



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE TEXTILES**

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

**TEMA:**

**“INFLUENCIA DE LA HUMEDAD EN LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN  
DEL HILO”**



**AUTOR:** Bosmediano Guerrero Jesenia Brishit

**DIRECTOR:** MSc. Darwin José Esparza Encalada

**IBARRA-ECUADOR**

**2026**

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**BIBLIOTECA UNIVERSITARIA**

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

En cumplimiento del Art. 144 de la Ley Orgánica de Educación Superación (LOES), 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:

<b>DATOS DE CONTACTO</b>			
<b>CÉDULA DE IDENTIDAD</b>	1004439434		
<b>APELLIDOS Y NOMBRES:</b>	Bosmediano Guerrero Jesenia Brishit		
<b>DIRECCIÓN:</b>	Otavalo		
<b>EMAIL:</b>	<a href="mailto:jbbosmedianog@utn.edu.ec">jbbosmedianog@utn.edu.ec</a>		
<b>TELÉFONO FIJO:</b>	-----	<b>TELÉFONO MOVIL</b>	0994194716

<b>DATOS DE OBRA</b>	
<b>TÍTULO:</b>	“Influencia de la humedad en la resistencia a la tracción del hilo”
<b>AUTOR(ES):</b>	Bosmediano Guerrero Jesenia Brishit
<b>FECHA: AAAAMMDD</b>	24/02/2026
<b>SOLO PARA TRABAJOS DE TITULACION</b>	
<b>CARRERA/PROGRAMA:</b>	<input checked="" type="checkbox"/> <b>GRADO</b> <input type="checkbox"/> <b>POSGRADO</b>
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA:</b>	Ingeniera textil
<b>DIRETOR:</b>	MSc. Darwin José Esparza Encalada

## **CONSTANCIA**

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

Ibarra, a los 24 días, del mes de febrero de 2026

**EL AUTOR:**

-----

Bosmediano Guerrero Jesenia Brishit

C.C.1004439434

**CERTIFICACIÓN DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Ibarra a los 24 días, de febrero de 2026

MSc. Darwin José Esparza Encalada

**DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

**CERTIFICA:**

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

.....

MSc. Darwin José Esparza Encalada

C.C. 100158457-0

## **APROBACIÓN DEL COMITÉ CALIFICADOR**

El Comité Calificado de Trabajo de Integración Curricular “Influencia de la humedad en la resistencia a la tracción del hilo” elaborado por la Srta. Bosmediano Guerrero Jesenia Brishit, previo a la obtención del título de Ingeniera textil, aprueba el presente informe de investigación en nombre de la Universidad Técnica del Norte:

-----  
Director

MSc. Darwin José Esparza Encalada

C.C. 100158457-0

-----  
Asesor

MSc. Valeria Verónica Chugá Chamorro

C.C: 0401732250

## DEDICATORIA

*En primer lugar, dedico este proyecto a mi Padre Celestial por su infinito amor, sabiduría y por darme la fortaleza necesaria en este camino académico para poder cumplir con una de mis metas siempre será quién guie cada uno de mis pasos.*

*Con todo mi amor y gratitud dedico este trabajo en especial a mi madre Nelly Ramona Guerrero Flores quien es mi motor, el motivo por el cual luchar y perseverar vale cada segundo de mi vida, gracias a ella soy la mujer de hoy, quien dedico cada uno de sus días a brindarme su amor tan incondicional enseñándome y demostrándome con su ejemplo que las mujeres son capaces de todo por salir a delante, gracias mami por nunca dejarme sola, por apoyarme en cada etapa de mi vida, por tu esfuerzo y sacrificio y por siempre insistir y demostrar que nunca es tarde para que los sueños se cumplan.*

*Y me la dedico a mí, Brishit, por tener el valor de seguir adelante a pesar de las adversidades, incluso cuando no tenía las fuerzas necesarias para afrontarlas y abandonar todo era la primera opción, me la dedico por tener esa valentía de avanzar y cumplir con mi meta académica y por qué hoy esto sea el motivo y el ejemplo para mis hermanos de nunca rendirse.*

*Brishit Bosmediano*

## **AGRADECIMIENTO**

*Quiero empezar agradeciendo a mi mamá, porque sin ella nada de esto sería posible.*

*Gracias por tu esfuerzo, por tus consejos, por enseñarme a no rendirme y por estar siempre ahí, incluso cuando no lo decía. Este logro también es tuyo.*

*A mis hermanos y hermana, gracias por hacerme reír en los momentos más tensos, por motivarme sin juzgarme y por demostrarme que siempre tengo un hogar donde volver, aunque todo esté de cabeza.*

*A mi pareja, gracias por tu paciencia infinita, por acompañarme en cada desafío, por entender mis silencios y por celebrar conmigo cada pequeño avance. Tu apoyo ha sido clave para que hoy esté terminando esta etapa.*

*Brishit Bosmediano*

## RESUMEN

El presente estudio analizó el impacto de la humedad en la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural (algodón, lana y bambú) y origen sintético (poliéster y acrílico), ya que estos materiales están expuestos a diferentes niveles de humedad durante los procesos textiles y el desgaste, lo que puede alterar su resistencia.

Las pruebas se realizaron en el Laboratorio de Ingeniería Textil de la Universidad Técnica del Norte en base con la norma ISO 2062 y un higrómetro textil para determinar el contenido de humedad de forma digital. Primeramente, se midió la resistencia en estado seco para poder tener un punto de partida y posteriormente se humedecieron en agua por 5min, utilizando tiempos de secado de 0, 5, 10, 15 y 20 minutos para obtener diversos niveles de humedad.

Los resultados mostraron que los hilos naturales son más sensibles a la humedad. Mientras que el bambú disminuyó su resistencia en 148,60 cN (-37,9%), el algodón aumentó su resistencia en 145,27 cN (43,1%) y la lana en 77,41 cN (5,9%). Por lo contrario, la resistencia fue más constante en los hilos sintéticos: el poliéster aumentó en 260,83 cN (26,6%) y el acrílico disminuyó en 35,14 cN (-11,3%). Debido a su menor capacidad de absorción de agua, los hilos de origen sintético mostraron menor variabilidad en su resistencia.

Se concluye que la humedad afecta la resistencia a la tracción según el tipo de hilo, siendo su efecto más pronunciado en lo naturales ya que mostraron un coeficiente de variación de 8.60% y más estable en los sintéticos con un coeficiente de variación de 7.13%. Esto es importante para la selección de materiales y el control de calidad en los procesos textiles.

**Palabras claves:** Higrómetro, Resistencia, Tracción, Dinamómetro, Humedad

## ABSTRACT

The present study analyzed the impact of moisture on the tensile strength of yarns of natural origin (cotton, wool and bamboo) and synthetic origin (polyester and acrylic), since these materials are exposed to different humidity levels during textile processing and wear, which may alter their strength.

The tests were carried out in the Textile Engineering Laboratory of the Universidad Técnica del Norte in accordance with ISO 2062, using a textile hygrometer to digitally determine the moisture content. First, the tensile strength was measured in the dry state to establish a baseline, and then the yarns were immersed in water for 5 minutes. Afterwards, drying times of 0, 5, 10, 15 and 20 minutes were applied to obtain different moisture levels before each test.

The results showed that natural yarns are more sensitive to moisture. While bamboo decreased its strength by 148.60 cN (-37.9%), cotton increased by 145.27 cN (43.1%) and wool by 77.41 cN (5.9%). In contrast, the strength was more stable in synthetic yarns: polyester increased by 260.83 cN (26.6%) and acrylic decreased by 35.14 cN (-11.3%). Due to their lower water absorption capacity, synthetic yarns exhibited lower variability in tensile strength.

It is concluded that moisture affects tensile strength depending on the yarn type, with a more pronounced effect in natural fibers, which showed a coefficient of variation of 8.60%, and greater stability in synthetic fibers with a coefficient of variation of 7.13%. This is relevant for material selection and quality control in textile processes.

**Keywords:** Hygrometer, Strength, Tensile, Dynamometer, Humidity

## **LISTA DE SIGLAS**

**PTFE:** Politetrafluoroetileno

**PAC:** Acrílico

**WO:** Lana

**CO:** Algodón

**PP:** Polipropileno

**PET:** Termoplástico

**PES:** Poliester

**N:** Newton

**cN:** centinewton

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

<b>INTRODUCCIÓN</b> .....	15
<b>Descripción del tema</b> .....	16
<b>Antecedentes</b> .....	17
<b>Importancia del estudio</b> .....	18
<b>OBJETIVOS</b> .....	19
<b>Objetivo general</b> .....	19
<b>Objetivos específicos</b> .....	19
<b>Características del sitio del proyecto</b> .....	20
<b>CAPÍTULO I</b> .....	21
<b>MARCO TEÓRICO</b> .....	21
<b>1.1. Estudios previos</b> .....	21
<b>1.1.1. Influencia de la humedad en los materiales textiles</b> .....	21
<b>1.2. Marco legal</b> .....	24
<b>1.2.1. Constitución de la república del ecuador</b> .....	24
<b>1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte</b> .....	24
<b>1.2.3. Tulsma</b> .....	25
<b>1.3. MARCO CONCEPTUAL</b> .....	25
<b>1.3.1. Hilos</b> .....	25
<b>1.3.2. Tasa legal de humedad</b> .....	27
<b>1.3.3. Higroscopicidad</b> .....	28
<b>1.3.4. Resistencia a la tracción</b> .....	28
<b>CAPÍTULO II</b> .....	30
<b>METODOLOGÍA</b> .....	30
<b>2.1. Tipos de investigación</b> .....	30
<b>2.1.1. Enfoque de la investigación</b> .....	30
<b>2.1.2. Investigación bibliográfica</b> .....	30
<b>2.1.3. investigación experimental</b> .....	30
<b>2.1.4. Investigación analítica</b> .....	31
<b>2.2. Flujogramas</b> .....	31

2.2.1. Flujoograma general .....	31
2.2.2. Flujoograma muestral.....	33
2.3. Equipos y Materiales.....	34
2.3.1. Higrómetro textil .....	34
2.3.2. Dinamómetro .....	34
2.3.3 Horno de secado .....	35
2.3.4. Muestras de hilos.....	36
2.4. Normas de referencia .....	39
2.4.1. ISO 2062:2009 (Determinación de la fuerza de rotura y alargamiento a la rotura.) .....	39
2.4.2. ATTCC TM 201 (Determinación del tiempo de secado en materiales textiles utilizando un analizador de humedad.).....	40
2.5. Procedimiento.....	40
2.5.1. Caracterización de los hilos.....	40
<b>CAPÍTULO III .....</b>	<b>47</b>
<b>RESULTADOS Y ANÁLISIS .....</b>	<b>47</b>
3.1. Resultados .....	47
3.2 Evaluación de los resultados.....	51
3.2.1 Normalidad de datos .....	51
3.2.2 Análisis de resultados.....	52
<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>59</b>
Conclusiones .....	67
Recomendaciones .....	68

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Capacidad de absorción de ciertas fibras.....	24
<b>Tabla2</b> Tasa legal de humedad de las fibras .....	27
<b>Tabla 3</b> Partes del dinamómetro .....	35
<b>Tabla 4</b> Proceso y subprocesos de elaboración del hilo de Co.....	36
<b>Tabla 5</b> Comparación entre dos tipos de poliamida.....	37
<b>Tabla 6</b> Elaboración del hilo de Wo .....	38
<b>Tabla 7</b> Caracterización título de hilos muestra ASTM D1907 .....	41
<b>Tabla 8</b> Caracterización general de los hilos .....	42
<b>Tabla 9</b> Tiempo total para realizar todo el ensayo.....	46
<b>Tabla 10</b> Ficha informativa para el ensayo de la resistencia a la tracción.....	47
<b>Tabla 11</b> Resultados de la humedad y la resistencia inicial de las muestras .....	48
<b>Tabla 12</b> Resultados del ensayo de resistencia en los hilos naturales .....	49
<b>Tabla 13</b> Resultados del ensayo de resistencia hilos sintéticos .....	50
<b>Tabla 14</b> Recopilación de resultados de los hilos naturales .....	53
<b>Tabla 15</b> Recopilación de resultados de los hilos sintéticos.....	55
<b>Tabla 16</b> Variación de porcentaje en la resistencia de los hilos .....	57
<b>Tabla 18</b> Comparación de estabilidad entre hilos naturales y sintéticos .....	65

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Ubicación del laboratorio de la UTN.....	20
<b>Figura 2</b> Desgaste del tejido por contacto progresivo al agua.....	22
<b>Figura 3</b> Curva de resistencia a la tracción del hilo.....	28
<b>Figura 4</b> Ensayo dinamométrico.....	29
<b>Figura 5</b> Flujograma general del estudio .....	32
<b>Figura 6</b> Flujograma muestral del proceso .....	33
<b>Figura 7</b> Textile moisture meter MS-C. ....	34
<b>Figura 8</b> Horno de secado.....	35
<b>Figura 9</b> Hilo de bambú.....	38
<b>Figura 10</b> Hilo de poliéster .....	39
<b>Figura 11</b> Método de evaluación resistencia a la tracción.....	43
<b>Figura 12</b> Corte de muestras.....	44
<b>Figura 13</b> Humidificación de las muestras .....	44
<b>Figura 14</b> Secado de las muestras.....	45
<b>Figura 15</b> Distribución de normalidad de humedad .....	51
<b>Figura 16</b> Distribución de normalidad de la resistencia a la tracción.....	52
<b>Figura 17</b> Relación entre el porcentaje resistencia a la tracción y el contenido de humedad en los hilos naturales .....	54
<b>Figura 18</b> Relación entre la resistencia a la tracción y el contenido de humedad de los hilos de origen sintético.....	56
<b>Figura 19</b> Grafica de variación del porcentaje de resistencia en los hilos.....	58
<b>Figura 20</b> Comparación de la variación de la resistencia a la tracción de los hilos .....	59
<b>Figura 21</b> Estabilidad de la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural .....	63
<b>Figura 22</b> Estabilidad de la resistencia a la tracción de los hilos de origen sintético....	64
<b>Figura 23</b> Comparación de estabilidad entre los hilos de origen natural y origen sintético.....	66

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Pesaje de hilos .....	75
<b>Anexo 2</b> Agua destilada utilizada en el proceso de humidificación.....	75
<b>Anexo 3</b> Dinamómetro James heal.....	76
<b>Anexo 4</b> Medición de la humedad con el higrómetro .....	76
<b>Anexo 5</b> Humidificación de los hilos .....	77
<b>Anexo 6</b> Muestras humedecidas.....	77
<b>Anexo 7</b> Pruebas de resistencia .....	78
<b>Anexo 8</b> Mediación de humedad en los hilos húmedos .....	79
<b>Anexo 9</b> Resultados de la prueba de resistencia a la tracción .....	80

## INTRODUCCIÓN

La resistencia a la tracción afecta directamente la durabilidad, la resistencia al desgaste de los productos textiles, destacando que cuanto mayor sea la resistencia a la tracción de un hilo, más resistente será en procesos como el tejido, la confección de prendas y el uso diario. La resistencia a la tracción de los hilos es un factor fundamental en la evolución de su calidad y desempeño en diversos procesos textiles (Begum et al., 2021).

Sin embargo, existen diversos factores que pueden afectar la resistencia a la tracción de los hilos, como el título y la humedad ambiental, lo cual tiene un impacto tanto positivo como negativo en la resistencia a la tracción de los hilos. En relación con el título, un hilo más grueso tiende a tener una mayor resistencia a la tracción en comparación con un hilo más fino. Mientras que la humedad ambiental puede disminuir su resistencia a la tracción al proporcionar de un efecto plastificante en los hilos.

En línea con lo anterior, el presente estudio pretende contribuir al conocimiento científico en el campo de los materiales textiles, así como proporcionar información relevante para la industria textil y sus procesos de fabricación. Además, los resultados obtenidos servirán de base para futuros estudios y mejoras en la calidad y durabilidad de los productos textiles tales como en fabricación de hilos, los cuales serán utilizados en la elaboración de materiales textiles que estén en contacto directo con la humedad (prendas de vestir, ropa de cama, toallas, alfombras, trajes de baño, entre otros).

### **Descripción del tema**

El presente tema de investigación aborda lo referente a la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los hilos analizados mediante la obtención del porcentaje de humedad de los hilos con origen natural y origen sintético con cinco muestras de cada hilo, con diferente grosor.

El objetivo de este proyecto será determinar si la humedad influye en la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural y sintético. Para lo cual, se utilizará un instrumento denominado higrómetro textil el cual permite medir la humedad presente en los hilos. Posteriormente, se tomarán cinco muestras de cada hilo y se procederá a humedecerlos para otorgarles cierto porcentaje de agua ( $H_2O$ ) una vez, humedecidos los hilos se procede a secarlos durante un tiempo determinado y con ayuda del higrómetro textil se mide el porcentaje de humedad otorgado a cada muestra.

A continuación, con los datos obtenidos del higrómetro textil se llevara a cabo los

ensayos de resistencia “ensayos que se deben realizar inmediatamente luego de haber determinado su humedad.” En el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil de la UTN (Universidad Técnica del Norte) en el equipo Dinamómetro (JAMES HEAL TITAN 5). Que utiliza la elasticidad de un muelle previamente calibrado para medir la fuerza ejercida aplicada en una dirección específica con la finalidad de analizar la resistencia de las muestras de acuerdo con la norma ISO 2062.

Con los datos obtenidos del dinamómetro y los registros del higrómetro textil, se procede a tabular y analizar la información mediante programas estadísticos, lo que permitirá realizar una interpretación precisa y un análisis riguroso. De este modo, se determinara la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los materiales textiles evaluados.

### **Antecedentes**

En la actualidad, con los avances tecnológicos, la industria textil se ha ido acoplado en distintas industrias tales como construcción, agrícolas, medicina, automotriz, entre otros. Sus innovaciones y avances en las distintas industrias buscan satisfacer todas las necesidades de sus clientes, independientemente del ámbito en el que se desenvuelvan, por lo que han realizado investigaciones y ensayos sobre la importancia de la resistencia a la tracción de un material textil.

Los tejidos se presentan como una opción económica y viable en comparación con las técnicas tradicionales de fortalecimiento de las estructuras de hormigón armado. Por lo tanto, se realizó un estudio donde se usó tejidos textiles disponibles localmente en aplicaciones estructurales para encontrar soluciones económicas y sostenibles, se seleccionaron dieciséis tejidos al azar del mercado local y se realizaron pruebas para evaluar su resistencia y aplicabilidad (Abbas et al., 2022).

Los resultados de esta investigación mostraron que la resistencia a la tracción de los tejidos dependía de la composición de las fibras, el número de hilos y el tipo de tejido, los tejidos con mayor número de hilos eran más densos y, por lo tanto, más fuertes en cualquier dirección. Se observó que la resistencia a la tracción en la dirección de los hilos longitudinales era mayor que en la dirección transversal debido al mayor número de hilos en esa dirección.

De acuerdo con el estudio realizado, al analizar hilos simples y retorcidos de dos y cuatro doblados con distintos títulos en relación con su resistencia a la tracción, por medio de pruebas dinamométricas, se llegó a la conclusión de que los hilos doblados

umentan tanto su resistencia a la tracción como su valor. (Quitama,2020).

Los ensayos con hilos simples tuvieron una resistencia insuficiente. Por otro lado, los hilos de dos doblados tuvieron un promedio de resistencia de (575,87 cN) mientras que los hilos de cuatro doblados alcanzaron un valor de (1413,94 con).

Entonces se puede deducir que, mientras aumentan los doblados en los hilos la resistencia a la tracción disminuye, en cuanto a las torsiones, no se observó una influencia significativa en la resistencia a la tracción.

A partir de una investigación realizada previamente, se analizó el impacto de la humedad en las propiedades del hilo de polipropileno (PP) en su estado final de costura, donde se pudo observar que en la exposición a la humedad aumenta la resistencia del hilo del PP en un promedio del 8%, pero al mismo tiempo reduce su capacidad de elongación debido al efecto plastificante de la humedad, el estudio puede concluir que los artículos fabricados con PP, podrían ser utilizados en envíos bajo diferentes condiciones climáticas (Stepanovic, 2009).

Para medir la resistencia a la tracción en hilos de lana se tomó en cuenta las zonas climáticas de donde procedía la fibra, para este ensayo se tomó 3 lotes distintos uno proveniente de Asia otro de Sudamérica y el ultimo de Inglaterra se trataba de un hilo 100% lana (Wo) con un título de 25 tex, el desarrollo de esta prueba se llevó a cabo mediante el equipo Uster R Tensojet 4 tomando 10 muestras de cada lote al final de este ensayo se pudo concluir que el hilo proveniente de Sudáfrica es el que mayor resistencia tuvo esto se debe que la tensión de los hilos es otorgada por la estructura morfológica que se ven influenciadas por las condiciones climáticas de cada zona sean estas la humedad o temperatura cambiando las propiedades físicas de la lana. (Dorina y Pavel, 2021).

Se concluyó que el hilo proveniente de Sudáfrica mostró la mayor resistencia a la tracción. Se atribuye este resultado a que la estructura morfológica de los hilos se ve influenciada por las condiciones climáticas de cada zona, como la humedad y temperatura, lo que cambia las propiedades físicas de la lana.

### **Importancia del estudio**

El estudio de la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los materiales textiles se remonta a varias décadas atrás. Se ha demostrado que a medida que el título de hilos disminuye, la fuerza a la que se somete a lo largo para definirla rotura del material aumenta, debido a que los hilos más delgados tienen menos defectos y se

distribuyen más uniformemente en el tejido (Rosero, 2018).

Por otro lado, la humedad puede afectar la resistencia a la tracción de los materiales textiles de diversas maneras, dependiendo de la naturaleza del material y de las condiciones ambientales. Por ejemplo, la absorción de humedad puede debilitar las fibras, disminuir la cohesión entre los hilos y reducir la resistencia a la tracción (Adivarekar, 2018), no obstante, en ciertos casos, la humedad puede mejorar la resistencia a la tracción al aumentar la flexibilidad y la capacidad de deformación del material.

La investigación sobre la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los materiales textiles es de gran importancia para la industria textil y para la sociedad en general, dado que ayuda a mejorar la calidad y durabilidad de los productos textiles, tales como en la fabricación de hilos que se utilizarán más tarde en la elaboración de materiales textiles que estén en contacto directo con la humedad (prendas de vestir, ropa de cama, toallas, alfombras, trajes de baño, entre otros). Se han llevado a cabo investigaciones previas sobre el impacto de dicho factor en la resistencia a la tracción de los hilos. No obstante, hasta el momento no se dispone de información con respecto a la influencia de la humedad en dichos parámetros.

Por un lado, el control del título de hilos y la humedad en los procesos de fabricación de los materiales textiles puede o no mejorar su resistencia a la tracción y, por lo tanto, su durabilidad y seguridad. Lo que a su vez puede disminuir el impacto ambiental de esta industria. Además, la comprensión de los factores que afectan la resistencia a la tracción de los materiales textiles puede tener aplicaciones en otros campos, como la ingeniería biomédica, la construcción y la aeronáutica (Roldán, 2023).

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

- Analizar la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los hilos.

### **Objetivos específicos**

- Recopilar información de fuentes bibliográficas sobre la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural y sintético y también, la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción.
- Obtener el porcentaje de humedad en hilos mediante el higrómetro textil, para someterlos posteriormente a ensayos de resistencia.
- Determinar la resistencia a la tracción de hilos con diferentes niveles de humedad, utilizando el dinamómetro JAMES HEAL TITAN 5, de acuerdo con la norma

ISO 2062.

- Evaluar los valores de resistencia a la tracción obtenidos en las pruebas dinamométricas, mediante un tratamiento estadístico, para determinar en qué nivel influye la humedad presente en ellos.

### **Características del sitio del proyecto**

El presente proyecto de investigación se desarrolló en la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, en el barrio Azaya, entre las calles Morona Santiago y Luciano Solano.

Con lo que respecta a la parte experimental y el análisis de datos, fueron llevados a cabo en los laboratorios de la Facultad de la carrera de Ingeniería Textil (Procesos físicos y químicos CTEX) de la Universidad Técnica del Norte (UTN) **Figura 1** Ubicación del laboratorio de la *UTN*, ya que el uso de los equipos que tiene esta investigación se encuentra dentro de estas instalaciones, ubicadas en las siguientes coordenadas 0°22'42.9" N 78°07'20.3" W.

### **Figura 1**

*Ubicación del laboratorio de la UTN*



Fuente:(Google Maps,2023.)

# CAPÍTULO I

## MARCO TEÓRICO

### 1.1. Estudios previos

Este capítulo contiene la información bibliográfica con respecto a la influencia de la humedad de distintos materiales textiles y como esta puede afectar la resistencia a la tracción.

#### 1.1.1. Influencia de la humedad en los materiales textiles

La humedad ha estado muy relacionada con las fibras textiles tanto naturales como sintéticas, ya que cada material tiene cierta capacidad de almacenar agua, pero si dichas fibras están siempre en contacto con el agua, como es el caso de las fibras utilizadas en la construcción. Mediante el ensayo experimental de fibra de vidrio con recubrimiento de Politetrafluoroetileno (PTFE) que se ocupa para la construcción de estructuras de larga duración debido a sus excelentes propiedades (Asadi, 2021).

Se estudió el impacto de la humedad a lo largo de la vida útil del material, por lo cual durante los resultados del experimento se obtuvo alrededor del 20% de pérdida de resistencia a la tracción debido a la capacidad de absorción de las fibras, al estar en contacto con agua, las moléculas de vidrio tienden a difundirse creando mini grietas las cuales disminuyen la resistencia a la tracción

De acuerdo con Viciosa (2018) enfatiza que:

El proceso de absorción y liberación de partículas de agua se produce de manera natural y constante, hasta establecer un equilibrio dinámico entre el contenido de humedad del tejido y el del ambiente. Si este efecto sobrepasa ciertos límites, se producirán modificaciones en la forma y las dimensiones del tejido, que se traducirán en alteraciones de tipo mecánico. Estas surgen como consecuencia de la tensión a la que es sometido un tejido, y provocan movimientos de diversa envergadura, deformaciones permanentes, e incluso rupturas o fragmentaciones de diverso alcance por exceso de desecamiento y rigidez de las fibras (p. 58).

Como se puede observar en la **Figura 2** se nota el desgaste que está ha tenido al estar en contacto excesivo de humedad.

## **Figura 2**

*Desgaste del tejido por contacto progresivo al agua*



Fuente: (Viciosa, 2018)

En el caso de las fibras naturales (lana, seda, algodón, lino) estas tienen la capacidad de absorber la humedad que se encuentra en el medio ambiente a esto se lo conoce como humedad relativa, por tanto al encontrarse expuesta por largos períodos de humedecimiento estas tienden a expandirse o deformarse y lo contrario cuando dejan de estar expuestas es decir que la humedad puede cambiar sus propiedades físicas tales como la resistencia, elasticidad, expansión y contracción por tanto, que el exceso de humedad o las altas exposiciones de vapor de agua aceleran la degeneración de la fibra, dado que al ser natural tiende a desarrollar bacteria que se suman a su deterioro (Espinoza y Grüzmacher, 2002). Las altas exposiciones a la humedad pueden acelerar la degeneración de las fibras naturales. Al ser materiales naturales, son propensos a desarrollar bacterias, lo que se suma a su deterioro con el tiempo.

“El agua es capaz de reordenar las moléculas de las fibras naturales, promoviendo modificaciones morfológicas que pueden interferir en su comportamiento mecánico”(Ferreira, 2021). El estudio realizado con fibras naturales con distintos niveles de humedad va enfocado para el revestimiento de materiales sintéticos para construcción, dentro del estudio se habla sobre el poder de absorción que estas tienen y su comportamiento frente a diferentes porcentajes de humedad, los científicos han concluido que al encontrarse con un porcentaje mínimo de humedad la resistencia a la tracción aumenta, dado que la fibra se hincha, al estar con altos niveles de humedad la resistencia a la tracción disminuye porque llega a crear separación de las fibras y empieza a romperse es decir que la humedad es directamente proporcional a la resistencia a la tracción.

En este contexto, según establece Urkullu (2002) determina la influencia de la humedad como:

La absorción de humedad provoca una hinchazón de las fibras cediéndose y la pérdida de humedad, un encogimiento o contracción diverso de una fibra a otra. Tales variaciones pueden introducir graves tensiones en la fibra, hilo o tejido y conducir a roturas en el caso de manufacturas realizadas con más materiales o con más partes del mismo material, o por vía de colantes presentes o porque los materiales se hinchan en dos direcciones distintas (p.112).

Tanto la ganancia y la pérdida de agua en cualquier material textil propende a interferir con las condiciones físicas si gana humedad en exceso aumenta longitudinalmente, pero disminuye la resistencia a la tensión, cabe recalcar que el excedente de humedad en la fibra afecta su comercialización en cambio, si la pierde se seca empieza a agrietarse y romperse.

“El agua no perjudica al algodón, ni en ebullición, el agua y la humedad le favorecen aumentando en aproximadamente 20% su resistencia” (Solís, 2017). La influencia de la humedad en las fibras, independientemente de su tipo, está estrechamente ligada al concepto de regain e higroscopicidad. Estos aspectos están directamente relacionados con la humedad relativa y la temperatura del entorno en el que se encuentren las fibras. En otras palabras, todas las fibras tienen la capacidad de absorber un determinado porcentaje de humedad para mantenerse en condiciones óptimas, tanto para su comercialización como para su posterior procesamiento en la fabricación de prendas.

Es importante destacar que este porcentaje de humedad se encuentra estandarizado en función del tipo de fibra o filamento (ver **Tabla 1**). Sin embargo, superar estos niveles establecidos conlleva la degradación del material, ya sea de origen natural o sintético.

Es fundamental tener en cuenta que el control adecuado de la humedad es esencial a lo largo de todos los procesos involucrados en la transformación de las fibras o filamentos en productos textiles finales.

**Tabla 1***Capacidad de absorción de ciertas fibras*

<b>Fibra</b>	<b>Porcentaje</b>
Algodón	24 – 27 %
Lino	12 – 15 %
Seda	30 %
Lana	30 – 35 %
Acrílico	1 – 2 %
Nylon	4 – 5 %
Poliéster	0.4 %
Rayón	13 – 14 %

---

Adaptado de: (Civil, 2022)

## **1.2. Marco legal**

### **1.2.1. Constitución de la República del Ecuador**

Según la Constitución de la República del Ecuador, dentro del capítulo tres en la sección novena afirma que “Art. 52: las personas tienen derecho a disponer de bienes y servicios de óptima calidad y a elegirlos con libertad, así como a una información precisa y no engañosa sobre su contenido y características” (Legislativo, 2008). En este caso se hará referencia a los hilos producidos por las empresas que más tarde se usan para la elaboración de prendas de vestir, dichos productos deben contener la información necesaria para que el consumidor pueda saber qué es más factible usar de acuerdo con el área en la que se desenvuelva como por ejemplo presencia de agua, químicos, fuego entre otros.

### **1.2.2. Líneas de investigación de la Universidad Técnica del Norte**

De acuerdo con la (UTN, 2022) , el Honorable Consejo Universitario ha establecido 10 lineamientos para las investigaciones científicas que son:

Producción Industrial y Tecnología Sostenible.

Desarrollo Agropecuario y Forestal Sostenible.

Biotecnología, Energía y Recursos Naturales Renovables.

Soberanía, Seguridad e Inocuidad Alimentaria Sustentable.

Salud y Bienestar Integral

Desarrollo Artístico, Diseño y publicidad.

Desarrollo Social y del Comportamiento Humano.

Gestión, Producción, Productividad, Innovación y Desarrollo Socioeconómico.

Desarrollo, aplicación de software y cyber security (seguridad cibernética) (p.2.).

Para el proceso de esta investigación se tomará en cuenta la línea de investigación que habla sobre la gestión, producción, innovación, productividad y el desarrollo socioeconómico, ya que al conocer la influencia de la humedad en un material textil como lo son los hilos como consumidores tenemos la posibilidad de optar por un producto de mayor calidad y durabilidad.

### **1.2.3. Tulsma**

Dentro del texto de legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente TULSMA (2017) en el capítulo tercero afirma que:

Art. 50.- Responsabilidad extendida. - Los productores o importadores, según sea el caso, individual y colectivamente, tienen la responsabilidad de la gestión del producto a través de todo el ciclo de vida de este, incluyendo los impactos inherentes a la selección de los materiales, del proceso de producción de estos, así como los relativos al uso y disposición final de estos luego de su vida útil. La Autoridad Ambiental Nacional, a través de la normativa técnica correspondiente, establecerá los lineamientos en cuanto al modelo de gestión que se establecerá para el efecto (p.176).

## **1.3. MARCO CONCEPTUAL**

### **1.3.1. Hilos**

En la industria textil, el término hilo es simplemente el entrelazamiento de las fibras mediante torsiones o falsas torsiones, estas técnicas pueden ser tanto en fibras discontinuas como filamentos continuos, o incluso una combinación de ambas. Los hilos

se distinguen por su capacidad para exhibir propiedades tales como resistencia, elongación, elasticidad y título.

“Es un conjunto de longitud considerable y sección transversal relativamente pequeña de fibras y o / filamentos con o sin torsión” (Geisler, 2016). En resumen, los hilos se identifican por poseer una longitud indefinida y un grosor definido.

#### **1.3.1.1. Hilos de origen sintético**

Los hilos de filamento continuo son aquellos hilos que están formados por filamentos sintéticos, dado que, al ser generada por el hombre, cuenta con una longitud ilimitada, pero también existen fibras naturales que cuenta con una longitud amplia como por ejemplo la seda que las hace apta para la elaboración de un hilo continuo.

La manera más fácil de identificar a este tipo de hilos es por su brillo característico de las fibras sintéticas, este tipo de hilo se obtiene mediante el proceso de extrusión por medio de chip de PET al ser sintético mejora su propiedad de tenacidad en comparación a los hilos discontinuos otra característica de estos hilos es que no tienen vellosidad (Chancosa, 2023).

#### **1.3.1.2 Hilos de origen natural**

Estos hilos son más conocidos por estar elaborados por ciertas fibras naturales cortas y largas que cuentan con una longitud limitada ya que estas tienen diferentes longitudes aun siendo del mismo espécimen, una particularidad de este tipo de hilo es la alta capacidad de absorción que poseen y su resistencia a la rotura ya que pueden entrelazarse hasta tres cabos de forma retorcida en relación con los hilos con filamento continuo.

Este tipo de hilo también se lo conoce como hilatura algodónera y lanera ya que está elaborado por fibra y para poder hilar necesita alta cohesión por lo que es necesario retorcerlos entre sí, esto puede generarse desde un solo cabo hasta tres cabos dando como resultado a un hilo resistente, pero con porcentaje alto de vellosidad lo que al transcurso del tiempo puede generar la rotura de fibras y formar pilling en el tejido (Chancosa, 2023).

#### **1.3.1.3. Nomenclatura de los hilos**

Cuando el hilo está elaborado para poder identificarlos se usa la titulación de hilos que hace referencia al tipo de material por el que está compuesto y a la densidad de este

es decir si es delgado o grueso, existen diferentes tipos de titulación tanto como para los hilos sintéticos y naturales.

Conforme a Ramos (2022) se refiere al título de los hilos como:

Se denomina título, a la relación que existe entre el peso del hilo y la longitud de este, dicho de otro modo, el título se refiere al grosor, calibre o diámetro del hilo. Mismo que se puede clasificar en dos grandes grupos: Titulación Directa y Titulación indirecta. (p.19)

Dentro de la clasificación de los títulos está la titulación directa que se utiliza para los filamentos continuos que son (Tex, Denier y Decitex) dice que mientras más alto el título, el hilo será más grueso, en cambio la titulación indirecta es (Nm, Ne) se utiliza para fibras cortas aquí mientras la titulación sea más alta el hilo será más delgado.

### 1.3.2. Tasa legal de humedad

De acuerdo con (FIERRO, 2018) “Es la cantidad de agua legalmente aceptada que tiene una fibra, para su comercialización ya que mediante esto se puede saber la cantidad de agua que tiene el material y si se está pagando por material o por agua” (p.56).

Las fibras e hilos siempre deben conservar un porcentaje de humedad, la cual dependerá del origen de la fibra y ayuda a mantener en condiciones óptimas al material, dado que la humedad logra influir en sus propiedades y su calidad. Por lo que, cuando se refiere a la calidad dentro de la tasa legal de humedad corresponde a adquirir la fibra el hilo y pagar por él justamente y no por el exceso de humedad presente, cabe recalcar que la tasa legal también depende mucho del país de comercialización.

#### **Tabla2**

*Tasa legal de humedad de las fibras*

Material	Porcentaje
Lana	13–18%
Acrílico	1.5–2%
Poliamida	5.75–6.25%
Rayón	10–11%
Algodón	7-8.5%

Adecuada de: (Chicaiza, 2018)

### 1.3.3. Higroscopicidad

“Es la capacidad del hilo para absorber vapor de agua en una atmósfera húmeda y perder en una seca, siendo capaz de absorber agua hasta un 50% de su peso”(Zarate, 2012).

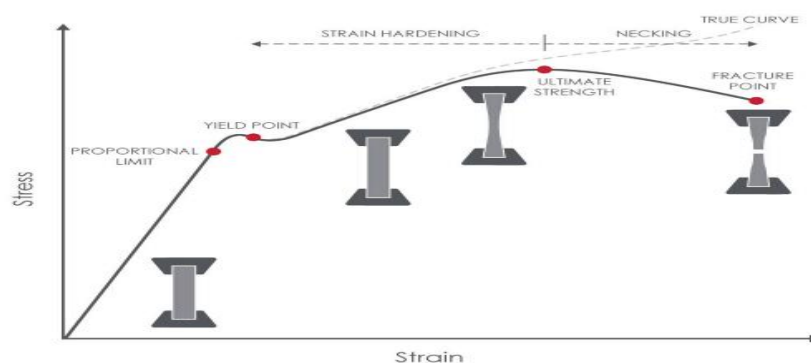
La propiedad de higroscopicidad es importante dentro del hilo ya que durante la elaboración de prendas estas deben brindar confort y comodidad por tanto esta propiedad permite mantener seco y fresco tanto el material textil como a la persona ya que absorbe la humedad y la temperatura.(Chicaiza, 2018). La higroscopicidad es importante para la elaboración de los hilos sea en fibras discontinuas o filamentos continuos ya que influye directamente en la calidad final del mismo mientras que en el proceso de hilado ayuda a la manipulación brindando mayor flexibilidad y cohesión permitiendo un hilado más eficiente.

### 1.3.4. Resistencia a la tracción

La resistencia a la tracción es un factor muy importante para definir la calidad de un buen hilo ya que debe soportar altas tensiones, en la **Figura 3** se puede observar el proceso del hilo al estar sometido a estrés externo hasta llegar al punto de rotura cabe recalcar que el hilo tiene la propiedad de volver a su estado original después de estirarlo, pero en el momento que sobrepasa porcentaje máximo del hilo se produce una rotura longitudinalmente a eso se le llama resistencia a la tracción (Ticona y Humpiri, 2020).

**Figura 3**

*Curva de resistencia a la tracción del hilo*



Fuente:(Instron, 2025)

La resistencia a la tracción alude a la capacidad que tiene el hilo de resistir a la rotura al ser sometido a fuerzas exteriores mediante una velocidad constante que se ejerce

de ambos extremos del hilo para este ensayo se ocupa el equipo dinamómetro que es el encargado de aplicar la fuerza. “La resistencia a la tracción de los hilos se lo realiza de acuerdo con la norma ISO 2062:2009 (Determinación de la fuerza de ruptura de un extremo y alargamiento a la rotura mediante velocidad constante de extensión) en el Dinamómetro”(Mora, 2018).

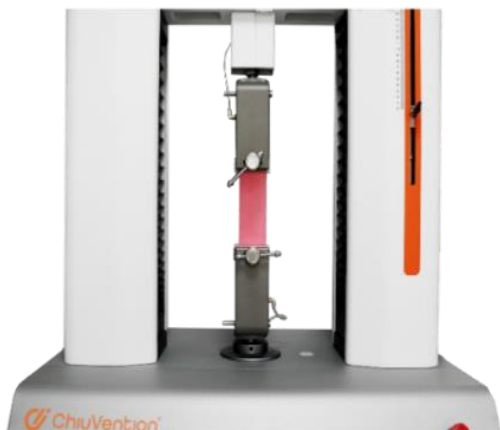
#### 1.3.4.1 Ensayo dinamométrico

“El ensayo de tracción (esfuerzo – deformación) es uno de los más comúnmente realizados. El ensayo consiste en deformar una probeta hasta su rotura aplicando una carga que va aumentando a lo largo del eje de la probeta”(Castro, 2017). Los ensayos dinamométricos se aplican especialmente cuando se quiere conocer la capacidad que tiene un hilo para resistir al ser sometido a fuerzas externas tomando como base la norma ISO 2062 antes de romperse.

Se aplica la fuerza externa de extremo a extremo tal como se observa en la **Figura 4** a una determinada velocidad para poder determinar la resistencia a la tracción en relación con la longitud inicial y final al romperse, este tipo de ensayo es de gran importancia ya que es considerado un factor para determinar un producto de calidad. (Borrás, 2014). Los ensayos dinamométricos garantizan la calidad de la materia prima ya que mediante la fuerza aplicada se determina la durabilidad y resistencia del hilo determinando si cumplen con las especificaciones de calidad. Los datos obtenidos de la resistencia ayudan a ajustar los parámetros de la máquina de hilatura que facilita la elaboración de nuevos lotes.

#### **Figura 4**

*Ensayo dinamométrico*



Fuente: (ChiuVention, 2025)

## **CAPÍTULO II**

### **METODOLOGÍA**

#### **2.1. Tipos de investigación**

El presente estudio corresponde a una investigación cuantitativa, la cual constituye un enfoque metodológico que prioriza la medición de variables y el análisis de datos numéricos (Medina, 2023). En este contexto, dado que se usaron los análisis estadísticos para los datos provenientes de los resultados de los ensayos dinamométricos, mismos que fueron tabulados y sometidos a controles de confiabilidad.

##### **2.1.1. Enfoque de la investigación**

El tema de indagación tiene como propósito analizar la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural y sintético, mediante los resultados obtenidos del higrómetro textil y los ensayos de resistencia en el equipo dinamómetro, el tema se fundamenta en la investigación científica, analítica y experimental para adquirir datos y resultados de manera versátil, mismos que serán analizados estadísticamente para finalmente ser interpretados mediante herramientas estadísticas.

##### **2.1.2. Investigación bibliográfica**

Se entiende por investigación bibliográfica a la etapa donde se explora la producción de la comunidad académica sobre un tema determinado. abarca un conjunto de actividades para localizar documentos relacionados con un tema o un autor concreto (Montero, 2020 p.1).

Este tipo de indagación es la que se encargara de recopilar todos los antecedentes de la influencia de la humedad, y nos ayudara a comprender sobre el tema ya que al contar con referencias podemos guiarnos en esos estudios para un buen desarrollo de la investigación.

##### **2.1.3. Investigación experimental**

Según Ramos ( 2021) afirma que:

La investigación experimental se caracteriza por la manipulación intencionada de la variable independiente y el análisis de su impacto sobre una variable dependiente. En

cuanto a sus sub-diseños se encuentran los estudios de tipo: (a) preexperimental, caracterizado por realizar una intervención únicamente en un grupo, (b) cuasiexperimental, en el cual se trabaja con un grupo experimental (o más), un grupo control y se asigna a los participantes a ambos grupos de forma no probabilística y (c) el tipo experimental, en el cual se cuenta con uno o más grupos de intervención, un grupo control y la asignación de los participantes en los diferentes grupos se lo hace de manera aleatoria probabilística. (p.2)

Para el desarrollo de este proyecto, se empleara este tipo de investigación con el fin de comprobar si la humedad influye en la resistencia a la tracción de los hilos. Posteriormente, se obtendrán datos cuantificables del ensayo dinamométrico que faciliten el análisis comparativo entre muestras con diferentes niveles de humedad. Esto hará posible identificar variaciones en el comportamiento mecánico del material y a partir de los resultados obtenidos, y así establecer conclusiones precisas sobre el efecto de la humedad en sus propiedades físicas.

#### **2.1.4. Investigación analítica**

“El método analítico permite aplicar posteriormente el método comparativo, permitiendo establecer las principales relaciones de causalidad que existen entre las variables o factores de la realidad estudiada” (Abreu, 2015, p. 5). En este contexto, la presente investigación tiene como fin establecer relaciones entre la humedad y la resistencia a la tracción, y evaluar cómo varían las propiedades del hilo en función de los cambios en las condiciones normales. Para lo cual, se aplicaron herramientas estadísticas para validar los resultados y formular conclusiones fundamentadas.

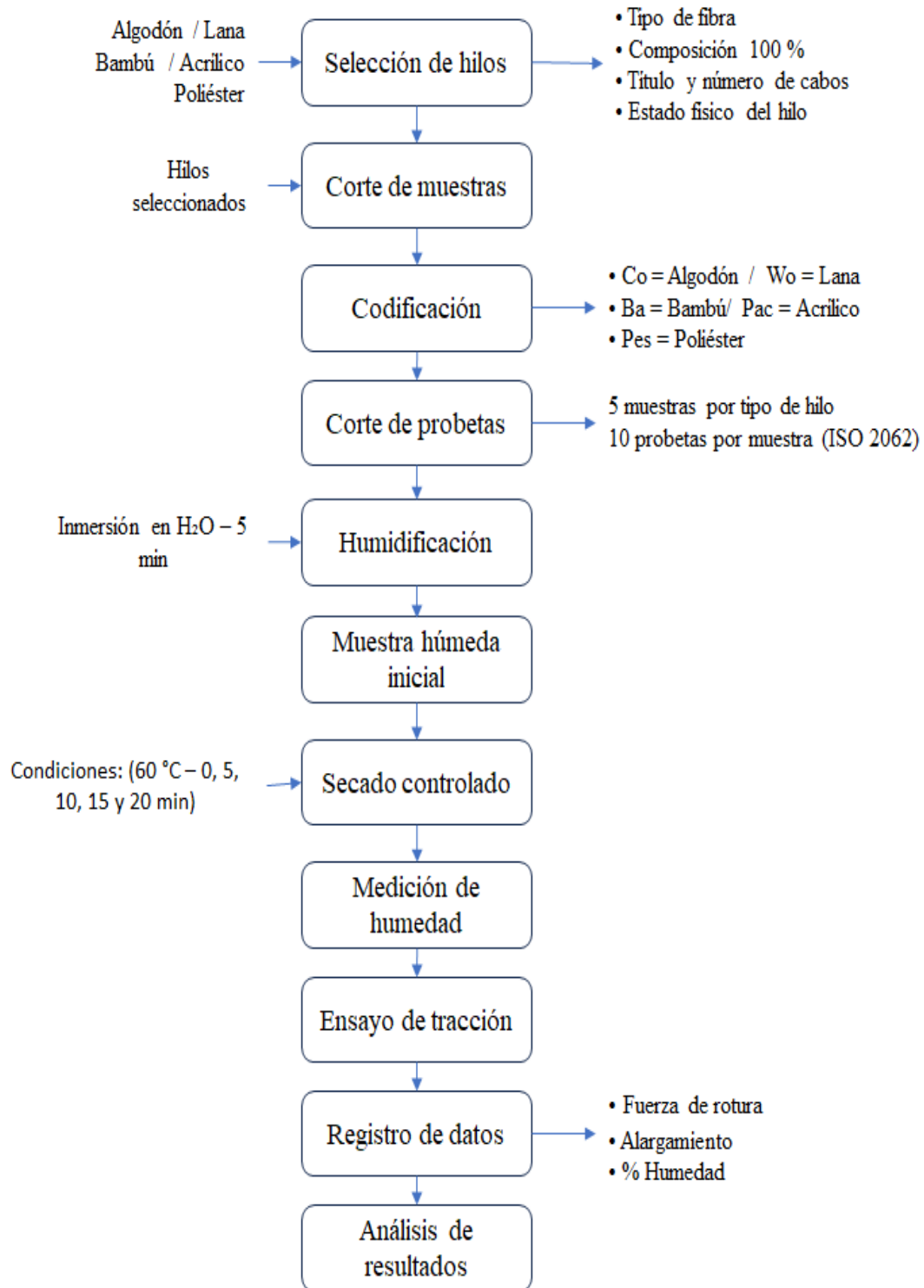
## **2.2. Flujogramas**

A continuación, se presenta el flujograma general y el flujograma muestral aplicados para el desarrollo del proyecto.

### **2.2.1. Flujograma general**

Dentro del flujo general como muestra la **Figura 5** se da a conocer todos los subprocesos que se llevan a cabo para el desarrollo del plan de trabajo, se describen los equipos y materiales que se usan durante el desarrollo de este.

**Figura 5**  
*Flujograma general del estudio*



Fuente: Propia

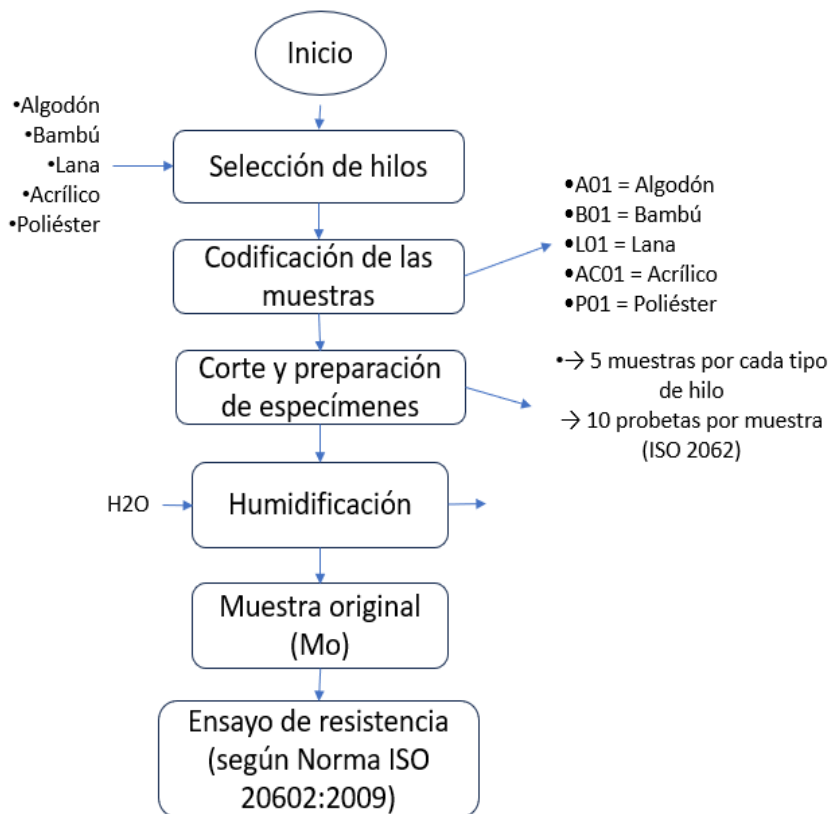
El flujograma de procesos representa los pasos lógicos para desarrollar el estudio, que va desde la obtención de las muestras de hilos que fueron humidificados y secados en un tiempo determinado para después medir el porcentaje de humedad mediante el higrómetro y finalmente medir la resistencia a la tracción en el dinamómetro.

### 2.2.2. Flujograma muestral

Para el desarrollo de la influencia de la humedad en la resistencia a la tracción de los hilos se debe tomar muestras de hilos de distintos materiales como naturales y sintéticas como se muestra en la **Figura 6**, por eso dentro del flujograma muestral se muestra de forma detallada el tipo material utilizado y el número de muestras analizadas.

**Figura 6**

*Flujograma muestral del proceso*



Fuente: propia

El flujograma muestral presenta en detalle la secuencia de procesos, en el cual se muestra que, inicialmente, se seleccionó el tipo de material y se definió el número de muestras para la humidificación cronometrada de cada tipo de hilo. Tras este proceso, las muestras se sometieron a secado, y su porcentaje de humedad se cuantificó mediante el equipo higrómetro. Inmediatamente después, se evaluó la resistencia a la tracción según

la Norma ISO 2062. Finalmente, los datos recopilados se analizaron y compararon con los resultados obtenidos de la muestra inicial (muestra 0).

### 2.3. Equipos y Materiales

Para la parte experimental del proyecto se usaron distintos equipos y materiales que ayudaron a realizar los ensayos de resistencia a la tracción para analizar los resultados obtenidos para finalizar el proyecto.

#### 2.3.1. Higrómetro textil

El higrómetro textil (ver **Figura7**) es un equipo que se usa en la industria textil para medir el porcentaje de humedad que se encuentra en un material textil sea hilos o telas de forma inmediata de forma digital, este dispositivo permite saber qué cantidad de humedad está dentro del material y con esto controlar la humedad en el momento de la compra de algún material textil, existen diversos tipos de higrómetros sea por su tecnología o el uso que tiene dependiendo del tipo del material.

#### **Figura7**

*Textile moisture meter MS-C.*




Fuente: Propia

#### 2.3.2. Dinamómetro

“Es un equipo que mide las variaciones que producen en un objeto al tener una fuerza externa. Su funcionamiento está basado en la ley de Hooke que se enfoca en la elasticidad del material con que están hechos los objetos”(Apaza y Flores, 2020). El dinamómetro es un equipo utilizado dentro de la industria textil para calcular la fuerza de

rotura que tiene un hilo, esta fuerza se calcula en newton (N) de acuerdo con la **Tabla 3** el dinamómetro está conformado por las siguientes partes principales.

**Tabla 3**  
*Partes del dinamómetro*

PARTES	CARACTERÍSTICAS	Gráfico
Garras	Sujetan la muestra durante el ensayo de tracción.	
Celda de carga	Sensor donde mide la fuerza aplicada, la velocidad y el tiempo de rotura.	
Pantalla	Muestra los resultados obtenidos.	
Botones de control	Ayuda a calibrar la máquina y a regular la velocidad.	
Fuentes de alimentación	Esta puede ser por baterías o energía eléctrica.	

Adaptado de: (Ortega, 2024)

### 2.3.3 Horno de secado

El horno de secado es muy manejado en laboratorios, la función de este horno es acceder a puntos de ebullición mucho más bajos que los materiales que se estén secando ya que funciona bajo presión reducida lo que puede ser propicio para ciertos materiales, además de secar también se lo usa para realizar curados, desgasificación y tratamiento térmico de los materiales que son controlados.

**Figura 8**  
*Horno de secado*



En la **Figura 8** se puede observar el horno de secado que se encuentra dentro del laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil de la UTN, este horno se usó para secar las muestras de los hilos algodón, lana, rayón, acrílico, poliamida.

### 2.3.4. Muestras de hilos

#### A) Hilos de Algodón (Co)

Según (Cotton Incorporated, 2003) define al hilo como:

Es un hilo de fibra corta que se da por el ensamble torcido de fibras formadas dentro de un hilo lineal. Los hilos de algodón están clasificados como hilos de fibra corta de poca longitud ya que poseen una longitud menor 2,5 pulg. Este tipo de hilo suele ser usado para prendas de vestir, telas de decoración y productos textiles industriales, por sus valores únicos e intrínsecos comparados a otros tipos de hilos (p.2).

Se forma a partir de la planta de algodón y al ser natural presenta propiedades de suavidad y esponjosidad, para la elaboración de este material existen distintos procesos tales como los que muestra la **Tabla 4** este tipo de hebra es uno de los más utilizados dentro de la industria textil.

**Tabla 4**

*Proceso y subprocesos de elaboración del hilo de Co*

Proceso	Hilatura de anillo peinado	Hilatura de anillo cardado	Hilatura Open End	Hilatura Air jet
Cosecha	X	X	X	X
Apertura	X	X	X	X
Limpieza	X	X	X	X
Mezcla	X	X	X	X
Cardado	X	X	X	X
Estirado	X	X		
Peinado	X			
Torsión	X	X		
Hilado	X	X	X	X


Adaptado de:(Fuentes, 2020)

## B) Hilo de Acrílico (Pac)

Este hilo se caracteriza por poseer una alta resistencia mecánica, durabilidad y versatilidad, este material se produce mediante la polimerización de monómeros (Quinchiguango, 2024). Dentro de la industria textil es una de las fibras sintéticas más usadas para la fabricación de prendas con alta resistencia, entre esos está el que se obtiene por extrusión y por fusión en la siguiente **Tabla 5** se muestra la diferencia entre ellas.

**Tabla 5**

*Comparación entre dos tipos de poliamida*

Extruido	Fundido	Gráfico
Poca resistencia a altas temperaturas	Menos capacidad de absorción de humedad	
Mejor procesabilidad	Mejor resistencia al desgaste	
Mejor estabilidad hidrolítica	Mejor resistencia al calor a corto plazo	
Ligeramente menos expansivo	Módulo más alto	

Adaptado de:(Quinchiguango, 2024)


## C) Hilo de Lana (Wo)

El hilo de lana se produce a partir de una fibra natural exactamente de la oveja que se obtiene mediante la esquila del animal, esta fibra es considerada una fibra larga y una de las propiedades que resaltan es la absorción de la humedad, ya que puede adsorber hasta un 18 % de humedad. Cabe recalcar que este hilo es uno de los materiales más antiguos usados por el hombre para elaborar textiles.(Levin, 2022)

Existen dos formas de elaborar este hilo de forma industrial y de forma artesanal que hoy en la actualidad aún se ocupa el siguiente proceso como se muestra en la **Tabla 6**. La forma artesanal se conserva en los lugares rurales sea para uso personal o como forma de fomentar el turismo.

**Tabla 6**

*Elaboración del hilo de Wo*

<b>Forma artesanal</b>	<b>Forma industrial</b>	<b>Gráfico</b>
Esquila	Obtención de lana	
Lavado y limpieza	Lavado y limpieza	
Escarmenado	cardado	
Hilado	Peinado	
Tintura	Hilado	
	Torsión	
	Bobinado	

Adaptado de:(Cucas, 2020)

### **E. Hilo de Bambú**

Este hilo (ver **Figura 9**) proviene de la celulosa vegetal que se trata químicamente, fue una de las primeras fibras sintéticas que se elaboró en el año 1924, conocida como seda artificial, las características más relevantes de este material es la suavidad, durabilidad y resistencia. La elaboración de este hilo depende del uso que se le vaya a otorgar, de forma general se extrae la celulosa mediante hidróxido de sodio(Vallejos, 2024).

El uso de este hilo hoy en día dentro de la industria textil es de gran importancia ya que se busca que las fibras sean amigables con el medio ambiente y este material es una opción para elaboración de prendas de vestir brindando confort y sostenibilidad.

**Figura 9**

*Hilo de bambú*



## **F) hilo de Poliéster (Pes)**

El hilo de poliéster es uno de los hilos sintéticos más conocidos, el poliéster se obtiene a partir de la extrusión de un tereftalato de polietilenglicol, el poliéster se tintura con coloretos dispersos, tiene alta resistencia a las arrugas, a la deformación y a la decoloración lo que los hace útil para formar distintos productos textiles. Existen distintos tipos de hilos de poliéster: texturizado, reforzado, bordado y de costura; para realizar el hilo se realizan cortes tipo algodónero y lanero dependiendo del uso que se le quiera dar (Carrion. J, 2014)

### **Figura 10**

*Hilo de poliéster*



## **2.4. Normas de referencia**

Las normas que se usaron para el desarrollo de este ensayo son: la determinación de la fuerza de rotura de los hilos o cordones que se lo realiza en el equipo dinamómetro y la Determinación del tiempo de secado en materiales textiles utilizando un analizador de humedad.

### **2.4.1. ISO 2062:2009 (Determinación de la fuerza de rotura y alargamiento a la rotura.)**

La norma utilizada permite determinar el punto de rotura de un hilo o cordel mediante la aplicación de una fuerza de tracción en ambos extremos de la muestra a una velocidad controlada. En la industria textil, este ensayo es fundamental, ya que permite evaluar la resistencia y el comportamiento mecánico del hilo, garantizando así su calidad y desempeño en aplicaciones industriales. En este estudio, el ensayo fue clave para

analizar cómo influye la humedad en la resistencia a la tracción del hilo, al someter las muestras a distintos niveles de humedad antes de la prueba.

#### **2.4.2. ATTCC TM 201 (Determinación del tiempo de secado en materiales textiles utilizando un analizador de humedad.)**

La norma AATCC TM 201 se utiliza para medir el tiempo de secado de materiales textiles, tanto tejidos como no tejidos, determinando cuánto tarda una muestra en secarse después de ser humedecida con una cantidad específica de agua. El ensayo se realiza a una temperatura controlada de  $37 \pm 2$  °C, lo que permite evaluar la eficiencia de secado del material en condiciones que simulan la temperatura corporal. En este estudio, se tomó como base el principio de esta norma para controlar el contenido de humedad en los hilos mediante tiempos de secado definidos. Cada muestra fue previamente humedecida durante 5 minutos y luego secada entre 1 y 5 minutos, con el objetivo de simular diferentes niveles de humedad antes de realizar el ensayo de resistencia a la tracción.

### **2.5. Procedimiento**

En este apartado se detalla de forma concreta y clara el proceso que se llevó a cabo durante la práctica del ensayo determinado para este proyecto, se debe seguir y cumplir con los parámetros para obtener resultados estandarizados y precisos.

#### **2.5.1. Caracterización de los hilos**

Para iniciar el análisis de resistencia a la tracción con diferentes porcentajes de humedad, las condiciones iniciales deben tener una similitud correlacional por lo que se ha agrupado los hilos por su tipo de fibra, como fibras celulósicas se ha tomado el algodón, como fibra proteínica la lana, como fibra regenerada el bambú, conformando el grupo (a) de hilos de origen natural y el grupo (b) conformado por los hilos de origen sintético se ha tomado el poliéster y el acrílico para a partir de este punto se llevó a cabo la caracterización de todas las muestras en base al tipo de fibra, el número de cabos, el título y el peso de las muestras.

**Tabla 7**

*Caracterización título de hilos muestra ASTM D1907*

<b>Composición muestras</b>	<b>Longitud madeja (m)</b>	<b>de Peso (gr)</b>
Algodón 100%	100	3.20
Lana 100%	100	20.65
Bambú 100%	100	2.81
Acrílico	100	3,20
Poliéster	100	3.34

. Fuente: Propio

La **Tabla 7** muestra la longitud en metros y el peso en gramos de cada tipo de hilo que se obtuvo en base a la norma ASTM D1907 para poder obtener la titulación de los hilos, de acuerdo con el tipo de material se usó en método de titulación adecuado.

- **Título de hilo muestra Algodón 100%**

$$Ne = \frac{(0,5906 * 100)}{3,85}$$

$$Ne = 15,3 = 15$$

- **Título de hilo muestra Lana 100%**

$$Nm = \frac{100}{20.655}$$

$$Nm = 4,84 = 5$$

- **Título de hilo muestra Bambú 100%**

$$Nm = \frac{100}{2,81}$$

$$Nm = 35,5 = 36$$

- **Título de hilo muestra Acrílico 100%**

$$Tex = \frac{100 * 3.20}{100}$$

$$Tex = 32,09 = 32$$

- **Título de hilo muestra Poliéster 100%**

$$Tex = \frac{100 * 3,35}{2,81}$$

$$Nm = 35,5 = 36$$

### **Tabla 8**

*Caracterización general de los hilos*

<b>Materiales</b>	<b>Título</b>	<b>Número de cabos</b>	<b>Composición</b>
Algodón	15Ne	2	100%
Lana	4Nm	3	100%
Bambú	35 Nm	2	100%
Acrílico	32 Tex	2	100%
Poliéster	36 Tex	2	100%

*Nota: Caracterización de factores técnicos de los materiales a ensayar*

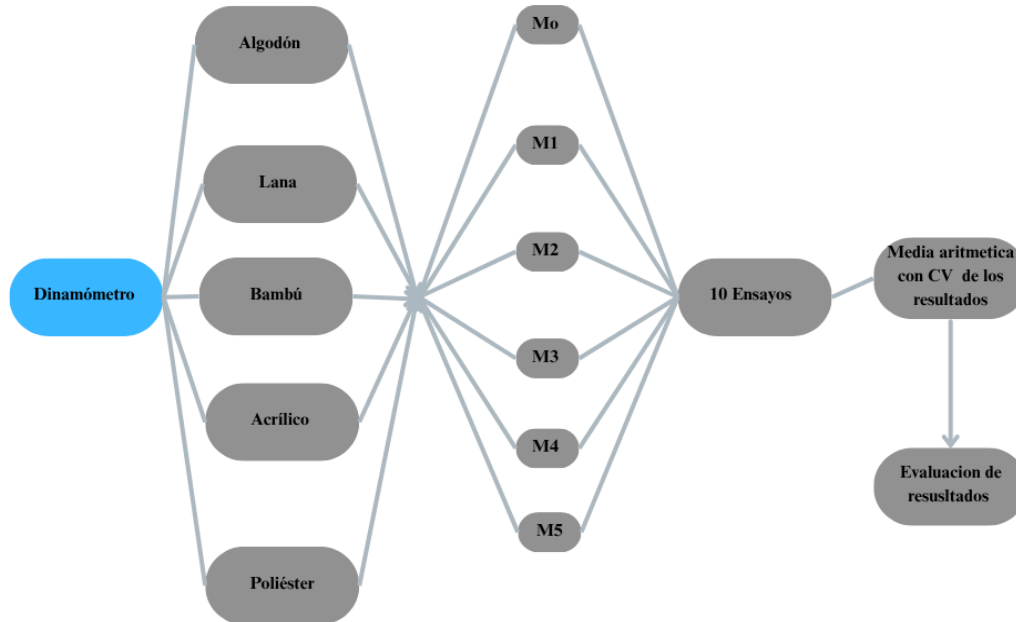
## **2.6 Metodología de campo**

### **Análisis de resistencia a la tracción**

Se muestra en la **Figura11** el proceso desglosado y el número total de muestras para evaluar la resistencia a la tracción.

**Figura11**

*Método de evaluación resistencia a la tracción*



Fuente: Propia

### 2.6.1 Preparación de las muestras

De cada tipo de hilo se extrajeron cinco muestras individuales, asegurando uniformidad en longitud en base a la norma ISO 2062 (450mm) y condiciones iniciales como el peso inicial (seco) y porcentaje de humedad inicial (seco). El equipo debe trabajar a una velocidad constante de alargamiento que oscila entre los 20mm/min y 100mm/min.

#### a) Corte de probetas

Se procede a realizar el corte de las muestras de 450mm en los distintos tipos de hilos a analizar la resistencia a la tracción, de acuerdo con la norma ISO 2062 por cada muestra son mínimo 10 ensayos para obtener una media.

## **Figura 12**

*Corte de muestras*



### **b) Humidificación de las probetas**

Para el proceso de humedecer las probetas se realizó en un vaso de precipitación con 200ml de agua destilada, se usó esta cantidad para garantizar que todos los hilos queden totalmente sumergidos durante el proceso de absorción. El agua destilada ayuda a garantizar condiciones controladas y uniformes, sin que interfieran sales y minerales.

## **Figura 13**

*Humidificación de las muestras*



El tiempo de absorción fue de 5 min como un punto intermedio ya que permite una adecuada absorción por parte de los hilos suficiente para que las fibras externas como internas puedan equilibrar el contenido de humedad, además pruebas de absorción o

lavado (ISO 105-E01) han demostrado que los tiempos de inmersión para una buena absorción oscilan entre 3-10 min dependiendo del tipo de fibra.

### c) Tiempo de secado de las probetas

Los tiempos de secado seleccionados para las muestras (0, 5, 10, 15 y 20 minutos) se basaron en una evaluación preliminar en la que se observó que tiempos inferiores a 5 minutos no generaban una variación significativa en el contenido de humedad de los hilos, es decir, las muestras aún se mantenían visiblemente húmedas o con peso constante.

Por tanto, se estableció el tiempo de 5 minutos como el mínimo tiempo efectivo de secado, y a partir de este punto se incrementó el tiempo en intervalos regulares de 5 minutos para observar la evolución de la pérdida de humedad.

Para establecer un procedimiento estandarizado de secado progresivo en las muestras de hilo, se tomó como referencia la norma AATCC TM201 manteniendo sus principios fundamentales de medición de tiempo de secado controlado con el objetivo de estudiar la influencia del contenido de humedad en la resistencia a la tracción.

### Figura 14

*Secado de las muestras*



*Nota: La temperatura que se usó fue de 60°C ya que para el secado de fibras naturales va desde 55°C a 60°C.*

#### d) Preparación del dinamómetro

- Ajuste del dinamómetro: observar que el equipo se encuentre calibrado y configurado de acuerdo con la norma ISO 2062.
- Escoger la velocidad y la fuerza que se va a aplicar.
- Sujeción de la muestra: se procede a colocar las muestras en el equipo y comprobar que las muestras estén bien sujetas y alineadas para poder obtener los resultados precisos.
- Inicio del ensayo: para comenzar con el ensayo lo primero que se debe hacer es aplicar la fuerza de tracción previamente seleccionada de forma continua cumpliendo las normas y los parámetros del ensayo.
- Registro de datos: mientras el ensayo se esté desarrollando se irá registrando la fuerza que se esté ejecutando la muestra hasta que esta se rompa ese dato es la resistencia a la tracción.
- Cálculo del alargamiento: cuando se termine de realizar el ensayo se procede a medir la muestra final para calcular el porcentaje de alargamiento restando la muestra inicial y dividiendo entre 100.

#### 2.6.2 Tiempo de ejecución del ensayo

En la **Tabla 9** se presentan los resultados de los tiempos definidos que se otorgaron a cada actividad mediante la ayuda de un cronómetro para evitar una variación notable en el porcentaje de la humedad.

**Tabla 9**

*Tiempo total para realizar todo el ensayo*

<b>Actividad</b>	<b>Tiempo</b>
Humidificación	300 seg
Medición con higrómetro	10 seg
Transporte al horno de secado	20 seg
Secado	(0,5, 10, 15 ,20) min
Transporte de horno al dinamómetro	20 seg

Fuente: Propia

## CAPÍTULO III

### RESULTADOS Y ANÁLISIS

#### 3.1. Resultados

A continuación, se presentan los resultados obtenidos a partir de los ensayos de resistencia a la tracción realizados en el laboratorio de la carrera de Ingeniería Textil de la UTN (Universidad Técnica del Norte) a los distintos tipos de hilos. Estos resultados se presentan de manera organizada según los tipos de fibra, clasificándose en hilos de origen natural y de origen sintético, lo que nos permite el análisis e interpretación del comportamiento mecánico de cada material.

##### 3.1.1. Resistencia a la tracción

En la **Tabla 10** se presentan las especificaciones de las probetas ensayadas, para la determinación de la resistencia a la tracción en 5 tipos de hilo Co, Wo, Pac, Pes y Bambú

**Tabla 10**

*Ficha informativa para el ensayo de la resistencia a la tracción*

<b>FECHA DE ENSAYO</b>	2025-10-06	
<b>ENSAYO SOLICITADO</b>	Determinación de la fuerza de rotura y alargamiento en la rotura mediante un dinamómetro de tasa constante de extensión (CRE)	
<b>NORMA DEL ENSAYO</b>	ISO 2062	
<b>Codificación de muestras</b>	<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>
M0Co	Algodón 100%	5 muestras
M0Wo	Lana 100%	5 muestras
M0Ba	Bambú 100%	5 muestras
M0Pac	Acrílico 100%	5 muestras
M0Pes	Poliéster 100 %	5 muestras
<b>EQUIPO</b>	Dinamómetro Modelo Titan 5, Marca James Heal	
<b>ESPECIFICACIONES</b>	Número de probetas por muestra: 10 Velocidad: 250mm/ min Separación de mordazas: 250mm Pretensión: 5,00 cN Célula de carga: 1000N	

A continuación, se presentan los resultados de la humedad y peso inicial de las muestras cero (m0). Estas muestras fueron sometidas al ensayo de tracción para adquirir datos de referencia que permitieran establecer su relación con la humedad. Los valores presentes en la tabla corresponden a los valores promedio.

**Tabla 11**

*Resultados de la humedad y la resistencia inicial de las muestras*

Muestra	Codificación	Nº de probetas	Peso Inicial (gr)	Dimensión (mm)	Humedad Inicial %	Resistencia Inicial (cN)
Algodón	M0Co	10	0,032	450	8,7	337,18
Lana	M0Wo	10	0,16	450	13,5	1311,35
Bambú	M0Ba	10	0,023	450	11,2	392,31
Acrílico	M0PaC	10	0.026	450	1,3	309,04
Poliéster	M0PeS	10	0.027	450	1,6	981,52

*Nota: los resultados corresponden a la media de cada muestra. Fuente Propia*

Para el análisis de resultados se dividieron en dos grupos, hilos de origen natural (algodón, lana y bambú) y de origen sintético (acrílico y poliéster), se realizaron ensayos de tracción según la norma ISO 2062, bajo distintos niveles de humedad obtenidos mediante tiempos de secado graduales (0, 5, 10, 15 y 20 minutos), luego de un proceso de humidificación uniforme.

Cada condición fue ensayada con un mínimo de 10 repeticiones, con lo cual se obtuvieron datos confiables sobre la resistencia máxima a la tracción y su conducta frente a variaciones en el contenido de humedad, para este proceso se usó un matraz con agua destilada, un cronómetro y el higrómetro textil.

En la **Tabla 12** se muestra los resultados obtenidos del ensayo de resistencia a la tracción del grupo de origen natural:

**Tabla 12***Resultados del ensayo de resistencia en los hilos naturales*

<b>Muestra</b>	<b>Secado (min)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>Resistencia (cN)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Límite De confianza</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
<b>M1Co</b>	0	25,5	482,45	<b>48,25</b>	<b>±59,89</b>	<b>11,84</b>
<b>M2Co</b>	5	24,5	431,42			
<b>M3Co</b>	10	21,5	392,13			
<b>M4Co</b>	15	19,3	375,35			
<b>M5Co</b>	20	14,5	359,32			
<b>M1Wo</b>	0	48,5	1388,76	<b>30,94</b>	<b>±38,39</b>	<b>2,63</b>
<b>M2Wo</b>	5	44,2	1265,24			
<b>M3Wo</b>	10	39,4	1123,80			
<b>M4Wo</b>	15	31,8	1073,90			
<b>M5Wo</b>	20	27,2	1021,60			
<b>M1Ba</b>	0	27,1	243,71	<b>30,94</b>	<b>±17,12</b>	<b>11,34</b>
<b>M2Ba</b>	5	25,0	250,57			
<b>M3Ba</b>	10	20,9	254,69			
<b>M4Ba</b>	15	16,6	302,78			
<b>M5Ba</b>	20	12,6	312,51			

*Nota: los resultados corresponden a la media de diez probetas ensayadas para cada muestra. Fuente: Propia*

Como se observa en la tabla anterior el algodón y la lana aumentaron su resistencia, mientras que en el hilo de bambú disminuyó su resistencia, aunque el tiempo de secado y el número de muestras fueron los mismos para cada hilo, es importante considerar que la capacidad de absorción varía entre ellos; por lo tanto, aun perteneciendo al mismo grupo, el porcentaje de humedad difiere según el tipo de fibra.

La **Tabla 13** muestra los resultados de resistencia de los hilos de origen sintético (acrílico y poliéster). Se tomó la media de las 10 repeticiones que se realizaron por cada muestra.

**Tabla 13**

*Resultados del ensayo de resistencia hilos sintéticos*

<b>Muestra</b>	<b>Secado (min)</b>	<b>% Humedad</b>	<b>Resistencia (cN)</b>	<b>Desviación estándar</b>	<b>Límite De confianza</b>	<b>Coefficiente de Variación</b>
<b>M1Pac</b>	0	5,2	273,9	<b>12,05</b>	<b>±14,95</b>	<b>4,25</b>
<b>M2Pac</b>	5	4,5	274,85			
<b>M3Pac</b>	10	3,9	277,35			
<b>M4Pac</b>	15	2,5	289,56			
<b>M5Pac</b>	20	1,9	302,97			
<b>M1Pes</b>	0	14,8	1242,35	<b>1099,77</b>	<b>±124,84</b>	<b>9,98</b>
<b>M2Pes</b>	5	13,6	1170,12			
<b>M3Pes</b>	10	11,7	1060,14			
<b>M4Pes</b>	15	9,5	1024,28			
<b>M5Pes</b>	20	7,8	1001,95			

*Nota: los resultados corresponden a la media de 10 probetas ensayadas por cada muestra* Fuente: Propia

Los resultados muestran que el acrílico mostró una disminución en su resistencia, en cambio, el poliéster presentó un ligero aumento en su resistencia, posiblemente por una mejor orientación favorecida por el calor del secado. Esto demuestra que, aunque ambos son materiales sintéticos, su comportamiento frente a la humedad no es uniforme y depende de sus características estructurales.

### 3.2 Evaluación de los resultados

Una vez concluida la tabulación de los datos, se procedió a evaluar los resultados utilizando el software PAST4, con el objetivo de verificar la normalidad de los datos y así establecer el nivel de confiabilidad de los ensayos. Esta clasificación permitió examinar de manera comparativa la conducta de ambos grupos frente a la humedad, y finalmente establecer cuál de ellos mantiene una mejor resistencia a la tracción en condiciones húmedas.

#### 3.2.1 Normalidad de datos

La prueba de normalidad se utilizó con el fin de determinar si el grupo de datos obtenido del ensayo de resistencia a la tracción de los hilos de algodón, lana, bambú, acrílico y poliéster es confiable. Para este proceso se procedió a realizar dos pruebas de normalidad: una de medición de la humedad y el otro de los resultados obtenidos de la resistencia a la tracción

#### Figura 15

*Distribución de normalidad de humedad*

	algodon	lana	bambu	acrilico	poliester
<b>N</b>	5	5	5	5	5
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9423	0,9611	0,9628	0,9638	0,9472
<b>p(normal)</b>	0,6822	0,8156	0,8271	0,8342	0,7175
<b>Anderson-Darling A</b>	0,2236	0,1851	0,1852	0,1805	0,2183
<b>p(normal)</b>	0,6534	0,8086	0,8081	0,8247	0,6753
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,7605	0,8946	0,8961	0,9025	0,7825
<b>Lilliefors L</b>	0,1822	0,1783	0,1687	0,1697	0,1882
<b>p(normal)</b>	0,8479	0,8687	0,9142	0,9096	0,8131
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,8739	0,8907	0,927	0,9229	0,8412
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,445	0,4433	0,4524	0,4469	0,4936
<b>p(normal)</b>	0,8005	0,8012	0,7976	0,7998	0,7813
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,6358	0,6374	0,6279	0,6418	0,5601

Fuente: Propia

En la **Figura 15** se muestran los resultados de la prueba de normalidad de la humedad según la prueba de Shapiro-Wilk, Anderson Darling, Lilliefors y Jarque-Bera desarrollados en el PAST 4, donde se obtuvo que el valor de (P normal) es mayor a 0.05, en consecuencia, nos permite el uso de pruebas estadísticas para el análisis comparativo entre los grupos de muestras evaluadas.

### Figura 16

*Distribución de normalidad de la resistencia a la tracción*

	algodon	lana	bambu	acrilico	poliester
<b>N</b>	5	5	5	5	5
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,9301	0,9336	0,821	0,8432	0,9027
<b>p(normal)</b>	0,5972	0,6213	0,1188	0,1741	0,4248
<b>Anderson-Darling A</b>	0,2569	0,2507	0,4928	0,4336	0,3085
<b>p(normal)</b>	0,5357	0,5537	0,1121	0,1683	0,398
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,6264	0,6594	0,1249	0,1884	0,4648
<b>Lilliefors L</b>	0,2269	0,2326	0,3137	0,2957	0,2503
<b>p(normal)</b>	0,5448	0,5047	0,109	0,1637	0,3865
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,5533	0,4938	0,1189	0,182	0,3805
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,5393	0,5244	0,7569	0,7124	0,5983
<b>p(normal)</b>	0,7637	0,7694	0,6849	0,7003	0,7415
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,4894	0,4943	0,1805	0,2122	0,3762

Fuente: Propia

La **Figura 16** se muestra los resultados de la prueba de normalidad de la humedad según la prueba de Shapiro-Wilk, Anderson Darling, Lilliefors y Jarque-Bera desarrollados en el PAST 4, donde se obtuvo que el valor de (P normal) es mayor a 0.05 por lo que se confirma que los datos presentan una distribución normal, por lo que se justifica el uso de pruebas estadísticas para el análisis comparativo entre las muestras evaluadas.

### 3.2.2 Análisis de resultados

Para el análisis de resultados, se dividió la información en dos grupos: hilos de origen natural y origen sintético, y se calcularon las medias de resistencia a la tracción de cada ensayo, posteriormente se evaluó el comportamiento de la resistencia a la tracción de cada grupo para identificar qué hilo presenta un mejor desempeño en su resistencia, con el fin de identificar el de mayor resistencia. Los datos obtenidos fueron organizados en tablas e ilustrados mediante gráficos de correlación y comparativos.

### 3.2.2.1 Análisis de resultados de los hilos de origen natural

En la **Tabla 14** se exponen los números de muestras junto a los resultados obtenidos de las muestras de los hilos de origen natural que se usaron para la investigación, el tiempo de secado y el porcentaje de humedad, Estos datos permitirán analizar la relación entre el contenido de humedad y resistencia a la tracción de las muestras evaluadas.

**Tabla 14**

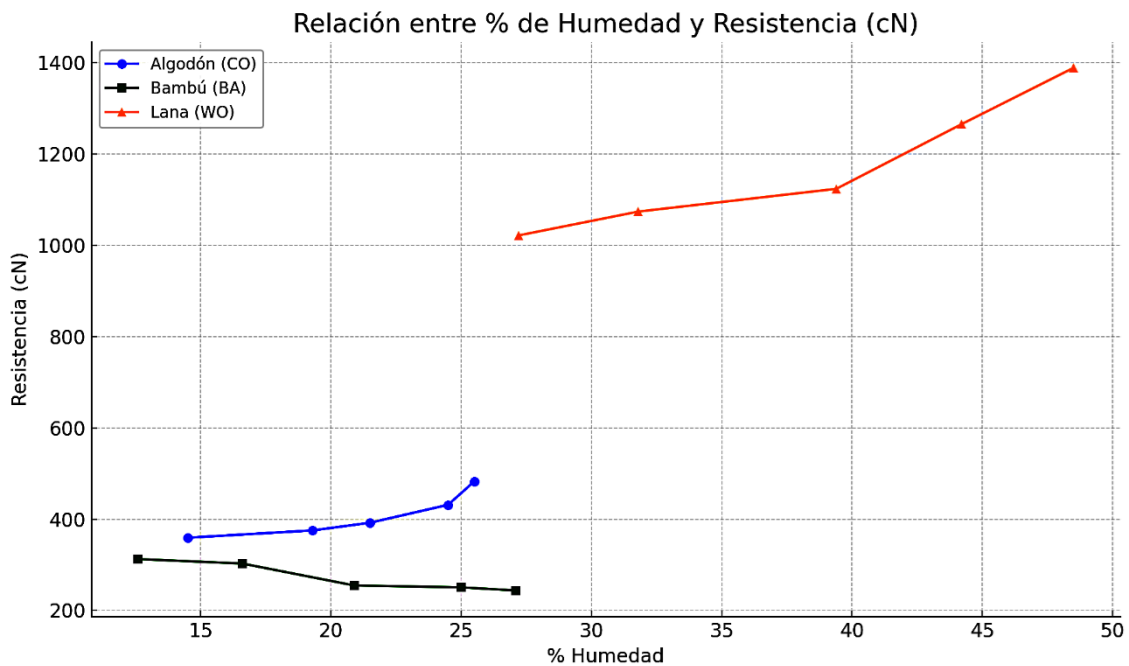
*Recopilación de resultados de los hilos naturales*

<b>MUESTRA</b>	<b>SECADO (MIN)</b>	<b>% HUMEDAD</b>	<b>RESISTENCIA (CN)</b>
<b>M1Co</b>	0	25,5	482,45
<b>M2Co</b>	5	24,5	431,42
<b>M3Co</b>	10	21,5	392,13
<b>M4Co</b>	15	19,3	375,35
<b>M5Co</b>	20	14,5	359,32
<b>M1Wo</b>	0	48,5	1388,76
<b>M2Wo</b>	5	44,2	1265,24
<b>M3Wo</b>	10	39,4	1123,80
<b>M4Wo</b>	15	31,8	1073,90
<b>M5Wo</b>	20	27,2	1021,60
<b>M1Ba</b>	0	27,1	243,71
<b>M2Ba</b>	5	25,0	250,57
<b>M3Ba</b>	10	20,9	254,69
<b>M4Ba</b>	15	16,6	302,78
<b>M5Ba</b>	20	12,6	312,51

Los datos expuestos en la tabla anterior permitirán analizar el comportamiento de la resistencia a la tracción de los hilos frente a la variación del contenido de humedad, se presenta a continuación la **Figura 17** en la cual se muestra la relación entre el tiempo de secado y la resistencia a la tracción para los hilos naturales. Esta representación gráfica permite analizar cómo los cambios en el contenido de humedad afectan su resistencia en cada tipo de hilo natural.

**Figura 17**

*Relación entre el porcentaje resistencia a la tracción y el contenido de humedad en los hilos naturales*



Con base en la Figura anterior, se observa que la resistencia a la tracción de los hilos naturales varía de manera diferenciada en función del contenido de humedad. Se evaluó la diferencia de la resistencia a la tracción entre el estado húmedo inicial (0 min) y el estado correspondiente a 20 min de secado para cada tipo de hilo. En particular, el algodón presenta un incremento significativo de la resistencia, alcanzando un aumento de +145,27 cN, mientras que la lana también muestra una tendencia creciente, con un incremento de +77,41 cN bajo condiciones de mayor humedad. Este comportamiento se asocia a la capacidad higroscópica de estas fibras, que les permite absorber agua y modificar su estructura interna, mejorando temporalmente su resistencia mecánica. Por el contrario, a medida que el contenido de humedad disminuye, la resistencia a la tracción tiende a reducirse, lo que confirma la influencia directa de la humedad sobre el comportamiento mecánico de estas fibras naturales.

Por el contrario, el hilo de bambú presenta una tendencia opuesta, evidenciando una disminución de su resistencia de -148,60 cN. La resistencia a la tracción es menor en condiciones de alta humedad y aumenta progresivamente conforme se incrementa el tiempo de secado. Este comportamiento se asocia a la pérdida de capacidad mecánica del bambú en presencia de agua, lo que afecta negativamente su aptitud para soportar esfuerzos de tracción.

### 3.2.2.2 Análisis de resultados de los hilos de origen sintético

En la **Tabla 15**, se presentan las muestras evaluadas junto con los resultados correspondientes a los hilos de origen sintético utilizados en la investigación, incluyendo el tiempo de secado y el porcentaje de humedad. Esta información permite analizar la relación existente entre el contenido de humedad y la resistencia a la tracción de las muestras estudiadas.

**Tabla 15**

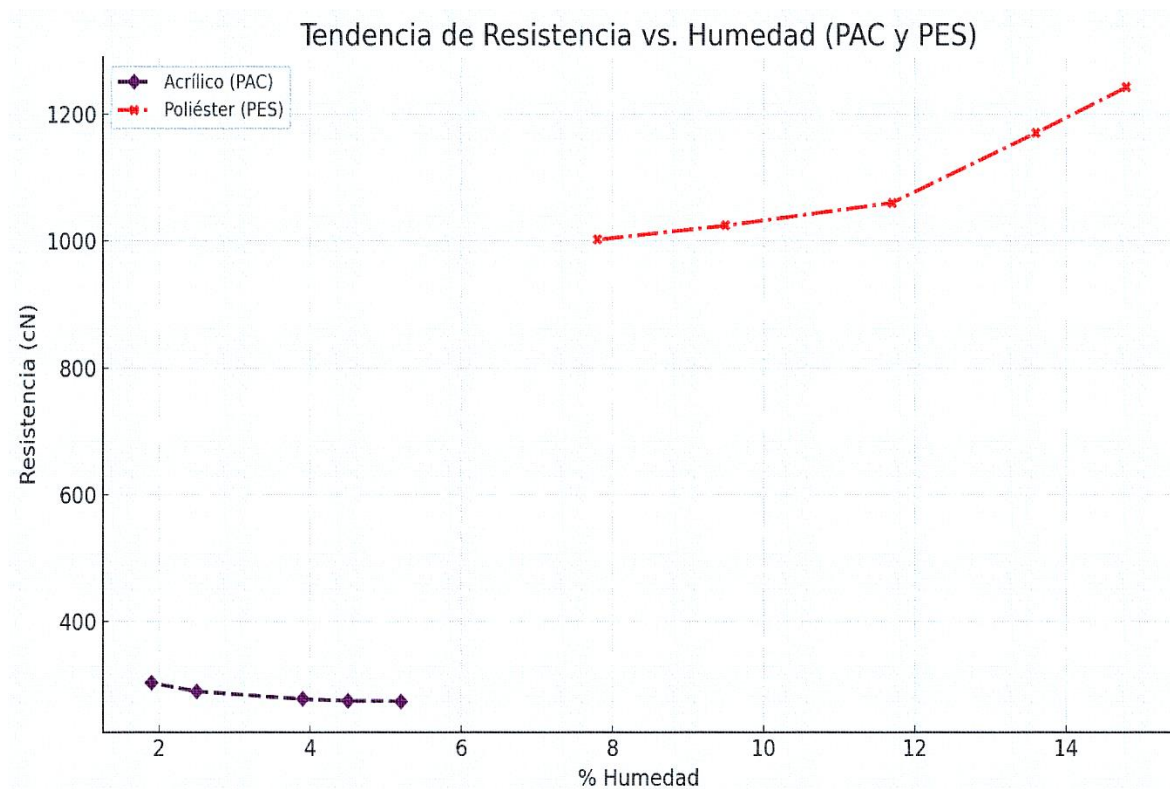
*Recopilación de resultados de los hilos sintéticos*

<b>MUESTRA</b>	<b>SECADO (MIN)</b>	<b>% HUMEDAD</b>	<b>RESISTENCIA (CN)</b>
<b>M1Pac</b>	0	5,2	273,9
<b>M2Pac</b>	5	4,5	274,85
<b>M3Pac</b>	10	3,9	277,35
<b>M4Pac</b>	15	2,5	289,56
<b>M5Pac</b>	20	1,9	302,97
<b>M1Pes</b>	0	14,8	1242,35
<b>M2Pes</b>	5	13,6	1170,12
<b>M3Pes</b>	10	11,7	1060,14
<b>M4Pes</b>	15	9,5	1024,28
<b>M5Pes</b>	20	7,8	1001,95

En la tabla anterior se muestra los resultados obtenidos, los cuales permitirán evaluar el comportamiento de la resistencia a la tracción de los hilos con filamento continuo en relación con la variación del contenido de humedad, se presenta la **Figura 18**, en la cual se muestra la relación entre el tiempo de secado y la resistencia a la tracción. Esta representación gráfica permite identificar cómo las variaciones en el contenido de humedad influyen en su resistencia.

### Figura 18

*Relación entre la resistencia a la tracción y el contenido de humedad de los hilos de origen sintético*



En la figura anterior se evidencia que el hilo de poliéster presentó una disminución gradual desde el estado completamente húmedo (0 min de secado) hasta los 20 min de secado de -260,83 cN en su resistencia a medida que disminuye el contenido de humedad.

Por su parte, el hilo de acrílico mantiene un comportamiento más estable con una disminución -35,14cN frente a las variaciones de humedad, con cambios moderados en la resistencia a la tracción dentro del rango evaluado. Este comportamiento se atribuye a la baja higroscopicidad del material, que limita la interacción con el agua.

### 3.2.2.3 Comparación porcentual de la resistencia a la tracción de los hilos naturales y sintéticos

Con el fin de complementar el análisis de los valores absolutos de resistencia a la tracción, se presenta en la **Tabla 16** el porcentaje de variación de la resistencia en función del contenido de humedad para los diferentes tipos de hilos evaluados. Este análisis porcentual permite comparar de manera objetiva el comportamiento de las fibras y filamentos frente a la humedad, independientemente de sus valores iniciales de resistencia.

**Tabla 16**  
*Variación de porcentaje en la resistencia de los hilos*

<b>Material</b>	<b>Tipo de hilo</b>	<b>Resistencia base (cN)</b>	<b>Resistencia en húmedo (cN)</b>	<b>Cambio (cN)</b>	<b>Variación (%)</b>
Algodón	Natural	337,18	482,45	+145,27	+43,1 %
Lana	Natural	1311,35	1388,76	+77,41	+5,9 %
Bambú	Natural	392,31	243,71	-148,60	-37,9 %
Acrílico	Sintético	309,04	273,90	-35,14	-11,3 %
Poliéster	Sintético	981,52	1242,35	+260,83	+26,6 %

Fuente: Propia

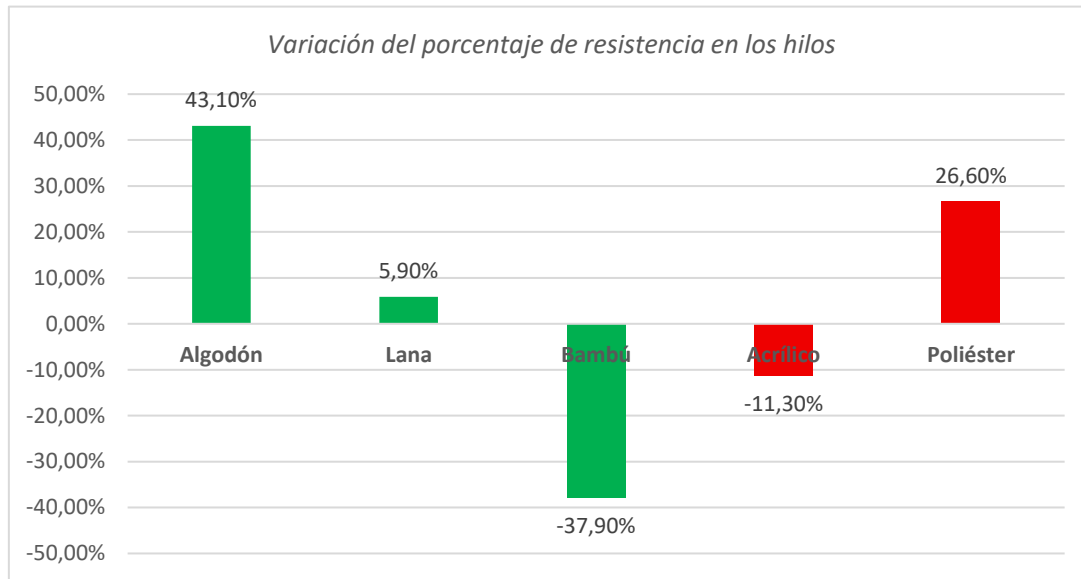
Los resultados de la variación porcentual presentados anteriormente fueron obtenidos mediante la aplicación de la siguiente fórmula, la cual se utilizó de manera individual para cada tipo de hilo evaluado.

$$\text{Porcentaje de variación} = \frac{(\text{Valor final} - \text{Valor inicial}) \times 100}{\text{Valor inicial}}$$

A continuación, en la **Figura 19** se muestran gráficamente los porcentajes de variación que tuvieron los hilos respectivamente después de los resultados obtenidos.

**Figura 19**

*Grafica de variación del porcentaje de resistencia en los hilos*



El análisis porcentual expuesto en la figura anterior de la resistencia a la tracción permite identificar la reacción de cada tipo de hilo frente a la variación del contenido de humedad. Las mayores variaciones registradas en los hilos naturales evidencian que su resistencia depende en mayor medida de la presencia de agua. El algodón tuvo un cambio porcentual de +43,10% y la lana con un cambio porcentual de +5,9% el incremento porcentual de la resistencia bajo condiciones de mayor humedad indica que el agua favorece su resistencia a la tracción. En cambio, el hilo de bambú presenta una reducción porcentual de -37,90% en estado húmedo, este resultado confirma que no todas las fibras naturales responden de igual manera a la humedad, aun cuando comparten una elevada higroscopicidad.

En los hilos sintéticos, el acrílico tuvo un cambio porcentual de -11,30% lo que muestra una mejora relativa de la resistencia conforme disminuye la humedad, mientras que el poliéster mantiene un comportamiento más estable con un cambio porcentual de +26,60%, lo que se asocia a su baja afinidad con el agua. En conjunto, el análisis porcentual confirma que la humedad constituye un factor importante en la variación de la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural y origen sintético, reforzando los resultados obtenidos en el análisis de los resultados.

### 3.2.2.4 Análisis comparativo entre hilos de origen natural y origen sintético

Para este proceso se analizó el cambio resistencia y el cambio porcentual obtenidos en los ensayos realizados para los hilos sintéticos y naturales con el fin de establecer la variación cuantitativa de la resistencia a la tracción con respecto a la humedad que muestran los hilos.

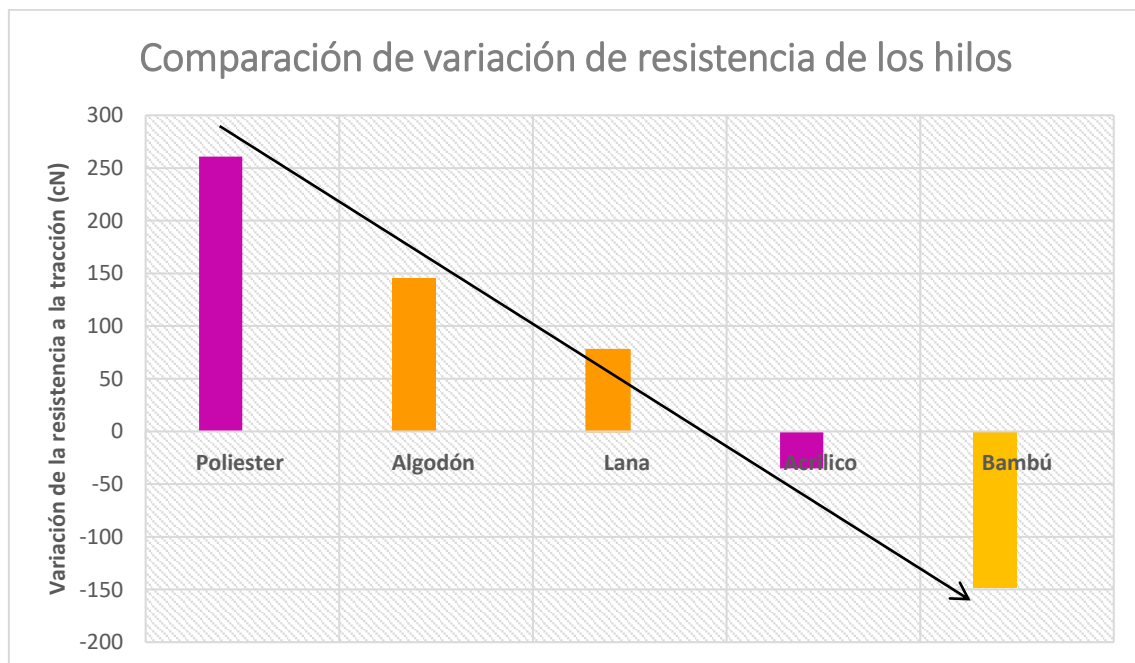
Con base a la información de la **Tabla 16** se puede ver que el hilo de algodón aumenta su resistencia un 43,1 %, seguido del hilo de poliéster que aumentó un 26,6% en su resistencia por último está el hilo de lana que aumento su resistencia un 5,9%.

En contraste, entre los hilos que disminuyeron su resistencia está el acrílico con una disminución 11,3%, seguido del hilo de bambú que disminuyó su resistencia en un 37,9%.

Los hilos naturales y sintéticos muestran un comportamiento diferente en su resistencia, los hilos naturales son más propensos a la humedad, lo cual se evidencia en variaciones más pronunciadas de la resistencia a la tracción; los sintéticos, por su parte, conservan una mayor estabilidad durante el secado. A continuación, en la **Figura 20** se puede observar gráficamente esta variación entre los dos tipos de hilos.

**Figura 20**

*Comparación de la variación de la resistencia a la tracción de los hilos*



En la figura anterior se presenta la variación de la resistencia a la tracción de los hilos analizados, expresada en centinewtons (cN) y ordenada desde el más alto hasta el más bajo. Se observa que el hilo de poliéster registra el mayor incremento de resistencia, con un aumento de 260,83 cN, seguido del algodón con 145,27 cN y la lana con 77,41 cN.

En contraste, el bambú presenta la mayor reducción de resistencia, con una disminución de 148,60 cN, mientras que el acrílico evidencia una pérdida moderada de 35,14 cN. De forma general, los hilos de origen sintético muestran una variación máxima promedio superior en comparación con los hilos de origen natural. Estos resultados evidencian que la humedad ejerce una influencia significativa sobre el comportamiento de la resistencia a la tracción, modificando de manera diferente la respuesta mecánica según el tipo de fibra.

### **3.2.2.5 Análisis de la estabilidad de la resistencia a la tracción frente a la humedad en los hilos**

Con el objeto de complementar los análisis realizados anteriormente, se desarrolla el análisis de la estabilidad de la resistencia a la tracción de los hilos evaluados frente a las variaciones del contenido de humedad. Para lograr este objetivo, el estudio se dividió en tres etapas: primero, el análisis de los hilos naturales; segundo, el análisis de hilos sintéticos; y tercero, una comparación global para determinar qué hilo presenta mayor estabilidad en condiciones de humedad variable.

Para determinar la estabilidad de los hilos analizados se tomó en cuenta los valores del coeficiente de variación (CV) presentados en la **Tabla 12** y **Tabla 13** los cuales fueron calculados a partir de los datos experimentales de resistencia a la tracción para cada condición de humedad. Para su determinación se empleó la siguiente expresión:

$$CV = \frac{\text{Desviación estándar}}{\text{promedio}} \times 100$$

Dádonos los siguientes datos :

## Algodón

Resistencias:

482,45 – 431,42 – 392,13 – 375,35 – 359,32

### Promedio

$$\bar{x} = \frac{2040,67}{5} = 408,13 \text{ cN}$$

Desviación estándar = **48,25**

$$CV = \frac{48,25}{408,13} \times 100 = 11,82\%$$

## Lana

1388,76 – 1265,24 – 1123,80 – 1073,90 – 1021,60

### Promedio

$$\bar{x} = \frac{5873,30}{5} = 1174,66 \text{ cN}$$

Desviación estándar = **30,94**

$$CV = \frac{30,94}{1174,66} \times 100 = 2,63\%$$

## Bambú

243,71 – 250,57 – 254,69 – 302,78 – 312,51

### Promedio

$$\bar{x} = \frac{1364,26}{5} = 272,85 \text{ cN}$$

Desviación estándar = **30,94**

$$CV = \frac{30,94}{272,85} \times 100 = 11,34\%$$

### **Acrílico**

273,9 – 274,85 – 277,35 – 289,56 – 302,97

### **Promedio**

$$\bar{x} = \frac{1418,63}{5} = 283,73 \text{ cN}$$

Desviación estándar = **12,05**

$$CV = \frac{12,05}{283,73} \times 100 = 4,25\%$$

### **Poliéster**

1242,35 – 1170,12 – 1060,14 – 1024,28 – 1001,95

### **Promedio**

$$\bar{x} = \frac{5498,84}{5} = 1099,77 \text{ cN}$$

Desviación estándar = **109,77**

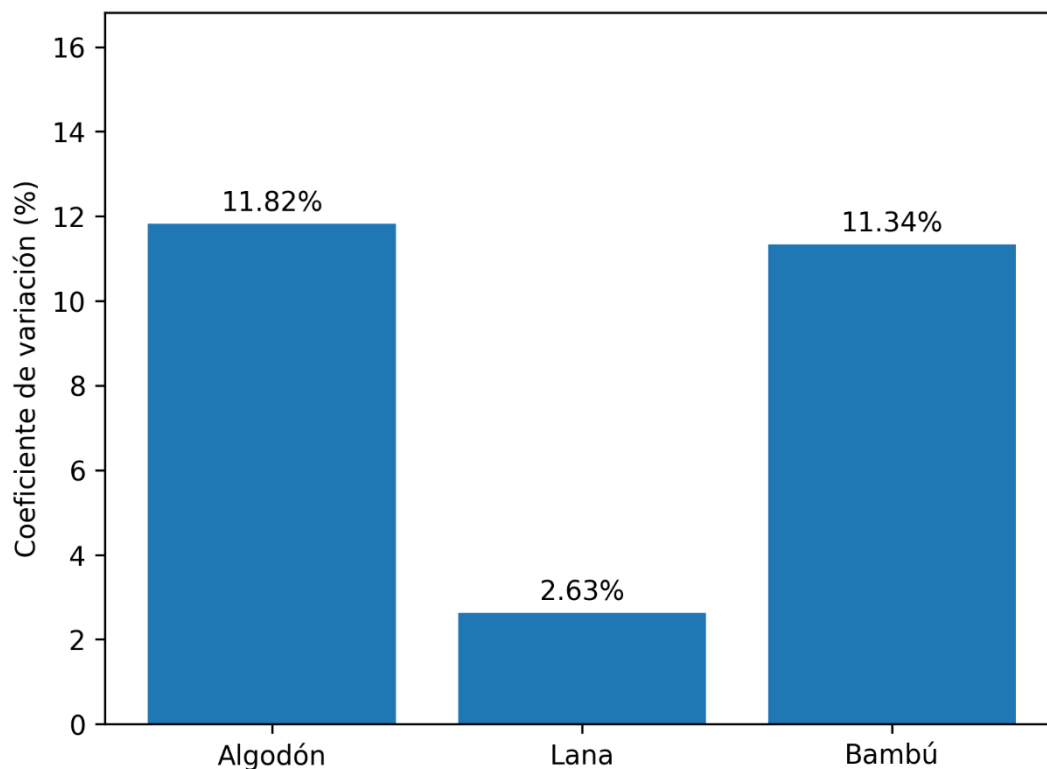
$$CV = \frac{109,77}{1099,77} \times 100 = 9,98\% \approx 10\%$$

## **A. Estabilidad de la resistencia en los Hilos de origen natural**

En la **Figura 21** muestra el coeficiente de variación de la resistencia a la tracción en relación con la humedad, para los hilos de algodón, lana y bambú.

**Figura 21**

*Estabilidad de la resistencia a la tracción de los hilos de origen natural*



La lana presenta el comportamiento más estable entre los hilos de origen natural , ya que su coeficiente de variación es de 2,63 %, lo que evidencia que las variaciones de humedad no influyen de manera significativa en la resistencia a la tracción del hilo. Este resultado se relaciona con la capacidad de la fibra para absorber humedad sin generar cambios bruscos manteniendo valores de resistencia relativamente constantes.

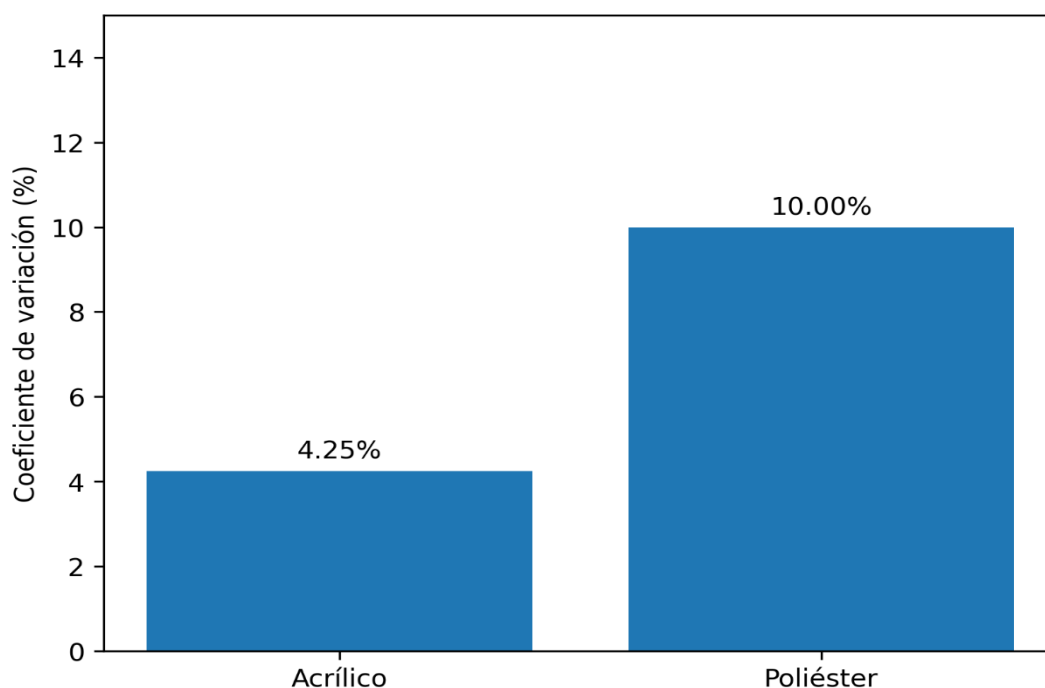
En contraste, el algodón muestra una mayor inestabilidad, con un coeficiente de variación de 11,82 %, lo que indica que la presencia de humedad afecta considerablemente su resistencia, produciendo variaciones más pronunciadas entre las mediciones. Por su parte, el hilo de bambú registra un coeficiente de variación de 11,34 %, reflejando igualmente una inestabilidad frente a los cambios de humedad. Esto sugiere que, aunque ambas fibras son de origen natural y poseen carácter higroscópico, responden de forma diferente a la absorción de agua, generando modificaciones apreciables en su resistencia.

## B. Estabilidad da la resistencia en los hilos de origen sintético

La siguiente figura presenta el coeficiente de variación de la resistencia a la tracción en función del grado de humedad para los hilos de poliéster y acrílico, lo cual concuerda con las cifras mostradas.

**Figura 22**

*Estabilidad de la resistencia a la traccion de los hilos de origen sintético*



La figura anterior muestra que el hilo de acrílico presenta el comportamiento más estable, con un coeficiente de variación de 4,25 %, valor relativamente bajo que evidencia una mínima dispersión de la resistencia frente a los cambios de humedad. En cambio, el poliéster registra un coeficiente de variación cercano al 10 %, indicando una inestabilidad en su resistencia y por tanto, una mayor influencia de la humedad sobre su comportamiento

## C. Comparación de la estabilidad de la resistencia a la tracción entre hilos de origen natural y origen sintético

Se realizó un análisis comparativo entre los hilos sintéticos y naturales con el fin de determinar cuál presenta mayor estabilidad frente a los cambios de humedad. Para ello,

se consideró el valor absoluto del coeficiente de variación de la resistencia a la tracción, parámetro que permite evaluar el grado de dispersión de los resultados y, por ende, la estabilidad del material ante variaciones en el contenido de agua. Este enfoque posibilita identificar qué grupo de hilos mantiene un comportamiento más homogéneo bajo condiciones higroscópicas cambiantes, independientemente de si la resistencia aumenta o disminuye.

**Promedio naturales:**

$$\frac{11,82 + 2,63 + 11,34}{3} = 8,60\%$$

**Promedio sintéticos:**

$$\frac{4,25 + 10}{2} = 7,13\%$$

**Tabla 17**

*Comparación de estabilidad entre hilos naturales y sintéticos*

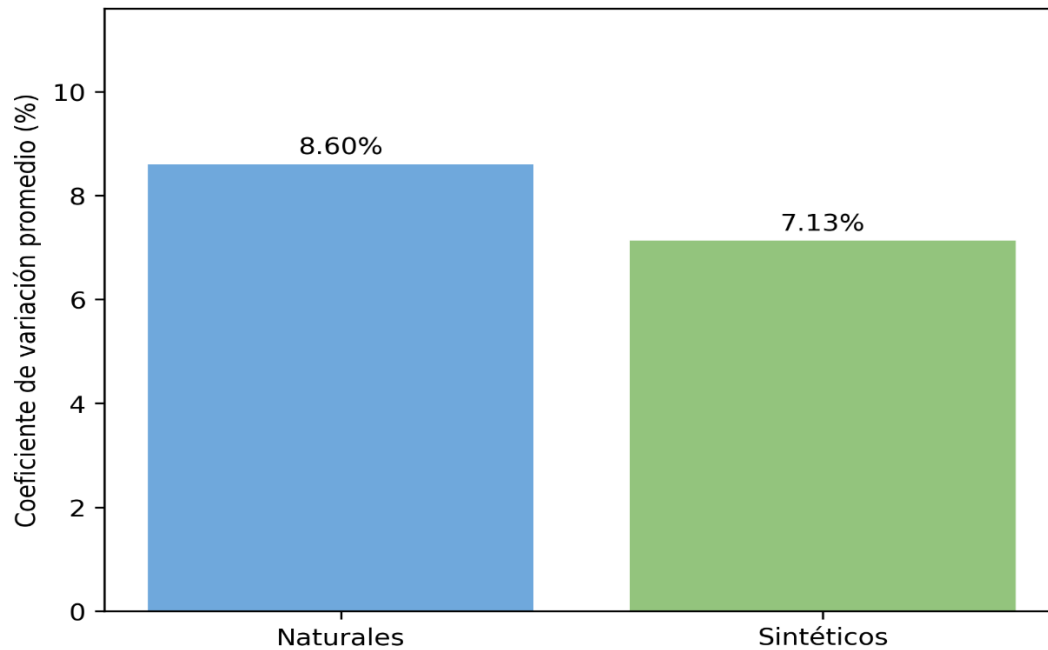
<b>Grupo</b>	<b>Variación promedio</b>	<b>Estabilidad</b>
Naturales	8,60 %	Menos estables
Sintéticos	7,13 %	Más estables

Los hilos sintéticos muestran más estabilidad que los naturales ante cambios de humedad porque poseen una desviación media más baja de la resistencia a la tracción. En función de la magnitud total del coeficiente de variación para todos los materiales analizados, se observa que las fibras naturales tienen un promedio de 8,60 % y los hilos sintéticos, 7,13 %.

La siguiente figura muestra gráficamente la comparación de estabilidad entre los hilos de origen natural y origen sintético.

### Figura23

*Comparación de estabilidad entre los hilos de origen natural y origen sintético.*



En la figura anterior se muestra que el conjunto de hilos de origen sintético son los más estables con un coeficiente de variación de 7,13% que el de los hilos de origen natural que tienen un coeficiente de variación de 8,60%, lo cual señala una conducta más inestable ante variaciones en el contenido de humedad. No obstante, debido a la diversidad en el comportamiento higroscópico que se ha registrado entre los hilos analizados, este promedio se utiliza solamente como un indicador de tendencia general y no como una sustitución del análisis específico de cada hilo. Por tanto, la interpretación de la estabilidad debe tomarse en conjunto con los resultados individuales de cada tipo de hilo, mientras que la comparación grupal permite únicamente confirmar la tendencia global de la resistencia entre los hilos naturales y sintético.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### Conclusiones

- La revisión bibliográfica evidenció que la humedad influye directamente en la resistencia de los hilos, lo cual coincide con los resultados obtenidos en el presente estudio. Se comprobó que las fibras naturales presentan una mayor capacidad de absorción de humedad y, como consecuencia, experimentan variaciones más significativas en su resistencia. En contraste, las fibras sintéticas, al absorber menos humedad, presentan cambios menores en su resistencia.
- El análisis comparativo demostró que la humedad afecta de manera diferente la resistencia a la tracción según el origen del hilo: en los hilos naturales se presentan variaciones más marcadas, ya que el algodón aumentó su resistencia en 145,27 cN y la lana aumentó su resistencia un 77,41cN mientras que el bambú disminuyó considerablemente un 148,60 cN, evidenciando alta sensibilidad higroscópica; en cambio, los sintéticos mostraron cambios más moderados, donde el poliéster incrementó su resistencia un 260,83 cN y el acrílico solo disminuyó en un 35,14 cN, por lo que se concluye que los hilos naturales presentan mayor variación frente a la humedad, mientras los hilos sintéticos mantienen un comportamiento mecánico relativamente más estable y predecible.
- Se concluye que, dentro del grupo de fibras naturales, la lana fue la más estable en la resistencia a la tracción frente a los cambios de humedad, al presentar el menor coeficiente de variación 2,63 %. En el grupo de fibras sintéticas, el acrílico resultó ser el más estable en la resistencia a la tracción, con un coeficiente de variación de 4,25 %. Al comparar ambos materiales, la lana mostró mayor estabilidad que el acrílico debido a su menor dispersión de la resistencia a la tracción frente a la variación de humedad. Este comportamiento se mantiene independientemente de que ambos materiales presenten diferentes niveles de absorción de humedad y distintos valores de resistencia.
- El análisis de la estabilidad de la resistencia a la tracción frente a la humedad mostró que los hilos sintéticos son más estables que los naturales. Esto se evidenció mediante el coeficiente de variación (CV), que permitió cuantificar la dispersión de los valores de resistencia en función de los cambios de humedad. Mientras que los hilos naturales, como el algodón, la lana y el bambú, presentaron

un CV de 8.60% indicando mayor variabilidad en su comportamiento mecánico, los hilos sintéticos, registraron un CV de 7.13%, lo que refleja una menor influencia de la humedad y una mayor consistencia en su resistencia. Por lo tanto, se concluye que, en condiciones donde se requiere resistencia constante frente a la humedad, los hilos sintéticos presentan un desempeño más confiable que los naturales.

## **Recomendaciones**

- Se recomienda ampliar el rango de humedad y los tiempos de secado en futuros estudios, con el fin de evaluar cómo varía la resistencia a la tracción de los hilos bajo condiciones más extremas y determinar si las tendencias observadas se mantienen para cada tipo de hilo.
- Se recomienda mantener condiciones ambientales reguladas, con el fin de evitar variaciones indeseadas durante procesos de producción y ensayos de calidad, para lo cual se deben implementar controles más estrictos de humedad en los laboratorios textiles y en las plantas de hilatura, sobre todo cuando se usan fibras que absorben mucha humedad, como la lana, que tuvo 48,5%, y el algodón, que tuvo 25,5%.
- Para procesos que requieren estabilidad constante en su resistencia, es aconsejable utilizar hilos sintéticos, como poliéster y acrílico, debido a su menor sensibilidad a la humedad y su comportamiento más predecible frente a cambios de humedad.
- Se recomienda usar el coeficiente de variación (CV) como una guía general para ver qué hilos son más estables frente a la humedad, pero no como un valor absoluto, o comparar directamente los resultados de cada hilo, así se puede entender mejor cómo cambia su resistencia.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ángela Gil Solís. (2017). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ Vicerrectorado de Investigación FIBRAS TEXTILES TINS Básicos*.
- Abreu, J. L. (2015). Análisis al Método de la Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(1), 205–214. [Http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10\(1\)205-214.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10(1)205-214.pdf)
- Adivarekar, R. (2018). Moisture Management Properties of Textiles and Its Evaluation. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, 3(3). [Https://doi.org/10.19080/ctfte.2018.03.555611](https://doi.org/10.19080/ctfte.2018.03.555611)
- Apaza, L. T., & Flores, M. E. H. (2020). Aprendizaje de la resistencia a la tracción de hilos industriales en estudiantes de Ingeniería Textil Learning the tensile strength of industrial yarns in Textile Engineering students. En *Investigación Científica* (Vol. 3, Número 1). Octubre-Diciembre.
- Asadi, H., Uhlemann, J., Stranghoener, N., & Ulbricht, M. (2021). Water influence on the uniaxial tensile behavior of polytetrafluoroethylene-coated glass fiber fabric. *Materials*, 14(4), 1–23. [Https://doi.org/10.3390/ma14040846](https://doi.org/10.3390/ma14040846)
- Begum, H., Rahman, T., & Shahid, A. (2021). Analysis of Water Absorption of Different Natural Fibers. *Journal of Textile Science and Technology*, 07(04), 152–160. [Https://doi.org/10.4236/jtst.2021.74013](https://doi.org/10.4236/jtst.2021.74013)
- Borrás, B. (2014). *PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD Y PRESTACIONES DE PRODUCTOS Y MATERIAS TEXTILES. (Parte 1 de 3)*.
- Carrion. J. (2014). Poliéster. *Poliesterer*, 3–22.
- Castro, D. (2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO*.
- Chancosa. Evelyn Mishell. (2023). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA*.
- Chicaiza, V. (2018). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE DISEÑO ARQUITECTURA Y ARTES*.
- Chiuvention. (2025). *Dinamonetro Tester-5*. File:///C:/Users/BRISHIT BOZMEDIANO/Downloads/smartpull-Tensile-Tester-5.webp
- Civil, I. N. G., Palma, V., & Megarok, M. (2022). *Porcentaje de humedad* (pp. 29–31).
- Cotton Incorporated. (2003). *HILOS DE FIBRA CORTA DE ALGODÓN PARA TEJIDOS DE PUNTO Y PLANO*.

- Cúcas. (2020). *APLICACIÓN Y ANÁLISIS DEL USO DE LÁTEX, RESINA Y SILICONA EN TEJIDOS DE LANA 100% COMO UN ACABADO ANTIPIILLING*.
- Dorina, O., & Ioan Pavel, O. (2021). *ANNALS OF THE UNIVERSITY OF ORADEA FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK ANALYSIS OF THE TENSILE STRENGTH OF 100% WOOL YARN FROM DIFFERENT CLIMATIC AREAS*.
- Espinoza, F., & Grüzmacher, M. (2002). *Manual de conservación preventiva de textiles*. Comité Nacional de Conservación Textil.
- Ferreira, S., Mendes de Andrade, R., Koenders, E., & Andrade, F. (2021). Pull-out behavior and tensile response of natural fibers under different relative humidity levels. *Construction and Building Materials*, 308. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124823>
- FIERRO, J. (2018). *ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DIDÁCTICA VIRTUAL DE LOS PROCESOS DE HILATURA DE FIBRAS CORTAS*.
- Fuentes, F. (2020). *FASES DE LA HILATURA*: <https://www.institutotextilnacional.com/2020/01/02/fases-de-la-hilatura/>
- Geisler, R. (2016). *Industrial software applications : a master's course of engineers*.
- Instron. (2025). *Curva de resistencia de traccion*. <https://www.instron.com/es/resources/glossary/resistencia-a-la-traccion/>
- Legislativo, D. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. En *Registro Oficial* (Vol. 449, Número 20). [Www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Levin, S. (2022). *LANAS-CARACTERISTICAS\_Y\_PROPIEDADES-*.
- Montero, R. (2020). *Elaboración Y Presentación De Trabajos Académicos Etapas De La Investigación Bibliográfica*. 598, 5–10. Chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.revistasden.org/files/art318\\_1.pdf](https://www.revistasden.org/files/art318_1.pdf)
- Mora, E. (2018). 2017-ebook-II-Jornadas-Internacionales-UTN-8. 2018.
- Ortega. (2024). *Informe Final Del Trabajo De Integración Curricular Tema*.
- Quinchiguango, J. (2024). “ *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA TRANSPIRABILIDAD AL SUDOR Y RESISTENCIA A LA ABRASIÓN EN CALZETINES DE ALGODÓN, BAMBÚ Y NYLON* ”.
- QUITAMA PASTAZ ALEJANDRO BLADIMIR. (2020). *ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE HILOS RETORCIDOS 100% ALGODÓN CON RELACIÓN A SU TÍTULO, TORSIONES Y DOBLADOS*.
- Ramos, A. (2022). *Análisis Comparativo De Características Físicas Entre Un Hilo 100% PES (Poliéster) Y 100% Polietilen Tereftalato Reciclado (RPET)*.
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *Cienciamérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>

- Roldan, A. (2023). *Textiles tecnologicos*.
- ROSERO RODRIGUEZ ALEJANDRA ISABEL. (2018). “ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y CONDUCTIBILIDAD DE LOS HILOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN TEJIDO INTELIGENTE”.
- Stepanovic, J. (2020). *Analysis of the Breaking Characteristics of Twisted Yarns*. <https://www.researchgate.net/publication/265946307>
- Ticona, L., & Humpiri, M. (2020). APRENDIZAJE DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE HILOS INDUSTRIALES EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA TEXTIL. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 3(Vol. 3, Num. 1), 49–58. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.126>
- TULSMA. (2017). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*. [Www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Universidad Tecnica del Norte. (2022). *CONVOCATORIA INVESTIGA UTN 2022 – Universidad Técnica del Norte*.
- Urkullu, M. (2002). *Investigación del comportamiento de algunos textiles utilizados como soporte de pintura como fuente de documentación a procesos de restauración*. Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- Utn laboratorio textil - Google Maps*. (s/f). Recuperado el 20 de abril de 2025, de [https://www.google.com/maps/search/utn+laboratorio+textil/@0.3719024,-78.1225532,14.8z?Entry=ttu&g\\_ep=egoymdi1mdqxni4xikxmdsoasafqaw%3D%3D](https://www.google.com/maps/search/utn+laboratorio+textil/@0.3719024,-78.1225532,14.8z?Entry=ttu&g_ep=egoymdi1mdqxni4xikxmdsoasafqaw%3D%3D)
- Vallejos, A. (2024). *OBTENCIÓN DE FIBRAS TEXTILES , A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR ( Saccharum officinarum ) GENERADO EN LA INDUSTRIA PANELERA DEL CANTÓN ECHEANDÍA*.
- Viciosa, I. (2018). *Conservación y restauración de textiles*.
- Zarate, A. (2012). “ASISTENCIA TÉCNICA EN CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FIBRA DE ALPACA” CONTENIDO.
- . Ángela Gil Solís. (2017). *UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL PERÚ Vicerrectorado de Investigación FIBRAS TEXTILES TINS Básicos*.
- Abreu, J. L. (2015). Análisis al Método de la Investigación. *Daena: International Journal of Good Conscience*, 10(1), 205–214. [http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10\(1\)205-214.pdf](http://www.spentamexico.org/v10-n1/A14.10(1)205-214.pdf)
- Adivarekar, R. (2018). Moisture Management Properties of Textiles and Its Evaluation. *Current Trends in Fashion Technology & Textile Engineering*, 3(3). <https://doi.org/10.19080/ctfte.2018.03.555611>
- Apaza, L. T., & Flores, M. E. H. (2020). Aprendizaje de la resistencia a la tracción de hilos industriales en estudiantes de Ingeniería Textil Learning the tensile strength

- of industrial yarns in Textile Engineering students. En *Investigación Científica* (Vol. 3, Número 1). Octubre-Diciembre.
- Asadi, H., Uhlemann, J., Stranghoener, N., & Ulbricht, M. (2021). Water influence on the uniaxial tensile behavior of polytetrafluoroethylene-coated glass fiber fabric. *Materials*, 14(4), 1–23. <https://doi.org/10.3390/ma14040846>
- Begum, H., Rahman, T., & Shahid, A. (2021). Analysis of Water Absorption of Different Natural Fibers. *Journal of Textile Science and Technology*, 07(04), 152–160. <https://doi.org/10.4236/jtst.2021.74013>
- Borrás, B. (2014). *PROCESOS DE CONTROL DE CALIDAD Y PRESTACIONES DE PRODUCTOS Y MATERIAS TEXTILES. (Parte 1 de 3)*.
- Carrion, J. (2014). Poliéster. *Poliesterer*, 3–22.
- Castro, D. (2017). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y MECÁNICA CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA TRABAJO EXPERIMENTAL PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO MECÁNICO*.
- Chancosa, Evelyn Mishell. (2023). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE BIBLIOTECA UNIVERSITARIA IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA*.
- Chicaiza, V. (2018). *UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO FACULTAD DE DISEÑO ARQUITECTURA Y ARTES*.
- ChiuVention. (2025). *Dinamometro Tester-5*. file:///C:/Users/BRISHIT/VOZMEDIANO/Downloads/SmartPull-Tensile-Tester-5.webp
- Civil, I. N. G., Palma, V., & Megarok, M. (2022). *Porcentaje de humedad* (pp. 29–31).
- Cotton Incorporated. (2003). *HILOS DE FIBRA CORTA DE ALGODÓN PARA TEJIDOS DE PUNTO Y PLANO*.
- Cúcas. (2020). *APLICACIÓN Y ANÁLISIS DEL USO DE LÁTEX, RESINA Y SILICONA EN TEJIDOS DE LANA 100% COMO UN ACABADO ANTIPIILLING*.
- Dorina, O., & Ioan Pavel, O. (2021). *ANNALS OF THE UNIVERSITY OF ORADEA FASCICLE OF TEXTILES, LEATHERWORK ANALYSIS OF THE TENSILE STRENGTH OF 100% WOOL YARN FROM DIFFERENT CLIMATIC AREAS*.
- Espinoza, F., & Grüzmacher, M. (2002). *Manual de conservación preventiva de textiles*. Comité Nacional de Conservación Textil.
- Ferreira, S., Mendes de Andrade, R., Koenders, E., & Andrade, F. (2021). Pull-out behavior and tensile response of natural fibers under different relative humidity levels. *Construction and Building Materials*, 308. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124823>
- FIERRO, J. (2018). *ELABORACIÓN DE UNA GUÍA DIDÁCTICA VIRTUAL DE LOS PROCESOS DE HILATURA DE FIBRAS CORTAS*.

- Fuentes, F. (2020). *FASES DE LA HILATURA*:  
<https://www.institutotextilnacional.com/2020/01/02/fases-de-la-hilatura/>
- Geisler, R. (2016). *Industrial software applications : a master's course of engineers*.
- Instron. (2025). *curva de resistencia de traccion*.  
<https://www.instron.com/es/resources/glossary/resistencia-a-la-traccion/>
- Legislativo, D. (2008). CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. En *Registro Oficial* (Vol. 449, Número 20). [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)
- Levin, S. (2022). *LANAS-CARACTERISTICAS\_Y\_PROPIEDADES-*.
- Montero, R. (2020). *Elaboración Y Presentación De Trabajos Académicos Etapas De La Investigación Bibliográfica*. 598, 5–10. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/[https://www.revistaseden.org/files/art318\\_1.pdf](https://www.revistaseden.org/files/art318_1.pdf)
- Mora, E. (2018). 2017-eBook-II-Jornadas-Internacionales-UTN-8. 2018.
- Ortega. (2024). *Informe Final Del Trabajo De Integración Curricular Tema*.
- Quinchiguango, J. (2024). “ *ANÁLISIS COMPARATIVO DE LA TRANSPIRABILIDAD AL SUDOR Y RESISTENCIA A LA ABRASIÓN EN CALCETINES DE ALGODÓN , BAMBÚ Y NYLON* ”.
- QUITAMA PASTAZ ALEJANDRO BLADIMIR. (2020). *ANÁLISIS DE RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE HILOS RETORCIDOS 100% ALGODÓN EN RELACIÓN A SU TÍTULO, TORSIONES Y DOBLADOS*.
- Ramos, A. (2022). *Análisis Comparativo De Características Físicas Entre Un Hilo 100% PES (Poliéster) Y 100% Polietilen Tereftalato Reciclado (RPET)*.
- Ramos, C. (2021). Editorial: Diseños de investigación experimental. *CienciAmérica*, 10(1), 1–7. <https://doi.org/10.33210/ca.v10i1.356>
- Roldan, A. (2023). *Textiles tecnologicos*.
- ROSETO RODRIGUEZ ALEJANDRA ISABEL. (2018). “*ANÁLISIS DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y CONDUCTIBILIDAD DE LOS HILOS PARA LA ELABORACIÓN DE UN TEJIDO INTELIGENTE*”.
- Stepanovic, J. (2020). *Analysis of the Breaking Characteristics of Twisted Yarns*.  
<https://www.researchgate.net/publication/265946307>
- Ticona, L., & Humpiri, M. (2020). APRENDIZAJE DE LA RESISTENCIA A LA TRACCIÓN DE HILOS INDUSTRIALES EN ESTUDIANTES DE INGENIERÍA TEXTIL. *Ñawparisun - Revista de Investigación Científica*, 3(Vol. 3, Num. 1), 49–58. <https://doi.org/10.47190/nric.v3i1.126>
- TULSMA. (2017). *TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DE MEDIO AMBIENTE*. [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec)

- Universidad Técnica del Norte. (2022). *CONVOCATORIA INVESTIGA UTN 2022 – Universidad Técnica del Norte.*
- Urkullu, M. (2002). *Investigación del comportamiento de algunos textiles utilizados como soporte de pintura como fuente de documentación a procesos de restauración.* Universidad Complutense de Madrid, Servicio de Publicaciones.
- utn laboratorio textil - Google Maps.* (s/f). Recuperado el 20 de abril de 2025, de [https://www.google.com/maps/search/utn+laboratorio+textil/@0.3719024,-78.1225532,14.8z?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI1MDQxNi4xIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D](https://www.google.com/maps/search/utn+laboratorio+textil/@0.3719024,-78.1225532,14.8z?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDQxNi4xIKXMDS0ASAFQAw%3D%3D)
- Vallejos, A. (2024). *OBTENCIÓN DE FIBRAS TEXTILES , A PARTIR DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZÚCAR ( Saccharum officinarum ) GENERADO EN LA INDUSTRIA PANELERA DEL CANTÓN ECHEANDÍA.*
- Viciosa, I. (2018). *Conservación y restauración de textiles.*
- Zarate, A. (2012). *“ASISTENCIA TÉCNICA EN CARACTERIZACIÓN Y CLASIFICACIÓN DE FIBRA DE ALPACA” CONTENIDO.*

## ANEXOS

### Anexo 1

#### *Pesaje de hilos*



### Anexo 2

#### *Agua destilada utilizada en el proceso de humidificación*



### Anexo 3

#### *Dinamómetro James heal*



### Anexo 4

#### *Medición de la humedad con el higrómetro*





**Anexo 5**  
*Humidificación de los hilos*

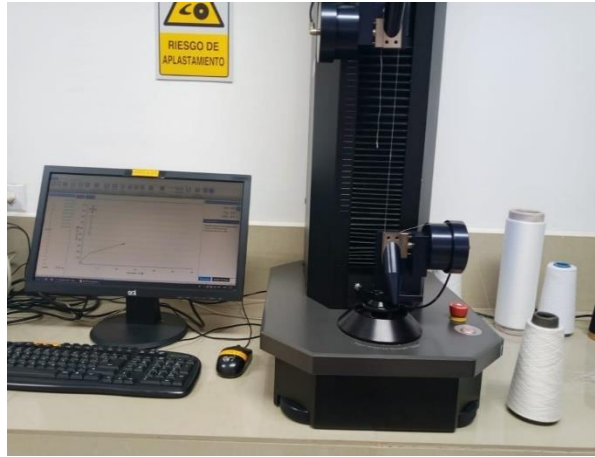


**Anexo 6**  
*Muestras humedecidas*



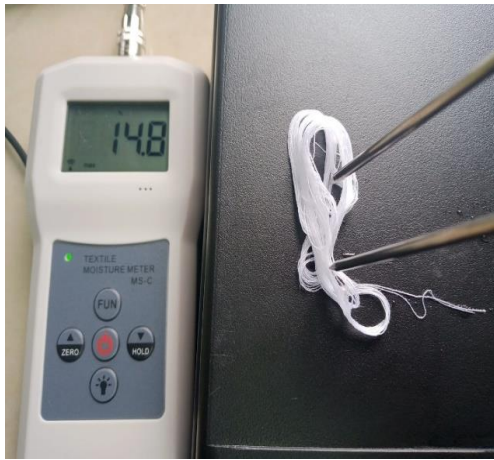
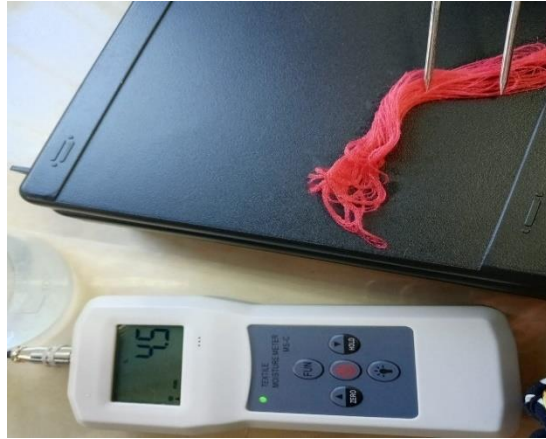


**Anexo 7**  
*Pruebas de resistencia*



## Anexo 8

### Mediación de humedad en los hilos húmedos



## Anexo 9

### Resultados de la prueba de resistencia a la tracción

Algodón	M0	M1H	M2H	M3H	M4H	HM5
Probeta	cN	cN	cN	cN	cN	cN
1	312,91	485,1	432,1	390	377	361,1
2	313,75	479,4	429,6	393,2	374,2	358,7
3	316	487,6	434,8	391,4	376,8	357
4	316,16	476,2	435,1	395,3	373,1	360,2
5	339,54	480,5	428,3	394,1	374,8	359,8
6	357,02	483,3	430,7	389,9	378,6	356,5
7	325,09	489,9	429,9	388,7	373,5	361,3
8	339,53	478,7	432,9	393,7	374,9	360
9	288,77	481,2	434,1	392,5	375,6	358,9
10	297,39	483,9	431,6	390,3	373,8	359,6
<b>Media</b>	317,18	482,49	431,41	392,11	375,23	359,51
<b>Desviacion tipica</b>	21,93	4,1	2,32	2,01	1,76	1,58
<b>Límites de confianza</b>	±15,68 cN	±2,93	±1,66	±1,44	±1,26	±1,12

Lana	M0	M1	M2	M3	M4	M5
	cN	cN	cN	cN	cN	cN
<b>1</b>	1348,28	1383,32	1372,11	1265	1258,1	1198
<b>2</b>	1261,36	1390	1360,4	1279,11	1252,2	1207,21
<b>3</b>	1251,7	1395,1	1365,43	1274,33	1265,34	1205,34
<b>4</b>	1312,49	1380,20	1371,21	1270,21	1249,29	1203,15
<b>5</b>	1238,88	1398,34	1363	1268	1254,56	1196,41
<b>6</b>	1413,12	1387,56	1370,14	1281,35	1260,33	1200,12
<b>7</b>	1234,25	1386,7	1366,2	1272,2	1251,41	1206,11
<b>8</b>	1325,67	1392,33	1368,11	1275,34	1261,12	1199
<b>9</b>	1329,77	1385	1362	1277,35	1255,2	1204,4
<b>10</b>	1300,42	1382,53	1367,41	1271,24	1257,23	1201,16
<b>Media</b>	1311,55	1388,76	1368,24	1273,8	1256,9	1201,2
<b>Desviacion tipica</b>	7,7	5,18	3,84	4,62	5,08	3,33
<b>Límites de confianza</b>	±2,74	±3,70 cN	±2,75	±3,31	±3,63	±2,38
<b>C V</b>	8,59%	0,37	0,28	0,36	0,4	0,28

<b>Bambú</b>	<b>M0</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
	cN	cN	cN	cN	cN	cN
1	351,47	234,38	248,22	268,67	296,67	329,94
2	373,3	251,81	232,88	253,82	314,02	306,07
3	340,78	234,77	284,69	267,43	312,84	319,52
4	368,52	223,19	253,49	259,75	291,09	308,89
5	459,16	251,71	267,25	253,21	314,58	326,02
6	369,18	242,84	248,62	250,01	298,33	329,93
7	331,31	216,12	256,73	267,1	300,21	306,07
8	373,83	245,14	258,66	255,5	294,83	311,09
9	432,74	263,34	254,16	268,49	300,74	308,1
10	368,23	248,04	255,8	254,09	298,69	310,89
<b>Media</b>	392,31	243,71	250,57	254,69	302,78	312,51
<b>Desviacion tipica</b>	26,44	14,22	13,4	9,35	8,48	10,72
<b>Límites de confianza</b>	±17,05	±10,17	±9,59	±6,69	±6,07	±7,67
<b>C V</b>	9,29%	5,9	5,23	3,66	2,81	3,44

<b>Acrílico</b>	<b>M0</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
	cN	cN	cN	cN	cN	cN
1	346,89	271,1	287,1	276,1	291,1	305,21
2	291,37	276,12	276,49	278,21	287,3	304,42
3	238,44	275,11	275,9	279,5	288,91	306,1
4	280,21	272,33	272,7	273,62	292,2	300,71
5	336,98	270,21	273,8	274,91	290,71	298,92
6	312,38	277,45	276,9	275,33	286,41	303,55
7	287,81	274,35	277,3	278,1	289,82	301,61
8	304,1	271,22	271,6	277,4	291,55	302,33
9	287,92	275,13	274	276,34	288,21	304,12
10	334,34	273,25	273,5	269,9	290,11	300,9
<b>Media</b>	309,04	273,9	274,85	277,35	289,56	302,97
<b>Desviacion tipica</b>	10,3	2,32	2,31	2,27	1,83	2,49
<b>Límites de confianza</b>	±15,44	±1,66	±1,65	±1,62	±1,31	±1,78
<b>C V</b>	17,14%	0,85	1,2	0,95	0,84	0,82

<b>Poliester</b>	<b>M0</b>	<b>M1</b>	<b>M2</b>	<b>M3</b>	<b>M4</b>	<b>M5</b>
	cN	cN	cN	cN	cN	cN
1	983,61	1240,32	1168,34	1058,43	1022,81	1000,21
2	988,21	1244,91	1172,58	1061,77	1025,96	1003,67
3	989,81	1245,07	1171,42	1059,8	1023,74	1002,38
4	952,7	1241,84	1169,71	1062,13	1026,03	1000,76
5	989,53	1239,78	1170,26	1060,25	1025,28	1001,14
6	992,36	1243,22	1167,89	1058,69	1022,6	1003,12
7	984,32	1244,35	1172,14	1059,57	1024,87	1002,04
8	1147,36	1240,89	1171,06	1061,03	1023,19	1000,89
9	1023,92	1241,21	1168,75	1062,11	1025,5	1001,83
10	983,34	1242,9	1170	1059,34	1023,41	1002,95
<b>Media</b>	981,52	1242,35	1170,12	1060,14	1024,28	1001,95
<b>Desviacion tipica</b>	6,82	2,01	1,61	1,33	1,42	1,16
<b>Límites de confianza</b>	±7,79	±1,43	±1,15	±0,95	±1,02	±0,83
<b>CV</b>	6,81%	0,16	0,14	0,13	0,14	0,12