14 se presentaron los resultados de la prueba de tracción longitudinal (MD) en la cual se evidenciaron las diferencias notables en la resistencia promedio entre las telas de galga 7 y 10, la mayor resistencia promedio correspondió a E10 NP23, con 114,21 N, lo que la posicionó como la mejor muestra en términos de resistencia longitudinal. Este alto desempeño pudo deberse a la densidad de las mallas característica de las telas de galga 10, que favoreció una mejor distribución de las tensiones a lo largo de la dirección longitudinal. Por el contrario, la muestra E10 NP25, con una media de 99,7 N, presentó la menor resistencia dentro de esta galga, posiblemente debido a variaciones en la uniformidad de los hilos que afectaron su capacidad de soportar fuerzas. (Ver **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** En las muestras de galga 7, la mayor resistencia promedio se observó en E7 NP22, con 99,01 N, mientras que la menor resistencia se presentó en E7 NP25, con un promedio de 84,68 N. Estas diferencias podrían explicarse por las características estructurales de la galga 7, que tiene una menor densidad de mallas, lo que redujo la capacidad de las muestras para soportar tensiones longitudinales.

En cuanto a la uniformidad de los resultados, E10 NP25 tuvo el coeficiente de variación más bajo, con 4,61%, lo que indicó una alta consistencia en las propiedades de las muestras. En contraste, E10 NP23, aunque fue la muestra más resistente, presentó el coeficiente de variación más alto, con 11,17%, lo que reflejó una mayor variabilidad en los resultados debido a posibles variaciones en la uniformidad del hilo. En las telas de galga 7, los coeficientes de variación fueron más moderados, con la menor variabilidad en E7 NP22 (5,66%) y la mayor en E7 NP24 (10,3%).

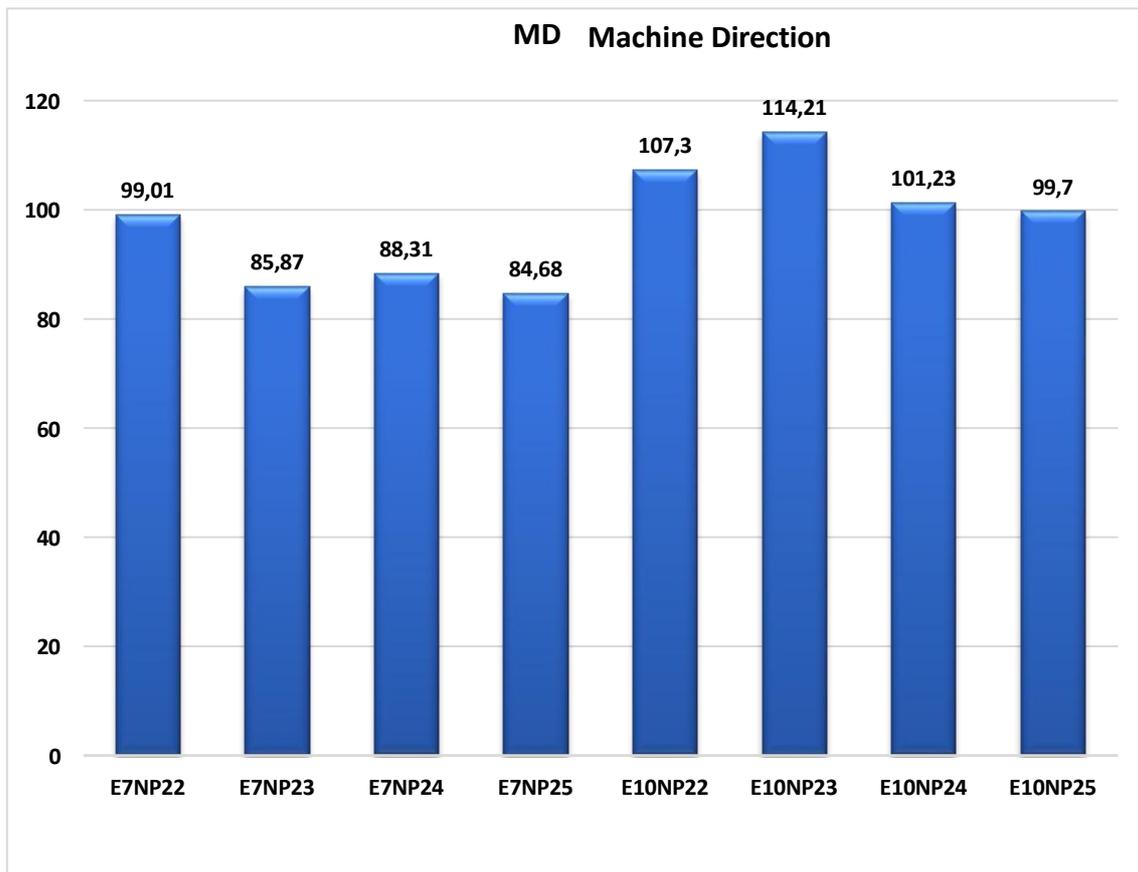
Desde un punto de vista teórico, los resultados se alinearon con los principios de la mecánica de materiales. Los tejidos más densos, como los producidos en máquinas de galga

10, distribuyen de manera más uniforme las tensiones aplicadas, lo que retrasa el inicio de la deformación y permite al tejido soportar mayores fuerzas antes de fallar. Además, la cohesión estructural evita el deslizamiento prematuro de las fibras, una de las principales causas de rotura en tejidos menos compactos.

Por otro lado, los tejidos de galga 7, al tener una menor densidad de puntos por unidad de área, son más propensos a concentrar tensiones en puntos específicos, lo que acelera el proceso de deformación y ruptura. Este comportamiento puede explicarse por la menor interacción entre las fibras, que facilita su separación y falla bajo cargas longitudinales. Estos resultados permiten identificar por qué se acelera las causas de la imperfección y rompimiento del tejido.

**Figura 50**

*Resultados resistencia a la tracción en sentido longitudinal.*



Nota: Resultados de la prueba resistencia a la tracción donde E (Galga) y NP (Longitud de malla). Fuente: Propia.

### 3.2.3.4 Análisis de los resultados obtenidos en la prueba a la tracción, sentido CD

**(Counter Direction).**

En la **Figura 51** se mostró los resultados de las pruebas de resistencia a la tracción en la dirección transversal (CD) para ocho muestras de tejido jersey acrílico. En las muestras de galga 7, E7 NP23 se destaca con la mayor resistencia promedio de 99,13 N, superando a todas las demás muestras. Este resultado puede estar relacionado con una estructura de tejido que favorece la distribución transversal.

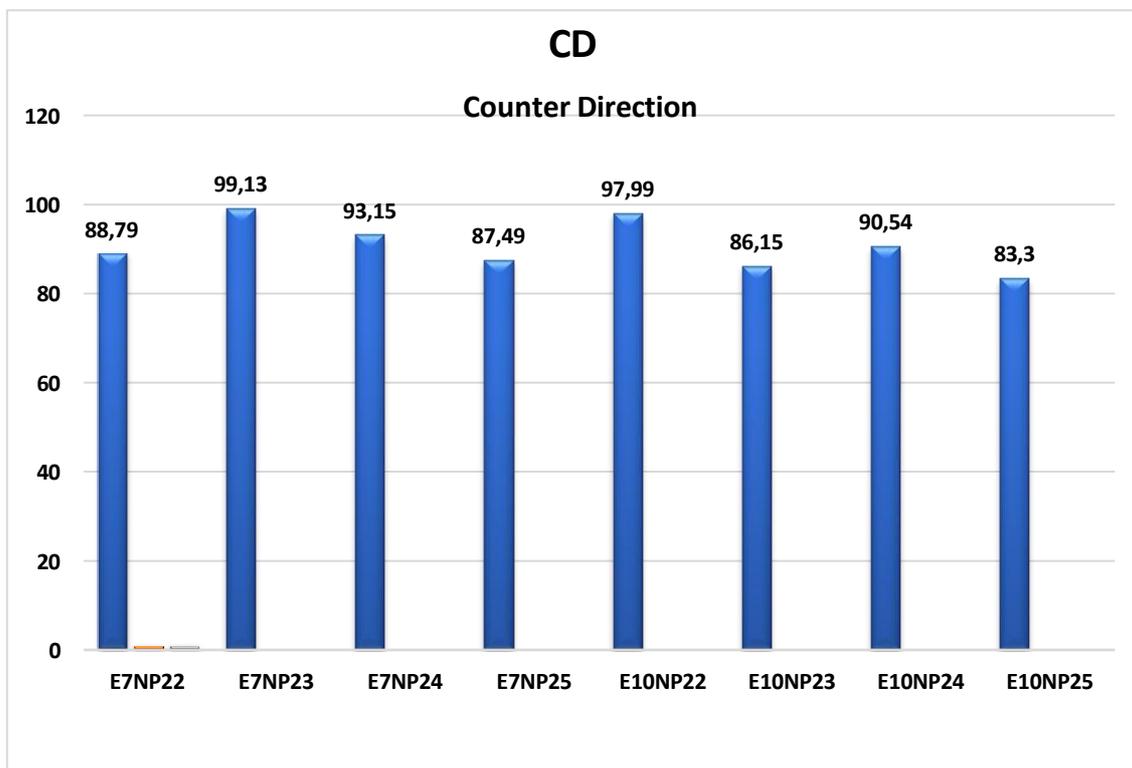
Por otro lado, E7 NP25 tiene la menor resistencia dentro de esta galga, con una media de 87,49 N, lo que sugiere que su estructura no es tan eficiente para soportar fuerzas en la dirección transversal. En las muestras de galga 10, la resistencia promedio más alta se encuentra en E10 NP22, con 97,99 N, aunque este valor es inferior al de la mejor muestra de galga 7 (E7 NP23). Esto puede deberse a que las telas de galga 10, al ser más densas, tienden a tener una estructura más rígida que limita la redistribución de esfuerzos en la dirección transversal. La muestra E10 NP25, con un promedio de 83,3 N, presenta la resistencia más baja de todas las telas analizadas.

En términos de uniformidad, la menor variabilidad se observa en E7 NP24, que tiene un coeficiente de variación de 2,35%, lo que refleja una alta consistencia en las propiedades de las muestras. Por el contrario, E7 NP23, aunque tiene la mayor resistencia promedio, presenta la mayor variabilidad con un coeficiente de variación de 12,16% lo que sugiere posibles irregularidades en la uniformidad de hilo. En las telas de galga 10, las variaciones son menores, con coeficientes de variación entre E10NP24 con 4,77% y E10NP22 con 6,24%, lo que indica una mayor regularidad en el tejido sin embargo no siempre se traduce a una mayor resistencia.

Los resultados de la tracción transversal evidencian que las telas de galga 7 presentan mejor desempeño en promedio, especialmente E7 NP23, debido probablemente a características estructurales que favorecen la resistencia transversal. Sin embargo, la variabilidad dentro de las muestras de esta galga puede ser mayor, como se ve en E7 NP23. Las telas de galga 10 tienen un comportamiento más uniforme en algunos casos, pero muestran una menor resistencia promedio.

**Figura 51**

*Resultados resistencia a la tracción en sentido transversal (CD).*



Nota: Resultados de la prueba resistencia a la tracción donde E (Galga) y NP (Longitud de malla). Fuente: Propia.

### **3.2.3.5 Análisis general de resultados de las pruebas de tendencia a la formación de pilling, abrasión y resistencia a la tracción de la tela por método de la lengüeta.**

- **Resistencia a la formación de pilling**

Según los resultados obtenidos en la prueba de resistencia al pilling, (ver la figura 48) la mejor muestra dentro del grupo de probetas elaboradas en máquinas rectilíneas galga 10 fue la E10NP22. Esta mostró un desempeño equilibrado, alcanzando una calificación de 5 en los ciclos entre 500 y 1000, y de 4 a los 2000 ciclos. Sin embargo, su desempeño decayó rápidamente a los 5000 y 7000 ciclos, al igual que las demás probetas, obteniendo finalmente uno, correspondiente a pilling severo.

Por otro lado, dentro del grupo de probetas realizadas en máquinas rectilíneas galga 7, la muestra más destacada fue la E7NP22, que obtuvo una calificación de 4 en los ciclos

entre 500 y 1000, y de 3 a los 2000 ciclos. Aunque comenzó con calificaciones más bajas en comparación con las muestras de galga 10, la E7NP22 logró mantener una calificación de 2 a los 7000 ciclos, superando así el desempeño final de las muestras de galga 10.

- **Resistencia a la abrasión**

A través de los resultados obtenidos en la prueba de abrasión de la Figura 49, se identificó que la mejor muestra dentro del grupo de probetas realizadas en máquinas rectilíneas de galga 10 fue la E10NP23, que demostró una notable resistencia a la abrasión al alcanzar los 51125 ciclos (**Ver** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.).

En contraste, dentro del grupo de muestras realizadas en máquinas rectilíneas de galga 7, la probeta más destacada fue la E7NP25, la cual mostró un excelente desempeño, resistiendo hasta 88790 ciclos, superando así a la mejor probeta de galga 10.

En términos generales, las muestras de galga 10 presentaron un mayor desempeño en la mayoría de los casos. Esto puede atribuirse a su mayor densidad de mallas y cohesión de fibras, características propias de tejidos elaborados con galgas finas. Estas propiedades favorecen la retención de vellosidad en la superficie del tejido, lo que ayuda a reducir la formación excesiva de pilling.

- **Resistencia a la tracción sentido longitudinal (MD)**

Según los resultados obtenidos mediante las pruebas dinamométricas, dentro del grupo de probetas observables en la figura 50 se realizó en máquinas rectilíneas de galga 10, la muestra con mayor resistencia promedio fue la E10NP23, alcanzando un valor de 114.21 N, lo que la posicionó como la mejor muestra en términos de resistencia longitudinal (**Ver Figura 50**).

Este destacado desempeño puede atribuirse a la elevada densidad de mallas característica de las telas de galga 10, que favorece una distribución más uniforme de las tensiones a lo largo de la dirección longitudinal.

Por otro lado, en las muestras de galga 7, la mayor resistencia promedio correspondió a la E7NP22, con un valor de 99.01 N. Estas diferencias en resistencia podrían explicarse

por las características estructurales propias de la galga 7, que presenta una menor densidad de mallas, limitando la capacidad de las muestras para soportar tensiones longitudinales de manera eficiente. Por ende, estos factores de las características estructurales del calibre 7, que tiene una menor densidad de malla, lo que limita la capacidad de las muestras para resistir eficazmente las tensiones longitudinales.

- **Resistencia a la tracción sentido transversal (CD)**

Según los resultados de la figura 51 obtenidos mediante las pruebas dinamométricas, de la tracción en sentido transversal, dentro del grupo de probetas realizadas en máquinas rectilíneas de galga 7, la muestra E7NP23 destacó al registrar la mayor resistencia promedio, con un valor de 99.13 N (**Ver** ¡Error! No se encuentra el origen de la referencia. Este desempeño puede estar relacionado con una estructura de tejido que favorece la distribución de tensiones transversales. Por otro lado, en las muestras de galga 10, la mayor resistencia promedio fue alcanzada por la E10NP22, con un valor de 97.99 N, ligeramente inferior al de la mejor muestra de galga 7 (E7NP23). Esto podría explicarse por la mayor densidad de las telas de galga 10, que, aunque ofrece mayor cohesión, también puede conferir una mayor rigidez estructural, limitando la redistribución de esfuerzos en la dirección transversal.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

Dado que este proyecto de investigación es inédito, la recopilación y el análisis de información a partir de fuentes bibliográficas resultaron fundamentales para evaluar la resistencia a la tracción y el pilling de un tejido jersey acrílico producido en máquinas rectilíneas de galga 7 y 10. Se utilizaron equipos especializados, como el Martindale y el dinamómetro, siguiendo estrictamente las normativas ISO 12945-2 y ASTM D2261-11. Estas normas proporcionaron técnicas y datos clave que no solo respaldaron el rigor técnico del estudio, sino que también enriquecieron significativamente el conocimiento existente, aportando herramientas prácticas y valiosas para futuras investigaciones en el ámbito textil.

En el desarrollo de tejidos de punto rectilíneo tipo jersey, elaborados en máquinas de galga 7 y 10, se emplearon cuatro diferentes regulaciones de longitud de malla. Esto permitió analizar detalladamente el comportamiento del tejido frente a propiedades abrasivas y fuerzas de tracción. Las variaciones NP22, NP23, NP24 y NP25 en la longitud de malla influyeron significativamente en las características del tejido, la densidad, el peso, la elasticidad y las dimensiones finales de las probetas. Asimismo, se verificó la excelente adaptabilidad del hilo acrílico con título 2/40 Nm a ambas galgas, destacando su versatilidad para diferentes ajustes de tisaje.

Tras la evaluación del ensayo de resistencia al pilling, se determinó que la muestra E7NP22 presentó el mejor desempeño, alcanzando una calificación de 2 puntos a los 7000 ciclos. En comparación, las demás muestras obtuvieron una calificación de 1 punto bajo las mismas condiciones, evidenciando la superioridad de E7NP22 en términos de resistencia al pilling. Luego de realizar los ensayos de tracción, se determinó que la muestra E10NP23 presenta la mayor resistencia en el sentido longitudinal (MD), alcanzando una fuerza máxima de 114,21 N, lo que representa un 13,31% más de resistencia en comparación con la mejor muestra del grupo de probetas elaboradas en máquinas rectilíneas de galga 7, E7NP22. Por otro lado, los resultados de los ensayos en el sentido transversal (CD) indican que la muestra E7NP23 es la más resistente, soportando una fuerza máxima de 99,13 N, la misma que presenta un 1,15% de mayor resistencia que la mejor muestra del grupo de probetas de galga 10, E10NP22 que resistió 97,99 N.

De acuerdo con el análisis de datos de la prueba a la abrasión se concluye que la mejor muestra dentro del grupo de probetas E7 es la E7NP25 llegando a soportar un total de 88790 ciclos antes de su rotura, la cual sobrepasa en 42,42% a la mejor muestra de galga 10, E10NP23 que soportó 51125 ciclos.

### **Recomendaciones**

En base a los resultados obtenidos, se sugiere que, al realizar el proceso de tisaje o tricotado en una máquina rectilínea, se lleve a cabo un control exhaustivo de diversos aspectos técnicos, tales como la velocidad del carro, teniendo en cuenta el tipo de diseño y la estructura del tejido en proceso. Además, es fundamental controlar la tensión del hilo y el estiraje, con el fin de garantizar la calidad del producto final.

Es fundamental conocer las características de las distintas máquinas rectilíneas y adaptar el proceso de producción en función de sus especificaciones. Para ello, es recomendable adquirir conocimientos a través de fuentes bibliográficas y manuales técnicos, así como de catálogos instructivos que proporcionen recomendaciones específicas para el uso adecuado de la máquina según los distintos títulos de hilo.

Para el presente análisis comparativo de la resistencia a la tracción, formación de pilling y resistencia a la abrasión en tejidos de punto rectilíneo jersey elaboradas en máquinas rectilíneas galga 7 y 10, se recomienda la elaboración de al menos tres probetas por longitud de malla seleccionada. Esto permitirá obtener resultados más precisos y representativos en los ensayos de pilling, asegurando una evaluación rigurosa y obteniendo resultados aún más precisos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acero, R. (2024). Máquinas Rectilíneas. <https://rafaelacero.ec/maquinas-rectilineas/>
- AEQCT, (2021). La Asociación Española de Químicos y Coloristas Textiles **AEQCT** celebra jornada técnica 'Las patentes como ventaja competitiva en el mercado, <https://www.aeqct.org/prensa-/>
- ASTM, (2016). Prueba estándar ASTM D2261 para la resistencia al desgarro de la lengua de las telas. <https://www.laboratuar.com/es/testler/astm-testleri/astm-d2261-kumaslarin-dil-ile-yirtilma-mukavemeti-icin-standart-test/>
- ASTM, (2013). American Society for Testing and Materials (ASTM), astm d2261-2013. <https://www.antpedia.com/standard/sp/es/156342.html>
- Baltanás, G., Cugniet, L., & Fourcade, V. (s/f). Tejidos de punt a máquina Galga y Fontura. <http://cursos.fadu.uba.ar/apuntes/Indumentaria%20I/unidad%20practica%20n%20%201/4%20b-%20Tejido%20de%20punto%20a%20maquina-%20galga%20y%20fontura-%20Titulacion.pdf>
- Cachimuel, J. (2017). Reconstrucción, automatización y puesta en funcionamiento de una máquina rectilínea Marxo Rimach para tejido Jersey. Universidad Técnica Particular de Loja. Ibarra: UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7501/1/04%20IT%20216%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Capdevila, X. (2002). Regulación de la Tricotosa Rectilínea. Boletín Intexter (U.P.C). <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2099/2716/3CONFECICIO.pdf>
- Cayambe, J. (2023). Análisis comparativo de la resistencia al desgarro y abrasión en tejidos de punto Jersey, cañamo/algodón 55/45 y algodón 100%. Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/14034/2/04%20IT%20326%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Cerda, M. M. (Junio de 2010). Máquina de género de punto. <https://arqueologiaindustrial.wordpress.com/wp-content/uploads/2010/06/maquina-de-genero-de-punto1.pdf>

- Cruz, A. (2017). Análisis comparativo de resistencia a la tracción y a la abrasión, en tejido Jersey terminado en algodón 100% y mezcla bambú 70/30 fabricados con título 20/1 Ne. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15913/2/04%20IT%20384%20RABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cruz, A. (2023). Análisis comparativo de resistencia a la tracción y a la abrasión, en tejido jersey terminado en algodón 100% y mezcla bambú/algodon 70/30 fabricados con título 20/1 Ne. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/15913/2/04%20IT%20384%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cucás, Y. (2020). Aplicación y análisis del uso de Látex, resina y silicona en tejidos de lana 100% como un acabado antipilling. Trabajo de titulación, Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/10656/2/04%20IT%20271%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Cuicapuza, R. (08 de Enero de 2018). Procesados III Cuerpo Acabado Antipilling. <https://es.scribd.com/document/294856328/Laboratorio-N-9-Procesados-III-Cuerpo-Acabado-Antipilling>
- Flores, I. (2020, February 13). Tipos de investigación definicioncaracteristicas exploratoria
- Fraino, L. (17 de Febrero de 2015). Investigación Analítica. SCRIBD. <https://es.scribd.com/document/256085238/INVESTIGACION-ANALITICA>
- Freire, J. (2022). Tejidos de Punto A Máquina. Punto A Máquina Por Trama. <https://es.scribd.com/document/716383880/4-TEJIDOS-DE-PUNTO-A-MAQUINA-PUNTO-A-MAQUINA-POR-TRAMA>
- Heal, J. (2024). Lo esencial: Martindale. <https://www.jamesheal.com/es/essentials-martindale-what-it-does-and-how-it-works>
- HILARIS. (2024). Hilo en textil. Revista de ciencia e ingeniería textil. <https://spanish.hilarispublisher.com/scholarly/yarn-in-textile-journals-articles-ppts-list-1617.html#:~:text=El%20hilo%20es%20una%20longitud,bordar%20a%20mano%20o%20a%20m%C3%A1quina.>

- Huilca-Galarza, L. (2019). Automatización de una máquina textil lineal de tejido para la empresa textil "Tejidos Mayrita". trabajo de titulación, Universidad Tecnológica Israel, Quito. <https://repositorio.uisrael.edu.ec/bitstream/47000/1967/1/UISRAEL-EC-ELDT-378.242-2019-008.pdf>
- ISO, (2020) Textiles: determinación de la propensión de los tejidos a la formación de bolitas, pelusas o enredos en la superficie. Parte 2: Método Martindale modificado. <https://www.iso.org/standard/75375.html>
- Ivester y Neefus. (s/n ) Industria de productos textiles. <https://www.insst.es/documents/94886/161971/Cap%C3%ADtulo+89.+Industria+de+productos+textiles>
- Lechner, W. (1969). Guía textil y cueril de Chile y "Alalé Pacífico". Obtenido de <https://es.scribd.com/document/432170455/maquinas-de-tejer-a-nivel-industrial>
- Ledesma, B. (2023). propuesta de diseño de una planta de producción textil a base de cáñamo industrial h-51 para la cooperativa Amanda, ubicada en el sector de Chingazo Alto, Cantón Guano. <http://dSPACE.espacech.edu.ec/bitstream/123456789/19048/1/85T00780.pdf>
- Lockúan, F. (2012). La industria textil y su control de calidad. Barcelona.
- López, F., & Naik, A. (1979). Estudios y experiencias sobre Pilling. Boletín Intexter del Instituto de Investigación Textil y de Cooperación Industrial., <https://upcommons.upc.edu/handle/2099/6141>
- Mcdougall, V. C. (2009). Aspectos básicos sobre la Investigación Experimental.
- Mejía, 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. Trabajo de titulación , Universidad Técnica del Norte. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/16094/2/04%20IT%20391%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Naranjo, M. (2013). Reacondicionamiento, reparación y puesta en funcionamiento de una tricotosa circular de gran diámetro. Trabajo de grado, Ibarra. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/2643/1/04%20IT%20156%20TESIS.pdf>
- Perugachi, A. (2023). Maquinaria Textil. Scielo, 4(7), 23. [www.nclksdjflwejfolfñwekjfñow](http://www.nclksdjflwejfolfñwekjfñow)

- Quinchuqui. (2017). Reconstrucción, automatización y puesta en funcionamiento de una máquina rectilínea marza Rimach para tejido Jersey. Ibarra: UTN. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7501/1/04%20IT%20216%20T RABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Ramos, C. (2021). Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1). <https://cienciamerica.edu.ec/index.php/uti/article/view/356>
- Ruiz, C. (2013). Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto en Máquinas Rectilíneas. Universidad Técnica del Norte, Ibarra. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1964/1/Tesis.pdf>
- Ruiz, C. (Febrero de 2023). Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1964/1/Tesis.pdf>
- SAE, S. d. (1 de Agosto de 2018). Sistemas de gestion de calidad en la industria textil. [https://www.google.com/search?q=base+legal+ecuador+para+la+calidad+producci%C3%B3n+textil+antipilling&sca\\_esv=93cc6a6cdbe51fb9&sxsrf=ADLYWIIqtSvAiCkLkzBJxILCkvs\\_IeSVvA%3A1733579035498&ei=G1FUZ8uQHp6awt0Pr\\_HKkQI&ved=0ahUKEwiLiueU5ZWKAxUejbAFHa-4MiIQ4dUDCA8](https://www.google.com/search?q=base+legal+ecuador+para+la+calidad+producci%C3%B3n+textil+antipilling&sca_esv=93cc6a6cdbe51fb9&sxsrf=ADLYWIIqtSvAiCkLkzBJxILCkvs_IeSVvA%3A1733579035498&ei=G1FUZ8uQHp6awt0Pr_HKkQI&ved=0ahUKEwiLiueU5ZWKAxUejbAFHa-4MiIQ4dUDCA8)
- Saludstyle. (28 de Septiembre de 2022). Hilos Acrílicos (Mezclados, Core Spun) para la Industria Textil. <https://www.saludstyle.com/es/news/acrylic-yarns-blended-core-spun-for-textile-industry/>
- Seampedia. (13 de Febrero de 2019). Formación de pilling en los tejidos. <https://seampedia.com/formacion-de-pilling-en-los-tejidos/>
- Shima Seki. (2022). Industria Textil .Tecnología SHIMA SEKI en máquinas rectilíneas para el tejido de punto. <https://www.youtube.com/watch?v=LWdheaWRYUo>
- Solé, A. (2014). El Pilling en los artículos textiles. *3CTecnología*, 3(1), 34-51. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4817579>
- Solé, A. (13 de Febrero de 2019). Formación de pilling en los tejidos. <https://seampedia.com/formacion-de-pilling-en-los-tejidos/>
- Stoll. (2014) Máquina de tejer rectilínea manual. Curso de Capacitación. ID 223788\_01 ES. [https://nfc.stoll.com/faq/223788\\_01\\_train\\_learner\\_es.pdf](https://nfc.stoll.com/faq/223788_01_train_learner_es.pdf)
- Stoll. (2021). Máquina de tricotado plana milto gauge.

- <https://www.directindustry.es/prod/stoll/product-180256-2279082.html>
- Suárez, D. (2017). Reconstrucción, automatización y puesta en funcionamiento de un equipo para la fabricación de cordones textiles para la planta textil. <https://core.ac.uk/download/pdf/200323059.pdf>
- TESTEXTILE. (2024) Probamos materias primas textiles, productos intermedios y productos finales. <https://www.testex.com/en/textile-testing>
- Textiles Panamericanos. (22 de Abril de 2015). Avances en Fabricación de Tejidos de Punto. <https://textilespanamericanos.com/textiles-panamericanos/articulos/2015/04/avances-en-fabricacion-de-tejidos-de-punto/>
- Tonon, G. (2011). La utilización del método comparativo en estudios cualitativos en ciencias políticas y ciencias sociales. KAIROS. Revista de Temas Sociales. doi:file:///C:/Users/MARTHA/Downloads/Dialnet-LaUtilizacionDelMetodoComparativoEnEstudiosCualita-3702607%20(1).pdf
- UTN, U. T. (2023). Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto en Máquinas Rectilíneas. Ibarra, Imbabura, Ecuador: UTN.
- Vaughn, A. (3 de Noviembre de 2020). Comprensión del pilling en las telas: qué tejidos son propensos a formar pilling. <https://www.testertextile.com/es/understanding-fabric-pilling-which-fabrics-are-prone-to-pilling/>
- Villagas, G. (s/f). Establecimiento de normas de calidad en la fabricación de tela de punto de algodón en tela cruda y terminada en la Fabrica Pinto S.A. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/3720/2/04%20IT%20158%20RESUMEN%20CIENTIFICO%20.pdf>
- Acero. (2024). MAQUINA VIK 2L MAQUINA ECO 1+1. [www.rafaelacero.com](http://www.rafaelacero.com)
- Cristian Ruiz. (2013a). Armario de tarjetas electrónicas. UTN.
- Cristian Ruiz. (2013b). Bloque de selección. UTN.
- Cristian Ruiz. (2013c). Máquina rectilínea Universal [UTN]. <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/1964/1/Tesis.pdf>
- James Heal. (2016). Extraordinary Testing Solutions. <https://www.mecmesin.com/sites/default/files/brochures/2021/Martindale-Sales-Tool-Kit-Update.pdf>

- James Heal. (2017). Extraordinary Testing Solutions.
- Lockuán. (2012). 95723808-IV-La-industria-textil-y-su-control-de-calidad. file:///C:/Users/hp/Desktop/La-industria-textil-y-su-control-de-calidad.pdf
- Ruiz. (2013). UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE Tesis Previa a la Obtención del Título de Ingeniero Textil "Guía Técnica sobre la Elaboración de Tejidos de Punto.
- Shima Seiki. (2022). SWG-XR 22\_en. file:///C:/Users/hp/Downloads/SWG-XR%2022\_en.pdf
- Stoll. (2014). Máquina de tejer rectilínea manual Curso de capacitación. [https://nfc.stoll.com/faq/223788\\_01\\_train\\_learner\\_es.pdf](https://nfc.stoll.com/faq/223788_01_train_learner_es.pdf)
- Stoll. (2021). ADF\_EN\_2021. <https://www.stoll.com/en/products-and-solutions/machines/adf-family/#downloads>
- Stoll-ADF Family. (2021a). Pantalla táctil. <https://www.stoll.com/en/products-and-solutions/machines/adf-family/>
- Stoll-ADF Family. (2021b). Sistema de alimentación. <https://www.stoll.com/en/products-and-solutions/machines/adf-family/>
- Universidad Técnica Del Norte. (2016, August 5). Lineas de investigación. <https://posgrado.utn.edu.ec/investigacion/lineas-de-investigacion/>

## ANEXOS

### Anexo 1

Certificado de uso del laboratorio.



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



Ibarra, 15 de julio del 2025

#### CERTIFICADO DE LABORATORIO

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

#### CERTIFICO

Que el señor **Perugachi Marcillo Anderson Gustavo**, portador de la cédula de ciudadanía N° **1004686307**, ha realizado ensayos de laboratorio referentes al Trabajo de Titulación, con el tema: **“Estudio comparativo de la resistencia a la tracción y pilling de un tejido jersey acrílico elaboradas en máquinas rectilíneas galga 7 y 10”**, los equipos utilizados en el laboratorio fueron:

- **Dinamómetro Textil** – Norma ASTM -D2261-11 determina la resistencia a la tracción de un tejido por el método de la lengüeta.
- **Martindale** - Norma ISO 12945-2 determinar la tendencia a la formación de pilling.

Además, se le ayudó con las asesorías necesarias para cumplir a cabalidad la metodología establecida en la norma.

Atentamente:



**MSc. JOSÉ POSSO.**  
**RESPONSABLE TÉCNICO DEL LABORATORIO DE PROCESOS**  
**TEXTILES – CTEX**

## Anexo 2

### Norma ASTMD



Designation: D2261 – 11

## Standard Test Method for Tearing Strength of Fabrics by the Tongue (Single Rip) Procedure (Constant-Rate-of-Extension Tensile Testing Machine)<sup>1</sup>

This standard is issued under the fixed designation D2261; the number immediately following the designation indicates the year of original adoption or, in the case of revision, the year of last revision. A number in parentheses indicates the year of last reapproval. A superscript epsilon ( $\epsilon$ ) indicates an editorial change since the last revision or reapproval.

This standard has been approved for use by agencies of the Department of Defense.

### 1. Scope

1.1 This test method covers the measurement of the tearing strength of textile fabrics by the tongue (single rip) procedure using a recording constant-rate-of-extension-type (CRE) tensile testing machine.

1.1.1 The CRE-type tensile testing machine has become the preferred test apparatus for determining tongue tearing strength. It is recognized that some constant-rate-of-traverse-type (CRT) tensile testing machines continue to be used. As a consequence, these test instruments may be used when agreed upon between the purchaser and the supplier. The conditions for use of the CRT-type tensile tester are included in **Appendix X1**.

1.2 This test method applies to most fabrics including woven fabrics, air bag fabrics, blankets, napped fabrics, knit fabrics, layered fabrics, pile fabrics and non-wovens. The fabrics may be untreated, heavily sized, coated, resin-treated, or otherwise treated. Instructions are provided for testing specimens with or without wetting.

1.3 Tear strength, as measured in this test method, requires that the tear be initiated before testing. The reported value obtained is not directly related to the force required to initiate or start a tear.

1.4 Two calculations for tongue tearing strength are provided: the single-peak force and the average of five highest peak forces.

1.5 The values stated in either SI units or inch-pound units are to be regarded as the standard. The inch-pound units may be approximate.

1.6 This standard does not purport to address all of the safety concerns, if any, associated with its use. It is the responsibility of the user of this standard to establish appropriate safety and health practices and determine the applicability of regulatory limitations prior to use.

<sup>1</sup> This test method is under the jurisdiction of ASTM Committee D13 on Textiles and is the direct responsibility of Subcommittee D13.60 on Fabric Test Methods, Specific.

Current edition approved July 1, 2011. Published August 2011. Originally approved in 1964. Discontinued November 1995 and reinstated as D2261-95. Last previous edition approved in 2007 as D2261-07a<sup>1</sup>. DOI: 10.1520/D2261-11.

### 2. Referenced Documents

2.1 *ASTM Standards*:<sup>2</sup>

D76 Specification for Tensile Testing Machines for Textiles

D123 Terminology Relating to Textiles

D629 Test Methods for Quantitative Analysis of Textiles

D1776 Practice for Conditioning and Testing Textiles

D2904 Practice for Interlaboratory Testing of a Textile Test Method that Produces Normally Distributed Data

D2906 Practice for Statements on Precision and Bias for Textiles<sup>3</sup>

D4848 Terminology Related to Force, Deformation and Related Properties of Textiles

D4850 Terminology Relating to Fabrics and Fabric Test Methods

### 3. Terminology

3.1 For all terminology relating to D13.60, Fabric Test Methods, Specific, refer to Terminology D4850.

3.2 For all terminology related to Force, Deformation and Related Properties of Textiles, refer to Terminology D4848.

3.2.1 The following terms are relevant to this standard: cross-machine direction, CD, fabric, machine direction, MD, peak force, in tear testing of fabrics, tearing force, in fabric, tearing strength, in fabric.

3.3 For all other terminology related to textiles, refer to Terminology D123.

### 4. Summary of Test Method

4.1 A rectangular specimen, cut in the center of a short edge to form a two-tongued (trouser shaped) specimen, in which one tongue of the specimen is gripped in the upper jaw and the other tongue is gripped in the lower jaw of a tensile testing machine. The separation of the jaws is continuously increased to apply a force to propagate the tear. At the same time, the

<sup>2</sup> For referenced ASTM standards, visit the ASTM website, [www.astm.org](http://www.astm.org), or contact ASTM Customer Service at [service@astm.org](mailto:service@astm.org). For Annual Book of ASTM Standards volume information, refer to the standard's Document Summary page on the ASTM website.

<sup>3</sup> Withdrawn. The last approved version of this historical standard is referenced on [www.astm.org](http://www.astm.org).

Copyright (c) ASTM International, 100 Bar Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA, United States.  
Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved);

1

TEARING STRENGTH WILL SHOW THE TEARING FORCE IN THE FORM OF A peak or peaks. The highest peaks appear to reflect the strength of the yarn components, fiber bonds, or fiber interlocks, individually or in combination, needed to stop a tear in a fabric of the same construction. The valleys recorded between the peaks have no specific significance. The minimum tearing force, however, is indicated to be above the lowest valleys.

5.4 Most textile fabrics can be tested by this test method. Some modification of clamping techniques may be necessary for a given fabric due to its structure. Strong fabrics or fabrics made from glass fibers usually require special adaptation to prevent them from slipping in the clamps or being damaged as a result of being gripped in the clamps.

5.5 The CRE-type tensile testing machine has become the preferred test apparatus for determining tongue tearing strength. It is recognized that some constant-rate-of-traverse-type (CRT) tensile testing machines continue to be used. Consequently, these test instruments may be used when agreed upon between the purchaser and the supplier. The conditions for use of the CRT-type tester are included in **Appendix X1**.

Copyright by ASTM Int'l (all rights reserved);

2

quality level.

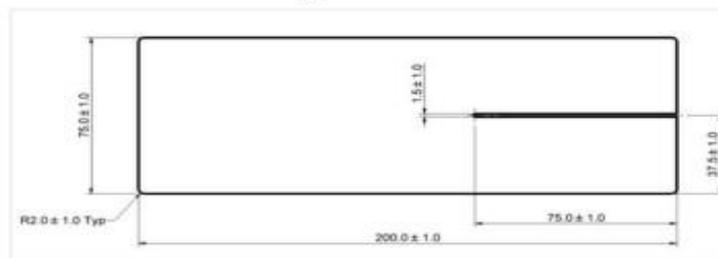
7.2 *Laboratory Sample*—For acceptance testing, take a swatch extending the width of the fabric and approximately 1 m (1 yd) along the machine direction from each roll or piece in the lot sample. For rolls of fabric, take a sample that will exclude fabric from the outer wrap of the roll or the inner wrap around the core of the roll of fabric.

7.3 *Test Specimens*—From each laboratory sampling unit, take five specimens from the machine direction and five specimens from the cross-machine direction, for each test condition described in 9.1 and 9.2, as applicable to a material specification or contract order.

7.3.1 *Direction of Test*—Consider the short direction as the direction of test.

7.3.2 *Cutting Test Specimens*—Cut rectangular specimens 75 by 200 mm  $\pm$  1 mm (3 by 8 in.  $\pm$  0.05 mm). Use the cutting die or template described in 6.3 and shown in Fig. 1. Take the specimens to be used for the measurement of machine direction

<sup>4</sup> Apparatus is commercially available.



NOTE—All dimensions in mm.

FIG. 1 Template for Marking and Cutting Tongue Tear Specimens

TABLE 1 Number of Rolls or Pieces of Fabric in the Lot Sample

| Number of Rolls or Pieces in Lot, Inclusive | Number of Rolls or Pieces in Lot Sample |
|---|---|
| 1 to 3                                      | all                                     |
| 4 to 24                                     | 4                                       |
| 25 to 50                                    | 5                                       |
| over 50                                     | 10% to a maximum of 10 rolls or pieces  |

with the longer dimension parallel to the cross-machine direction. Take the specimens to be used for the measurement of the cross-machine direction with the longer dimension parallel to the machine direction. Make a preliminary cut  $75\text{ mm} \pm 1\text{ mm}$  ( $3\text{ in.} \pm 0.05\text{ in.}$ ) long at the center of the  $75\text{-mm}$  ( $3\text{-in.}$ ) width as shown in Fig. 1. When specimens are to be tested wet, take the specimens from areas adjacent to the dry test specimens. Label to maintain specimen identity.

7.3.2.1 In cutting the specimens, take care to align the yarns running in the long direction parallel with the die such that when the slit is cut, the subsequent tear will take place between these yarns and not across them. This precaution is most important when testing bowed fabrics.

7.3.2.2 Take specimens representing a broad distribution across the width and length, preferably along the diagonal of the laboratory sample, and no nearer the edge than one tenth its width. Ensure specimens are free of folds, creases, or wrinkles. Avoid getting oil, water, grease, and so forth, on the specimens when handling.

#### 8. Preparation of Test Apparatus and Calibration

8.1 Set the distance between the clamps at the start of the test at  $75 \pm 1\text{ mm}$  ( $3.0 \pm 0.05\text{ in.}$ ).

8.2 Select the full-scale force range of the testing machine such that the maximum force occurs between 10 and 90 % of full-scale force.

8.3 Set the testing speed to  $50 \pm 2\text{ mm/min}$  ( $2 \pm 0.1\text{ in./min}$ ). When agreed upon between the purchaser and the supplier, the testing speed may be set to  $300 \pm 10\text{ mm/min}$  ( $12 \pm 0.5\text{ in./min}$ ).

8.4 Verify calibration of the tensile testing machine as directed in the manufacturer's instructions.

8.5 When using microprocessor automatic data gathering systems, set the appropriate parameters as specified in the manufacturer's instructions and Specification D76.

#### 9. Conditioning

##### 9.1 Condition 1, Standard Testing Conditioning:

9.1.1 Precondition the specimens by bringing them to approximate moisture equilibrium in the standard atmosphere for preconditioning textiles as specified in Practice D1776, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

9.1.2 After preconditioning, bring the test specimens to moisture equilibrium for testing in the standard atmosphere for testing textiles as specified in Practice D1776 or, if applicable, in the specified atmosphere in which the testing is to be performed, unless otherwise specified in a material specification or contract order. In addition to conditioning it is important for fabrics with stretch characteristics to relax for a period of 24 h prior to sample preparation.

##### 9.2 Condition 2, Wet Specimen Testing Conditioning:

9.2.1 When desizing treatments are specified prior to wet testing, use desizing treatments that will not affect the normal physical property of the fabric as specified in Test Method D629.

9.2.2 Submerge the specimens in a container of distilled or deionized water at ambient temperature until thoroughly soaked (see 9.2.2.1).

9.2.2.1 The time of immersion must be sufficient to wet out the specimens as indicated by no significant change in tearing force followed by longer periods of immersion. For most fabrics this time period will be about 1 h. For fabrics not readily wet out with water, such as those treated with water-repellent or water-resistant materials, add a 0.1 % solution of a nonionic wetting agent to the water bath.

#### 10. Procedure

10.1 Test the conditioned specimens in the standard atmosphere for testing textiles, which is  $21 \pm 1^\circ\text{C}$  ( $70 \pm 2^\circ\text{F}$ ) and  $65 \pm 2\%$  relative humidity, unless otherwise specified in a material specification or contract order.

10.2 Secure the specimen in the clamp jaws with the slit edge of each tongue centered in such a manner that the



TABLE 3 Tongue Tear Strength, lb

| Materials <sup>a</sup> | Grand Average | Components of Variance Expressed as Standard Deviations <sup>b</sup> |                             |                              |
|------------------------|---------------|--|-----------------------------|------------------------------|
|                        |               | Single-Operator Component  | Within-Laboratory Component | Between-Laboratory Component |
| Woven Fabrics          |               |  |                             |                              |
| S/1016H, Material 2    | 5.3           | 0.41   | 0.54                        | 0.67                         |
| S/2830S, Material 7    | 54.4          | 3.81   | 1.68                        | 5.79                         |
| S/9407R, Material 12   | 13.7          | 2.07   | 0.00                        | 1.04                         |

<sup>a</sup> Refer to 13.2 for additional description.

<sup>b</sup> The square roots of the components of variance are being reported to express the variability in the appropriate units of measure rather than as the squares of those units of measure.

the components of variance and the critical differences separately. Consequently, no multi-fabric comparisons were made.

NOTE 3—The tabulated values of the critical differences should be considered to be a general statement, particularly with respect to between-laboratory precision. Before a meaningful statement can be made about two specific laboratories, the amount of statistical bias, if any, between them must be established, with each comparison being based on recent data obtained on specimens taken from a lot of fabric to the type being evaluated so as to be as nearly homogeneous as possible, and then randomly assigned in equal numbers to each of the laboratories.

13.4 *Bias*—The value of tongue tear strength can only be defined in terms of a test method. Within this limitation, this test method has no known bias.

14. Keywords

14.1 fabric; strength; tearing tongue

APPENDIX

(Nonmandatory Information)

XI. CONDITIONS WHEN USING CRT-TYPE TENSILE TESTERS

X1.1 General

X1.1.1 The following information is provided for determining tongue tearing strength using the CRT-type tensile tester with this test method. See 1.1.1.

X1.1.2 *Tensile Testing Machine*, of the CRT type conforming to the requirements of Specification D76 with autographic recorder, or automatic microprocessor data gathering systems.

X1.1.3 Set the testing speed to 300 ± 10 mm/min (12 ± 0.5 in./min). Disengage the pawls from the ratchet to render them inoperative.

X1.1.4 Report that the tongue tearing test was determined using a CRT-type tensile tester.

ASTM International takes no position respecting the validity of any patent rights asserted in connection with any item mentioned in this standard. Users of this standard are expressly advised that determination of the validity of any such patent rights, and the risk of infringement of such rights, are entirely their own responsibility.

This standard is subject to revision at any time by the responsible technical committee and must be reviewed every five years and if not revised, either reapproved or withdrawn. Your comments are invited either for revision of this standard or for additional standards and should be addressed to ASTM International Headquarters. Your comments will receive careful consideration at a meeting of the responsible technical committee, which you may attend. If you feel that your comments have not received a fair hearing you should make your views known to the ASTM Committee on Standards, at the address shown below.

This standard is copyrighted by ASTM International, 100 Barr Harbor Drive, PO Box C700, West Conshohocken, PA 19428-2959, United States. Individual reprints (single or multiple copies) of this standard may be obtained by contacting ASTM at the above address or at 610-832-9585 (phone), 610-832-9555 (fax), or service@astm.org (e-mail); or through the ASTM website (www.astm.org). Permission rights to photocopy the standard may also be secured from the ASTM website (www.astm.org/COPYRIGHT).

Anexo 3

Dinamómetro y equipo Martindale



#### Anexo 4

Placa de identificación máquina rectilínea



#### Anexo 5

Etiqueta de la materia prima

ARTICULO : 04V240N - VONNEL 2/40 NADIA  
Peso Neto : 9.38 Kg.  
Baño: B0031  
Color : 213 PASTEL OSCURO  
D. Funda : 2024-0072-147-1281 Fecha : 2024/07/03



NO MEZCLAR ENTRE BAÑO