



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA TEXTIL**

**TRABAJO DE GRADUACIÓN MODALIDAD TESIS, PREVIO LA OBTENCIÓN  
DEL TÍTULO DE INGENIERO TEXTIL.**

**TEMA:**

---

**“ESTUDIO COMPARATIVO DEL GRADO DE TRANSPIRABILIDAD DE LA  
HUMEDAD EN FIBRAS DE BAMBÚ Y ALGODÓN.”**

---

**ELABORADO POR:**

**SAMIA PACARINA VISARREA TABANGO**

**DIRECTOR DE TESIS:**

**ING. DARWIN ESPARZA.**

**IBARRA - ECUADOR**

**2018**



## UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

### BIBLIOTECA UNIVERSITARIA

#### AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN

#### IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.

La Universidad Técnica del Norte dentro del Proyecto Repositorio Digital Institucional determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la universidad.

Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual se pone a disposición la siguiente información:

<b>DATOS DEL AUTOR</b>	
<b>CEDULA DE IDENTIDAD</b>	100438633-8
<b>APELLIDOS Y NOMBRES</b>	Visarrea Tabango Samia Pacarina
<b>DIRECCIÓN</b>	Otavaló Cdma. Cemento Selva Alegre
<b>E-MAIL</b>	<a href="mailto:pakizhitav0508@gmail.com">pakizhitav0508@gmail.com</a>
<b>TELÉFONO MÓVIL</b>	0967357183 – (06)2903 693
<b>DATOS DE LA OBRA</b>	
<b>TÍTULO</b>	“Estudio comparativo del grado de transpirabilidad de la humedad en fibras de bambú y algodón”
<b>AUTOR</b>	Visarrea Tabango Samia Pacarina
<b>FECHA</b>	Febrero 2018
<b>PROGRAMA</b>	Pregrado
<b>TÍTULO POR EL QUE OPTA</b>	Ingeniera Textil
<b>ASESOR</b>	Ing. Darwin Esparza Msc.



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS**

## **2 AUTORIZACIÓN DE USO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD**

Yo, Samia Pacarina Visarrea Tabango, con cédula de identidad Nro. 100438633-8, en calidad de autor y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de grado descrito anteriormente, hago entrega del ejemplar respectivo en formato digital y autorizo a la “Universidad Técnica del Norte” la publicación de la obra en el repositorio digital Institucional y uso del archivo digital en la biblioteca de la Universidad con fines académicos, para ampliar la disponibilidad del material y como apoyo a la educación, investigación y extensión; en concordancia con la Ley de Educación Superior Artículo 144.

## **3 CONSTANCIAS**

El autor manifiesta que la obra objeto de la presente autorización es original y se la desarrolló sin violar derechos de autor de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es 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, 26 de febrero del 2018

Samia Pacarina Visarrea Tabango

C.I. 100438633-8



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

**FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE  
LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

Yo, Samia Pacarina Visarrea Tabango, con cédula de identidad Nro. 100438633-8, manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Técnica del Norte los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor de la obra o trabajo de grado denominado: **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL GRADO DE TRANSPIRABILIDAD DE LA HUMEDAD EN FIBRAS DE BAMBÚ Y ALGODÓN”** que ha sido desarrollado para optar por el título de: **INGENIERA TEXTIL** en la Universidad Técnica del Norte, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En mi condición de autor me reservo los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 26 de febrero del 2018

Samia Pacarina Visarrea Tabango

C.I. 1004386338



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**DECLARACIÓN:**

Yo, Samia Pacarina Visarrea Tabango, con cédula de identidad N° 100438633-8, declaro bajo juramento que: el trabajo aquí descrito es de mi autoría; y que éste no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo los derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la “Universidad Técnica del Norte”, según lo establecido por las Leyes de la Propiedad Intelectual, Reglamentos y Normativa vigente de la Universidad Técnica del Norte.

Ibarra, 26 de febrero del 2018

Samia Pacarina Visarrea Tabango

C.I. 1004386338



**“UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE  
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS”**

**CERTIFICO**

Que la Tesis previa a la obtención del título de **Ingeniera Textil** con el tema: **“ESTUDIO COMPARATIVO DEL GRADO DE TRANSPIRABILIDAD DE LA HUMEDAD EN FIBRAS DE BAMBÚ Y ALGODÓN”** ha sido desarrollada y terminada en su totalidad por la Srta. Samia Pacarina Visarrea Tabango, con cédula de identidad 100438633-8, bajo mi supervisión para lo cual firmo en constancia.



**DIRECTOR**

## DEDICATORIA

*Este trabajo va dedicado en primer lugar a Dios, quien me ha guiado por el camino del bien, quien nunca me ha desamparado en los momentos difíciles, quien me enseñó que a pesar de que me sienta perdida y sin fuerzas, cada día puede ser el comienzo de algo maravilloso.*

*A mi padre Alberto Visarrea, quien a pesar de que por cosas de la vida tuvimos que vivir distanciados supo aconsejarme y apoyarme incondicionalmente para cumplir mi meta. Muchas gracias lorito.*

*A mi amada mamita María Carmen Tabango, quien me ha enseñado que debemos de luchar por nuestros sueños a pesar de las dificultades que se nos presente en la vida, quien estuvo ahí apoyándome en las madrugadas de desvelo, quien con sus consejos y paciencia me guio por el camino de la superación. Por todo eso y más, muchas gracias mi querida madre.*

*A mis hermanos, Sisa, Marco, Alexandra, Jazmín, Malqui, Ñusta, Rummy y a mis sobrinos, Yannyk y Kimmy quienes son mi motivación de seguir adelante y día a día seguir superándome.*

*A mi familia en general, amigos y personas que llegaron a formar parte de mi vida de alguna u otra manera, quienes con mensajes de apoyo lograron aportar de una forma positiva la culminación de este trabajo.*

Pacarina Visarrea

## AGRADECIMIENTO

*Agradezco a Dios por ser el pilar de mi vida, por cuidarme y bendecirme día a día para seguir esforzándome para cumplir mis metas.*

*A mis queridos padres, por sus consejos llenos de sabiduría, por apoyarme en mis estudios moral y económicamente, quien de alguna u otra manera estuvieron ahí dándome la mano para así ayudarme a cumplir una de mis grandes metas. Gracias por no dejarme tirar la toalla los miles de veces que quise renunciar a esto. Por ustedes, mis abuelitos que son ahora unos ángeles para mí, mi Mamita Juana y mis hermanos y sobrinos es que por fin mi sueño se hizo realidad.*

*A mis compañeros de clase, quienes me apoyaron desde el primer día, quienes hicieron que mi paso universitario sea muy grato, y juntos luchamos por que nuestra meta trazada sea cumplida. Muchas gracias queridos colegas.*

*A una persona especial H.D, quien apareció en mi vida y desde ese entonces me apoyo inmensamente, me tuvo paciencia los días llenos de estrés, estuvo ahí en las buenas y en las malas. De alguna manera aportó un enorme grano de ayuda para culminar mi trabajo.*

*A la Universidad Técnica del Norte, y docentes de la Carrera de Ingeniería Textil, por compartir sus sabios conocimientos, quienes fueron nuestros guías hacia el saber y gracias a eso amamos al mundo textil.*

*Y, por último, pero no menos importante agradezco al Ing. Darwin Esparza, quien con su conocimiento, apoyo y tiempo empleado me guio durante el proceso de esta investigación, gracias a eso me ayudó de una manera óptima a culminar este largo camino.*

Pacarina Visarrea



## TABLA DE CONTENIDO

AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN.....	II
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE GRADO A FAVOR DE LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.....	IV
DECLARACIÓN: .....	V
CERTIFICO .....	VI
DEDICATORIA .....	VII
AGRADECIMIENTO .....	VIII
CAPÍTULO I.....	1
PARTE TEÓRICA.....	1
1 INTRODUCCIÓN.....	1
1.1 Antecedentes.....	4
1.2 Problema.....	5
1.3 Objetivo.....	6
1.3.1 Objetivo General.....	6
1.3.2 Objetivo Específico.....	6
1.4 Justificación.....	7
1.5 Alcance.....	8
CAPÍTULO II.....	9
2 ESTUDIOS PREVIOS.....	9
2.1 Bambú.....	9

2.1.1	Característica taxonómica y morfológica del bambú.....	9
2.1.2	Estructura física del bambú.....	11
2.1.3	Propiedades funcionales.....	13
2.1.4	Características ambientales.....	17
<b>2.2</b>	<b>Algodón.....</b>	<b>18</b>
2.2.1	Característica taxonómica y morfológica del algodón.....	18
2.2.2	Estructura física.....	19
2.2.3	Propiedades funcionales.....	21
<b>CAPITULO III.....</b>		<b>28</b>
<b>3</b>	<b>TRANSPIRABILIDAD.....</b>	<b>28</b>
<b>3.1</b>	<b>Definición.....</b>	<b>28</b>
3.1.1	Humedad.....	28
3.1.2	Medición del contenido de humedad (%H).....	29
3.1.3	Medición del porcentaje de recuperación de humedad (%R).....	30
3.1.4	Equipos.....	30
3.1.5	Características técnicas del equipo.....	31
3.1.6	Esquema General del Equipo.....	32
<b>CAPITULO IV.....</b>		<b>33</b>
<b>4</b>	<b>USOS DEL BAMBÚ Y ALGODÓN EN ARTÍCULOS TEXTILES.....</b>	<b>33</b>
<b>4.1</b>	<b>Prendas Interiores.....</b>	<b>33</b>
4.1.1	Prenda interior de bambú.....	33
4.1.2	Interior de algodón.....	34
<b>4.2</b>	<b>Prendas deportivas.....</b>	<b>34</b>
4.2.1	Prendas deportivas de bambú.....	34
4.2.2	Prendas deportivas de algodón.....	35
<b>4.3</b>	<b>Prendas de bebé.....</b>	<b>36</b>
<b>4.4</b>	<b>Prendas con insumos medicinales.....</b>	<b>37</b>

4.4.1	Materiales sanitarios de bambú.....	37
<b>4.5</b>	<b>Artículos de decoración.....</b>	<b>37</b>
<b>4.6</b>	<b>Otras aplicaciones.....</b>	<b>37</b>
4.6.1	Toallas de bambú.....	37
4.6.2	Telas de bambú.....	38
4.6.3	Sábanas de bambú.....	38
<b>CAPITULO V.....</b>		<b>40</b>
<b>5</b>	<b>NORMA POR USARSE.....</b>	<b>40</b>
<b>5.1</b>	<b>Norma de referencia AATCC Método de prueba 197 (2013): ABSORCIÓN VERTICAL DE TEXTILES.....</b>	<b>40</b>
5.1.1	Propósito y alcance.....	40
5.1.2	Principio.....	40
5.1.3	Procedimiento.....	40
5.1.4	Cálculo.....	44
5.1.5	Informe e Interpretación.....	44
<b>5.2</b>	<b>Normas de referencia AATCC Método de prueba 199 (2013), TIEMPO DE SECADO DE LOS TEXTILES: MÉTODO ANALIZADOR DE HUMEDAD.....</b>	<b>45</b>
5.2.1	Propósito y alcance.....	45
5.2.2	Principio.....	46
5.2.3	Procedimiento.....	46
5.2.4	Cálculos y evaluación.....	46
5.2.5	Informe.....	46
<b>CAPÍTULO VI.....</b>		<b>48</b>
<b>PARTE PRÁCTICA.....</b>		<b>48</b>
<b>6</b>	<b>METODOLOGÍA.....</b>	<b>48</b>
<b>6.1</b>	<b>Métodos de investigación.....</b>	<b>48</b>

<b>6.2</b>	<b>Recopilación de la información.....</b>	<b>50</b>
<b>6.3</b>	<b>Diseño muestral.....</b>	<b>51</b>
6.3.1	Selección de muestras .....	51
<b>6.4</b>	<b>Metodología de campo.....</b>	<b>53</b>
6.4.1	Preparación de las muestras. ....	55
6.4.2	Prueba 1. Absorción de humedad vertical .....	55
6.4.3	Prueba 2. Tiempo de secado de los textiles. Método analizador de humedad.....	59
<b>6.5</b>	<b>Métodos y técnicas estadísticas utilizadas.....</b>	<b>63</b>
<b>6.6</b>	<b>Procesamiento de datos .....</b>	<b>63</b>
<b>CAPITULO VII.....</b>		<b>64</b>
<b>7</b>	<b>RESULTADO Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....</b>	<b>64</b>
<b>7.1</b>	<b>Resultados.....</b>	<b>64</b>
7.1.1	Prueba 1. Absorción de humedad vertical. ....	64
7.1.2	Prueba 2. Tiempo de secado. Método analizador de humedad.....	66
<b>7.2</b>	<b>Análisis y evaluación de resultados. ....</b>	<b>71</b>
7.2.1	Normalidad de los datos obtenidos. ....	71
7.2.2	Análisis de resultados mediante estadística descriptiva.....	75
7.2.3	Análisis comparativo de las pruebas realizadas para el estudio de la transpirabilidad. ....	84
7.2.4	Relación entre el índice de absorción de humedad (Parte #1) vs el índice de expulsión de humedad (Parte #2) en las fibras de algodón.....	91
7.2.5	Relación entre el índice de absorción de humedad (Parte #1) vs el índice de expulsión de humedad (Parte #2) en las fibras de bambú.....	92
7.2.6	Relación entre el índice de absorción de humedad (Parte #1) vs el índice de expulsión de humedad (Parte #2) en las fibras de algodón y bambú.....	93
<b>7.3</b>	<b>Escala de suma constante de los índices de absorción y expulsión de humedad para determinar la transpirabilidad del algodón vs. Bambú .....</b>	<b>94</b>

<b>7.4 Tablas y gráficos con respecto a su media de absorción y expulsión de humedad y % con respecto a la escala anterior (Tabla 37). .....</b>	<b>97</b>
<b>CAPITULO VIII.....</b>	<b>98</b>
<b>8 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>98</b>
<b>8.1 Conclusiones.....</b>	<b>98</b>
<b>8.2 Recomendaciones.....</b>	<b>102</b>
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>104</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>109</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Fibra de bambú con paredes celulares ( <i>Phyllostachys viridiglaucescens</i> ).....	11
<b>Figura 2</b> Distribución de las fibras de guadua en el espesor de la pared. ....	12
<b>Figura 3</b> Aspecto de la fibra de bambú original longitudinal; aspecto de la fibra de bambú original horizontal.....	12
<b>Figura 4</b> Fotomicrografía del algodón .....	19
<b>Figura 5</b> Sección transversal de la fibra de algodón madura. ....	20
<b>Figura 6</b> Capas de celulosa (esquemático).....	20
<b>Figura 7</b> Espirales invertidas en la fibra de algodón.....	21
<b>Figura 8</b> Vista transversal de la fibra .....	22
<b>Figura 9</b> Horno Incubador.....	32
<b>Figura 10</b> Ropa interior de fibra de bambú.....	33
<b>Figura 11</b> Ropa interior de Algodón .....	34
<b>Figura 12</b> Ropa deportiva de bambú.....	35
<b>Figura 13</b> Ropa deportiva de Algodón.....	36
<b>Figura 14</b> Ropa de bambú para bebés .....	36
<b>Figura 15</b> Sábana elaborado de fibra de bambú.....	39
<b>Figura 16</b> Etapas de investigación .....	50
<b>Figura 17</b> Estructura del proceso de pruebas de absorción y secado de humedad. ....	54
<b>Figura 18</b> Muestras de bambú y algodón marcadas.....	56
<b>Figura 19</b> Prueba de absorción de humedad vertical en bambú Vs. algodón .....	57
<b>Figura 20</b> Valores comparados de la distancia de absorción de humedad en algodón y bambú mediante la media. Prueba #1 .....	77
<b>Figura 21</b> Valores comparados de la distancia de absorción de humedad en algodón y bambú mediante el coeficiente de variación. Prueba #1.....	78
<b>Figura 22</b> Valores comparados del índice de absorción de humedad en algodón y bambú mediante la media. Prueba #1. ....	78
<b>Figura 23</b> Valores comparados del índice de absorción de humedad en algodón y bambú mediante la media. Prueba #1. ....	79
<b>Figura 24</b> Valores comparados del tiempo total usado durante el proceso de secado en algodón y bambú mediante la media. ....	82
<b>Figura 25</b> Valores comparados del tiempo total usado durante el proceso de secado en algodón y bambú mediante el coeficiente de variación. ....	82

<b>Figura 26</b> Valores comparados de la cantidad de agua (ml) evaporada en el proceso de secado en algodón y bambú mediante la media.....	83
<b>Figura 27</b> Valores comparados de la cantidad de agua evaporada en el proceso de secado en algodón y bambú mediante el coeficiente de variación. ....	84
<b>Figura 28</b> Valores comparativos de la distancia de absorción de humedad vertical entre el algodón y bambú.....	84
<b>Figura 29</b> Valores comparativos promedios de la distancia de absorción de humedad vertical entre el algodón y bambú en un mismo lapso (30 min).....	85
<b>Figura 30</b> Valores comparativos del índice de absorción de humedad vertical en muestras de algodón vs bambú. ....	86
<b>Figura 31</b> Valores comparativos promedios del índice de absorción de humedad entre el algodón y bambú.....	87
<b>Figura 32</b> Valores comparativos del tiempo total usado en el proceso de secado en muestras de algodón vs bambú. ....	88
<b>Figura 33</b> Valores comparativos del tiempo vs. El agua evaporada de algodón vs bambú....	89
<b>Figura 34</b> Valores comparativos del índice de expulsión de humedad en muestras de algodón .....	90
<b>Figura 35</b> Valores comparativos del índice de expulsión de humedad en muestras de bambú. ....	90
<b>Figura 36</b> Relación % de absorción de humedad Vs. % de expulsión de humedad en fibras de Algodón.....	91
<b>Figura 37</b> Relación % de absorción de humedad Vs. % de expulsión de humedad en fibras de Bambú. ....	92
<b>Figura 38</b> Relación % de absorción de humedad Vs. % de expulsión de humedad en fibras de Algodón vs. Bambú. ....	93
<b>Figura 39</b> Cuadro comparativo de medias del índice de absorción y expulsión de humedad de algodón y bambú.....	97
<b>Figura 40</b> Análisis comparativo del % total de absorción y expulsión en base a la escala de suma y puntaje con respecto a la transpirabilidad .....	97

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> Parámetros físicos de la fibra de Bambú.....	13
<b>Tabla 2</b> Descripción de finura de las fibras de bambú.....	14
<b>Tabla 3</b> Propiedades mecánicas del bambú.....	15
<b>Tabla 4</b> Composición química del bambú .....	16
<b>Tabla 5</b> Clasificación de finura del algodón .....	22
<b>Tabla 6</b> Longitud en las fibras de CO .....	23
<b>Tabla 7</b> Longitud de fibras en algodones peruanos.....	23
<b>Tabla 8</b> Grado de resistencia en el algodón .....	24
<b>Tabla 9</b> Propiedades físicas de la fibra de algodón.....	26
<b>Tabla 10</b> Composición química del algodón .....	27
<b>Tabla 11</b> Especificaciones Técnicas de la Incubadora.....	31
<b>Tabla 12</b> Características técnicas de la Incubadora de la UTN.....	31
<b>Tabla 13</b> Toallas de bambú elaboradas por la empresa Bambroo Textile .....	38
<b>Tabla 14</b> Peso inicial de las telas de algodón (CO) y bambú. Parte 1 .....	64
<b>Tabla 15</b> Peso final de la prueba de absorción en telas Co-Bambú. Parte 1 .....	64
<b>Tabla 16</b> Distancias recorridas de humedad en telas de Algodón (CO)-Bambú. Parte 1. ....	65
<b>Tabla 17</b> Índice de absorción de humedad en telas de algodón y bambú. Parte 1.....	65
<b>Tabla 18</b> Peso inicial de las telas Algodón y Bambú. Parte 2.....	66
<b>Tabla 19</b> % de RH y cantidad de agua a usar en el algodón. Parte 2.....	68
<b>Tabla 20</b> % de RH y cantidad de agua a usar en el Bambú. Parte 2. ....	68
<b>Tabla 21</b> Pesos y Tiempos durante el proceso de secado del algodón. Parte 2. ....	69
<b>Tabla 22</b> Pesos y Tiempos durante el proceso de secado del bambú. Parte 2. ....	70
<b>Tabla 23</b> Tiempo (min), cantidad de agua evaporado y peso (gr) final después del proceso de secado de Algodón.....	70
<b>Tabla 24</b> Tiempo (min), cantidad de agua evaporado y peso (gr) final después el proceso de secado de Bambú. ....	71
<b>Tabla 25</b> Normalidad de los valores en la distancia de absorción de humedad vertical. Prueba 1.....	72
<b>Tabla 26</b> Normalidad de los valores del índice de absorción de humedad vertical. Prueba 1 72	
<b>Tabla 27</b> Normalidad del tiempo total usado en la prueba de secado de humedad. Prueba #2. Tiempo de secado .....	73



<b>Tabla 28</b> Normalidad de datos de la cantidad de agua (ml) evaporada en el proceso de secado en Algodón y Bambú. Prueba #2 .....	74
<b>Tabla 29</b> Normalidad de valores del peso final de la prueba #2. Tiempo de secado .....	74
<b>Tabla 30</b> Media, Desv Estándar y coeficiente de variación, de la distancia de absorción de humedad. Parte 1 .....	75
<b>Tabla 31</b> Media, Desv. Estándar y coeficiente de variación, del índice de absorción de humedad. Parte 1 .....	75
<b>Tabla 32</b> Media y coeficiente de variación de la absorción vertical de humedad en telas de Algodón y Bambú-Parte 1. ....	76
<b>Tabla 33</b> Media, Desv. Estándar y coeficiente del tiempo total usado en el proceso de secado de humedad. Parte 2. ....	79
<b>Tabla 34</b> Media, Desv. Estándar y coeficiente de variación, de la cantidad de agua evaporada en el proceso de secado. Parte 2.....	80
<b>Tabla 35</b> Media, Desv. Estándar y coeficiente de variación, del peso final después del proceso de secado. Parte 2 .....	80
<b>Tabla 36</b> Media y coeficiente de variación del tiempo de secado de humedad en telas de Algodón y Bambú-Parte 2 .....	81
<b>Tabla 37</b> Escala de transpirabilidad del algodón y bambú.....	96
<b>Tabla 38</b> Tabla general final de las pruebas de transpirabilidad de las fibras de algodón y bambú.....	97

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A. EQUIPO Y MÁQUINAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO B. PROCESO DE ABSORCION DE HUMEDAD. PRUEBA #1.....</b>	<b>124</b>
<b>ANEXO C. PROCESO DE TIEMPO DE SECADO DE HUMEDAD. PRUEBA #2.....</b>	<b>125</b>

## **RESUMEN**

En esta investigación se realiza una comparación del grado de transpirabilidad entre las fibras de bambú y algodón en este caso mediante dos fases.: La primera fase es la realización de pruebas para determinar su nivel de absorción mediante la Norma AATCC 197 y la segunda fase es la realización de pruebas para determinar el tiempo utilizado para el secado de las muestras en estado húmedo mediante la Norma AATCC 199, usando la máquina Horno incubadora. Ambas pruebas se lo realizaron en tejidos de punto 100% algodón y 100% bambú. El objetivo es determinar cuál de estas dos fibras tiene mejor transpirabilidad.

Esta investigación consta de los siguientes capítulos:

En el Capítulo I, se da a conocer una breve introducción acerca de esta investigación, a su vez se presenta el problema, antecedentes, justificación y objetivos trazados para este estudio.

En el Capítulo II, se realiza una presentación bibliográfica de las fibras de algodón y bambú, tanto sus propiedades físicas como químicas

En el Capítulo III, se define acerca de la transpirabilidad, propiedad la cual es fundamental en este estudio. También se detalla sobre la máquina la cual se utilizó durante la investigación.

En el Capítulo IV, se detalla una breve introducción del uso y aplicaciones que se les da a las fibras de algodón y bambú en nuestra vida cotidiana.

En el Capítulo V, se presenta las Normas AATCC 197 y AATCC 199, normas las cuales fueron las bases para la realización de esta investigación.

En el Capítulo VI, se realiza la parte práctica; la metodología usada, el proceso de las pruebas tanto de la primera fase la cual es absorción vertical de humedad mediante uso de probetas y agua destilada, como la segunda fase la cual es el tiempo de secado de humedad en fibras de algodón y bambú usando la máquina Horno Incubadora y balanza electrónica sensible a 0,001gr.

Finalmente, en el Capítulo VII se presenta los resultados los cuales son los siguientes; se compara los datos de absorción de humedad mediante la media y el coeficiente de variación, de la misma manera con los datos conseguidos en la prueba de tiempo de secado.

También se realiza una relación entre los índices de absorción de humedad vs los índices de expulsión de humedad tanto en las fibras de algodón como de bambú.

Las comparaciones con los índices tanto de absorción como de expulsión de humedad en las fibras de algodón y bambú permitieron establecer que, la fibra de algodón tiene una mejor capacidad de absorción de humedad que el bambú y a su vez la fibra de algodón tiene la capacidad de expulsar humedad en menor tiempo que el bambú. Por lo que se puede decir al unir estos dos datos que el algodón tiene mejor transpirabilidad que el bambú en un 19,69% lo que se refiere a absorción y un 18,68% en cuando la expulsión de humedad.

## **SUMMARY**

In this research, a comparison of the degree of breathability between bamboo and cotton fibers is made in this case by means of two phases. The first phase is the realization of tests to determine its level of absorption by the AATCC 197 Standard and the second phase in the realization of tests to determine the time used for the drying of the samples in wet state by the AATCC Standard 199, using the Coating oven machine. Both tests were carried out on 100% cotton and 100% bamboo knits. The objective is to determine which of these two fibers has better breathability.

This investigation consists of the following chapters:

In Chapter I, a brief introduction about this research is presented, in turn the problem, background, justification and objectives outlined for this study.

In Chapter II, a bibliographic presentation of cotton and bamboo fibers, both their physical and chemical properties is made

In Chapter III, it is defined about transpirability, property which is fundamental in this study. It also details the machine which was used during the investigation.

In Chapter IV, a brief introduction of the use and applications that are given to cotton and bamboo fibers in our daily life is detailed.

Chapter V presents the AATCC 197 and AATCC 199 norms, which were the basis for the realization of this investigation.

In Chapter VI, the practical part is performed; the methodology used, the process of testing both the first phase which is vertical absorption of moisture by using test tubes and distilled water, as the second phase which is the drying time of moisture in cotton and bamboo fibers using the Encubator Oven machine and electronic scale sensitive to 0.001 gr.

Finally, Chapter VII presents the results which are the following; the moisture absorption data is compared by the mean, and the coefficient of variation, in the same way with the data obtained in the drying time test.

A relationship is also made between the moisture absorption indexes vs the humidity expulsion rates in both cotton and bamboo fibers.

The comparisons with the rates of both absorption and expulsion of moisture in cotton and bamboo fibers allowed to establish that cotton fiber has a better moisture absorption capacity than bamboo and in turn cotton fiber has the capacity to Expel moisture in less time than bamboo. So it can be said by joining these two data that cotton has better breathability than bamboo in a 19.69% as regards absorption and 18.68% when the expulsion of moisture.

# CAPÍTULO I

## PARTE TEÓRICA

### 1 Introducción

La Industrial Textil es una rama de la ingeniería la cual siempre se encuentra en constante innovación debido al gran mercado al cual esta direccionado y a las exigentes demandas de sus consumidores.

“La industria textil y de la confección es en la actualidad la más universal de todas las industrias de manufacturas y utiliza la mayor fuerza de trabajo de todas las empresas de manufacturas existentes en el mundo” (IDEAS. Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria, 2005, pág. 3)

Puesto que esta industria es una de las cuales contaminan al medio ambiente, las empresas desde hace varios años atrás han buscado alternativas sustentables y amigables con el ecosistema y a su vez crear productos innovadores para el consumidor.

El algodón por sus excelentes propiedades tanto físicas como químicas es una de las fibras más usadas y procesadas dentro de la industria textil, para la elaboración ya sea de hilos, tejidos, no tejidos, rellenos entre otras.

Según como lo afirma Norma, Jane, & L., (1990):

El algodón tiene una combinación de propiedades: durabilidad, bajo costo, facilidad de lavado y comodidad, que lo hacen apropiado para prendas de verano, ropa de trabajo, toallas y sábanas. (pp. 47)

Una de las desventajas y más importantes a tomar en cuenta de esta fibra es que a pesar de ser una fibra natural, durante el proceso de cosecha se utilizan diversos productos

químicos tales como; pesticidas, fertilizantes químicos sintéticos y químicos tóxicos, los cuales perjudica al medio ambiente.

Como afirma la Comisión de Comercio Justo:

“El algodón es uno de los cultivos más intensivos. A lo largo y ancho del mundo se usan pesticidas químicos, fertilizantes, estimulantes del crecimiento y defoliantes en grandes cantidades, con importantes consecuencias para los agricultores, familiares y medio ambiente” (IDEAS. Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria, 2005, pág. 3).

Debido a diversos factores como; mayor contaminación, variaciones climatológicas constantes, catástrofes naturales, aumento en los precios de los insumos, y sobre todo concientización global por el cuidado del medio ambiente, es posible que la fibra de algodón sea reducida e incluso sustituida por una fibra la cual sea mucho más amigable con el medio ambiente, pero a su vez tenga las mismas cualidades, aunque hoy en día la fibra de algodón ha tenido una gran competitividad con la fibra de poliéster.

Entre los problemas generados en el medio ambiente destacan la erosión del suelo causada por una excesiva mecanización de las tareas agrícolas y la contaminación de los recursos hídricos debido al uso indiscriminado de pesticidas. Ello conduce a la ruina de recursos naturales imprescindibles y afectos a la salud y a la soberanía y seguridad alimenticia de comunidades agrícolas al completo. (IDEAS. Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria, 2005, pág. 6)

Un gran tema de preocupación en la Plenaria fue la amenaza de que el algodón pierda más participación de mercado frente a las fibras competidoras – está previsto que aumente la capacidad de fabricación de productos con el poliéster que ya es la fibra dominante. (COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DEL ALGODON, 2012, pág. 1)

Grandes empresas extranjeras como es China Bambroo Textiles empresa de origen chino es una de las cuales han comenzado a elaborar tejidos mediante la fibra de bambú, una nueva



fibra, 100% biodegradable y que a su vez brinda similares propiedades que el algodón dando a esta fibra la mejor opción para la sustitución del algodón.

El bambú es un recurso renovable, es considerado como agricultura “eco-amigable” por su contribución al cuidado del medio ambiente, tiene rápido crecimiento (alcanza su altura máxima en tres meses), absorbe dióxido de carbono, protege el suelo, se puede utilizar la mayor parte de la planta, es de uso versátil y no requiere de fertilizantes, ni pesticidas (por su propia naturaleza es resistente a pestes y plagas). Además, en comparación con el algodón, se estima que una hectárea de bambú produce diez veces más fibra, siendo esta 100% biodegradable. (Fuentes, Moreno, Peña, & Tarazona, 2016, pág. 6)

Una de las demandas del consumidor es obtener tejidos que sean agradables con el contacto de la piel y más aún cuando se trata de frescura. Una de las cualidades y sobre todo ventajas de la fibra de bambú es la buena transpirabilidad que esta posee, debido a que esta fibra es mucho más absorbente y transpirable que el algodón, cabe recalcar que esta información es dada por empresas que trabajan con dicha fibra más no hay datos estadísticos los cuales confirman esta afirmación.

Según Hallet y Johnston (Ob. Cit.) como se citó en (Loza, 2013), “la fibra de bambú es resistente, duradera, firme y flexible. Posee una sección transversal circular lo que le concede la propiedad de ser más suave al tomar contacto con la piel” (p.46)

Es por eso por lo que el presente trabajo de investigación la cual se titula, “**ESTUDIO COMPARATIVO DEL GRADO DE TRANSPIRABILIDAD DE LA HUMEDAD EN FIBRAS DE BAMBÚ Y ALGODÓN**”, realizará mediante una serie de muestreos entre estas dos fibras, basándonos en la NORMA AATCC 197 y NORMA AATCC 199, con el fin de demostrar mediante datos estadísticos el grado de transpirabilidad de ambas fibras y analizar si lo que afirman distintas empresas en relación con la fibra de bambú es real. De ser así la Industria Textil trabajaría a futuro de una manera sustentable con el medio ambiente

y a su vez economizando su materia prima, debido a que la producción del bambú es mucho más económica y ecológica que el algodón.

## 1.1 Antecedentes

"La actividad textil constituye una importante fuente generadora de empleo, demanda mano de obra no calificada y es además una industria integrada que requiere insumos de otros sectores como el agrícola, ganadero, industria de plásticos, industria química, etc.". (Carrillo, 2010). En otras palabras, la industria textil está vinculada de la mano con otras industrias con las cuales trabajan mutuamente para obtener una excelente producción.

Una de las fibras más usadas y cultivadas a nivel mundial dentro de la Industria Textil ha sido el algodón por sus propiedades funcionales, pero al mismo tiempo que tiene ventajas como fibra tiene desventajas durante su cultivo. Tal y como afirma IDEAS (Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria), Organización de Comercio Justo, "El algodón es uno de los cultivos más intensivos. A lo largo y ancho del mundo se usan pesticidas químicos, fertilizantes, estimulantes del crecimiento y defoliantes en grandes cantidades, con importantes consecuencias para los agricultores, familiares y medio ambiente" (IDEAS. Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria, 2005, pág. 3).

Hoy en día, las empresas textiles se han comprometido a más de ofrecer producto de calidad, también ayudar a cuidar el medio ambiente. Es por lo que distintas industrias, han buscado la manera de sustituir el uso del algodón con otra fibra natural, que compartan las mismas o similares propiedades funcionales y sobre todo que sea una fibra biodegradable.

Tomando como referencia el proyecto de **la Compañía Ecuatoriana Big Bamboo S. A (2002)** la cual realiza un estudio sobre el cultivo del bambú, con la colaboración de un grupo de académicos chinos, con quienes inician un proceso de transferencia de conocimiento y tecnología, dan a conocer las características especiales de la planta de bambú, a su vez

reiteran que es una planta ecológica, biodegradable, y sobre todo que son plantas que crecen a razón de 12 cm por día, no requieren cuidados especiales ni uso de pesticidas, absorben tres veces más CO<sub>2</sub> que otros árboles y consiguientemente expulsan más oxígeno , convirtiendo esta materia prima como una alternativa sostenible en la industria.

Las telas hechas con bambú se caracterizan por ser blandas y suaves al tacto y a la vista. No producen ningún tipo de alergia en la piel y son reguladoras termales: En climas fríos, la estructura seccional cruzada de la fibra atrapa el aire caliente. En climas cálidos, la naturaleza del tejido mantiene el cuerpo fresco porque es muy transpirable; retiene la humedad en su microestructura porque es muy absorbente y eso hace que el sudor del cuerpo sea absorbido por la prenda y se evapore al contacto con el aire. (Ecobamboo, 2008).

## **1.2 Problema**

Investigadores, productores e inclusive marcas de indumentaria, tal como Ecobamboo Forestadora Argentina S.A., buscan nuevas alternativas para remplazar la fibra de algodón.

Según Hallet, C. y Johnston, A. (2010) entre estas opciones se considera como más apropiada la fibra de bambú, una nueva fibra natural textil desarrollada por la Universidad de Pekín

La empresa Bambro Tex ubicada en Jiangsu provincia de China fundada desde el año 2000 son promotoras y comercializadoras de fibras de bambú, prendas y artículos varios y afirman que esta fibra es más higroscópica y transpirable que otras fibras e incluso que el algodón. Sin embargo, no se ha podido obtener referencias válidas sobre este tema, por lo que con este estudio se espera confirmar si los géneros de bambú presentan buena o mala transpirabilidad.

Como afirman Hollen, Saddler & Langford (1990) “el algodón produce telas muy agradables al contacto con la piel debido a su *absorción* ya que es un buen conductor del calor y la electricidad.

Además, señala que:

“El algodón tiene una recuperación de humedad de 7 por ciento” (p. 50).

Haciendo referencia a las buenas cualidades de absorción del algodón, esta representa una buena base sobre la cual comparar la capacidad de transpirabilidad del bambú, por lo que, con este tema de investigación se pretende evaluar el poder de transpirabilidad del bambú y algodón, la capacidad de absorber y seguidamente la expulsión de esta de la fibra, llegando a determinar cuál de estas fibras tiene mejores aptitudes a la transpiración en el uso de una prenda de vestir.

### **1.3 Objetivo**

#### **1.3.1 Objetivo General.**

Hacer un estudio comparativo sobre el grado de transpirabilidad de las fibras textiles de bambú y algodón, para determinar cuál de estas presenta mayor transpirabilidad.

#### **1.3.2 Objetivo Específico.**

- Conocer aspectos relacionados con las fibras de bambú y algodón, relacionados con la higroscopicidad, transpirabilidad, metodologías utilizadas para hacer las mediciones y análisis de esta propiedad;
- Establecer la capacidad de transpirabilidad en las fibras de bambú y algodón, mediante los valores de absorción y eliminación de humedad obtenidos en los ensayos realizados en el equipo de laboratorio **HORNO ENCUBADOR** de la planta

Académica Textil de la UTN y tomando como referencia la Norma AATCC 197 (2013) y la Norma AATCC 199 (2013).

- Determinar si la fibra de bambú es más transpirable que la fibra de algodón, haciendo un análisis comparativo de los valores obtenidos en las pruebas, mediante medidas estadísticas datos las cuales tendré usando variables como la temperatura y el tiempo de exposición.

#### **1.4 Justificación**

De acuerdo con Hollen, Saddler & Langford (1990), “el algodón es la fibra textil de mayor uso” (pp. 47). Es por la cual una de las alternativas de fibras naturales se encuentra el algodón, fibra mayormente conocida y que entre las naturales es la más utilizada. Por otro lado, en el mercado también se está promocionando el uso de la fibra de bambú como una alternativa sostenible en la industria textil. Según la empresa BambroTex señala que esta fibra es ecológica, anti rayos UV, suave, con mayor afinidad tintórea, antibacteriana y que absorbe y expulsa mayor humedad que otras fibras, haciéndole a esta transpirable, que cuando se lo usa como prenda de vestir mantiene el cuerpo siempre seco. Es por estas razones que se realizará este estudio comparativo.

China Bambro Textiles (2000), se especializa en la investigación, desarrollo y aplicación del material nuevo escrito ecológico textil, fibra de bambú, que llena un nuevo nicho en fibra natural verde en las industrias textiles.

Según Hallet & Johnston (2010), la fibra de bambú, una nueva fibra natural textil, es considerada la mejor alternativa ya que es una fibra sostenible, amigable con el ambiente e incluso le añade características y cualidades excepcionales. Por ende, esta fibra comparte algunas propiedades con el algodón,

Dentro de ellas encontramos su alto grado de transpirabilidad, debido a que proporciona a la piel una oportunidad a la libre respiración y frescura inusual permitiendo así tener mucha mejor absorción de humedad y ventilación.

Se realizarán pruebas de absorción y expulsión de humedad con el fin de llegar a comprobar el grado de transpirabilidad y por lo tanto dar a conocer al medio textil que las fibras de bambú son mucho más absorbentes de humedad en comparación del algodón, dando a las prendas de vestir con bambú la característica de aire acondicionado incorporado, lo que puede llegar a competirle e incluso superarle en el uso al algodón en el mercado mundial.

### **1.5 Alcance**

Este proyecto tiene la finalidad de realizar un estudio comparativo sobre la transpirabilidad que tiene las fibras de algodón y bambú, basados como una base en la NORMA INEN 145

La medición se lo realizará en el laboratorio de la Planta Académica Textil de la UTN, mediante el uso del equipo Horno Incubadora el cual nos ayudará a realizar los muestreos para medir la humedad que tienen las fibras y la humedad que expulsan estas; con los resultados se realizará un análisis estadístico mediante mediciones de tendencia central como la media, moda y mediana; así también, con medidas de dispersión, para determinar cuan dispersos están los valores obtenidos, mediante la varianza y coeficiente de variación. Finalmente se realizará un análisis comparativo de las medias de los resultados obtenidos en los ensayos.

## CAPÍTULO II

### 2 Estudios Previos

#### 2.1 Bambú

“Por su rápido crecimiento, gran versatilidad y resistencia, esta maravillosa gramínea ha sido de gran utilidad para el hombre a lo largo de su historia.” (Londoño & Clark, 2004, pág. 1)

El bambú es un tipo de fibra de celulosa regenerada, obtenida de la materia prima de la pulpa de bambú. Esta fibra es de alta durabilidad, estabilidad y tenacidad y el grado de finura y blancura es similar al de la viscosa clásica. (Loza, 2013, pág. 55)

##### 2.1.1 Característica taxonómica y morfológica del bambú.

###### 2.1.1.1 *Taxonomía.*

Calderón & Soderstorm (1979) (como se citó en Mercedes, 2006) da a conocer lo siguiente acerca de la taxonomía del bambú:

La clasificación, nomenclatura e identificación del bambú, constituye un problema para la mayoría de los botánicos debido a la gran cantidad de variedades existentes y a los cruces naturales entre ellas. Se ha indicado antes que también existe dificultad de los botánicos para obtener plantas en floración, sin embargo, de manera general la siguiente es la clasificación más aceptada:

- División: Spermatophyta
- Subdivisión: Angiosperma
- Clase: Monocotiledónea
- Orden: Poales, Glumiflorae o graminae
- Familia: Poaceae
- Sub-Familia: Bambusoideae
- Nombre Vulgar: Caña Brava, Bambú, Guadua

Soderstrom, Judziewicz & Clark, 1988 (como se citó en Londoño & Clark, 2004) dan a conocer lo siguiente:

Los bambúes pertenecen a la familia Poaceae y a la subfamilia Bambusoideae, y se han dividido en dos grandes tribus: 1) Olyreae o de los bambúes herbáceos, y 2) Bambusoideae o de los bambúes leñosos. La tribu OLYREAE en América reúne un total de 20 géneros y aproximadamente 110 especies de bambúes herbáceos. Se reconocen regiones particularmente ricas en este tipo de bambúes: la región de Bahía, en el oriente del Brasil; la región norte del Brasil (Amapa y las Guayanas); y la región del Choco, en Panamá y Colombia. (p. 2)

Clark, 2001 (como citó en Londoño & Clark, 2004) también da a conocer que: “La tribu BAMBUSEAE en América reúne los bambúes leñosos y tienen como centro de diversidad la cordillera de los Andes, albergando el 33% de las especies” (p. 2). Podemos ver que esta planta es adaptable a distintas zonas y temperaturas para su crecimiento.

#### **2.1.1.2 Morfología de la fibra.**

Mediante el estudio de la anatomía de estas plantas podemos conocer detalladamente las grandes ventajas que esta planta proporciona para el uso en diferentes aspectos, a pesar de que existan una variedad de bambú, no existe una gran diferencia en su estudio anatómico en relación con cada una de estas plantas.

Tal y como afirma Gutiérrez (2011), “La estructura anatómica del tallo de bambú, es la base para entender el porqué de su excelente comportamiento ante diferentes esfuerzos mecánicos. A pesar de que existen aproximadamente 1200 especies de bambú, las diferencias entre estas son muy pequeñas” (p. 32).

Las fibras presentes en todos los bambúes son células del esclerénquima con una morfología alargada y estrecha, y los extremos puntiagudos. De acuerdo con las especies varían en tamaño, forma, estructura y espesor, y a la cantidad y tipo de pequeños puntos externos en las paredes celulares. (Cortés, 2012, pág. 1)

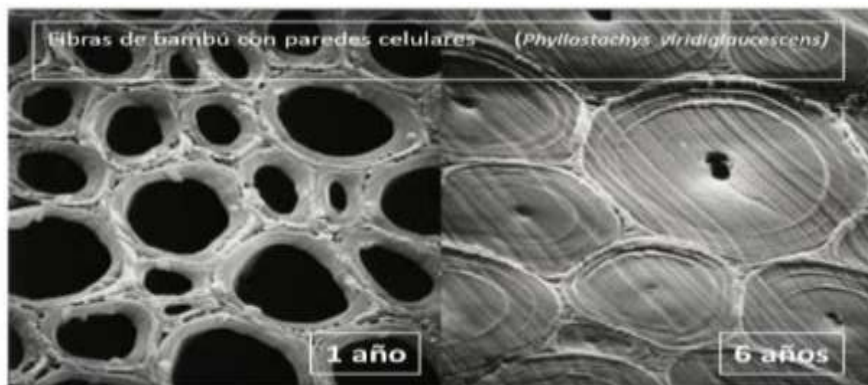


### 2.1.2 Estructura física del bambú.

Como menciona Gutiérrez (2011), acerca de las fibras de bambú dando a conocer que, “Las fibras del bambú en general se caracterizan por su forma delgada, ahusada en ambos lados y en algunos casos bifurcada en los extremos. Las fibras se encuentran en los entrenudos rodeando a los haces vasculares” (p. 37).

“Las fibras de un bambú deben sus propiedades a la pared celular secundaria, que presenta celulosa, hemicelulosa y además hasta el 40% de lignina. La lignificación se produce en las células desde afuera hacia adentro”. (Cortés, 2012, pág. 1)

En la **Figura 1** podemos observar con más claridad en una vista microscópica la fibra de bambú con sus paredes celulares:

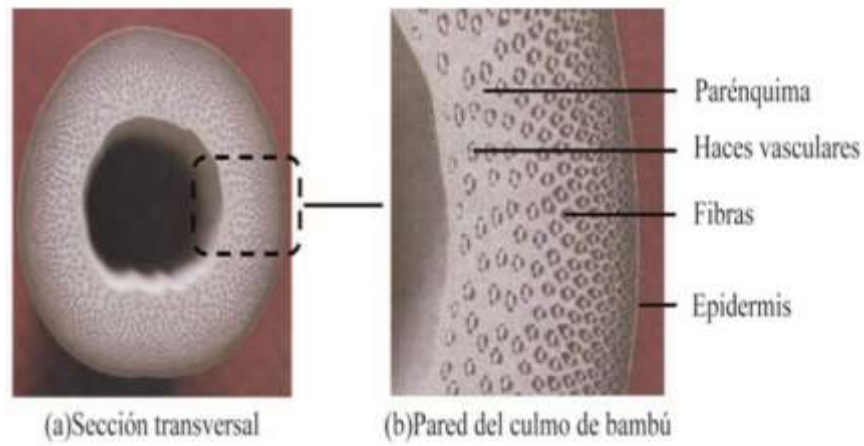


*Figura 1* Fibra de bambú con paredes celulares (*Phyllostachys viridiglaucescens*)

*Fuente: (Cortés, 2012, pág. 1)*

Mediante el corte transversal del culmo se aprecia tres componentes importantes en cuanto se relaciona con la anatomía, tal como nos afirma lo siguiente, “En general, el espacio ocupado en la pared del culmo es de 50% de tejido parenquimático, 40% de fibras y 10% de tejido conductivo, sin embargo, las fibras pueden aportar un 70% de la masa total del culmo” (Gutiérrez Gonzales, 2011, pág. 33).

Podemos apreciar en la **Figura 2** el corte transversal del culmo compuesta por las siguientes partes:



**Figura 2** Distribución de las fibras de guadua en el espesor de la pared.

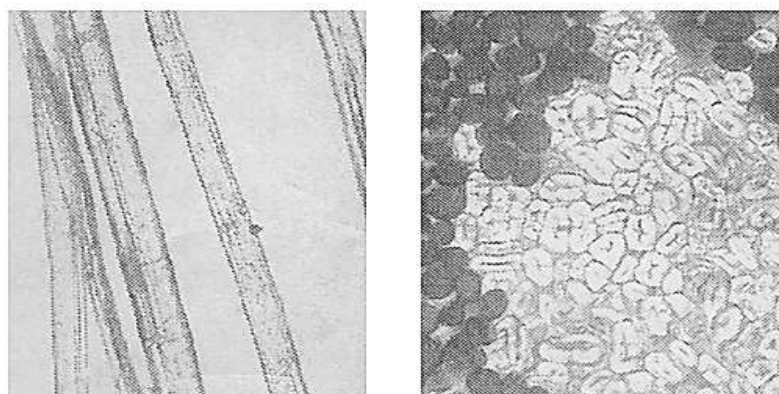
*Fuente:* (López & Correal, 2009)

Según Hallet y Johnston (Ob. Cit.) como se citó en (Loza, 2013), “la fibra de bambú es resistente, duradera, firme y flexible. Posee una sección transversal circular lo que le concede la propiedad de ser más suave al tomar contacto con la piel” (p.46)

Recalca también que:

A su vez la superficie de la sección transversal está compuesta por micro-espacios y micro-agujeros lo que les proporcionan a las fibras una buena absorción de la humedad y ventilación otorgándole a los tejidos un alto nivel de respirabilidad, haciéndolo fresco y confortable. (Loza, 2013, pág. 46)

En la **Figura 3** se aprecia el aspecto tanto de la vista transversal como longitudinal en las fibras de bambú.



**Figura 3** Aspecto de la fibra de bambú original longitudinal; aspecto de la fibra de bambú original horizontal.

*Fuente:* (Suzhou Shenboo Textile Co., 2007)

## 2.1.3 Propiedades funcionales.

### 2.1.3.1 *Propiedades físicas del bambú.*

La fibra del bambú es un tipo de fibra reciclable. Se usa cien por cien las materias primas del bambú, a través de métodos físicos tales como la destilación y la hirvición y luego se tela en condiciones mojadas. Sus procesos de producción son los siguientes: Bambú→ piezas de bambú→ la pulpa fina→ la celulosa del bambú→ la fibra del bambú. (Bambro Textile Co., 2003)

Biotactex Sociedad Limitada, (s.f) empresa especializada en elaboración de tejidos de bambú manifiestan lo siguiente:

- Prenda muy cómoda.
- Más suave y brillante que la seda
- Cuatro veces más absorbente que el algodón
- Transpirable, no se pega a la piel. Filtro rayos UV
- Su acción bactericida natural elimina los malos olores
- Atenúa la alergia al ser ecológica y no irritante
- Resulta cálida en invierno y fresca en verano
- Su secado es rápido y apenas necesitan plancha
- 100% biodegradable.
- Alternativa ecológica y saludable a las fibras sintéticas
- Ideal para la delicada piel del bebé y como regalo útil
- Gran resistencia y larga duración. Fabricado en la UE.

A continuación, se detalla en la

**Tabla 1** los parámetros físicos del Bambú:

**Tabla 1** *Parámetros físicos de la fibra de Bambú*

Propiedad	Fibra de bambú
Densidad lineal (dtex)	1.67
Fibra única seca a tensión (cN/dtex)	2.2-2.5
Fibra única húmeda a tensión (cN/dtex)	1.3-1.7
Porcentaje de elongación %	14-18
Moisture Regain %	13

Rata de absorción %	90-120
Densidad específica (g/cc)	1.32
Doble largo (mg/100g)	1.2
Resistencia específica cc/Ωg	1.09*10*8
Humedad	11.33
Tenacidad (CnTex)	13.4
Vellosidad	4.25
Rata ambiental	>99.8%

Nota: Tomada de Lucena, Suarez, & Zamudio (2009)

En la **Tabla 2** podemos apreciar la clasificación de la finura y la longitud de la fibra de bambú:

*Tabla 2 Descripción de finura de las fibras de bambú*

<b>Descripción de las fibras de bambú</b>	
Finura (dtex)	Longitud (mm)
1,33 / 1,56 / 1,67	38
2.00	45
2.22	51
2.78	51
3.33	64
	76
5.56	38

Nota. Fuente: (BambroTex, 2007)

### **2.1.3.2 Propiedades físico-mecánico.**

La *Guadua angustifolia* tiene fibras naturales muy fuertes que la colocan entre las 20 mejores especies de bambúes del mundo. En la **Tabla 3** se detalla las principales propiedades mecánicas del bambú:

**Tabla 3** *Propiedades mecánicas del bambú*

	Promedio (MPa)	D.E (MPa)	C.V.
<b>Compresión paralela a la fibra</b>			
Esfuerzo máximo	48.0	3.0	5%
Esfuerzo en el límite proporcional	36.0	2.0	6%
Módulo de elasticidad	19137	1625	9%
<b>Compresión perpendicular a la fibra</b>			
Esfuerzo máximo radial	5.0	0.6	12%
Esfuerzo máximo tangencial	6.8	0.9	13%
<b>Tracción paralela a la fibra</b>			
Esfuerzo máximo	132.0	24.1	18%
Módulo de elasticidad	17468	3655	21%
<b>Tracción perpendicular a la fibra</b>			
Esfuerzo máximo radial	1.1	0.3	22%
Esfuerzo máximo tangencial	1.8	0.4	21%
<b>Corte paralela a la fibra</b>			
Esfuerzo máximo	9.4	1.2	13%
<b>Flexión</b>			
Esfuerzo máximo radial	74.0	10.6	14%
Módulo de elasticidad radial	9523	1100	12%
Esfuerzo máximo tangencial	87.0	12.8	15%
Módulo de elasticidad tangencial	11456	1450	13%

**Nota.** C.V= Coeficiente de Variación

D. E= Desviación Estándar. Fuente: (Martínez, 2015, pág. 14)

### **2.1.3.3** *Propiedades químicas.*

Bamboo Clothing Ltd (2005) manifiesta algunas propiedades competitivas de la fibra de bambú:

- Súper suave. El bambú es al algodón lo que el cachemir es a la lana una sensación más suave y lujosa
- Antimicrobiano. Las bacterias no viven bien en la tela de bambú. Por lo tanto, no recibe mal olor incluso después de muchos días
- Protección UV. La tela de bambú corta el 97,5% de los dañinos rayos UV, por lo que es perfecto para las vacaciones / viajes encubrimientos
- Tipo de piel. Para la alergia a la piel propensa, la tela de bambú es perfecto. Es antiestático y se sienta bien al lado de su piel.
- Absorción de humedad. La tela de bambú absorbe la humedad de la piel, manteniendo la más seca
- Termo control. La tela de bambú es cálida, gracias a su microfibra hueca (como la madera), pero también es transpirable. Rendimiento a cualquier temperatura.

#### 2.1.3.4 Composición química.

Como fibras naturales se entienden los materiales fibrosos que pueden extraerse de las plantas y animales, principalmente están constituidos por celulosa, hemicelulosa y lignina, además de otros componentes en menor cantidad, dentro de los que se destacan la pectina y ceras, entre otros. ( (Quintero, Cruz, García , Londoño, & Negrete, s.f) .

En la **Tabla 4** , se puede observar la composición química de la fibra de bambú:

**Tabla 4** *Composición química del bambú*

Componente	% en base húmeda
Celulosa %	48,2 – 73,8
Hemicelulosa	12.5-73.3
Lignina %	10.2-21.4
Pectina %	0.37
Ceras %	ND
Cenizas %	2,3

**Nota.** Fuente: (Quintero, Cruz, García , Londoño, & Negrete, s.f, pág. 2)

#### 2.1.4 Características ambientales.

Para utilizar los recursos naturales de una manera consciente, eficiente e inteligente se deben emplear fibras sostenibles y renovables, que no necesiten ningún tipo de intervención química que dañe el medio ambiente.

El bambú es un recurso renovable, es considerado como agricultura “eco-amigable” por su contribución al cuidado del medio ambiente, tiene rápido crecimiento (alcanza su altura máxima en tres meses), absorbe dióxido de carbono, protege el suelo, se puede utilizar la mayor parte de la planta, es de uso versátil y no requiere de fertilizantes, ni pesticidas (por su propia naturaleza es resistente a pestes y plagas). Además, en comparación con el algodón, se estima que una hectárea de bambú produce diez veces más fibra, siendo esta 100% biodegradable. (Fuentes, Moreno, Peña, & Tarazona, 2016, pág. 6)

Bamboo Clothing Ltd. (2005) empresa registrada en Reino Unido da a conocer el por qué es muy bueno el bambú para el medio ambiente.

- Crece rápido. El bambú es la planta de más rápido crecimiento en el mundo, así produce más a menudo en
- la misma zona.
- Mayor rendimiento. El bambú produce el mismo volumen que el algodón del 10% del área de la tierra.
- Crece de forma natural. El bambú crece de forma natural sin el uso de pesticidas o fertilizantes.
- Biodegradable. La tela de bambú es 100% biodegradable.
- Poco consumo de agua. Bambú sólo necesita agua de lluvia para crecer. Muy poco, si acaso se necesita agua adicional.
- Súper blando. Como hierba, el bambú es cortado no desarraigado, por lo que es bueno para el suelo sobre todo porque puede crecer en pendientes no viables para otros cultivos.

## 2.2 Algodón

Según como lo afirma Norma, Jane, & L., (1990):

El algodón tiene una combinación de propiedades: durabilidad, bajo costo, facilidad de lavado y comodidad, que lo hacen apropiado para prendas de verano, ropa de trabajo, toallas y sábanas.

Esta combinación única de propiedades ha hecho del algodón la fibra más popular para grandes masas de la población mundial que vive en climas templados y subtropicales. Aunque se han introducido las fibras artificiales en los mercados antes dominados por las telas de algodón al 100 por ciento, se conserva el aspecto del algodón y esta fibra forma hasta el 65 por ciento del contenido de las mezclas. (p.47)

### 2.2.1 Característica taxonómica y morfológica del algodón.

#### 2.2.1.1 *Taxonomía.*

Según Lockúan (2003) afirma que existen 4 variedades que son las siguientes:

- *Gossypium arboreum* Llamado algodón de árbol, es originario de la India y Pakistán.
- *Gossypium barbadense* Es la variedad que ofrece las fibras más largas, pertenecen a esta clase los algodones Pima (originario de Perú) y egipcio.
- *Gossypium herbaceum* Es nativo del África subsahariana y Arabia.
- *Gossypium hirsutum* Es originario de Mesoamérica, la variedad más conocida es el Upland (Lockúan, 2013, pág. 34).

#### 2.2.1.2 *Morfología.*

Según como afirma Acuña (1929). “La morfología de la planta de algodón es relativamente simple y varía según la especie y la influencia del medio ambiente” (p.12).

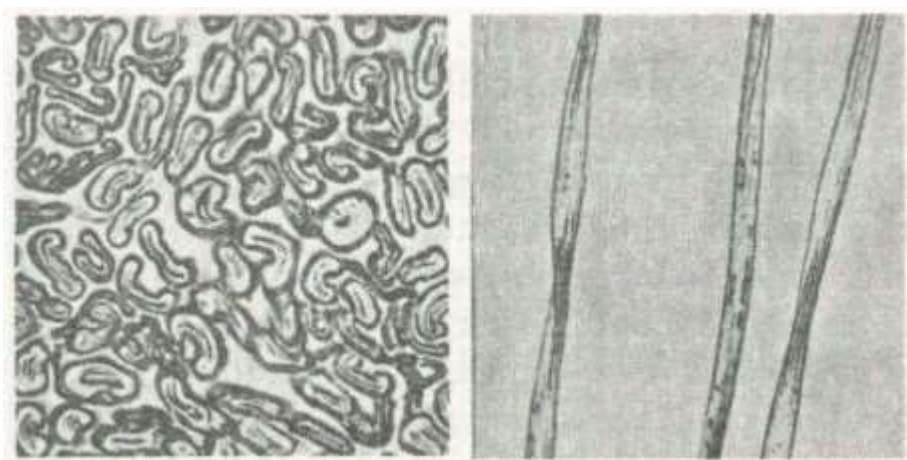
“Tubo ligeramente aplastado, con una pequeña torsión natural aparente, con un canal interior que varía de tamaño, según la procedencia y madurez del algodón” (Toasa Tapia, 2010, pág. 14).

“**Convoliciones.** Las convoliciones o dobleces en la forma de cinta caracterizan a las fibras de algodón” (Norma, Jane, & L., 1990, pág. 48).



La forma de la sección transversal es distinta según la madurez de la fibra. En fibras inmaduras tienden a ser en forma de U y la pared celular es más delgada; en la fibra madura es casi circular con un canal central más pequeño. En todo capullo del algodón hay fibras inmaduras. La proporción de fibras inmaduras a maduras causa problemas en el procesamiento en especial de la hilatura y en el teñido. Obsérvese en la fotomicrografía la diferencia en tamaño y forma. (Norma, Jane, & L., 1990, págs. 48-49)

En la **Figura 4** se puede apreciar la fotomicrografía de la fibra de bambú tanto en sección transversal como longitudinal.



*Figura 4* Fotomicrografía del algodón

*Fuente:* (Norma, Jane, & L., 1990, pág. 48)

**Nota:** (izquierda vista de la sección transversal; (derecha) vista longitudinal. (Cortesía de American Association of Textile Chemists and Colorists)

### 2.2.2 Estructura física.

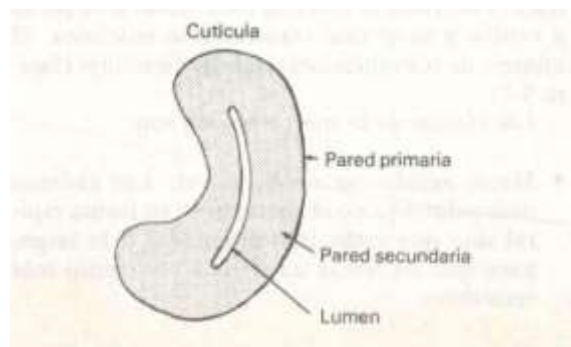
La fibra de algodón tiene la forma de una cinta plana con bordes redondeados, retorcida sobre sí misma y de 13 a 45 mm de longitud. Su finura oscila de 20 a 40 micras. El diámetro disminuye de la base a la punta. En la planta tiene un color amarillento y en su sección tiene un aspecto arriñonado (Angela, s.f, pág. 35).

Norma, Jane, & L. (1990) dan a conocer las partes que conforma la estructura de la fibra de algodón:

**Partes características.** La fibra de algodón está formada por una cutícula, una pared primaria, una pared secundaria y un lumen (Figura 5). La fibra crece casi a su longitud completa como un tubo hueco antes de que se empiece a formar la parte secundaria.

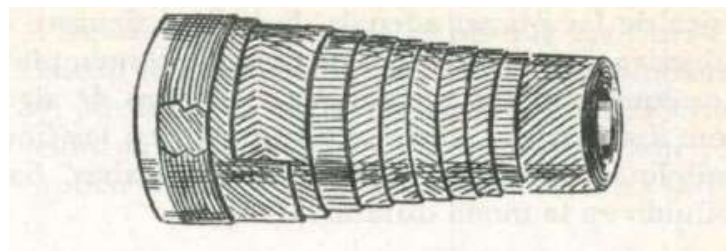
La *cutícula* es una película cerosa que cubre la pared primaria o externa. La *pared secundaria* está constituida por capas de celulosa (Figura 6). Las capas que se depositan en la noche difieren en densidad de las que se depositan durante el día; esto provoca la aparición de *anillos de crecimiento* que se observan en la sección transversal. Las capas de celulosa están compuestas de *fibrillas*, haces de cadenas de celulosa distribuido en forma espiral. En ciertos puntos las fibrillas invierten su dirección. Estas *espirales inversas* (Figura 7) son un factor importante en el torcido, la recuperación elástica y el alargamiento de la fibra, y también son puntos débiles, con una resistencia de 15 a 30 por ciento menor que el resto de la fibra. Se cree que, si estos puntos de inversión pudieran hacerse más resistentes, el algodón podría alcanzar un elevado uno en la elaboración de prendas de planchado durable constituidas en su totalidad por estas fibras. La celulosa se deposita diariamente durante 20 ó 30 días hasta que, en la fibra madura, el tubo este casi lleno.

El *lumen* es el canal central a través del cual se transportan los nutrientes durante el crecimiento. Cuando la fibra madura, los nutrientes secos en el lumen dan las características áreas oscuras que se pueden ver en el microscopio. (Norma, Jane, & L., 1990, pág. 49)



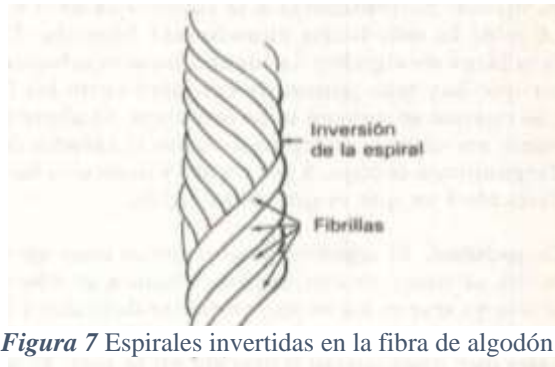
**Figura 5** Sección transversal de la fibra de algodón madura.

*Fuente:* (Norma, Jane, & L., 1990, pág. 49)



**Figura 6** Capas de celulosa (esquemático)

*Fuente:*(Norma, Jane, & L., 1990, pág. 49)



**Figura 7** Espirales invertidas en la fibra de algodón

Fuente: (Norma, Jane, & L., 1990, pág. 49)

## 2.2.3 Propiedades funcionales.

### 2.2.3.1 Propiedades físicas

Tal y como menciona Gil Solís (2011), las propiedades de la fibra de algodón son las siguientes:

- **Finura**

Depende del espesor de la pared secundaria de la fibra, la mayor parte de los algodones tienen una finura comprendida entre 3.3 ug/ “que quiere decir que una fibra de 1” de longitud pesa 3.3 microgramos.

“Métodos de medición”: permea métrico (micronaire), directo o microscópico, y gravimétrico.

Dependiendo del grado de finura de las fibras de algodón, se tienen dos calidades de hilo bien definidos.

- Hilos cardados, provenientes de fibras gruesas e,
- Hilos peinados, provenientes de fibras finas.

La finura y madurez de las fibras de algodón están íntimamente relacionados entre sí, es decir a mayor grado de madurez, fibra fina y a menos grado de madurez, fibra gruesa. De ahí que en el algodón existan dos clases de finura:

- La que se refiere al diámetro de la fibra, que varía con la clase de algodón y se conoce como finura intrínseca y
- La que se refiere al grosor de la pared secundaria o finura de la madurez.

En la **Tabla 5** se presenta la clasificación de la finura de algodón de forma jerárquica:

**Tabla 5** Clasificación de finura del algodón

Micronaire	Clasificación
< 3,0	Muy fino
3,0 – 3,9	Fino
4,0 – 4,9	Medio
5,0 – 5,9	Grueso
> 6,0	Muy grueso

Nota. Fuente: (Lockúan, 2013, pág. 39)

- **Madurez del algodón**

Gil Solís, (2011) nos da a conocer acerca de la madurez del algodón diciéndonos lo siguiente:

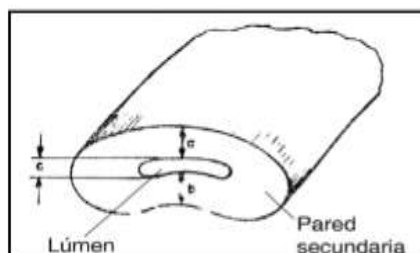
La madurez no es un estimado de la fibra de algodón, durante el periodo de crecimiento entre la floración y el recolectado, sino simplemente la medida del espesor o grosor de la pared secundaria de la fibra, de modo que una fibra se considera

Madura: cuando entre el núcleo y la pared primaria hay un depósito normal de las capas de celulosa para formar la pared secundaria, cumpliéndose la siguiente relación:

$$a + b \geq 2c \quad \text{Madura}$$

$$a + b < 2c \quad \text{Inmadura}$$

En la **Figura 8** podemos apreciar la vista transversal de una fibra madura de algodón y las partes que la conforman:



**Figura 8** Vista transversal de la fibra

Fuente: (Gil Solís, 2011, pág. 37)

- **Longitud**

“Es una característica importante en la industria textil, dependiendo de ello se puede fabricar hilos finos o gruesos, en función de su longitud. La longitud de las fibras de algodón se mide en milímetros o en pulgadas” (Gil Solís, 2011, pág. 38).

En la **Tabla 6**, de acuerdo con su longitud, las fibras de algodón se clasifican en:

**Tabla 6** Longitud en las fibras de CO

Largas	34 a 50 mm
Medianas	26 a 33 mm
Cortas	22 a 25 mm
Muy cortas	Menos de 22 mm

*Nota.* Fuente: (Gil Solís, 2011, pág. 38)

Clasificación de los algodones peruanos:

De acuerdo con la clasificación de la longitud en las fibras de algodón peruano, en la **Tabla 7** se detalla lo siguiente:

**Tabla 7** Longitud de fibras en algodones peruanos

Extra largos	35.04 mm o más
Largos	28.58 – 33.30 mm
Medianamente largos	26.98 – 27.78 mm
Medianos	20.64 – 25.4 mm
Cortos	Menos de 20.64 mm

*Nota.* Fuente: (Gil Solís, 2011, pág. 38)

- **Resistencia**

Las mediciones de resistencia son informadas en términos de gramos por tex. Una unidad tex es igual al peso en gramos de 1.000 metros de fibra. Por lo tanto, la resistencia informada es la fuerza en gramos requerida para romper una cinta de fibra de un tex de tamaño. (Programa Algodón, 1999, pág. 8)

“La humedad mejora la resistencia del hilado, aumentando en un 0% aproximadamente” (Gil Solís, 2011, pág. 38).

En la **Tabla 8** se aprecia el grado de resistencia de las fibras de algodón:

**Tabla 8** Grado de resistencia en el algodón

<b>GRADO DE RESISTENCIA</b>	<b>RESISTENCIA DE HVI</b> (gramos por Tex)
Muy resistente	31 y arriba
Resistente	29 – 30
Promedio	26 – 28
Intermedio	24 – 25
Débil	23 y abajo

*Nota.* Fuente: (Programa Algodón, 1999, pág. 8)

- **Color**

Como da a conocer el Programa de Algodón, (1999) mediante el Departamento de Agricultura de los Estados Unidos en el Manual de Agricultura 566, para poder determinar el color de la fibra de algodón es muy importante tomar en cuenta varios aspectos, desde su cultivo hasta el nivel de madurez de esta fibra. Tal y como menciona en lo siguiente:

El color del algodón es determinado por el grado de reflectancia (Rd) y amarillez (+b). La reflectancia indica cuánto brillo o apagamiento tiene una muestra y la amarillez indica el grado de pigmentación de color.

El color de las fibras de algodón puede ser afectado por lluvias, heladas, insectos y hongos, y por manchado a través del contacto con el suelo, pastos, u hojas de la planta de algodón. El color también puede ser afectado por niveles excesivos de humedad y temperatura mientras el algodón está siendo almacenado, antes y después del desmote.

A medida que el color del algodón se deteriora debido a condiciones ambientales, aumenta la probabilidad de reducir la eficiencia del proceso. El deterioro del color también afecta la capacidad de las fibras para absorber y retener tinturas y acabados. (Programa Algodón, 1999, pág. 11)

- **Brillo y Sedosidad**

“Dependiendo exclusivamente del estado de la cutícula de la fibra, influyendo muchísimo su grado de madurez. Los algodones brillantes son más suaves al tacto que los algodones mates” (Gil Solís, 2011, pág. 39).

- **Limpieza**

“El algodón contiene ciertas impurezas o materias extrañas como tierra, polvo, residuos de cáscaras, fragmentos de hojas, etc. Cuanta más impureza contenga el algodón más bajo será u valor comercial” (Gil Solís, 2011, pág. 39).

- **Higroscopicidad**

“El algodón contiene en su estado normal una cierta cantidad de agua, formando una especie de combinación en la fibra. En CN el algodón absorbe humedad del 7 al 8%” (Gil Solís, 2011, pág. 39).

“La absorción de humedad se realiza por dos sistemas: retención de agua por asociación molecular con los grupos –OH de la celulosa, llenando el volumen interno disponible, en la estructura amorfa de dicha celulosa” (Toasa Tapia, 2010, pág. 15).

Además, Toasa Tapia, (2010) menciona lo siguiente:

- Reprise o humedad: A 21 ° C y 65 % de humedad relativa, es del 8,5 %. Este valor se considera como estándar a nivel mundial.
- Peso específico: Es de 1,45 a 1,65 g/cm. (p. 15)

A continuación, en la **Tabla 9** se detalla más específicamente las propiedades físicas de la fibra de algodón:

**Tabla 9** *Propiedades físicas de la fibra de algodón*

<b>PROPIEDADES FISICAS</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
Peso específico	1,52
Temperatura de operación constante °C	95
Temperatura de pico con tiempo no Superior a dos horas °C	120
Absorbencia (%)	7 a 11
Recuperación elástica (%)	5 a 7
Resistencia a la luz solar	Buena
Resistencia a la abrasión	Buena
Densidad y gravedad específica (% de alargamiento en el punto de ruptura)	1,52 (g/cc)
Punto de fusión	No se funde
Temperatura segura de planchado	425 °F - 218 °C
Al acercarse a la flama	No se funde ni se encoge alejándose de la flama
En la flama	Arde
Al retirarse de la flama	Continúa ardiendo con un brillo anaranjado
Resistencia a las fibras (tenacidad de ruptura gramos/denier)	En seco: 4,0 En húmedo: 5,0
Elongación (%)	Seco: 3 Húmedo: 3
Alargamiento (ruptura)	Normal: 3 -7 En húmedo: 9,5
Resistencia específica	Seco: 3,5 Húmedo: 4,0

*Nota.* Fuente: (Villegas Pita , 2012, págs. 3-4)

### **2.2.3.2** *Propiedades Químicas*

Gil Solís, (2011), como menciona en su libro explica las propiedades químicas de la fibra de algodón las cuales son:



- **Comportamiento del algodón en el agua:** El agua no perjudica al algodón, ni en ebullición, el agua y la humedad le favorecen aumentando en aproximadamente 20% su resistencia.
- **Comportamiento del algodón en el calor:** El algodón soporta durante largo tiempo temperaturas de hasta 160°C. por encima de esta temperatura comienza a amarillearse iniciando su descomposición y a las 240°C ya se forma gases para acabar carbonizándose.
- **Comportamiento del algodón en los ácidos:** Los ácidos inorgánicos concentrados disuelven al algodón sobre todo en caliente con mayor rapidez. El H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> por ejemplo en solución diluida al 1% momentáneamente no ataca a la celulosa, pero si deja secar con residuos, la celulosa se convierte lentamente en hidro-celulosa perjudicando la fibra su resistencia física.
- **Comportamiento del algodón en los álcalis:** los álcalis no atacan al algodón, más bien al tratar la fibra con ellos, esta mejora su aspecto físico. Ejemplo el mercerizado con soda caustica provoca un hinchamiento diametral de la fibra produciendo brillo y suavidad al material. (Gil Solís, 2011, pág. 40)

### 2.2.3.3 *Composición química*

Cuando se recoge, el algodón está constituido por 94 por ciento de celulosa; en las telas terminadas el contenido es de 99 por ciento. Como todas las fibras de celulosa, el algodón contiene carbono, hidrogeno y oxígeno, con grupos oxhidrilo reactivo (OH). El algodón tiene de 2 000 a 12 000 residuos de glucosa por molécula. Las cadenas moleculares están en forma de espiral. (Hollen Norma, Saddler Jane, 1990).

En la **Tabla 10** podemos apreciar la composición química de la fibra de algodón:

**Tabla 10** *Composición química del algodón*

Celulosa pura	91,2%
Agua	7,6%
Materia nitrogenada	0,6%
Ceras y grasas	0,4%
Minerales	0,2%

*Nota.* Fuente: (Gil Solís, 2011, pág. 40)

## CAPITULO III

### 3 Transpirabilidad

#### 3.1 Definición.

Hay tres características principales que se han observado en los materiales que son capaces de proporcionar termorregulación. La primera es la transpirabilidad (capacidad de permitir que el aire pase a través) y el control de la humedad. La absorción y retención de agua debe estar lo más cerca posible a cero y debe haber un mecanismo para asegurar que la humedad se mueva lejos de la piel. La segunda característica es el aislamiento. La tela debe tener un buen valor de aislamiento para complementar la última capa o el espacio de aire existente en la superficie de la piel. Puede haber un mecanismo para variar el grado de aislamiento. Por último, el tejido debe ser ligero, con buen volumen para lograr el máximo confort. (Mejía, 1980)

Transpirabilidad / control de la humedad: Una tela de material transpirable de alta eficiencia permite al usuario controlar la temperatura corporal, experimentando comodidad física al controlar la pérdida de calor del cuerpo, mientras que al mismo tiempo va eliminando el exceso de sudor. En general el efecto producido es el de una sensación más confortable en la superficie de la piel. (Mejía, 1980)

La transpiración es el proceso de pérdida de calor del cuerpo debido a la evaporación de la humedad desde la piel hasta el medio ambiente. En este caso, la transpiración es el vapor transportado a través de los espacios de aire que hay en la estructura del tejido. Si la permeabilidad al vapor de agua es alta, el transporte de vapor de agua a través del tejido también lo será. Este fenómeno tiene una gran importancia en ambientes calurosos puesto que los tejidos deben permitir la transferencia de vapor de agua de la piel al medio ambiente. (Carrera, 2015, pág. 100)

#### 3.1.1 Humedad.

“Cantidad de vapor de agua presente en el aire” (Zurita, 2012).

“Humedad y agua. Una propiedad importante de las fibras textiles es la absorción de agua, en equilibrio con la atmósfera de humedad relativa y una temperatura dada” (Alonso, 2015, pág. 5).

### 3.1.2 Medición del contenido de humedad (%H).

Como da a conocer Gil Solís, (2011) “el estado hidrométrico de las fibras se puede expresar en porcentaje de la manera siguiente:

$$\%H = \frac{P-S}{P} \times 100 \quad \text{Porcentaje de humedad}$$

- P= es el peso de la fibra en medio ambiente (fibra mojada)
- S= peso de la fibra en seco

“El peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a 103°C +/- 2°C, también se conoce como peso seco al horno” (Gutiérrez Gonzales, 2011, pág. 39)

“El % de humedad, se mide con relación al peso real y en el estado hidrométrico en el cual la fibra se encuentra húmeda” (Gil Solís, 2011, pág. 22).

En cuanto al contenido de humedad con respecto al bambú Gutiérrez Gonzales, (2011) menciona lo siguiente:

Existen dos valores de contenido de humedad que son particularmente importantes, al primero se le llama punto de saturación de las fibras (PSF) y es el CH que alcanza el bambú cuando ha perdido la totalidad del agua libre y comienza a perder el agua higroscópica. Al segundo valor importante de contenido de humedad se le llama contenido de humedad de equilibrio (CHE), el cual se obtiene cuando el bambú expuesto al aire, durante una cantidad de tiempo considerable, pierde parte del agua higroscópica hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio con el contenido de humedad relativa del aire. (pág. 39)

“En general todas las fibras textiles, ya sean naturales (animales, vegetales, minerales) o manufacturadas (artificiales, sintéticas) tienen la propiedad de contener en su constitución física una cierta cantidad de agua” (Lockúan, 2013).

### 3.1.3 Medición del porcentaje de recuperación de humedad (%R).

Lockúan, (2013) nos explica que, “Es la recuperación de humedad expresada en porcentaje del peso de la muestra seca”. Se calcula con la fórmula:

$$\%R = \frac{ph - ps}{ps} * 100$$

Dónde:

- Ph es el peso en gramos de la fibra en humedad ambiente (60% humedad relativa),
- Ps es el peso en gramos en el punto de saturación de la fibra. (Moreno L, Trujillo, & Osorio, 2007, pág. 614)

### 3.1.4 Equipos.

#### 3.1.4.1 *Horno con circulación de aire caliente.*

“Los hornos de aire caliente, también llamados hornos de calor seco son dispositivos eléctricos utilizados para esterilización y otras actividades que forman parte del equipamiento de laboratorio. En general, pueden funcionar con temperaturas comprendidas entre 50 y 300 °C” (Zurita, 2012, pág. 83).

#### 3.1.4.2 *Incubadora.*

La Incubadora o Estufa de laboratorio están equipadas con un control digital PID que se encarga de regular la temperatura y temporizador para programar jornadas de trabajo que impidan una supervisión. El control que poseen las incubadoras de laboratorio es de un solo punto de ajuste, esto quiere decir, permite al usuario programar una temperatura en un punto deseado y solo debe esperar que la incubadora alcance la temperatura programada.

Estas Incubadoras de laboratorio son fáciles de usar e intuitivas, requieren mínimo de mantenimiento. (Acequilabs Ltda, 2007)

### 3.1.5 Características técnicas del equipo

A continuación, en la tabla 11 se detalla las especificaciones técnicas del horno incubadora, datos dados por el manual ATIC Corporation:

**Tabla 11** Especificaciones Técnicas de la Incubadora

Especificaciones técnicas		
	HX30	HX60
Volumen utilizable	30 litros	60 litros
Capacidad	Hasta 4 perspiro-metros	Hasta 8 perspiro-metros
Dimensiones internas	300 x 320 x 295 mm (Anchura x profundidad x altura)	400 x 420 x 395 mm (Anchura x profundidad x altura)
Nº de estantes	2 (extraíble)	
Circulación aérea	Ventilado	
Rango de temperatura	Ambiente + 10 ° C - 220 ° C (230V) o 180 ° C (110V)	
Estabilidad de temperatura	± 2°C	
Controlador de temperatura	Digital (visualización de las temperaturas preestablecidas y reales)	

**Nota.** Fuente: (ATI Corporation, pág. 36)

En la **Tabla 12** se especifica las características técnicas del horno incubadora de la UTN:

**Tabla 12** Características técnicas de la Incubadora de la UTN

TIPO DE MÁQUINA	Estufa eléctrica INCUBATOR
SERIAL N°	21 – 403486
Tipo	HX30
Máx. Temperatura	220°C
Voltios	230
Fase	1
Hertz	50 – 60
Watts	230
Amperios	1.0
Fuente de calor	Eléctrico

**Nota.** Fuente: Autor

### 3.1.6 Esquema General del Equipo.



*Figura 9* Horno Incubadora

Fuente: (ATI Corporation, pág. 36)

Las temperaturas de incubación para la solidez del color y las pruebas de amarillamiento fenólico son 37 ° C y 50 ° C, respectivamente. Nuestras incubadoras están diseñadas para mantener estas temperaturas relativamente bajas dentro de las tolerancias especificadas.

Se ofrecen dos tamaños de Incubadora - 30 litros y 60 litros. Ambos modelos son ventilados para promover una distribución uniforme de la temperatura en la cámara calentada.

Una incubadora es un horno de baja potencia. Si se requieren temperaturas superiores a los 50 °C para otros ensayos, se pueden alcanzar las cifras máximas indicadas en la tabla siguiente, pero la velocidad de subida de la temperatura es lenta. (ATI Corporation, pág. 36)

## CAPITULO IV

### 4 Usos del bambú y algodón en artículos textiles

#### 4.1 Prendas Interiores.

##### 4.1.1 Prenda interior de bambú.

Biotactex Sociedad Ltda. Empresa situada en el Estado Español elabora tejidos con fibras de bambú natural, biodegradable y ecológico.

Las prendas de Biotactex se caracterizan por sus propiedades naturales; son absorbentes, transpirables, eliminan los malos olores, resultan térmicas favoreciendo el confort en invierno y la frescura en verano y son 100% biodegradables. (Biotactex Sociedad Limitada, s.f)

En la **Figura 10** se aprecia ropa interior elaborada de fibras de bambú:



*Figura 10* Ropa interior de fibra de bambú

Fuente: (Biotactex Sociedad Limitada, s.f)

Dicha empresa oferta prendas de ropa interior con las siguientes características:

Ligero y ultra cómodo, ideal para pieles delicadas. Está confeccionado en un tejido de bambú muy suave, es absorbente y mantiene tu piel seca, fresca

e inodora. La ropa interior de bambú Biotactex es fabulosa para el uso diario y como prenda deportiva, ofreciendo comodidad ultra suave y es transpirable.

#### **4.1.2 Interior de algodón**

Protege de la humedad y ayuda a mantener la frescura en el verano, en especial cuando se transpira mucho. Lo anterior, se debe a que las propiedades absorbentes y respirables del algodón logran que la humedad se evapore con mayor rapidez, previniendo la aparición de hongos, bacterias o infecciones a causa de éstas. (González, 2015)

En la **Figura 11** se aprecia ropa interior elaborada con fibras 100% algodón:



*Figura 11* Ropa interior de Algodón

*Fuente:* <http://trends.taconeras.net/2015/02/23/los-beneficios-del-algodon-en-tu-ropa-interior/>

## **4.2 Prendas deportivas.**

### **4.2.1 Prendas deportivas de bambú.**

La empresa (Bamboo Clothing Ltd, 2005), ofrece a sus clientes prendas deportivas elaboradas de tejidos de bambú la brinda comodidad inmejorable, control de temperatura, protección UV, antibacteriano y absorción de humedad.

En la **Figura 12** se aprecia modelos de ropa deportiva femenina elaboradas fibras 100% bambú:





*Figura 12* Ropa deportiva de bambú

Fuente: <https://bambooclothing.co.uk>

La camiseta de bambú Biotactex es fabulosa para el uso diario y como prenda deportiva, ofreciendo comodidad ultra suave y es transpirable. Las camisetas de bambú tienen características naturales que evaporan el sudor, mantienen tu piel seca, inodora y fresca. No sólo eso, la fibra de bambú también tiene propiedades de regulación termal, manteniendo tu piel perceptiblemente más confortable en invierno y agradable y fresca en el verano. (Biotactex Sociedad Limitada, s.f)

#### **4.2.2 Prendas deportivas de algodón**

La empresa Cotton Usa, promotores de fibras y productos de algodón nos da a conocer por que es ventajoso usar ropa deportiva hecha del algodón.

- El algodón es una fibra natural, por lo que es más suave al contacto con tu piel. Esto es muy importante cuando te ejercitas porque te da mayor facilidad y libertad de movimiento.
- Es transpirable, lo que te ayuda a evitar malos olores. Existen textiles en algodón especiales para hacer ejercicio, diseñados para mantenerte seco.
- Las prendas en algodón son más fáciles de lavar y cuidar que otras telas.
- Dura por mucho más tiempo. El algodón es una fibra de alta resistencia, que te permite conservar la forma y estructura de las prendas a pesar de las lavadas.
- Las telas en algodón te brindan más comodidad a la hora de hacer ejercicio.

- El algodón de los Estados Unidos, cuenta con la tecnología patentada [TransDry](#) de alto nivel para el manejo de la humedad, que permite a las prendas 100% en algodón, alejar la humedad de la piel y de la superficie de la tela, además de lograr que se sequen más rápido. Los textiles hechos con esta tecnología tienen la habilidad de mantenerte seco mientras realizas ejercicios de alta intensidad. (Cotton Usa, 2016)



**Figura 13** Ropa deportiva de Algodón

Fuente: <http://www.cottonusalatino.com/beneficios-de-la-ropa-deportiva-en-algodon/>

#### 4.3 Prendas de bebé.

Sección para bebé de 0 a 24 meses, una colección de ropa interior confeccionada con fibra de bambú. Una propuesta que permite la libre transpiración de la piel, además de la suavidad que ofrece el tejido y su capacidad hipoalérgica absorbe la sudoración del cuerpo (Biotactex Sociedad Limitada, s.f)

Como se observa en la **Figura 14**, existe variedad de ropa elaboradas en fibras 100% bambú especialmente para bebés:



**Figura 14** Ropa de bambú para bebés

Fuente: <http://www.biotactex.com/shop/es/3-bebe>

#### **4.4 Prendas con insumos medicinales.**

La empresa BambroTex, (2007) comercializadora de fibras y telas de bambú da a conocer el uso final de la fibra de bambú, resaltando la excelente permeabilidad húmeda y las características de la transmisión del vapor de la humedad.

##### **4.4.1 Materiales sanitarios de bambú.**

Incluyen el vendaje, la máscara, la ropa quirúrgica, las enfermeras usa y así sucesivamente. La fibra de bambú tiene efectos naturales de esterilización y bacteriostasis, por lo tanto, tiene un primer plano incomparablemente amplio en aplicación en material sanitario tal como torre sanitaria, máscara de gasa, cojines absorbentes, embalaje de alimentos y así sucesivamente. En el alcance médico, puede ser procesado en los productos de la gasa de fibra de bambú, capa de funcionamiento, y el vestido de la enfermera, el etc.

Debido a la función antibiosis natural de la fibra de bambú, los productos terminados no necesitan ser agregados con ningún agente antimicrobiano artificial sintetizado, por lo que no causará el fenómeno de la alergia de la piel, y al mismo tiempo, también tiene precios competitivos en el mercado. (BambroTex, 2007)

#### **4.5 Artículos de decoración.**

El estudio de las propiedades físico - mecánicas, que incluye contenido de humedad, peso específico, resistencia a la compresión, a la tensión y a la flexión, determinan si son aptos como elemento estructural en la construcción o para la elaboración de muebles. (Londoño & Clark, 2004, pág. 22)

#### **4.6 Otras aplicaciones.**

##### **4.6.1 Toallas de bambú.**

La empresa (Bambro Textile Co., 2003) brinda a sus clientes toallas elaboradas de fibra 100% bambú dando a conocer lo siguiente en la tabla 13:

**Tabla 13** Toallas de bambú elaboradas por la empresa Bambroo Textile

	<b>Composición</b>	<b>Tamaño (cm)</b>	<b>Color</b>	<b>Peso</b>	<b>Cantidad, piezas)</b>
<b>Las toallas de bambú</b>	100% de bambú	34x76	blanco	400gsm	1000
			azul		800
			amarillo		500
			rosado		500
	100% de bambú	34x34	blanco	500GSM	1000
			azul		500
			amarillo		500
			rosado		500
	100% de bambú	25x25	blanco	500GSM	1000
			azul		500
			amarillo		500
			rosado		500
	100% de bambú	70x140	blanco	465gsm	50
			azul		50

#### **4.6.2 Telas de bambú.**

La tela de bambú puede absorber y evaporar el sudor humano en una fracción de segundo. Debido a que la sección transversal de la fibra de bambú se llena con varios micro - huecos y micro-orificios, la tela de bambú tiene mucha mejor absorción de humedad. (BambroTex, 2007)

[http://www.bambrotex.com/bamboo\\_fabric/woven.htm](http://www.bambrotex.com/bamboo_fabric/woven.htm)

#### **4.6.3 Sábanas de bambú.**

Las sábanas de bambú absorben rápidamente la humedad y son extremadamente transpirables; reducen las bacterias hasta un 99% en 24

horas, eliminan los olores corporales; son un regulador del clima, manteniéndote cálido en invierno y fresco en verano; y, además, tienen propiedades terapéuticas que contribuyen a un sueño relajante. (Araiza, 2013). <http://urban-bamboo.blogspot.com/>

Como se aprecia en la **Figura 15** una sábana elaborada de fibras 100% bambú:

*Fuente:* <http://urban-bamboo.blogspot.com/>



*Figura 15* Sábana elaborado de fibra de bambú

## CAPITULO V

### 5 Norma por usarse

#### 5.1 Norma de referencia AATCC Método de prueba 197 (2013): ABSORCIÓN VERTICAL DE TEXTILES.

Históricamente, la industria textil ha utilizado muchos procedimientos de prueba diferentes para determinar las características de absorción de los tejidos textiles, es decir, el movimiento de agua o líquido a través de telas.

En la última década, la industria ha desarrollado nuevas tecnologías que han cambiado el movimiento del agua y las respuestas de absorción de los textiles, lo que lleva al uso del término de etiquetado "gestión de la humedad" para describir estos fenómenos.

##### 5.1.1 Propósito y alcance.

Este método de prueba se utiliza para evaluar la capacidad de las muestras de tela alineadas verticalmente para transportar líquido a lo largo y / o a través de ellas, y es aplicable a las telas tejidas, tricotadas o no tejidas.

##### 5.1.2 Principio.

La tasa (velocidad) (distancia por unidad de tiempo) del líquido que viaja a lo largo y/o a través de una muestra de tejido se observa visualmente, se mide manualmente y se registra a intervalos específicos.

##### 5.1.3 Procedimiento.

**Opción A:** mide el tiempo a una distancia determinada.

- a) Con un rotulador con tinta soluble, marque una línea en el extremo de cada muestra a una distancia de  $5 \pm 1$  mm desde el extremo en el lado de la tela a

- probar. La línea de 5 mm indica el nivel al que se debe bajar una muestra en el agua en el matraz o vaso de precipitados, que es la hora de inicio de la prueba.
- b) Utilizando un rotulador con tinta soluble, mida desde la línea de 5 mm y marque líneas a lo ancho de la muestra a distancias de  $20 \pm 1$  y  $150 \pm 1$  mm. Para facilitar la medición de las distancias de absorción, se pueden marcar intervalos de  $10 \pm 1$  mm a lo largo de la longitud de la muestra entre las líneas de  $20 \pm 1$  mm y  $150 \pm 1$  mm
  - c) Se pueden usar distancias de absorción alternativas dependiendo del uso final deseado de la tela. Al comparar los resultados, se deben usar los mismos puntos de referencia de distancia de absorción.
  - d) Para determinar la cantidad de agua para la prueba, use la muestra extra y colóquela en la abertura de un matraz Erlenmeyer (que puede colocarse en un gato de tijera) insertando un alfiler u otro dispositivo cerca del extremo de la muestra. Permita que la muestra se cuelgue en el matraz. Agregue agua hasta el nivel en el que se alcanza la línea de  $5 \pm 1$  mm de la muestra y luego marque el nivel de agua requerido en el exterior del matraz. Se debe tener especial cuidado para asegurar que el labio y el cuello del matraz permanezcan secos para evitar el sangrado prematuro de la marca de tinta soluble en la muestra.
  - e) Algunas telas tejidas, tricotadas o hidrofóbicas ligeras pueden flotar en el agua, en cuyo caso, un clip de papel pequeño o una abrazadera pueden unirse al extremo de la muestra que se va a sumergir.
  - f) Llene el matraz con agua destilada o des ionizada en la línea marcada como se indica en **(d)**. Inserte la muestra en el matraz, o levante el gato de tijera para colocar la muestra de modo que el agua esté en la línea de  $5 \pm 1$  mm.

- g) Alternativamente, la cantidad aproximada de agua requerida se puede agregar a un matraz como se indica en ((**d**), para determinar y marcar una línea de llenado de nivel de agua en el exterior de un matraz. Después de que la muestra está suspendida en el matraz, se puede usar una pipeta para elevar el nivel del agua a la altura apropiada.
- h) Use un matraz limpio con agua fresca para analizar las muestras siguientes.
- i) Inicie el cronómetro o el temporizador tan pronto como el agua llegue a la línea de 5 mm y la tinta soluble comience a migrar hacia arriba. Controla el aumento del agua. Registre el tiempo al segundo más cercano que tarda la tinta soluble en la línea marcada de  $20 \pm 1$  mm para comenzar a migrar. Continúe monitoreando la elevación del agua y registre al segundo más cercano el tiempo y la distancia en que terminó la prueba.
- j) La prueba debe finalizar si el agua no se absorbe a la línea de  $20 \pm 1$  mm en  $5.0 \pm 0.1$  min o si el tiempo total de absorción de agua a la línea de  $150 \pm 1$  mm excede los  $30.0 \pm 0.1$  min. En cualquier caso, mida la distancia que el agua ha migrado y el tiempo que se detuvo la prueba. Registre el tiempo y la distancia y el motivo de la finalización de la prueba.
- k) Retire la muestra del matraz.
- l) Repita los pasos **b** hasta **k** para las muestras restantes.

**Opción B** - Mida la distancia en un momento dado.

- a) Coloque una regla verticalmente contra la parte posterior de la bandeja alargada (vea la Fig. 3) dentro de la caja para que la regla toque la parte inferior. Llene la bandeja alargada con agua destilada o des ionizada a una profundidad de  $38 \pm 2$  mm ( $1.5 \pm 0.1$ ) de agua.



- b) Retire la regla de la parte posterior de la bandeja. Asegure la regla con cinta adhesiva en el exterior de la bandeja de modo que la parte superior de la superficie del agua esté en la marca de "0" mm de la regla.
- c) Use cinta adhesiva de doble cara para asegurar una muestra en la parte superior de la caja de modo que el borde inferior toque la superficie superior del agua (igual que la marca de "0" mm o la regla) e inicie el cronómetro o el cronómetro inmediatamente.
- d) Algunas telas livianas tejidas, tricotadas o hidrofóbicas pueden flotar en el agua, en cuyo caso, un pequeño clip para papel o abrazadera puede unirse al extremo de la muestra que se va a sumergir. Si se utiliza un clip o una abrazadera, debe anotarse en el informe.
- e) Controla el aumento del agua. En  $2.0 \pm 0.1$  min, use una regla para medir la distancia que el agua ha absorbido. Registre la distancia en milímetros. En  $10.0 \pm 0.1$  min, use una regla para medir la distancia que el agua ha absorbido. Registre la distancia en milímetros.
- f) Se pueden usar tiempos de absorción alternativos dependiendo del uso final deseado de la tela. Al comparar los resultados, se deben usar los mismos puntos de referencia de tiempos de absorción.
- g) La prueba debe finalizar si el agua no absorbe ninguna distancia en  $10.0 \pm 0.1$  min o si el tiempo total de absorción de agua al final de la muestra excede  $30,0 \pm 0,1$  min. En cualquier caso, mida la distancia que el agua ha migrado y el tiempo que se detuvo la prueba. Registre el tiempo y la distancia y el motivo de la finalización de la prueba.
- h) Retire la muestra del matraz.
- i) Repita los pasos **a** hasta **h** para las muestras restantes.

#### 5.1.4 Cálculo.

- a) Calcule las tasas de absorción vertical. Se obtienen dos tasas diferentes, una tasa de período corto y una tasa de período largo, para cada muestra.
- b) La velocidad de absorción vertical se calcula dividiendo la distancia de absorción por el tiempo de absorción como se muestra en la fórmula 1.

$$W = d/t$$

Dónde:

W= índice de absorción, mm / s

d= distancia de absorción, mm

t= tiempo de absorción, s

La tasa de período corto se calcula:

- **(Opción A)** desde el tiempo que tarda en llegar a la línea de  $20 \pm 1$  mm o, desde la distancia que el agua ha absorbido en  $5,0 \pm 0,1$  min.
- **(Opción B)** desde la distancia que el agua ha absorbido en  $20 \pm 1$  mm.

La tasa de período largo se calcula:

- **(Opción A)** desde el tiempo que lleva alcanzar la línea de  $150 \pm 1$  mm o, para aquellas muestras que no han alcanzado la línea de 150 mm desde la distancia que el agua ha alcanzado en  $30,0 \pm 0,1$  min. o,
- **(Opción B)** desde la distancia que el agua ha absorbido en  $10,0 \pm 0,1$  min.

#### 5.1.5 Informe e Interpretación.

Informe la dirección y el lado de la muestra ensayada.

- a) Informa los tiempos de absorción, distancias de absorción, tiempos promedio de absorción, tasas de absorción calculados, si se aplicó un clip o una abrazadera a la parte inferior de los especímenes de prueba.

- b) Si la prueba finalizó alcanzando la(s) distancia(s) marcada(s) o se excedió el tiempo máximo, informe la distancia mal hecha y el momento en que finalizó la prueba. Si la prueba finalizó alcanzando la (s) distancia (s) marcada (s) o se excedió el tiempo máximo, indique la distancia mal hecha y el momento en que finalizó la prueba.

Informe si se utilizó una solución que no sea agua destilada o des ionizada a  $21 \pm 1 \text{ } ^\circ \text{C}$  ( $70 \pm 2 \text{ } ^\circ \text{F}$ ) y su tensión superficial y temperatura.

- a) Informe si las pruebas se realizaron después del lavado, las condiciones de lavado usadas y la cantidad de lavados completados.
- b) La marca de 20 mm, o el tiempo de 5.0 min, puede proporcionar datos sobre la captación inicial y la marca de 150 mm, o el tiempo de 30.0 min, puede proporcionar datos sobre la captación extendida. Los dos niveles de capacidad de absorción vertical pueden usarse como indicadores para diferenciar el rendimiento.

## **5.2 Normas de referencia AATCC Método de prueba 199 (2013), TIEMPO DE SECADO DE LOS TEXTILES: MÉTODO ANALIZADOR DE HUMEDAD**

### **5.2.1 Propósito y alcance**

Este método de prueba tiene la intención de evaluar el tiempo de secado de telas tricotadas, tejidas o no tejidas a una temperatura elevada usando un analizador de humedad gravimétrico. Al realizar la prueba en condiciones de prueba de textiles no estándares, es posible simular el secado a temperatura corporal o realizar pruebas a temperaturas que simulen las condiciones de uso.

### **5.2.2 Principio**

El agua se aplica a la muestra de prueba y luego se seca a una temperatura preseleccionada ( $37 \text{ }^\circ \pm 2 \text{ }^\circ \text{C}$  [ $99 \pm 4 \text{ }^\circ \text{F}$ ]; si se utiliza una temperatura alternativa, debe informarse), en un analizador de humedad automático. El tiempo requerido para que una muestra de prueba llegue a un punto final designado se mide y registra como el tiempo de secado.

### **5.2.3 Procedimiento**

- a) Abra la cámara de muestra y coloque la plataforma de soporte y la malla metálica en la cámara de muestra (como se muestra en la Fig. 3).
- b) Tarar el analizador de humedad. Coloque la muestra con el lado de prueba seleccionado hacia arriba sobre la plataforma de soporte (vea la Fig. 4).
- c) Con una pipeta electrónica motorizada, aplique la cantidad especificada de agua des ionizada de manera uniforme sobre la superficie de la muestra.
- d) Coloque la pantalla de cable en la parte superior de la muestra (consulte la Fig. 5) y encienda el analizador y el software (si corresponde). El analizador de humedad o el software terminará automáticamente la prueba cuando se alcance el punto final seleccionado.
- e) Repita 10.1-10.4 para las muestras restantes.
- f) Registre el tiempo de secado al minuto más cercano para cada muestra.

### **5.2.4 Cálculos y evaluación**

Calcule el tiempo promedio de secado y la desviación estándar para la muestra.

### **5.2.5 Informe**

- a) Informe la retención de humedad, el tiempo de secado promedio y la desviación estándar, la cantidad de agua aplicada, la temperatura y el punto final.

- b) Si las muestras probadas no tienen un diámetro de  $70 \pm 1$  mm, informe el diámetro de la muestra utilizada.

## CAPÍTULO VI

### PARTE PRÁCTICA

#### 6 Metodología

En este capítulo se explica los métodos y técnicas de investigación en este trabajo para la realización del estudio comparativo del grado de transpirabilidad de la humedad en fibras de bambú y algodón.

##### 6.1 Métodos de investigación

Debido a que no existe ningún modelo comparativo anterior para determinar el grado de transpirabilidad en fibras de bambú y algodón esta investigación será exploratorio. Los métodos que se usarán durante el desarrollo de esta investigación serán **experimental-comparativos**

Mediante el método experimental se procederá a realizar las pruebas de transpirabilidad en dos partes, debido a que no existe una norma que establezca un procedimiento para calcular la transpirabilidad; la primera parte consiste en la elaboración de pruebas de absorción de humedad vertical en telas descrudadas de tejidos de punto cadena a crochet 100% algodón y 100% bambú con ayuda de elementos de laboratorio en este caso un matraz de 500 ml y agua destilada, controlando la distancia (mm) y el tiempo (s) que tarda en transportar líquido a lo largo y/o a través de los tejidos en una determinada longitud influenciada por la gravedad. Se observará manualmente el trayecto del líquido sobre los tejidos y se registrará los datos a intervalos específicos.

También se realizará pruebas de expulsión de humedad (secado) en tejidos de punto cadena a crochet previamente descrudados en fibras de bambú y algodón en el equipo **Horno Incubadora** y **balanza electrónica** sensible a 0,001gr. El uso de la balanza electrónica es una pieza muy fundamental ya que nos proporcionara el peso exacto en un determinado rango de tiempo durante la prueba de secado.

En cuando al método comparativo se desarrollará en base al porcentaje de absorción de humedad y expulsión de humedad en los tejidos de bambú y algodón. Determinaremos cuál de estas dos fibras contiene mayor capacidad de contenido de humedad y expulsión de esta.

Los parámetros de humedad que se analizan en este proyecto tienen como base la **NORMA AATCC 197 (2003), ABSORCIÓN DE HUMEDAD VERTICAL** y a la **NORMA AATCC 199 (2013) TIEMPO DE SECADO DE LOS TEXTILES: MÉTODO ANALIZADOR DE HUMEDAD**

A su vez se aplicará el **método estadístico** el cual se utilizará en el proceso de la información obtenida mientras se realiza lo práctico con el fin de presentar datos ordenados y representaciones gráficas válidas para una mejor comparación de resultados en las fibras de bambú y algodón.

La investigación se realizará en tres fases: la primera consiste en la determinación del número de muestras de bambú y algodón a ensayar. La segunda fase se realizará las pruebas de absorción de húmedas en ambas fibras (bambú y algodón) usando el método de prueba “gestión de humedad” aplicando la prueba Absorción Vertical. La tercera fase se desarrollará las pruebas de expulsión de humedad (secado) en las telas de bambú y algodón, por lo cual los equipos que se usarán serán el horno y la balanza analítica. Culminada estas tres fases se procederá mediante un análisis comparativo la evaluación de resultados obtenidos en ambos tipos de fibras.

Podemos apreciar estas actividades con mayor detalle en la **Figura 17**.

Las pruebas de esta investigación se lo realizaron en el laboratorio de la Planta Académica Textil de la Universidad Técnica del Norte en telas de tejido de punto cadena a crochet descruadas 100% bambú y 100% algodón. Cabe recalcar que se ensayaron con telas descruadas debido a que una tela cruda tiende a alterar sus propiedades en este caso

la absorción de la humedad debido al contenido de grasas o aceites propias de la fibra o producidas por las maquinas posteriores.



**Figura 16** Etapas de investigación

Fuente: Visarrea Pacarina (2017)

## 6.2 Recopilación de la información

La información para la elaboración de nuestro sexto capítulo se obtuvo gracias a ciertas fuentes secundarias, es decir datos que proporcionan estudios y empresas promotoras que trabajan con fibras de algodón y bambú fibra la cual tiene una gran aceptación con el tema de la sustentabilidad y a su vez comparte propiedades similares que el algodón las cual se manifiesta que dicha fibra de bambú tiene una cierta capacidad de transpirabilidad, pero a



ciencia cierta no hay dicho estudio que lo valide. Debido a que existen estudios tanto de absorción y secado en fibras de algodón, se aplicará a la fibra de bambú ya que ambas fibras son celulósicas.

### **6.3 Diseño muestral**

Esta investigación se enfocó en las fases del proceso tanto de absorción como de expulsión de humedad en las fibras de algodón y bambú, específicamente en el porcentaje de absorción de un fluido (Distancia vs. Tiempo) y el tiempo de expulsión de humedad en ambas fibras para determinar así cuál de estas fibras (algodón, bambú) tiene un alto nivel de grado de transpirabilidad. Para cada tipo de fibra y para el primer proceso de absorción de humedad se seleccionó 5 muestras de tela punto cadena a crochet de algodón y 5 muestras de tela punto cadena a crochet de bambú descruadas con una longitud de 16 cm de alto y 2,5 cm de ancho. Para la prueba de expulsión de humedad se seleccionó 5 muestras de tejido punto cadena a crochet de algodón y 5 muestras tejido punto cadena a crochet de bambú con un diámetro de 7cm cada una.

#### **6.3.1 Selección de muestras**

A continuación se detallará el tipo de bambú utilizado, el título de hilo de algodón y bambú, tipo de tejido, y otros detalles más que es importante recalcar al momento que se preparó las muestras:

- La fibra de bambú usada es distribuida de la empresa Bambro Tex Co., Ltd ubicada en China. Esta fibra está hecha de 100% bambú verde, fibra de celulosa regenerativa perteneciente a la subfamilia Bambusoideae perteneciente a la familia de las gramíneas o Poaceae.
- El título de hilo de bambú es de 4 Nm. (un solo cabo).
- El título de hilo de bambú es de 28/2 Ne. (hilo retorcido)

- El tipo de tejido de las muestras tanto de algodón como de bambú (20 en total) son tejido de punto cadena a crochet.
- Los tejidos de algodón fueron realizados a través de tres hilos hermanados de algodón 28/2 /Ne con el fin de que tenga una apariencia similar al hilo de bambú.
- El gramaje de la tela de algodón equivale a 294 gr/m<sup>2</sup>, cabe recalcar que esta tela fue tejida con hilo título 28/2 Ne, realizando un hermanado de 3 cabos, cada cabo era retorcido.
- El gramaje de la tela de bambú equivale a 313,1gr/m<sup>2</sup>.

Una vez dada a conocer estas especificaciones muy importantes a tomar en cuenta durante el proceso de obtención de las muestras, continuamos con el desarrollo de la investigación.

La selección del número de muestras para las pruebas de transpirabilidad se realizó en base a las dos normas que se aplicaron en esta investigación y en cada una existe cierto estándar para cada muestra.

Para la primera prueba de absorción de humedad se tomaron 5 muestras de algodón y 5 de bambú, ambas muestras en tejido de punto con una dimensión de  $16 \pm 2$  cm de largo y  $2,5 \pm 1$  cm de ancho. Todas las muestras se las debe de marcar de la siguiente manera:

- En cada muestra marcar a una distancia de  $5 \pm 1$  mm desde el extremo en el lado de la tela a probar. La línea de 5 mm indica el nivel al que se debe bajar una muestra en el agua en el matraz o vaso de precipitados, que es la hora de inicio de la prueba.
- Utilizando un rotulador con tinta soluble, medimos desde la línea de 5 mm y marcamos líneas a lo ancho de la muestra a distancias de  $20 \pm 1$  y  $150 \pm 1$  mm. Para facilitar la medición de las distancias de absorción, se pueden marcar intervalos de

$10 \pm 1$  mm a lo largo de la longitud de la muestra entre las líneas de  $20 \pm 1$  mm y

$150 \pm 1$  mm

Para la segunda prueba de secado pondremos a prueba 5 telas de punto de algodón y 5 telas de punto de bambú cortadas con un diámetro de 7 cm cada una.

Todas las muestras analizadas fueron previamente descrudadas.

#### **6.4 Metodología de campo**

Con el fin de cumplir el objetivo trazado en esta investigación, los análisis se realizaron mediante el proceso de absorción y expulsión de humedad en telas de punto descrudadas 100% algodón y 100% bambú.

Los parámetros que se tomaron en cuenta fueron en la primera prueba (absorción) el tiempo sumergido en agua destilada y la distancia que esta recorre en sentido vertical en un tiempo establecido, 5 minutos recorrido corto, y 30 minutos recorrido largo es decir hasta llegar a los 150 milímetros establecidos. Todo esto se realizará en las primeras 10 pruebas (5 telas de bambú y 5 de algodón).

En el segundo análisis (expulsión de humedad) se tomó en cuenta la temperatura a la cual estuvieron sometidas las 10 muestras tanto de bambú como de algodón una vez que se aplicó agua destilada después de haber calculado el % de retención de humedad de cada una de ellas. Estas muestras fueron sometidas en el horno incubadora a una temperatura de  $37^{\circ}\text{C}$  según la norma establecida (Norma AATCC 199) en la cual se controlará el tiempo que tardan cada una de las muestras a ensayar hasta expulsar su humedad con el fin de llegar al peso en seco establecido.

A continuación, se detalla la metodología de campo que se aplicó para este análisis:

**ANÁLISIS COMPARATIVO DE  
TRANSPIRABILIDAD DE HUMEDAD EN  
FIBRAS DE BAMBÚ Y ALGODÓN.**

**PRUEBA 1. ABSORCIÓN VERTICAL DE  
HUMEDAD**

**NORMA APLICADA AATCC 197**

TELA BAMBÚ Y ALGODÓN  
DESCRUDADA

Colocación vertical de las  
muestras en un matraz

Aplicación de agua  
destilada hasta los 0,5 mm  
marcados en cada tela.

Tiempo para la absorción  
de los primeros 2 cm - 5  
minutos. (Si es así  
continúa la prueba)

Tiempo de absorción  
restante 25 min.  
Distancia por recorrer 15  
cm.

Fin de pruebas  
• Alcanza la distancia  
establecida en 30  
minutos o menos.

$W=d/t$

Calcular el índice de  
absorción mm/s

W= índice de absorción, mm / s  
d= distancia de absorción, mm  
t= tiempo de absorción, s

Fin de la  
prueba si no  
cumple con  
este  
requisito.

**PRUEBA 2. TIEMPO DE SECADO.  
ANALIZADOR DE HUMEDAD.**

**NORMA APLICADA AATCC 199**

TELA BAMBÚ Y ALGODÓN  
DESCRUDADA

Pesaje de las diez muestras  
circulares de 7cm de Ø en seco.

Sumergir por 1 minuto las  
muestra (tanto de Co/Bambú) en  
agua destilada.

Mantenerlo suspendido  
por 5 min con ayuda de  
unas pinzas.

Pesar las muestras  
húmedas

$\frac{W2 - W1}{W1} \times 100$

Calcular el % de retención  
de humedad.

$Y = x * w1$

Calcular con él % de RH  
la cantidad de agua  
aplicable para la prueba de  
secado en las muestras.

Análisis de secado (Horno  
incubadora) a 37°C con  
lapsos de tiempo.

Analizar  
resultados de cada  
prueba y comparar

W2= peso en seco gr.  
W1= peso húmedo gr.  
Y= cantidad de agua para agregar mL  
X: retención de humedad  
W1: peso seco gr.

Figura 17 Estructura del proceso de pruebas de absorción y secado de humedad.

Se realizó un total de 20 muestras, 10 muestras para la prueba de absorción vertical de humedad y 10 muestras para la prueba de tiempo de secado (expulsión de humedad). De estos procesos realizados se obtendrán datos para el análisis de resultados.

#### **6.4.1 Preparación de las muestras.**

Durante la preparación de las muestras, todas las muestras a ensayar deben mantenerse en un lugar que cumplan con las condiciones ambientales adecuadas, es decir con una temperatura de  $21^{\circ}\text{C} \pm 1$  y con una humedad de  $65\% \text{ HR} \pm 2$ , debido a que estas fibras tienden a absorber humedad del ambiente y puede variar su peso.

Como mencionamos al inicio de esta práctica, las muestras a ensayar provienen de un tejido de punto cadena a crochet previamente descrudadas tanto de algodón 100% y bambú 100%. Cada una de las pruebas tanto de absorción como de tiempo de secado (expulsión de humedad) tiene una medida establecida en sus muestras.

#### **6.4.2 Prueba 1. Absorción de humedad vertical**

Con ayuda de una balanza analítica sensible a 0,01gr pesamos nuestras muestras, cinco de algodón como cinco de bambú las cuales tendrán un corte de 16 cm de alto aproximadamente y un ancho de 2 cm.

En cada una de las 10 primeras muestras realizamos a marcar de la siguiente manera:

- En cada muestra marcar a una distancia de  $5 \pm 1$  mm desde el extremo en el lado de la tela a probar. La línea de 5 mm indica el nivel al que se debe bajar una muestra en el agua en el matraz o vaso de precipitados, que es la hora de inicio de la prueba.

- Utilizando un rotulador con tinta soluble, medimos desde la línea de 5 mm y marcamos líneas a lo ancho de la muestra a distancias de  $20 \pm 1$  y  $150 \pm 1$  mm. Para facilitar la medición de las distancias de absorción, se pueden marcar intervalos de  $10 \pm 1$  mm a lo largo de la longitud de la muestra entre las líneas de  $20 \pm 1$  mm y  $150 \pm 1$  mm



*Figura 18* Muestras de bambú y algodón marcadas.

#### **6.4.2.1 Preparación del matraz.**

Una vez realizado las marcas respectivas a cada una de las muestras, procedemos a realizar la primera prueba de absorción vertical a una tela de algodón (este procedimiento se realizó a las siguientes 9 muestras). Se colocó agua destilada en un matraz totalmente limpio. Con ayuda de una pipeta colocamos el agua dentro del recipiente con el fin de que esta no moje la parte superior del matraz, con esto aseguramos que no se moje la tela en la parte superior y altere el resultado de la prueba.

Para tener una mayor precisión de la cantidad de agua a usar con ayuda de una tela de respaldo medimos la distancia a la cual estará nuestra muestra real y colocamos el agua justo hasta la primera marca de nuestra muestra es decir los primeros 0,5 cm de la tela.

Colocamos la tela dentro del matraz sujeta con un punzón con el fin que se mantenga suspendida en forma vertical. También contamos con la ayuda de un cronometro o

temporizador con el cual registraremos el tiempo al segundo más cercano que tarda la tinta soluble en emigrar por las muestras.

#### ***6.4.2.2 Inicio de la prueba de absorción de humedad vertical.***

Se da inicio a la prueba tan pronto el agua llegue a la línea de 5mm marcada en la tela y la tinta soluble comience a emigrar hacia arriba.

Se registra el tiempo al segundo más cercano que tarda la tinta soluble en llegar a la línea marcada de 20mm para comenzar a migrar. Controlamos el aumento del agua mientras el líquido suba por la muestra con ayuda de una pipeta.

Continuamos monitoreando la elevación del agua en cada centímetro que va absorbiendo el líquido y registramos en tiempo que toma para llegar a cada marca sobre la tela. El tiempo establecido para dar fin a la prueba es de 30 minutos. Durante ese tiempo registramos al segundo más cercano el tiempo y la distancia en que terminó la prueba.

Una vez terminada la prueba retiramos la muestra de la matriz, botamos el agua restante y procedemos a realizar el mismo proceso para las siguientes 9 muestras que están a la espera.



***Figura 19*** Prueba de absorción de humedad vertical en bambú Vs. algodón

#### **6.4.2.3 Fin de la prueba de absorción de humedad.**

La prueba debe finalizar si el agua no se absorbe a la línea de  $20 \pm 1$  mm en  $5.0 \pm 0.1$  minutos o si el tiempo total de absorción de agua a la línea de  $150 \pm 1$  milímetros exceden los  $30.0 \pm 0.1$  min.

También se da por finalizado si el agua absorbe hasta los 150 mm en menos de los 30 minutos establecidos.

En cualquier caso, medimos la distancia que el agua ha migrado y el tiempo que se detuvo la prueba. Registre el tiempo y la distancia de cada una de las muestras (bambú y algodón) y el motivo de la finalización de la prueba.

***Nota: Todo este proceso se realiza tanto para las 5 muestras de algodón como a las muestras de bambú.***

#### **6.4.2.4 Cálculo del índice de absorción (mm/s) de la prueba de absorción vertical.**

El índice de absorción vertical se calcula dividiendo la distancia de absorción por el tiempo de absorción como se muestra en la siguiente formula:

$$W = \frac{d}{t}$$

En donde:

W: índice de absorción, mm/s

D= distancia de absorción, mm

T= tiempo de absorción, s

Aplicando la fórmula anteriormente mencionado y una vez obtenido los datos, procedemos a analizar cuál es el índice de absorción en las muestras analizadas tanto en las 5 telas de algodón como en las 5 telas de bambú.



#### ***6.4.2.5 Registro de datos de absorción de humedad.***

Registramos la tasa de absorción tanto tiempo (segundos) como distancia (milímetros), justo en el momento exacto que el agua destilada comienza a emigrar de forma vertical tanto a lo largo y a través de esta, pasando por cada una de las marcas señaladas en todas las muestras. Para obtener los resultados se observa visualmente, se mide manualmente y se registra a intervalos específicos, por lo que se aplica una concentración al máximo puesto que ambas telas tienen una buena capacidad de absorción. Los datos que conseguimos en esta prueba procederemos a analizarlos realizando los cálculos de la distancia de absorción vertical dividiendo la distancia de absorción por el tiempo de absorción y comparar de forma estadística como es la media y el coeficiente de variación.

#### **6.4.3 Prueba 2. Tiempo de secado de los textiles. Método analizador de humedad.**

Para la realización de esta prueba procedemos a pesar las 10 pruebas a ensayar, 5 telas de punto 100% algodón y tela punto 100% bambú cortadas en una dimensión de 70mm de diámetro. Todas estas muestras son telas descruadas. El acondicionamiento a las muestras es fundamental ya que si se lo mantiene en un lugar húmedo o muy seco alterará el peso de cada una de las telas.

Procedemos a registrar el peso una vez acondicionadas las muestras tanto de algodón como de bambú.

##### ***6.4.3.1 Inicio de la prueba de tiempo de secado.***

Procedemos a iniciar la segunda prueba con una muestra de algodón, en donde se realiza el pesaje en seco en este caso obtuvimos un peso de **2,069 gr** (W1), seguidamente procedimos a sumergir dentro de un vaso de precipitado con agua destilada durante un tiempo de 1 minuto.

Una vez transcurrido ese tiempo, mantenemos suspendido con ayuda de unas pinzas y un soporte vertical por un lapso de 5 minutos a temperaturas ambientes establecidas dentro de un laboratorio. ( $21^{\circ}\text{C} \pm 2$  y  $65\%$  de HR  $\pm 1$ ).

Seguidamente procedemos a pesar la muestra ya en estado húmedo con un total de **7,939 gr** (W2) y registraremos su peso.

Este mismo proceso se realiza para la muestra de bambú ya que al ser distintas fibras la retención de humedad y la cantidad de agua a agregar para el proceso de secado serán distintas. En este caso el peso seco de la muestra de bambú fue de **2,195 gr** (W1) y peso en húmedo **7,523 gr** (W2).

#### **6.4.3.2 Cálculo de % de retención de humedad.**

Para realizar el cálculo del % de retención de humedad para cada muestra tanto la de algodón como de bambú aplicamos la siguiente fórmula (1):

$$\frac{W2 - W1}{W1} * 100$$

Dónde:

W1 = peso seco, en g

W2 = peso húmedo, en g

 **% retención de agua en el algodón.**

$$\frac{7,939 - 2,069}{2,069} * 100 = \mathbf{283,71\%}$$

 **% retención de agua en el bambú.**

$$\frac{7,523 - 2,195}{2,195} * 100 = \mathbf{242,7\%}$$

El resultado que obtuvimos para la muestra de algodón fue del 283,71%RH y para la muestra de bambú del 242,7% RH.

#### **6.4.3.3 Cálculo cantidad de agua a agregar a la tela para el secado.**

Una vez hecho el cálculo de % de RH, calculamos la cantidad de agua que se colocará sobre las muestras a analizar. Usamos la siguiente fórmula:

$$y = x * W1$$

Dónde:

y = cantidad de agua para agregar, en ml

x = retención de humedad (ver resultado de la fórmula 1)

W1 = peso seco, en g

 **Cantidad de agua a agregar a las muestras de algodón.**

$$y = 283,71\% * 2,069 = \mathbf{5,86 \text{ ml}}$$

 **Cantidad de agua a agregar a las muestras de bambú.**

$$y = 242,7\% * 2,195 = \mathbf{5,32 \text{ ml}}$$

**NOTA 1:** Esta ecuación asume que la densidad del agua es de 1 g / ml a 25 ° C (77 ° F).

**NOTA 2:** La cantidad de agua destilada que se calculó para cada fibra se usará para las demás muestra independientemente de la variación en el peso de las muestras individuales de la misma muestra. Es decir, **5,86 ml** de agua en las 5 muestras de algodón y para las

muestras de bambú se agregó **5,32 ml** de agua destilada para cada una de las 5 muestras y seguidamente se realizó el proceso de secado.

#### ***6.4.3.4 Secado de las muestras algodón/bambú.***

Una vez realizado los cálculos pertinentes tanto para las muestras de algodón como las de bambú, se procedió a agregar para las telas de algodón la cantidad de 5,86ml de agua destilada en las 5 muestras en estado seco. Y para las muestras de bambú se colocó la cantidad de agua destilada de 5,32ml en cada muestra de bambú.

Colocamos las primeras 5 muestras de algodón ya agregadas la cantidad de agua correspondiente dentro del horno incubadora a una temperatura de 37°C, en donde se dará inicio al secado.

Se controló su pesaje a intervalos de tiempo, es decir cada 15 minutos que se encuentra dentro del horno en donde transcurrido ese tiempo se realizó pesajes de cada una de ellas hasta llegar al peso seco establecido, es decir al peso inicial de cada muestra.

Este mismo proceso se realizó a las 5 muestras de bambú con la única diferencia en la cantidad de agua a agregar sobre cada una de las muestras.

#### ***6.4.3.5 Registro de datos de tiempo de secado.***

Todos los datos que se obtuvieron en las 10 muestras (algodón-bambú) fueron registrados con ayuda de la balanza analítica sensible a 0,001gr y a un cronómetro.

Los datos que se registraron fueron el tiempo durante el secado con sus respectivos pesos.

Con los resultados obtenidos se procedió a analizarlos y compararlos estadísticamente, tal y como se detalla en el capítulo siguiente.

## **6.5 Métodos y técnicas estadísticas utilizadas**

La valoración de los resultados conseguidos se realizó mediante el método comparativo y descriptivo.

Con la comparación descriptiva se logrará describir y explicar el proceso de las dos pruebas que se realizaron en esta investigación como fue la prueba de Absorción de Humedad Vertical y la prueba de Tiempo de Secado-Método analizador de humedad, cada una de ellas a través de las medidas de posición central como la media y medidas de dispersión como es el coeficiente de variación y compararlas con las medias y coeficiente de variación.

## **6.6 Procesamiento de datos**

La información alcanzada se estableció en el sistema Microsoft, recalando los programas Word, Excel y el programa estadístico Past 3. Con ayuda de este sistema informático se logró redactar la información obtenida en el transcurso de estudio, se plantó tablas de registro y sobre todo cálculos de datos, a su vez se obtuvo las medidas estadísticas con el fin de obtener gráficas para el mejor entendimiento y claridad al momento de interpretar los resultados.

## CAPITULO VII

### 7 Resultado y discusión de resultados

En este capítulo se procesan los resultados conseguidos durante la práctica elaborada. Se da a conocer los datos obtenidos en las dos pruebas realizadas a las fibras de bambú y algodón tanto al inicio y al final de la investigación. Seguidamente como segunda fase se detalla el análisis estadístico realizado con el que se obtuvo un mejor entendimiento.

#### 7.1 Resultados

##### 7.1.1 Prueba 1. Absorción de humedad vertical.

A continuación, se detallará en las **Tabla 14** y **Tabla 15** tanto el peso inicial y final de cada una de las 10 muestras ensayadas, y seguidamente se detallará la distancia que recorrió el agua verticalmente a través de su longitud y ancho

**Tabla 14** *Peso inicial de las telas de algodón (CO) y bambú. Parte 1*

#### **Peso inicial de las muestras CO-Bambú (gramos)**

<b>TELA</b>	<b>PRUEBA #1</b>	<b>PRUEBA #2</b>	<b>PRUEBA #3</b>	<b>PRUEBA#4</b>	<b>PRUEBA #5</b>
<b>Algodón</b>	2,84	2,87	2,85	2,86	2,85
<b>Bambú</b>	2,90	2,93	2,90	2,93	2,90

**Tabla 15** *Peso final de la prueba de absorción en telas Co-Bambú. Parte 1*

#### **Peso final después de la absorción de humedad en las muestras de CO-Bambú (gramos)**

<b>TELA</b>	<b>PRUEBA #1</b>	<b>PRUEBA #2</b>	<b>PRUEBA #3</b>	<b>PRUEBA#4</b>	<b>PRUEBA #5</b>
<b>Algodón</b>	7,78	7,82	7,80	7,82	7,79
<b>Bambú</b>	6,66	6,70	6,68	6,65	6,71

Una vez concluido las pruebas de absorción vertical en las telas de punto algodón y bambú, tenemos como resultado el siguiente cuadro de datos en donde se aprecia la distancia en milímetros que absorbieron en el rango de tiempo establecido, es decir por 30 minutos en cada una de las 10 muestras:

**Tabla 16** *Distancias recorridas de humedad en telas de Algodón (CO)-Bambú. Parte 1.*

TIEMPO DE PRUEBA:30 MINUTOS	DISTANCIA mm	
	ALGODÓN	BAMBÚ
PRUEBA 1	150	120,2
PRUEBA 2	149,9	120,5
PRUEBA 3	150	120,3
PRUEBA 4	149,9	120,2
PRUEBA 5	149,8	120,5

Dando una vez a conocer los anteriores cuadros como datos principales, y sobre todo dar constancia de sus pesos reales y distancia absorbida en un tiempo establecido tomados en la primera prueba (absorción vertical) como parte de la transpirabilidad de humedad y mediante la fórmula presentada en el numeral **6.4.2.4** calculamos el índice de absorción de humedad de las 5 muestras de algodón y 5 muestras de bambú. El índice de absorción es una medida expresada en porcentajes. A continuación, detallamos los datos en el siguiente cuadro:

**Tabla 17** *Índice de absorción de humedad en telas de algodón y bambú. Parte 1.*

TIEMPO DE PRUEBA: 30 MINUTOS	INDICE DE ABSORCION %	
	ALGODÓN	BAMBÚ
PRUEBA 1	8,33%	6,68%
PRUEBA 2	8,33%	6,69%
PRUEBA 3	8,33%	6,68%
PRUEBA 4	8,33%	6,68%
PRUEBA 5	8,32%	6,69%

Como recalcamos en el literal **6.4.2**, las pruebas se realizaron en telas de tejido punto cadena a crochet 100% algodón y bambú previamente descrudadas y cumpliendo con los

estándares que establece la Norma AACTT 197. Como se dio a conocer claramente en el literal **6.4.2.3** existe un rango de tiempo en donde dicta si la prueba continúa o se da como prueba finalizada. Como resultado cada una de las 10 muestras (algodón-bambú) cumplieron con la condición establecida para determinar si continua o se detiene la prueba, por ende, cada una de ellas llegaron al final establecido de la prueba.

### **7.1.2 Prueba 2. Tiempo de secado. Método analizador de humedad.**

Damos a conocer como datos principales los pesos en gramos de las 10 siguientes muestras a ensayar (5 algodón – 5 bambú), recalando que esta prueba es la segunda parte de estudio sobre la transpirabilidad. Como la norma aplicada para esta prueba establece un estándar para las muestras, los pesos que se detallaran a continuación son distintos a los pesos de la anterior prueba. Los pesos iniciales de las muestras son:

**Tabla 18** *Peso inicial de las telas Algodón y Bambú. Parte 2.*

<b>PESOS INICIAL (gr)</b>	
<b>ALGODÓN</b>	<b>BAMBÚ</b>
2,069	2,195
2,06	2,19
2,062	2,193
2,061	2,189
2,064	2,194

Recordamos que en el numeral **6.4.3** describe el proceso de esta segunda prueba siendo esta parte del estudio de la transpirabilidad, en la cual se tomó como base una muestra de algodón y una de bambú la cual con su peso inicial es decir en estado seco y su peso final una vez sumergido en agua destilada y suspendido a temperatura ambiente por un determinado tiempo, se procedió a calcular el % de retención de agua y seguidamente se



calculó la cantidad de agua la cual se colocó en el resto de las muestras respectivamente, independientemente de la variación en el peso de las muestras individuales de la misma muestra.

Detallaremos las fórmulas que se usaron tanto para la retención de humedad y la cantidad de agua que se usó para las 5 muestras de algodón y 5 muestras de bambú.

- **% de Retención de Humedad:**

✚ % retención de agua en el algodón.

$$\frac{7,939 - 2,069}{2,069} * 100 = \mathbf{283,71\%}$$

✚ % retención de agua en el bambú.

$$\frac{7,523 - 2,195}{2,195} * 100 = \mathbf{242,7\%}$$

- **Cantidad de agua a agregar (ml) a las muestras**

✚ Cantidad de agua a agregar a las muestras de algodón.

$$y = 283,71\% * 2,069 = \mathbf{5,86 \textit{ ml}}$$

✚ Cantidad de agua a agregar a las muestras de bambú.

$$y = 242,7\% * 2,195 = \mathbf{5,32 \textit{ ml}}$$

A continuación, se detalla en los siguientes cuadros el % de retención de agua y la cantidad de agua que se aplicó tanto para las 5 muestras de algodón como a las 5 muestras de bambú:

**Tabla 19** % de RH y cantidad de agua a usar en el algodón. Parte 2.

MUESTRA 1	PESO SECO W1	PESO HUMEDO W2	% RETENCION DE HUMEDAD	CANTIDAD DE AGUA
ALGODÓN	2,069	7,939	<b>283,71</b>	<b><u>5,87</u></b>

**Tabla 20** % de RH y cantidad de agua a usar en el Bambú. Parte 2.

MUESTRA 1	PESO SECO W1	PESO HUMEDO W2	% RETENCION DE H.	CANTIDAD DE AGUA
BAMBÚ	2,195	7,523	<b><u>242,73</u></b>	<b><u>5,32</u></b>

La cantidad de agua que se usó en todas las 10 muestras (5 algodón-5 bambú) independientemente de su peso fue de 5.87 ml para el algodón y 5,32 ml para el bambú. Esta cantidad se las colocó a cada una de ellas y se procedió a colocarlas dentro del horno incubador con el fin de ver cuál de estas muestras tiende a expulsar más rápido el contenido de humedad de esta contenía.

De detallará en el siguiente cuadro de datos en intervalos de 15 minutos el tiempo la cual tomó cada una de las muestras en secarse.

**Tabla 21** Pesos y Tiempos durante el proceso de secado del algodón. Parte 2.

ALGODÓN	PESO HUMEDO:	7,896 gr	CANTIDAD DE AGUA POR SECAR: 5,87 ml		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
TIEMPO (min)	PESO (gramos)	PESO (gramos)	PESO (gramos)	PESO (gramos)	PESO (gramos)
<b>0:15:00</b>	6,503	6,421	6,59	6,577	6,591
<b>0:20:00</b>	6,124	5,988	6,169	6,103	6,182
<b>0:25:00</b>	5,745	5,552	5,746	5,824	5,792
<b>0:30:00</b>	5,264	5,121	5,323	5,391	5,301
<b>0:35:00</b>	4,885	4,689	4,942	4,901	4,973
<b>0:40:00</b>	4,506	4,251	4,601	4,558	4,594
<b>0:45:00</b>	4,126	3,942	4,253	4,138	4,376
<b>0:50:00</b>	3,769	3,511	3,856	3,820	3,911
<b>0:55:00</b>	3,38	3,098	3,498	3,453	3,573
<b>1:00:00</b>	3,039	2,94	3,109	3,001	3,174
<b>1:05:00</b>	2,661	2,507	2,725	2,692	2,894
<b>1:10:00</b>	2,282	<b>2,034</b>	2,394	2,391	2,463
<b>1:15:00</b>	<b>2,025</b>		<b>2,021</b>	<b>2,018</b>	<b>2,029</b>
<b>TIEMPO USADO (min)</b>	75	70	75	75	75
<b>AGUA EVAPORADA</b>	<b>5,871</b>	<b>5,862</b>	<b>5,875</b>	<b>5,878</b>	<b>5,867</b>

Tabla 22 Pesos y Tiempos durante el proceso de secado del bambú. Parte 2.

BAMBÚ	PESO HUMEDO:	7,505 gr	CANTIDAD DE AGUA POR SECAR: 5,32 ml		
	PRUEBA 1	PRUEBA 2	PRUEBA 3	PRUEBA 4	PRUEBA 5
TIEMPO (min)	PESO (gramos)	PESO (gramos)	PESO (gramos)	PESO (gramos)	PESO (gramos)
0:15:00	6,813	6,791	6,795	6,789	6,801
0:20:00	6,567	6,556	6,568	6,535	6,535
0:25:00	6,31	6,299	6,327	6,197	6,304
0:30:00	6,051	6,036	6,43	6,029	6,017
0:35:00	5,817	5,771	5,79	5,763	5,804
0:40:00	5,572	5,513	5,563	5,501	5,558
0:45:00	5,322	5,244	5,289	5,212	5,304
0:50:00	5,001	4,924	4,978	4,919	5
0:55:00	4,652	4,614	4,635	4,605	4,763
1:00:00	4,303	3,994	4,078	3,986	4,527
1:05:00	3,965	3,684	3,798	3,663	4,055
1:10:00	3,785	3,374	3,562	3,358	3,819
1:15:00	3,464	3,064	3,175	3,044	3,347
1:20:00	3,143	2,754	2,894	2,749	2,875
1:25:00	2,822	2,444	2,479	2,413	2,403
1:30:00	2,501	<b>2,174</b>	<b>2,184</b>	<b>2,163</b>	<b>2,187</b>
1:35:00	<b>2,181</b>				
TIEMPO USADO (min)	90	95	90	90	95
AGUA EVAPORADA	<b>5,324</b>	<b>5,331</b>	<b>5,321</b>	<b>5,342</b>	<b>5,318</b>

Tabla 23 Tiempo (min), cantidad de agua evaporado y peso (gr) final después del proceso de secado de Algodón.

ALGODÓN		
TIEMPO (min)	AGUA EVAPORADA	Peso final seco (gr)
75	5,871	2,025
70	5,862	2,034
75	5,875	2,021
75	5,878	2,018
75	5,867	2,029

**Tabla 24** *Tiempo (min), cantidad de agua evaporado y peso (gr) final después el proceso de secado de Bambú.*

<b>BAMBÚ</b>		
<b>TIEMPO (min)</b>	<b>AGUA EVAPORADA</b>	<b>Peso final seco (gr)</b>
95	5,324	2,181
90	5,331	2,174
90	5,321	2,184
90	5,342	2,163
90	5,318	2,187

## **7.2 Análisis y evaluación de resultados.**

El análisis de los valores obtenidos se realizó mediante la estadística descriptiva, con medidas de tendencia central y de dispersión, a través de un análisis comparativo entre los valores, en este caso con los datos de la primera prueba “absorción de humedad” se procederá a comparar los porcentajes de absorción tanto en las telas de bambú y algodón para conocer cuál de estas dos fibras absorbe más en un determinado tiempo establecido. En el caso de la segunda prueba se analizará el tiempo que tardaron cada muestra en llegar a un peso base en estado seco para todas las 10 muestras (algodón-bambú) y mediante procesos estadísticos ver cuán dispersos están cada uno de los datos para determinar su tiempo de secado.

### **7.2.1 Normalidad de los datos obtenidos.**

Con la finalidad de establecer si los valores obtenidos tanto en el proceso de absorción de humedad y la prueba de tiempo de secado se distribuyen normalmente y si los datos se pueden someter a un análisis estadístico, se someten los datos al test de normalidad. Así, en la tabla 23, 24 y 25 indica los valores de  $p(\text{normal})$  obtenidos en las pruebas Shapiro-Wilk W, Anderson-Darling A y Jarque-Bera JB, a la que fueron sometidos todos los valores obtenidos tanto en la prueba de absorción vertical como en la prueba de tiempo de secado de humedad.

**Tabla 25** Normalidad de los valores en la distancia de absorción de humedad vertical. Prueba 1

	<b>Algodón</b>	<b>Bambú</b>
<b>N</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,881	0,803
<b>p(normal)</b>	0,314	0,08569
<b>Anderson-Darling A</b>	0,3644	0,4834
<b>p(normal)</b>	0,2732	0,1173
<b>p (Monte Carlo)</b>	0,3105	0,1332
<b>Jarque-Bera JB</b>	0,3754	0,6902
<b>p(normal)</b>	0,8289	0,7081
<b>p (Monte Carlo)</b>	0,7512	0,2483

Las pruebas muestran que, de conformidad con la impresión visual de los histogramas de algodón y bambú, con las pruebas Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que son las más exactas, se evidencian que son distribuciones normales que no pueden ser rechazadas, ya que p(normal) es superior a 0,05. Por otra parte, en la prueba de Jarque-Bera también es superior a 0,05 por lo tanto, también es una distribución normal. Entonces quiere decir que existe normalidad para todas las pruebas y los datos podrán seguir un procedimiento estadístico. Según esta prueba de referencia el nivel de confianza de todos los parámetros es superior a 0,05%.

**Tabla 26** Normalidad de los valores del índice de absorción de humedad vertical. Prueba 1

	<b>Algodón</b>	<b>Bambú</b>
<b>N</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
<b>Shapiro-Wilk W</b>	0,5522	0,684
<b>p(normal)</b>	0,000131	0,00647
<b>Anderson-Darling A</b>	1,205	0,7995
<b>p(normal)</b>	0,0007517	0,01293
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,0106
<b>Jarque-Bera JB</b>	1,888	0,8391
<b>p(normal)</b>	0,3891	0,6573
<b>p(Monte Carlo)</b>	0,0001	0,1285

Las pruebas muestran que, de conformidad con la impresión visual de los histogramas del índice de absorción en el algodón y bambú, con las pruebas Shapiro-Wilk W y

Anderson-Darling A, que son las más exactas, se evidencian que son distribuciones no normales, por lo que deberían ser transformadas para que se ajusten a una distribución normal; sin embargo, con la prueba de Jarque-Bera JB en donde  $p(\text{normal})$  es superior a 0,05 esta distribución es normal. Es decir que si se considera la prueba de Jarque-Bera JB, para todos los parámetros, existe normalidad y los datos podrían seguir algún procedimiento estadístico. Según esta prueba de referencia el nivel de confianza de todos los parámetros es superior a 0,05%.

**Tabla 27** Normalidad del tiempo total usado en la prueba de secado de humedad. Prueba #2. Tiempo de secado

<b>NORMALIDAD DATOS TIEMPOS USADOS CO/BAMBÚ</b>		
	ALGODÓN	BAMBÚ
N	5	5
Shapiro-Wilk W	0,5522	0,5522
p(normal)	0,000131	0,000131
Anderson-Darling A	1,205	1,205
p(normal)	0,0007517	0,0007517
p(Monte Carlo)	0,0001	0,0001
Jarque-Bera JB	1,888	1,888
p(normal)	0,3891	0,3891
p(Monte Carlo)	0,0001	0,0001

Las pruebas muestran que, de conformidad con la impresión visual de los histogramas del tiempo usado en el proceso de secado de humedad en el algodón y bambú, con las pruebas Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que son las más exactas, se evidencian que son distribuciones no normales, por lo que deberían ser transformadas para que se ajusten a una distribución normal; sin embargo, con la prueba de Jarque-Bera JB en donde  $p(\text{normal})$  es superior a 0,05 esta distribución es normal. Es decir que si se considera la prueba de Jarque-Bera JB, para todos los parámetros, existe normalidad y los datos podrían seguir algún procedimiento estadístico. Según esta prueba de referencia el nivel de confianza de todos los parámetros es superior a 0,05%.

**Tabla 28** Normalidad de datos de la cantidad de agua (ml) evaporada en el proceso de secado en Algodón y Bambú. Prueba #2

<b>NORMALIDAD DATOS AGUA EVAPORADA CO/BAMBÚ</b>		
	ALGODÓN	BAMBÚ
N	5	5
Shapiro-Wilk W	0,9794	0,9195
p(normal)	0,9315	0,5267
Anderson-Darling A	0,1563	0,2795
p(normal)	0,8933	0,4814
p(Monte Carlo)	0,9652	0,5508
Jarque-Bera JB	0,3707	0,5891
p(normal)	0,8308	0,7449
p(Monte Carlo)	0,7636	0,3905

**Tabla 29** Normalidad de valores del peso final de la prueba #2. Tiempo de secado

<b>NORMALIDAD DATOS DE PESOS CO/BAMBÚ</b>		
	ALGODÓN	BAMBÚ
N	5	5
Shapiro-Wilk W	0,9794	0,9195
p(normal)	0,9315	0,5267
Anderson-Darling A	0,1563	0,2795
p(normal)	0,8933	0,4814
p(Monte Carlo)	0,9656	0,5515
Jarque-Bera JB	0,3707	0,5891
p(normal)	0,8308	0,7449
p(Monte Carlo)	0,7601	0,4006

Las pruebas muestran que, de conformidad con la impresión visual de los histogramas de la cantidad de agua evaporada y los pesos finales luego del proceso de secado, con las pruebas Shapiro-Wilk W y Anderson-Darling A, que son las más exactas, se evidencian que son distribuciones normales que no pueden ser rechazadas, ya que  $p(\text{normal})$  es superior a 0,05. Por otra parte, en la prueba de Jarque-Bera también es superior a 0,05 por lo tanto, también es una distribución normal. Entonces quiere decir que existe normalidad para todas las pruebas y los datos podrán seguir un procedimiento estadístico. Según esta prueba de referencia el nivel de confianza de todos los parámetros es superior a 0,05%.



## 7.2.2 Análisis de resultados mediante estadística descriptiva

### 7.2.2.1 Resumen estadístico de la distancia absorbida y el índice de absorción de humedad vertical del algodón y bambú. Prueba parte 1.

La media y el coeficiente de variación, calculados para los datos tanto de distancia de absorción e índice de absorción de humedad obtenidos en la prueba de absorción de humedad vertical en las fibras de bambú y algodón se representan en las dos siguientes tablas.

**Tabla 30** Media, Desv Estándar y coeficiente de variación, de la distancia de absorción de humedad. Parte 1

<b>Estadísticos descriptivos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Coeficiente de variación</b>
Distancia Absorción de humedad Algodón	5	149,92	0,0837	<b>0,056%</b>
Distancia Absorción de humedad Bambú	5	120,34	0,1517	<b>0,126%</b>

De acuerdo con el coeficiente de variación con respecto a la media de los valores indicados en la tabla 30, se determina que existe un menor coeficiente de variación en la fibra de algodón a comparación que el coeficiente del bambú, por lo tanto, tiene mayor homogeneidad en los valores de la variable y está más seca de la media.

**Tabla 31** Media, Desv. Estándar y coeficiente de variación, del índice de absorción de humedad. Parte 1

<b>Estadísticos descriptivos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación típica</b>	<b>Coeficiente de variación</b>
Índice de absorción vertical de humedad de Bambú	5	6,684	0,00548	<b>0,082%</b>
Índice de absorción vertical de humedad de Algodón	5	8,328	0,00447	<b>0,054%</b>

De acuerdo con el coeficiente de variación con respecto a la media de los valores indicados en la tabla 31, se determina que existe un menor coeficiente de variación en la fibra del algodón que en la fibra de bambú, por lo tanto, tiene mayor homogeneidad en los valores de la variable y está más seca de su media.

Para una mejor distinción entre las medias y coeficientes de variación de las pruebas de absorción vertical de humedad (parte 1) se registran los valores calculados en la tabla 32 detallada a continuación.

**Tabla 32** Media y coeficiente de variación de la absorción vertical de humedad en telas de Algodón y Bambú-Parte 1.

MEDIDAS ESTADÍSTICAS	PRUEBAS PRACTICADAS	ALGODÓN	BAMBÚ
MEDIA	DISTANCIA ABS.	149,92	120,34
	IND. ABSORCIÓN	8,328	6,684
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %	DISTANCIA ABS.	0,056	0,126
	IND. ABSORCIÓN	0,054%	0,082%

De acuerdo con la primera parte del estudio de transpirabilidad de humedad en fibras de bambú y algodón, y como parte de la primera prueba de **absorción de humedad vertical** tenemos que:

El valor de la media de la **distancia total absorbida de humedad vertical**, en la fibra de algodón es mayor que el valor de la media de la fibra de bambú, lo que indica que el valor de absorción de humedad es mejor en un 19,73%.

El valor del coeficiente de variación en el caso de la fibra de bambú es un poco más disperso que el algodón lo que indica que el bambú es más heterogéneo que el algodón en un 0,07%.

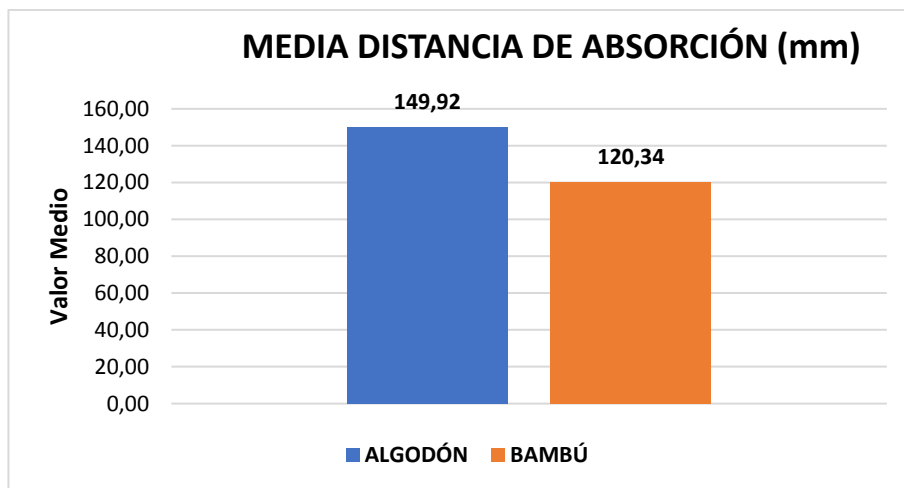
De acuerdo con la medición del **índice de absorción de humedad** en las telas de algodón y bambú tenemos que:

El valor de la media en la fibra de algodón es mayor que el valor de la media de la fibra de bambú, lo que indica que el valor del índice de absorción de humedad es mejor en un 19,74%.

El valor del coeficiente de variación en el caso de la fibra de bambú es más disperso con una mínima cantidad que el algodón lo que indica que el bambú es más heterogéneo que el algodón en un 0,028%.

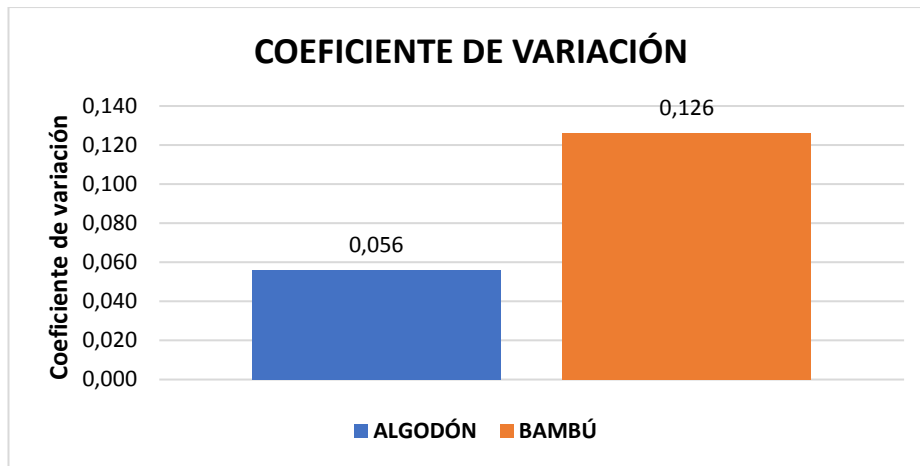
En la figura 20 se visualiza de mejor manera la diferencia entre los valores de las medias de la distancia de absorción de humedad vertical entre el bambú y el algodón.

Se observa que el valor medio de la distancia de absorción de humedad en el algodón (color azul) es mejor en un 19,73% que el valor medio de la distancia de absorción en el bambú (color naranja).



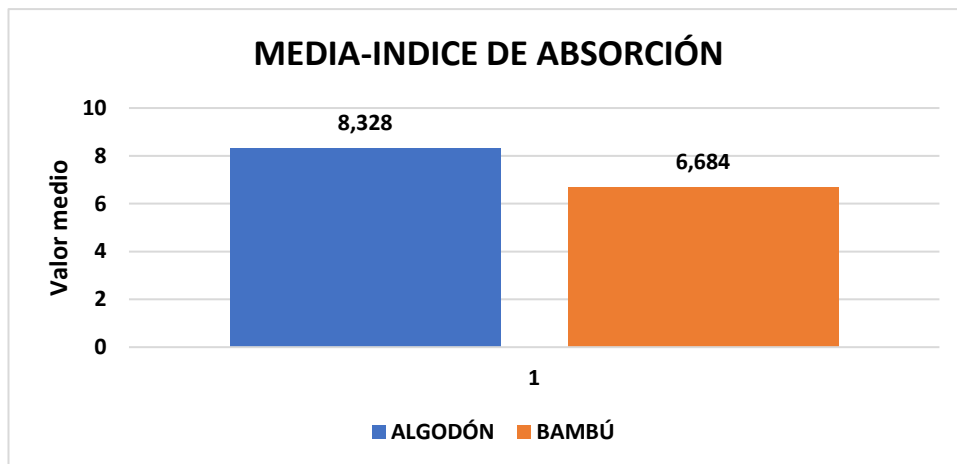
*Figura 20* Valores comparados de la distancia de absorción de humedad en algodón y bambú mediante la media. Prueba #1

En la figura 21, se diferencia fácilmente que los valores del coeficiente de variación en el caso de la absorción de humedad en el bambú son más altos que, en la fibra de algodón, lo que demuestra que existe mayor dispersión, por lo tanto, mayor heterogeneidad en un 0,07%.



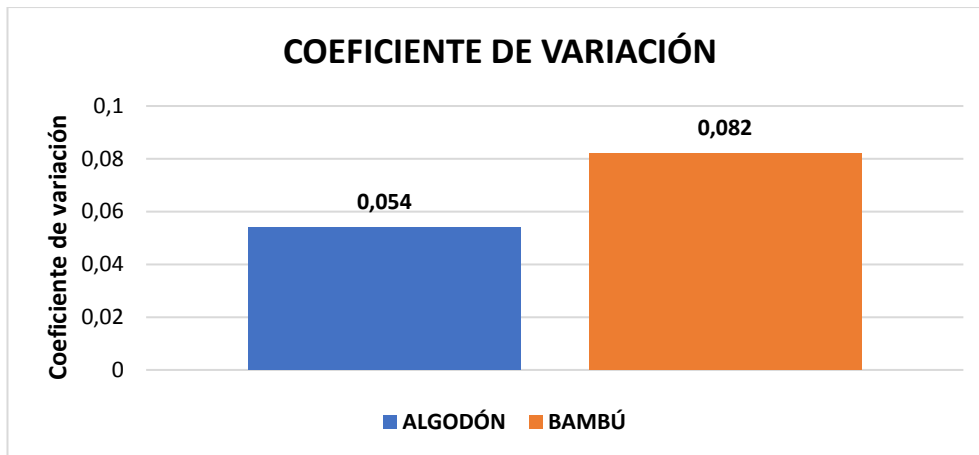
*Figura 21* Valores comparados de la distancia de absorción de humedad en algodón y bambú mediante el coeficiente de variación. Prueba #1.

En la figura 22 se diferencia que el valor medio del índice de absorción de humedad en la tela algodón (color azul) es mayor al valor medio del índice de absorción de humedad del bambú (color naranja) lo que quiere decir que tiene mayor índice de absorción en un 19,74%.



*Figura 22* Valores comparados del índice de absorción de humedad en algodón y bambú mediante la media. Prueba #1.

En la figura 23, se diferencia fácilmente que los valores del coeficiente de variación en el caso del índice de absorción de humedad en el bambú son más altos que, en la fibra de algodón, lo que demuestra que existe mayor absorción, por lo tanto, mayor heterogeneidad en un 0,028%.



*Figura 23* Valores comparados del índice de absorción de humedad en algodón y bambú mediante la media. Prueba #1.

### **7.2.2.2 Resumen estadístico del tiempo de secado de humedad del algodón y bambú. Prueba parte 2.**

La media y el coeficiente de variación, calculados para los datos tanto del tiempo total usado durante el proceso de secado de humedad, como el peso total en seco después de dicho proceso en fibras de bambú y algodón, se representan en las dos siguientes tablas.

*Tabla 33* Media, Desv. Estándar y coeficiente del tiempo total usado en el proceso de secado de humedad. Parte 2.

<b>Estadísticos descriptivos</b>	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Desviación. típica.</b>	<b>Coeficiente de variación</b>
Tiempo total para el secado del Algodón	5	74,00	2,236	<b>3.021%</b>
Tiempo total para el secado del Bambú	5	91,00	2,739	<b>2,457%</b>

**Tabla 34** Media, Desv. Estándar y coeficiente de variación, de la cantidad de agua evaporada en el proceso de secado. Parte 2

<b>Estadísticos descriptivos</b>	N	Media	Desviación típica.	Coeficiente de variación
Cantidad de agua evaporada- Algodón	5	5,8706	,00635	<b>0,11%</b>
Cantidad de agua evaporada- Bambú	5	5,3272	,00958	<b>0,18%</b>

**Tabla 35** Media, Desv. Estándar y coeficiente de variación, del peso final después del proceso de secado. Parte 2

<b>Estadísticos descriptivos</b>	N	Media	Desviación típica.	Coeficiente de variación
Peso final seco de Algodón	5	2,02540	,006348	<b>0,31%</b>
Peso final seco Bambú	5	2,13000	,041231	<b>0,439%</b>

En la tabla 33 podemos observar el coeficiente de variación con respecto a la media de la medición del tiempo total usado durante el proceso de secado de humedad, se observa que el bambú tiene menor dispersión, en cuanto al algodón por lo que tiene valores homogéneos y están más cerca de la media.

En las siguientes tablas 34 y 35, el coeficiente de variación con respecto a la media de la medición de la cantidad de agua evaporada durante el proceso de secado y su peso final de la misma, el algodón es menos disperso con respecto al bambú, por lo que es más homogéneo debido a que sus valores se encuentran más cerca de su media respectivamente.

Para una mejor distinción entre las medias y coeficientes de variación de las pruebas del tiempo de secado de humedad (parte 2) en las fibras de bambú y algodón, se registran los valores calculados en la tabla 36 detallada a continuación.

**Tabla 36** Media y coeficiente de variación del tiempo de secado de humedad en telas de Algodón y Bambú-  
Parte 2

MEDIDAS ESTADÍSTICAS		ALGODÓN	BAMBÚ
MEDIA	TIEMPO	74,00	91,00
	AGUA EVAPORADO	5,87	5,33
COEFICIENTE DE VARIACIÓN %	TIEMPO	3,02	2,46
	AGUA EVAPORADO	0,11	0,18

De acuerdo con la segunda parte del estudio de transpirabilidad de humedad de bambú y algodón, y como parte de la segunda prueba de **tiempo de secado de humedad** tenemos que:

El valor de la media del tiempo total usado durante el proceso de secado de humedad en la fibra de algodón es menor que el valor de la media de la fibra de bambú, lo que indica que el tiempo que se usó durante el proceso de secado con respecto al algodón es mejor en un 18,68%.

El valor del coeficiente de variación en la tela de algodón es más disperso que el bambú lo que quiere decir que existe mayor homogeneidad en el bambú en un 0,56%.

De acuerdo con la medición de la **cantidad de agua (ml) evaporado** después del proceso de secado de humedad en las telas de algodón y bambú tenemos que:

El valor de la media en la fibra de algodón es mayor que el valor de la media de la fibra de bambú, lo que indica que la cantidad de agua evaporada en el algodón fue más eficiente en un 9,25%.

El valor del coeficiente de variación en el caso de la fibra de bambú es más disperso con una mínima cantidad que el algodón lo que indica que el bambú es más heterogéneo que el algodón en un 0,07%.

En la figura 24 se visualiza de mejor manera la diferencia entre los valores de las medias del tiempo total usado durante el proceso de secado de humedad entre las fibras de bambú y el algodón.

Se observa que el valor medio del tiempo total usado durante el proceso de secado en la fibra de algodón (color azul) es mejor en un 18,68% que el valor medio del tiempo total usado en la fibra de bambú (color naranja).

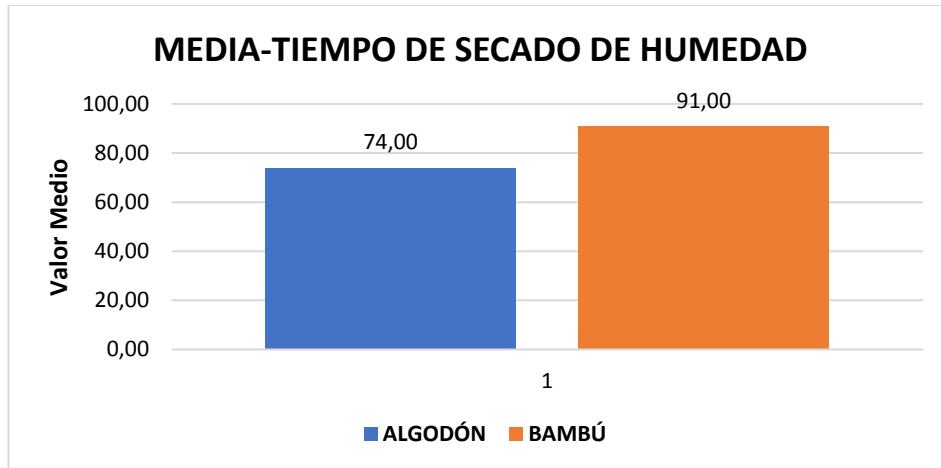


Figura 24 Valores comparados del tiempo total usado durante el proceso de secado en algodón y bambú mediante la media.

En la figura 25, se diferencia fácilmente que los valores del coeficiente de variación en el caso del tiempo total usado en el proceso de secado en la fibra de bambú son más altos que, en la fibra de algodón, lo que demuestra que su valor es mucho más disperso a su media, por lo tanto, mayor heterogeneidad en un 0,56%.

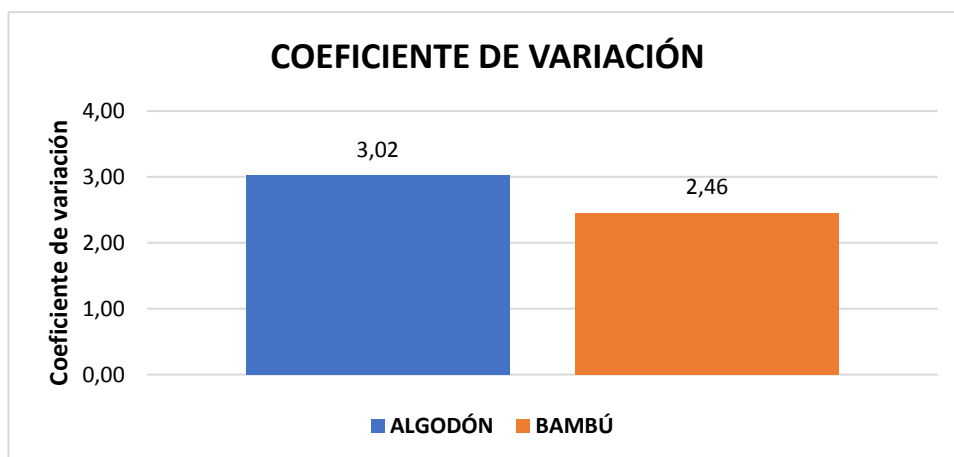
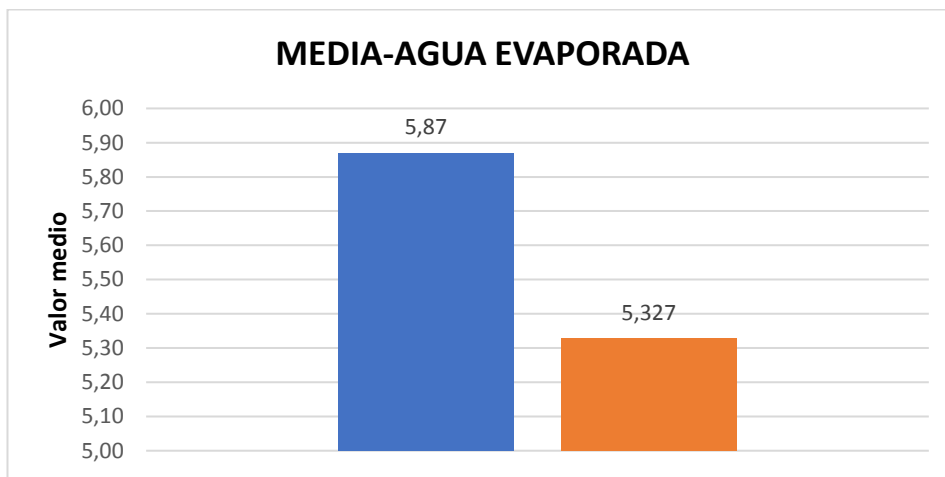


Figura 25 Valores comparados del tiempo total usado durante el proceso de secado en algodón y bambú mediante el coeficiente de variación.



En la figura 26 se visualiza de mejor manera la diferencia entre los valores de las medias de la cantidad de agua (ml) evaporada después del proceso de secado de humedad entre las fibras de bambú y el algodón.

Se observa que el valor medio de la cantidad de agua evaporada después del proceso de secado de humedad en la fibra de algodón (color azul) es mejor en un 9,25% que el valor medio de la cantidad de agua evaporada en la fibra de bambú (color naranja). Lo que quiere decir que el algodón expulso mayor cantidad de humedad.



*Figura 26* Valores comparados de la cantidad de agua (ml) evaporada en el proceso de secado en algodón y bambú mediante la media.

En la figura 27, observamos que los valores del coeficiente de variación en el caso de la cantidad de agua evaporada en el proceso de secado en la fibra de bambú son más altos que, en la fibra de algodón, lo que demuestra que su valor es mucho más disperso a su media, por lo tanto, mayor heterogeneidad en un 0,07%.

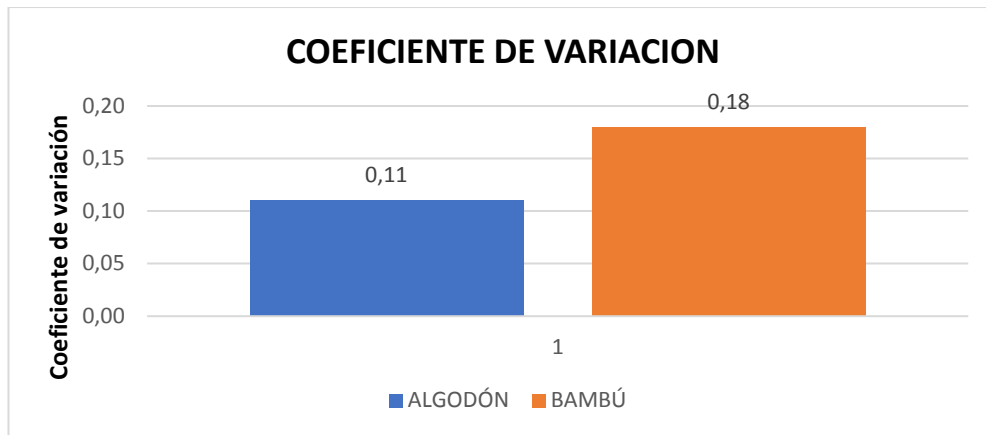


Figura 27 Valores comparados de la cantidad de agua evaporada en el proceso de secado en algodón y bambú mediante el coeficiente de variación.

### 7.2.3 Análisis comparativo de las pruebas realizadas para el estudio de la transpirabilidad.

#### 7.2.3.1 Análisis comparativo de la distancia de absorción de humedad entre el algodón y bambú. Parte #1

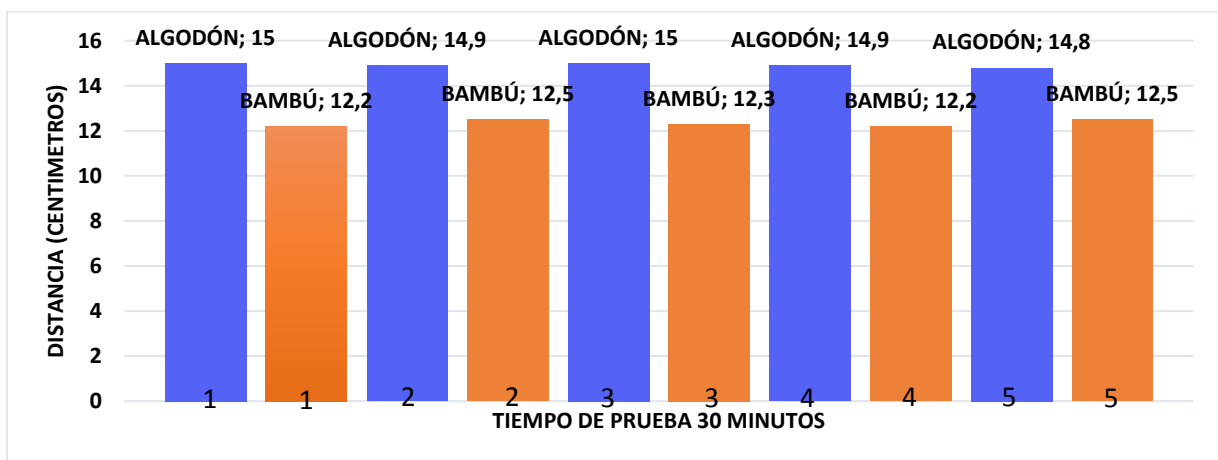


Figura 28 Valores comparativos de la distancia de absorción de humedad vertical entre el algodón y bambú.

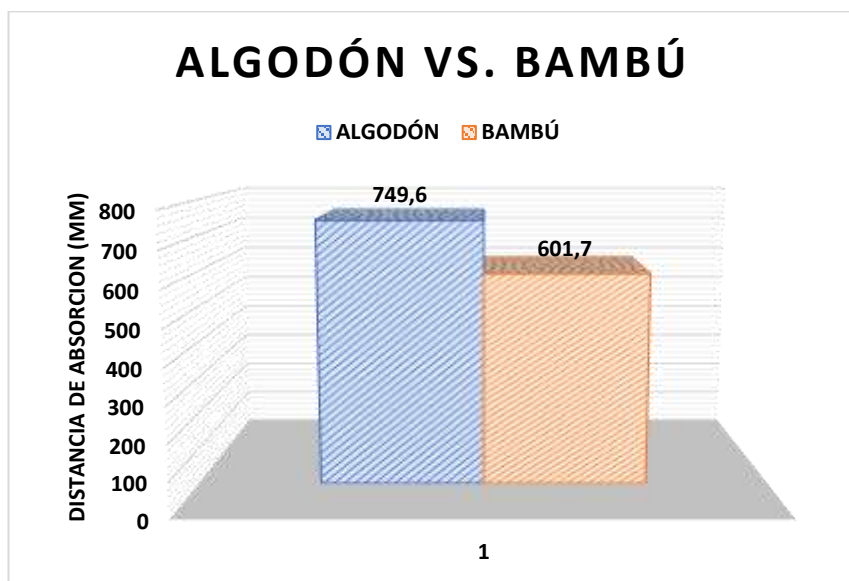
En la figura 28 se comparan los valores obtenidos entre las 5 muestras de algodón y 5 de bambú durante el primer proceso de pruebas de absorción vertical de humedad.

Podemos observar que en todas las 5 muestras de fibra de algodón la distancia de absorción de humedad durante los 30 minutos tiempo establecido por la Norma AATCC 197 es mayor a comparación que con las fibras de bambú.

Se observa que en la prueba de algodón número 1 y 3 (al tener la misma distancia de absorción) tiene mayor distancia de absorción de humedad que en el bambú en un 18,67% y 18% respectivamente. También en la prueba 2 y 4 el algodón tiene una mayor absorción en comparación con el bambú en un 16,10% y 18,2%. Y por último en la prueba 5 evidentemente el algodón tuvo una mayor distancia de absorción en relación con el bambú lo que es mejor en un 15,54%.

Se puede apreciar que existe una elevada dispersión y heterogeneidad en el bambú, su coeficiente de variación en el bambú es 0,126% y en el algodón es 0,056%.

En la figura 29 apreciamos de una mejor manera la diferencia total promedio de la distancia de absorción de humedad vertical entre el algodón y bambú.



*Figura 29* Valores comparativos promedios de la distancia de absorción de humedad vertical entre el algodón y bambú en un mismo lapso (30 min).

De acuerdo con los valores obtenidos en el promedio de la distancia de absorción vertical de humedad en las fibras de algodón vs bambú, nos da como resultado que el algodón tiene una mejor capacidad de absorción en un 19,73%.

### 7.2.3.2 Análisis comparativo del índice de absorción de humedad entre el algodón y bambú. Parte #1

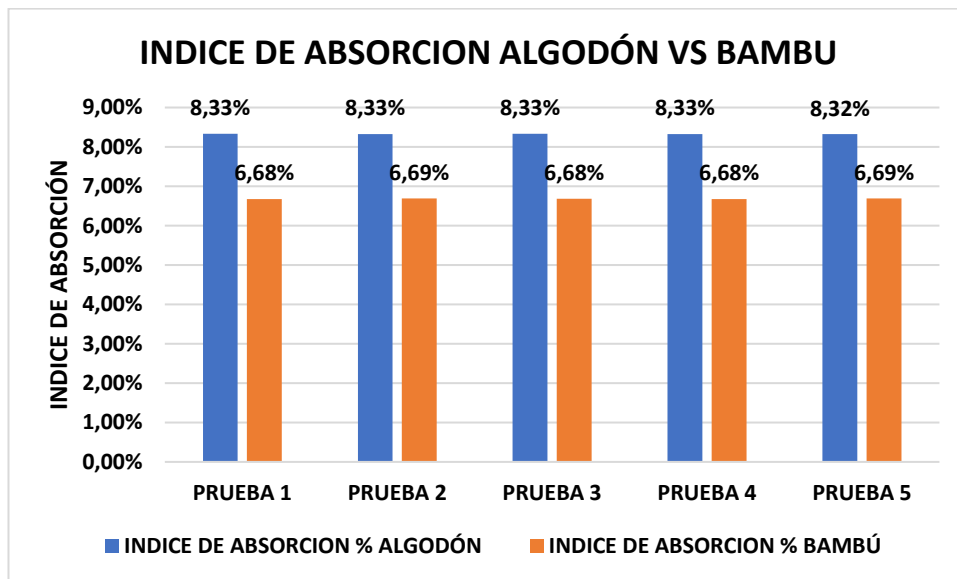


Figura 30 Valores comparativos del índice de absorción de humedad vertical en muestras de algodón vs bambú.

Podemos observar que en todas las 5 muestras de fibra de algodón el índice de absorción es mucho más mayor que el índice de absorción de bambú.

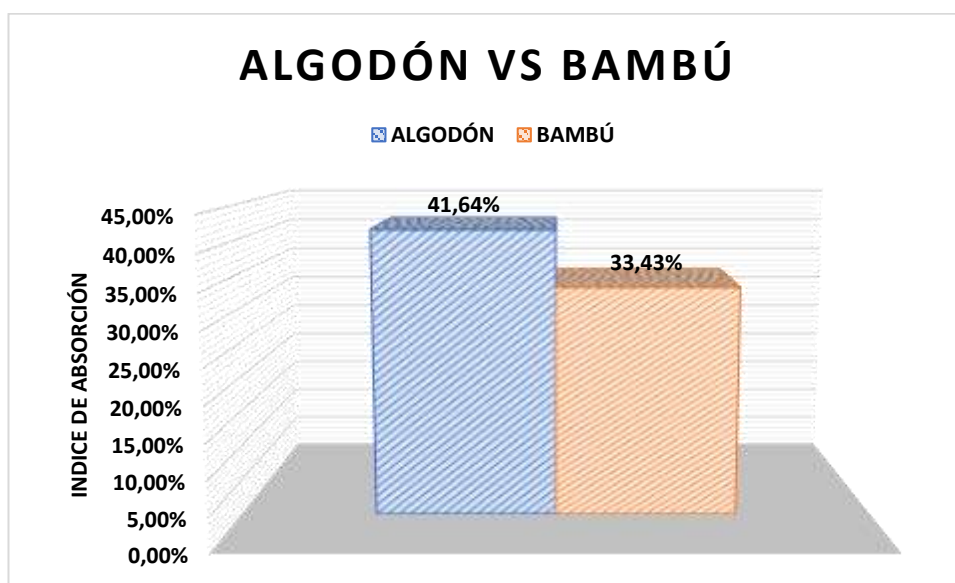
Se observa que en la prueba de absorción de algodón #1, 3 y 4 el índice de absorción es mayor en un 19,80% en relación con índice de absorción del bambú.

En la prueba #2 el índice de absorción en las fibras de algodón es mayor en un 19,69% con respecto a la absorción de las fibras de bambú. Y en la prueba #5 en las fibras de algodón el índice de absorción es de un 19,60%

Como podemos apreciar con el porcentaje de absorciones calculadas en cada una de las 5 pruebas tanto de algodón como de bambú, apreciamos que las fibras de algodón tienen mayor porcentaje, por ende, podemos deducir que las fibras de algodón son muchas más absorbentes que las fibras de bambú.

En la figura 31 apreciamos de una mejor manera la diferencia total promedio del índice de absorción entre el algodón y bambú.

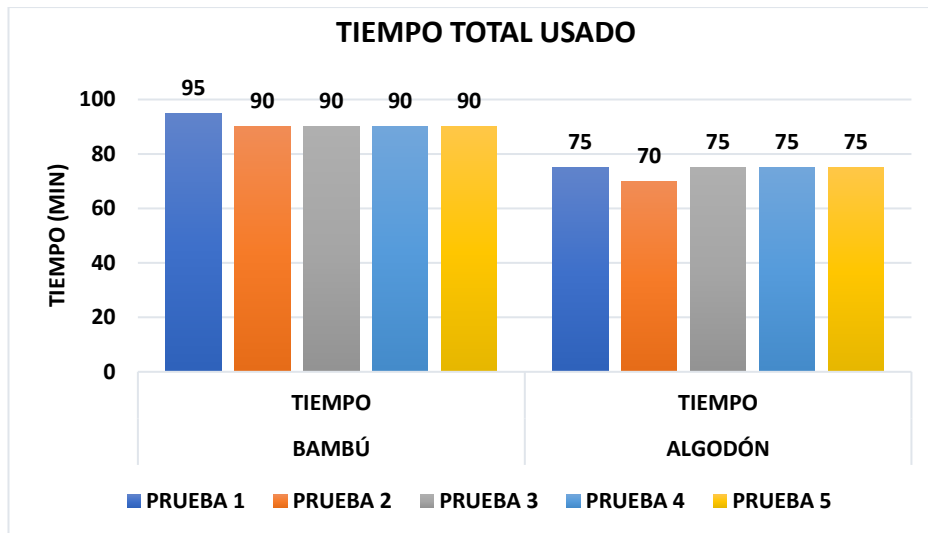
TIEMPO DE PRUEBA: 30 MINUTOS	INDICE DE ABSORCION %	
	ALGODÓN	BAMBÚ
PRUEBA 1	8,33%	6,68%
PRUEBA 2	8,33%	6,69%
PRUEBA 3	8,33%	6,68%
PRUEBA 4	8,33%	6,68%
PRUEBA 5	8,32%	6,69%
	<b>41,64%</b>	<b>33,43%</b>



*Figura 31* Valores comparativos promedios del índice de absorción de humedad entre el algodón y bambú.

De acuerdo con los valores obtenidos en el promedio del índice de absorción de humedad en las fibras de algodón vs bambú, nos da como resaltado que el algodón tiene un mejor índice de absorción en un 19,72%.

### ***7.2.3.3 Análisis comparativo del tiempo total usado en el proceso de secado de humedad entre el algodón y bambú. Parte #2***



*Figura 32* Valores comparativos del tiempo total usado en el proceso de secado en muestras de algodón vs bambú.

Como podemos observar en la figura 32 el tiempo total usado para el proceso de secado de humedad fue menor en las fibras de algodón, a comparación del tiempo total empleado para el proceso de secado en las fibras de bambú la cual fue un poco más.

En promedio el tiempo total empleado para la expulsión de humedad en el algodón fue más eficiente en un 18,68%, por lo que podríamos decir que el algodón tiene un mayor porcentaje de secado rápido en comparación que el secado de las fibras de bambú.

***7.2.3.4 Análisis comparativo del tiempo total usado en el proceso de secado de humedad vs el índice de agua expulsado entre el algodón y bambú. Parte #2***

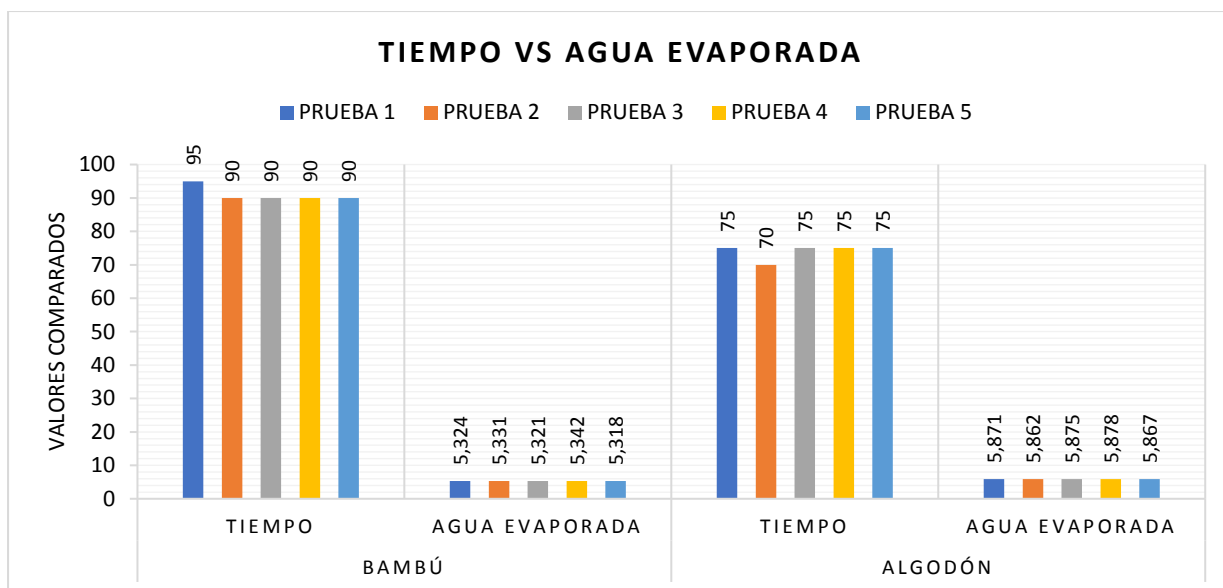


Figura 33 Valores comparativos del tiempo vs. El agua evaporada de algodón vs bambú.

Como se estableció en el numeral **6.4.3.3**, el % de agua calculado para el proceso de secado en cada tipo de fibra fue el mismo % de agua evaporada en un tiempo distinto dependiendo de cada prueba.

Como ya recalcamos en la figura 32 acerca del tiempo empleado para el proceso de secado, en la figura 33 podemos observar cada uno de los % de expulsión de humedad tanto en las fibras de bambú como de algodón. Podemos analizar que se logró conseguir la expulsión total del % de agua calculada anteriormente en ambas fibras (algodón-bambú) usando un tiempo distinto entre el algodón y bambú.

Como promedio podemos deducir que el porcentaje de expulsión de agua en el proceso de secado fue mejor en la fibra de algodón con una eficiencia del **9,25%** en relación con la fibra de bambú.

#### 7.2.3.5 Análisis comparativo del índice de agua expulsado entre el algodón y bambú. Parte #2

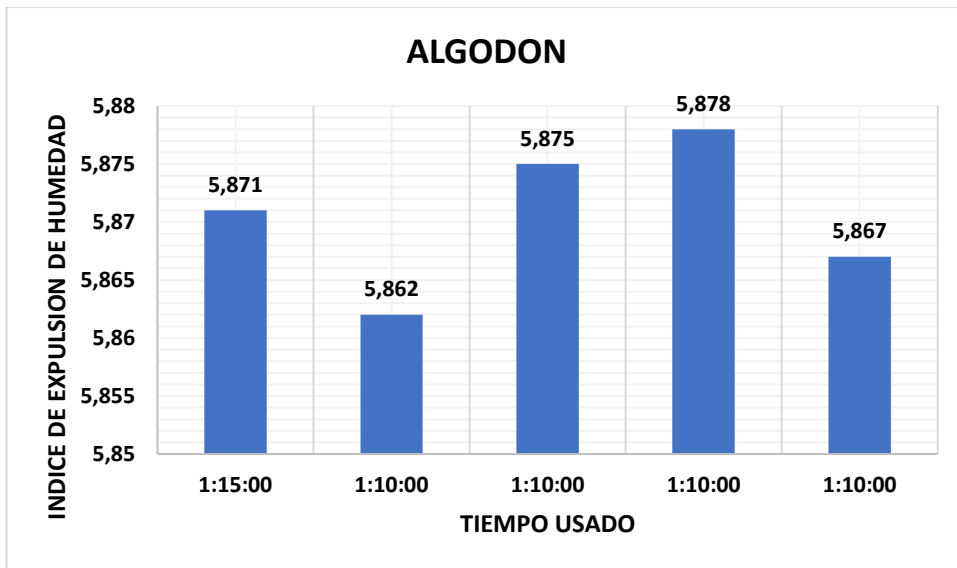


Figura 34 Valores comparativos del índice de expulsión de humedad en muestras de algodón

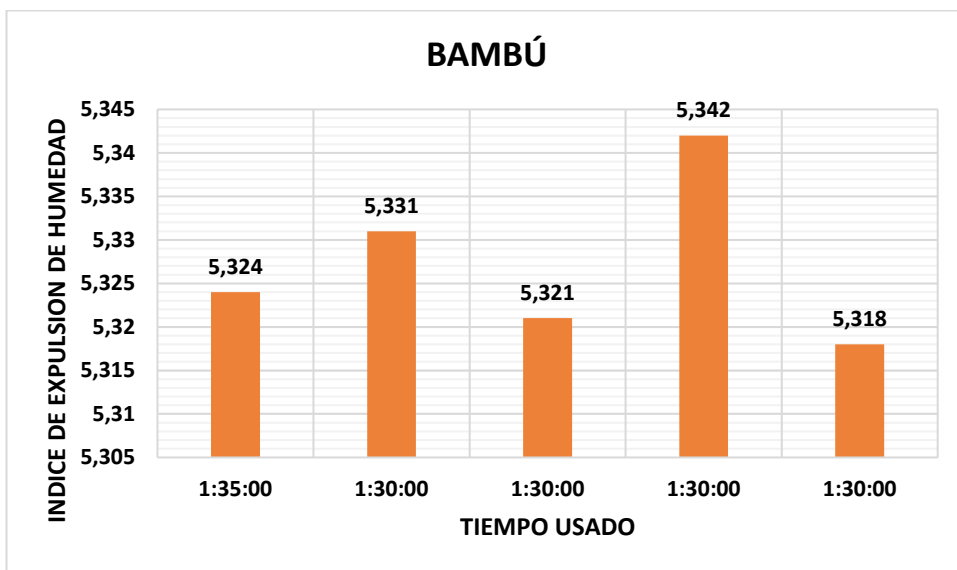


Figura 35 Valores comparativos del índice de expulsión de humedad en muestras de bambú.

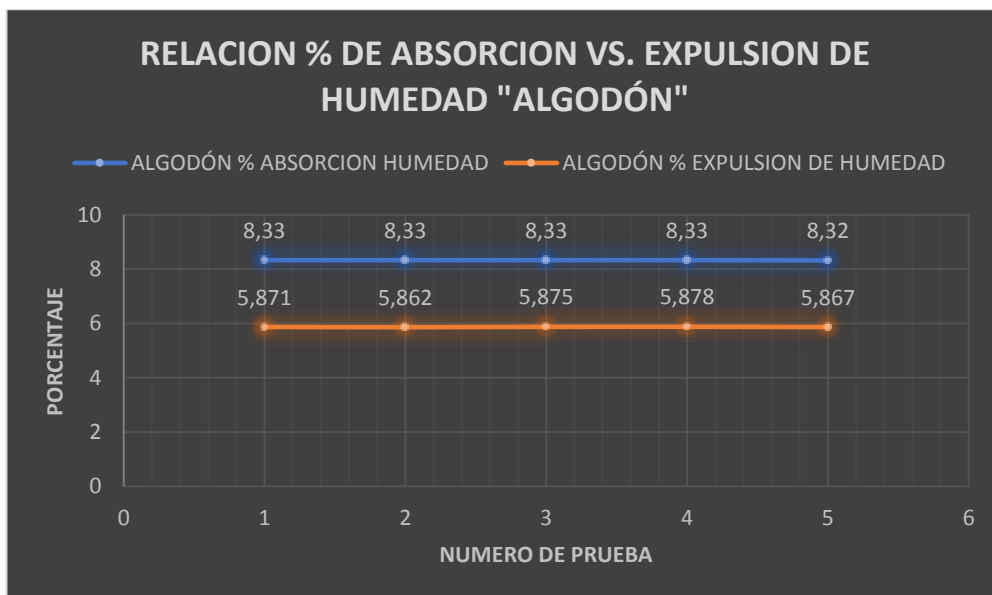
Como observamos las figuras 34 y 35, detallamos el % de expulsión de humedad tanto en las 5 muestras de algodón como en las 5 muestras de bambú respectivamente, podemos ver que existe un mayor porcentaje de expulsión de humedad en las fibras de algodón en un 9,25%.



En cada muestra el porcentaje perteneciente a cada fibra no varía en gran cantidad con relación a cada una de ellas, en lo que podríamos deducir que el nivel de expulsión de humedad fue casi homogéneo tanto en las pruebas realizadas al algodón como a la del bambú.

**7.2.4 Relación entre el índice de absorción de humedad (Parte #1) vs el índice de expulsión de humedad (Parte #2) en las fibras de algodón.**

	ALGODÓN	
	% ABSORCIÓN DE HUMEDAD	% EXPULSIÓN DE HUMEDAD
PRUEBA 1	8,33	5,871
PRUEBA 2	8,33	5,862
PRUEBA 3	8,33	5,875
PRUEBA 4	8,33	5,878
PRUEBA 5	8,32	5,867



*Figura 36* Relación % de absorción de humedad Vs. % de expulsión de humedad en fibras de Algodón.

En la figura 36 podemos observar que en las cuatro primeras pruebas realizadas a las fibras de algodón el porcentaje de absorción de humedad son las mismas, es decir un

8,33% y su % de expulsión de humedad de cada una de ellas son distintas con una pequeña diferencia en los decimales. Caso similar con la quinta prueba, ya que su diferencia de datos tanto en absorción y expulsión de humedad es mínima.

Podemos observar que el algodón absorbe de acuerdo con su media un 99,97% de humedad y expulsa la humedad con respecto a su media el 70,47 % de humedad.

### 7.2.5 Relación entre el índice de absorción de humedad (Parte #1) vs el índice de expulsión de humedad (Parte #2) en las fibras de bambú.

	BAMBÚ	
	% ABSORCION HUMEDAD	% EXPULSION DE HUMEDAD
Prueba 1	6,68	5,324
Prueba 2	6,69	5,331
Prueba 3	6,68	5,321
Prueba 4	6,68	5,342
Prueba 5	6,69	5,318

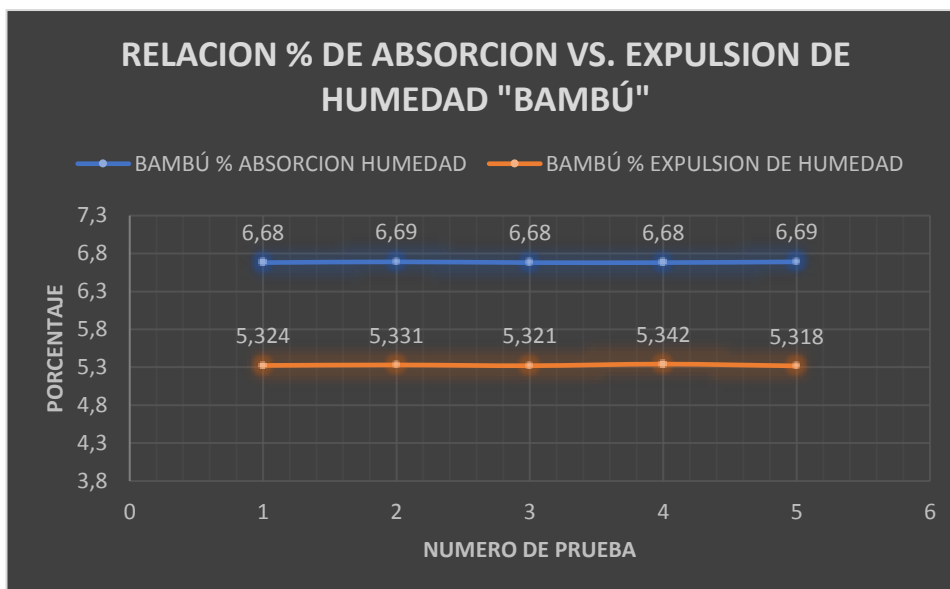


Figura 37 Relación % de absorción de humedad Vs. % de expulsión de humedad en fibras de Bambú.

Como podemos apreciar en la figura 37, el % del índice de absorción de humedad en las fibras de bambú es menor en comparación con las fibras de algodón, y a su vez el % de expulsión de humedad también es menor. Podemos observar que el bambú de acuerdo con su media absorbe humedad un 80,26% en relación con el algodón y que a su vez expulsa humedad un 79,67%.

### 7.2.6 Relación entre el índice de absorción de humedad (Parte #1) vs el índice de expulsión de humedad (Parte #2) en las fibras de algodón y bambú.

	ALGODÓN		BAMBÚ	
	% ABSORCIÓN HUMEDAD	% EXPULSIÓN DE HUMEDAD	% ABSORCIÓN HUMEDAD	% EXPULSIÓN DE HUMEDAD
Prueba 1	8,33	5,871	6,68	5,324
Prueba 2	8,33	5,862	6,69	5,331
Prueba 3	8,33	5,875	6,68	5,321
Prueba 4	8,33	5,878	6,68	5,342
Prueba 5	8,32	5,867	6,69	5,318

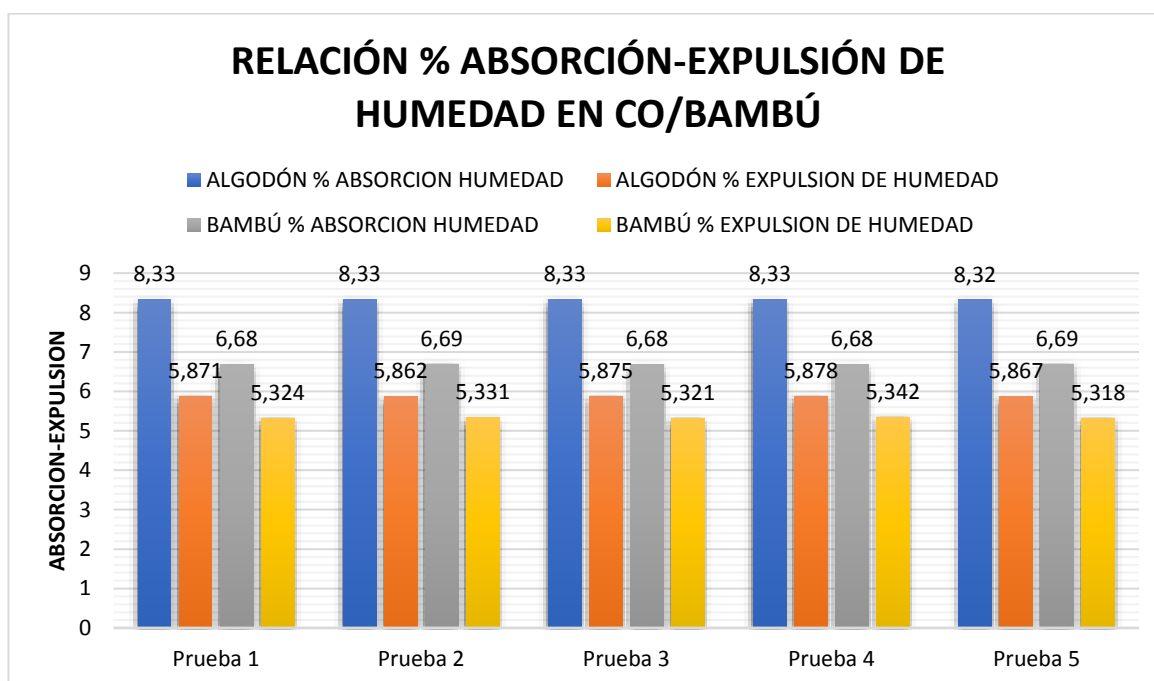


Figura 38 Relación % de absorción de humedad Vs. % de expulsión de humedad en fibras de Algodón vs. Bambú.

En la figura 38 podemos apreciar la relación tanto de absorción y expulsión de humedad en las fibras de algodón y bambú. Mediante esta relación, gracias a los porcentajes obtenidos tanto de la primera parte (absorción vertical de humedad) como la segunda parte (tiempo de secado) se logró unir estos datos y obtener un solo resultado para determinar así su transpirabilidad. Como podemos apreciar claramente las barras de color azul representan el % de absorción de humedad del algodón en la cual en todas las 5 pruebas es superior a la absorción en la fibra de bambú (barras color gris), lo mismo sucede con las barras de color naranja la cual representa el % de expulsión de humedad en las fibras de algodón siendo estas también superior en todas las 5 pruebas con respecto a la fibra de bambú (barras color amarillo).

Las comparaciones con los índices tanto de absorción como de expulsión de humedad en las fibras de algodón y bambú permitieron establecer que, la fibra de algodón tiene una mejor capacidad de absorción de humedad que el bambú y a su vez la fibra de algodón tiene la capacidad de expulsar humedad en menor tiempo que el bambú. Por lo que se puede decir al unir estos dos datos que el algodón tiene mejor transpirabilidad que el bambú en un 19,69% lo que se refiere a absorción y un 9,25% en cuando la expulsión de humedad.

### **7.3 Escala de suma constante de los índices de absorción y expulsión de humedad para determinar la transpirabilidad del algodón vs. Bambú**

	ALGODÓN		BAMBÚ	
	% ABSORCIÓN HUMEDAD	% EXPULSIÓN DE HUMEDAD	% ABSORCIÓN HUMEDAD	% EXPULSIÓN DE HUMEDAD
MEDIA	8,328	5,87	6,684	5,327

A continuación, mediante la escala de suma constante determinaremos cuál de las fibras algodón o bambú tiene una mejor transpirabilidad. El siguiente cuadro está dividido en dos opciones en donde daremos un valor 50/50 a cada una dependiendo el % de sus medias tanto en el % de absorción y % de expulsión de humedad en las fibras de algodón y bambú.

Tomando como referencia las medias de los % de absorción y evaporación de humedad, procedemos a sacar las siguientes reglas de tres para poder establecer un valor igual o menor a 50 en cada ítem establecido para determinar la transpirabilidad.

- En el caso del % de absorción del algodón, si las 5 pruebas hubieran obtenido el mismo valor la media sería 8,33 dando a entender que está a su absorción máxima es decir al 100%. Pero como en una prueba se obtuvo un valor distinto su media fue de 8,328 y a partir de esto procedemos a sacar el % total de absorción de nuestra media obtenida y a su vez la media 6,684 obtenida en la absorción de la fibra de bambú

#### **Absorción de humedad:**

- Algodón	- Bambú
$8,33 \rightarrow 100\%$	$8,33 \rightarrow 100\%$
$8,328 \rightarrow x = \underline{99,97\%}$	$6,684 \rightarrow x = \underline{80,24\%}$

#### **Expulsión de humedad:**

- Algodón	- Bambú
$8,33 \rightarrow 100\%$	$8,33 \rightarrow 100\%$
$5,87 \rightarrow x = \underline{70,46\%}$	$5,327 \rightarrow x = \underline{63,94\%}$

La fibra de algodón absorbió un 99,97% de humedad y la fibra de bambú un 80,24%.  
En cuando a la expulsión de humedad la capacidad del algodón en expulsar su humedad es

del 70,46% y del bambú el 63,94%. Una vez calculada la capacidad total de absorción y expulsión de humedad tanto del algodón como del bambú procedemos a calcular el valor 50/50 puntos que corresponde a cada % calculado.

**Absorción de humedad:**

<b>- Algodón</b>	<b>- Bambú</b>
100% → 50 puntos	100% → 50 puntos
99,97% → x = <u>49,985 puntos</u>	80,24 → x = <u>40,12 puntos</u>

**Expulsión de humedad:**

<b>- Algodón</b>	<b>- Bambú</b>
100% → 50 puntos	100% → 50 puntos
70,46% → x = <u>35,23 puntos</u>	80,24% → x = <u>31,97 puntos</u>

Una vez calculada su valoración tanto para absorción como expulsión de humedad procedemos a hacer la siguiente suma en el cuadro demostrado a continuación:

*Tabla 37 Escala de transpirabilidad del algodón y bambú.*

RESPUESTAS PROMEDIO DE LAS PRUEBAS DE ABSORCION Y EXPULSION DE HUMEDAD EN ALGODÓN VS. BAMBÚ			
	<b>MEDIA</b>	<b>ALGODÓN</b>	<b>BAMBÚ</b>
% Absorción Humedad	8,328 (Co)	49,98	40,12
	6,684 (Bambú)		
% Expulsión Humedad	5,87 (Co)	35,24	31,97
	5,327 (Bambú)		
Suma de atributos		<b>85,22</b>	<b>72,09</b>
Diferencia de error		14,78	27,91
<b>TOTAL</b>		<b>100</b>	<b>100</b>

Como podemos ver en nuestra escala, la suma total del % de absorción y expulsión de humedad en el algodón se obtuvo un puntaje de 85,22 puntos, y en la suma total del % de absorción y expulsión de humedad en el bambú se obtuvo un puntaje de 72,09 puntos.

Mediante el análisis de esta escala da a conocer lo siguiente:

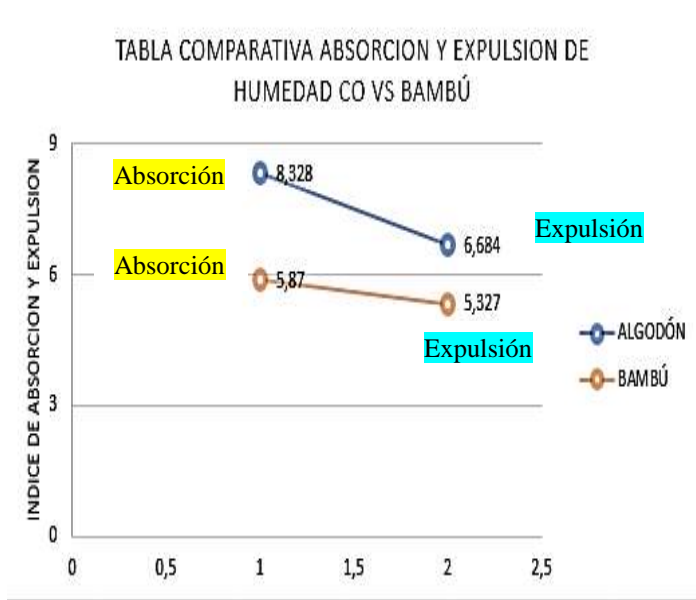
- La transpirabilidad consiste en la absorción y expulsión de humedad, por ende, la transpirabilidad del algodón mediante la escala calculada es de 85,22%.
- En cuanto a la transpirabilidad del bambú mediante la escala es de un 72,09%.

#### 7.4 Tablas y gráficos con respecto a su media de absorción y expulsión de humedad y % con respecto a la escala anterior (Tabla 37).

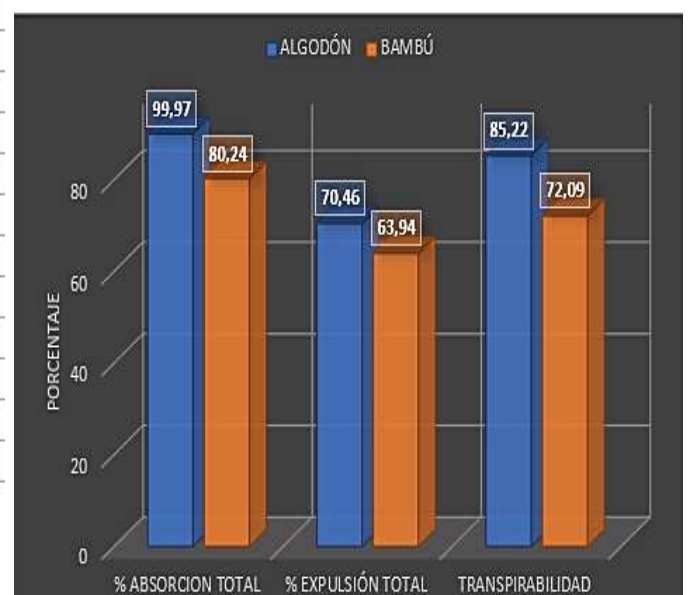
A continuación, se detalla en una sola tabla los valores finales obtenidos durante el proceso del estudio de la transpirabilidad entre fibras de bambú y algodón:

**Tabla 38** Tabla general final de las pruebas de transpirabilidad de las fibras de algodón y bambú.

	<b>MEDIA (Norma 197 – 199)</b>		<b>ESCALA</b>		<b>SUMA CONSTANTE</b>
	% ABSORCIÓN	% EXPULSION	% ABSORCION TOTAL	% EXPULSIÓN TOTAL	TRANSPIRABILIDAD
ALGODÓN	8,328	6,684	99,97%	70,46%	85,22
BAMBÚ	5,87	5,327	80,24%	63,94%	72,09



**Figura 40** Cuadro comparativo de medias del índice de absorción y expulsión de humedad de algodón y bambú.



**Figura 39** Análisis comparativo del % total de absorción y expulsión en base a la escala de suma y puntaje con respecto a la transpirabilidad

## CAPITULO VIII

### 8 Conclusiones y recomendaciones.

#### 8.1 Conclusiones

De acuerdo con las condiciones en las cuales se desarrolló de esta investigación, así como, los datos obtenidos mediante las pruebas realizadas para el estudio de la transpirabilidad, en este caso en dos partes, la primera que correspondió en la absorción vertical de textiles y la segunda en el tiempo de secado (método analizador de humedad), en las fibras de bambú y algodón, se llegó a establecer las siguientes conclusiones:

- Mediante este trabajo elaborado exitosamente se logró realizar un análisis comparativo tanto el porcentaje del índice de absorción de humedad como el porcentaje del índice de expulsión de humedad entre las fibras de bambú y algodón, teniendo como base en la primera prueba la Norma AATCC 197- ABSORCIÓN VERTICAL DE TEXTILES, y en la segunda prueba la Norma AATCC 199-TIEMPO DE SECADO (Método analizador de humedad), tal y como se detalla en la **Tabla 38** . Haciendo una comparación entre las dos fibras, y uniendo los resultados expulsados en estas pruebas realizadas, se revelaron que tanto en el índice de absorción de humedad como el índice de expulsión de humedad la fibra de algodón es superior en comparación a la fibra de bambú, por lo que podríamos afirmar que la fibra de algodón tiene mejor transpirabilidad.
- Con el test de normalidad a las que fueron sometidos los datos tanto de absorción vertical de humedad como la expulsión de humedad en las muestras de algodón y bambú previamente descruadas; se comprobó que estos superaron la prueba de Jaque-Bera JB, con valores superiores a 0,05 de p(normal); por lo



que, se estableció que los datos obtenidos en las pruebas de absorción y expulsión de humedad tienen una confiabilidad aprobada para someterlos a cualquier análisis estadístico.

Los valores promedios calculados a partir de las medias de cada uno de los datos obtenidos en las pruebas de absorción y expulsión de humedad y a su vez los porcentajes de índice de absorción y expulsión en cada una de las dos fibras analizadas se concluye que:

En el caso de la primera parte del estudio de la transpirabilidad, se procedió a realizar pruebas de absorción de humedad en sentido vertical en las fibras de bambú y algodón, muestras las cuales estaban descrudadas con lo que se concluyó a lo siguiente:

- Con respecto a la media de la distancia de absorción (mm), la fibra de algodón tiene el valor de 149,92 mm, mientras que en la fibra de bambú 120,34 mm, lo que significa que el algodón logro absorber mayor cantidad de agua, ambas fibras sometidas a 30 min de prueba cada una, tiempo establecido según la Norma AATCC 197.
- En cuanto al coeficiente de variación, la cual expresa cuan disperso están los datos de su media es, para la fibra de algodón 0,056% y para el bambú un 0,126%. Estos datos demuestran que la dispersión de la distancia de absorción de humedad en las fibras de algodón es más homogénea con respecto a las fibras de bambú en un 0,07 %.
- Con respecto al segundo dato obtenido en esta primera prueba, la media del índice de absorción de humedad, la fibra de algodón tiene el valor de 8,328% y la fibra de bambú un 6,684% lo que significa que las fibras de algodón tienen mayor índice de absorción en un 19,74%.

- En cuanto a su coeficiente de variación, que expresa la dispersión de los valores obtenidos, es del 0,054% para la fibra de algodón y 0,082% para la fibra de bambú. Esto demuestra que el índice de absorción de humedad en el algodón es más homogéneo que la fibra de bambú en un 0,028%.

En el caso de la segunda parte del estudio de la transpirabilidad, se procedió a realizar pruebas de tiempo de secado de humedad, obteniendo como parámetros el tiempo empleado para el secado, el % de agua evaporada y el peso final en estado seco en las fibras de bambú y algodón, con lo que se concluyó a lo siguiente:

- Con lo que respecta en la media del tiempo empleado en el proceso de secado, el valor para la fibra de algodón es de 74 minutos y para la fibra de bambú un valor de 91 min. Analizando este dato podemos manifestar que, para el proceso de secado de humedad, el tiempo de secado fue menor en las fibras de algodón a comparación del bambú siendo esto una característica muy importante en el estudio de la transpirabilidad.
- En cuanto a su coeficiente de variación, tenemos para el algodón un 3,02% de dispersión, y para el bambú un 2,46%. Debido a que en esta prueba queremos demostrar en sí, cuál de estas dos fibras ocupa menos tiempo de secado, el valor de la dispersión es inversa, entonces tenemos que, la fibra de algodón es más homogénea que el algodón en un 0,56%.
- Con respecto a la media de la cantidad de agua evaporada tenemos, para la fibra de algodón un valor del 5,87 ml y para el bambú un valor de 5,33 ml. Esto demuestra que la fibra de algodón logro evaporar mayor cantidad de agua en un periodo de tiempo más corto a comparación de la fibra de bambú en un 9,25%.

- Y con respecto a su coeficiente de variación la cual expresa la dispersión de los valores obtenidos, es de 0,11% para la fibra de algodón y 0,18% para la fibra de bambú. Por lo que nos demuestra que existe menor dispersión en los valores del algodón y por ende es más homogéneo en un 0,07%.

Haciendo una relación del porcentaje del índice de absorción y expulsión de humedad en la fibra de algodón y bambú, se establece lo siguiente:

- Las fibras de algodón lograron absorber humedad hasta la distancia señalada (15 cm) y en el tiempo establecido (30 min), y esto ocurrió en las 5 pruebas que se realizó, en comparación con las fibras de bambú. Como apreciamos en nuestra **Figura 38** la fibra de algodón es superior en cuanto a su % de absorción, pero eso no quiere decir que el bambú no tuvo un excelente % de absorción, al contrario, esta fibra también tuvo % de absorción muy cercano al del algodón.
- Con respecto al % de expulsión de humedad, las fibras de algodón lograron expulsar humedad en un tiempo mínimo al del bambú. Apreciando de igual manera en la figura 38, el % de expulsión de algodón fue superior al % de expulsión del bambú.

Finalmente se concluye que el estudio de la transpirabilidad al ser su principal función la del absorber y expulsar humedad, y gracias a esta investigación podemos afirmar que la fibra de algodón fue superior tanto en la absorción de humedad como en la evaporación de esta con respecto a la fibra de bambú, no en una diferencia enorme, pero si en una mínima que afirma que el algodón tiene mejor transpirabilidad que el bambú.

Por lo que se puede decir al unir estos dos datos que el algodón tiene mejor transpirabilidad que el bambú en un 19,69% lo que se refiere a absorción y un 9,25% en cuando la expulsión de humedad.

En base al cuadro de escala mediante la suma de valores para la absorción y expulsión de humedad en las fibras de algodón y bambú se puede deducir que existe mayor transpirabilidad en la fibra de algodón en un 85,22%, en cambio la transpiración del bambú es de un 72,09%.

## **8.2 Recomendaciones**

- Los resultados de este trabajo generan pautas para realizar otras investigaciones; como, por ejemplo, el uso de agua distinto al agua desionizada o con algún colorante ya que influiría en si la tensión superficial del líquido a usar en los resultados.
- Es recomendable realizar este proceso con muestras descrudadas, ya que en una muestra sin descruar podría afectar varios factores como es la presencia de grasa propia de la fibra e incluso de maquinarias posteriores, basura, polvo entre otras las cuales afectan en cierto modo el proceso alterando sus resultados.
- Para que los resultados no tengan una variación brusca se recomienda realizar el mismo proceso en las dos fibras, por ejemplo, si se va a realizar el proceso de descruce se recomienda que se realicen en el mismo baño puesto que puede varían factores importantes. De la misma manera se recomienda que tanto el proceso de absorción y expulsión de humedad las dos fibras a analizar tengan las mismas condiciones de trabajo.
- Asegurarse que las fibras a analizar sea 100% puras, es decir 100% algodón y 100% bambú ya que si son fibras con algún tipo de mezclas con fibras diferentes podría alterar los resultados.

- En cuanto al proceso de secado se recomienda mantener la temperatura establecida por la norma base, ya que si se aumenta o disminuye podría alterar los valores dando como resultados datos totalmente falsos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acequilabs Ltda. (2007). *Acequilabs Ltda.* Obtenido de <https://acequilabs.com.co>
- Alonso, F. J. (2015). *Manual Control de Calidad en Productos Textiles y Afines.*  
Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería Química Industrial  
y Medio Ambiente, Madrid.
- Angela, G. S. (s.f). *STUDYLIB.* Obtenido de <http://studylib.es/doc/7783881/fibras-textiles--universidad-tecnologica-del-peru>
- Anónimo. (s.f). Propiedades Físicas. *OEIDRUS Baja California, 5.*
- Araiza, C. (11 de junio de 2013). *Urban Bamboo.* Recuperado el 26 de mayo de 2017, de <http://urban-bamboo.blogspot.com/>
- ATI Corporation. (s.f.). *ATI Advanced Testing Instruments.* Obtenido de James Heal.
- Bamboo Clothing Ltd. (2005). *BAM Bamboo Clothing Ltd.* Obtenido de Datos del bambú:  
<https://bambooclothing.co.uk>
- Bambro Textile Co., L. (2003). *Bambro Textile Co., Ltd.* Obtenido de <http://www.bambrotex.com>
- BambroTex. (2007). *BambroTex.* Obtenido de La fibra de bambú De BambroTex:  
[http://www.bambrotex.com/showroom\\_fiber.htm](http://www.bambrotex.com/showroom_fiber.htm)
- Biotactex Sociedad Limitada. (s.f). *Biotactex Sociedad Limitada.* (Biotactex, Productor)  
Recuperado el 26 de Mayo de 2017, de <http://www.biotactex.com>
- Carrera, G. E. (2015). *Caracterización de tejidos. Principales ensayos físicos para evaluar*  
(Vol. I). Terrassa: Creative Commons.

Carrillo, D. (Junio de 2010). *Diagnóstico del Sector Textil y de la Confección*. Instituto Nacional de Estadística y Censo. Recuperado el 14 de junio de 2017, de <http://www.uasb.edu.ec/UserFiles/381/File/TEXTIL.pdf>

COMITE CONSULTIVO INTERNACIONAL DEL ALGODON. (20 de noviembre de 2012). *Configurando la Sostenibilidad en la Cadena de Valor Algodonera*. Obtenido de <http://icac.org>.

Cortés, R. G. (2012). Fibras naturales y fibras artificiales de bambú. *Bio Bambú*, 1-3. Obtenido de <http://www.bambumex.org>

Cotton Usa. (24 de Enero de 2016). *Blog Cotton - Fashion*. Recuperado el 26 de Mayo de 2017, de Beneficios de la ropa deportiva en algodón: <http://www.cottonusalatino.com>

Fuentes, G. I., Moreno, F. M., Peña, T. C., & Tarazona, V. L. (2016). *El bambú, innovación en el sector textil peruano*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Facultad de Negocios. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10757/618276>

Gil Solís, A. (2011). *Fibras textiles*. Lima-Perú, Perú: Imprenta Grupo IDAT.

González, D. (23 de Febrero de 2015). *Taconeras Trends*. Recuperado el 26 de mayo de 2017, de Moda-Los beneficios del algodón en tu ropa interior: <http://trends.taconeras.net/>

Gutiérrez Gonzales, M. (2011). *Factor de corrección por contenido de humedad para la resistencia a tensión paralela a la fibra de la guadua Angustifolia Kunth*. Maestría

en Ingeniería, Universidad Nacional de Colombia , Facultad de ingeniería  
Departamento de ingeniera civil y agrícola , Bogotá-Colombia.

IDEAS. Iniciativas de Economía Alternativa y Solidaria. (Mayo de 2005). El sector del algodón y la industria textil. *El sector del algodón y la industria textil*, 57.  
Córdoba: IDEAS. Recuperado el 21 de Junio de 2017

Lockúan, F. (2013). *La Industria Textil y su Control de Calidad. Fibras Textiles*. Obtenido de  
[https://ia801708.us.archive.org/21/items/II.LITYSCDC\\_201305/II.%20La%20industria%20textil%20y%20su%20control%20de%20calidad.pdf](https://ia801708.us.archive.org/21/items/II.LITYSCDC_201305/II.%20La%20industria%20textil%20y%20su%20control%20de%20calidad.pdf)

Londoño, X., & Clark, L. (2004). DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO. En *DISTRIBUCION, MORFOLOGIA, TAXONOMIA, ANATOMIA, SILVICULTURA Y USOS DE LOS BAMBUES DEL NUEVO MUNDO*. Popayan.

López, L. F., & Correal, J. F. (16 de febrero de 2009). ESTUDIO EXPLORATORIO DE LOS LAMINADOS DE BAMBÚ GUADUA ANGUSTIFOLIA COMO MATERIAL ESTRUCTURAL. *Maderas, Ciencia y Tecnología*, XI(3), 171-182.  
Recuperado el 15 de Junio de 2017

Loza, G. M. (2013). *Argentina Bambú Tex S.A Proyecto productivo ecológico*. Proyecto Profesional, Universidad de Palermo, Facultad de Diseño y Comunicación, Buenos Aires-Argentina. Recuperado el 14 de Junio de 2017, de  
[http://fido.palermo.edu/servicios\\_dyc/proyectograduacion/archivos/2405.pdf](http://fido.palermo.edu/servicios_dyc/proyectograduacion/archivos/2405.pdf)

Lucena, M. P., Suarez, A., & Zamudio, I. (29 de julio de 2009). Desarrollo de un material compuesto a base de fibra de bambú para aplicaciones aeronáuticas. *Revista*



*Latinoamericana de Metalurgia y Materiales (RLMM)*, S1(3), 1105-1114.

Obtenido de [www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html](http://www.polimeros.labb.usb.ve/RLMM/home.html)

Martínez, G. M. (2015). *Bambú como material estructural: Generalidades, Aplicaciones, y Modelización de una Estructura Tipo*. Universitat Politècnica de València, ESCOLA TÈCNICA SUPERIOR D'ENGINYERIA. Valencia: Universitat Politècnica de València.

Mejía, A. F. (1980). *Blogger*. Recuperado el 23 de mayo de 2017, de Textiles Inteligentes - Prendas para todos los climas:  
<http://programadetextilizacion.blogspot.com/2016/02/capitulo-15-textiles-inteligentes.html>

Mercedes, J. R. (2006). *Guía Técnica Cultivo del Bambú*. Santo Domingo. República Dominicana.

Moreno L, E., Trujillo, E. E., & Osorio, L. R. (Mayo de 2007). Estudio de las características físicas de haces de fibra de guadua angustifolia. *Scientia et Technica Año X(34)*, 613-617.

Norma, H., Jane, S., & L., L. A. (1990). *Manual de los Textiles*. México D.F: Ciencia y Tecnología.

Programa Algodón. (1999). *La Clasificación del Algodón*. Departamento de Agricultura de los EE.UU, Washintong D.C. Recuperado el 15 de Junio de 2017

Quintero, L., Cruz, J., García , A., Londoño, A., & Negrete, J. (s.f). *Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de*.

Suzhou Shenboo Textile Co., L. (2007). *Suzhou Shenboo Textile Co., Ltd*. Obtenido de <http://www.kongfi.com/new2.htm>

- Toasa Tapia, F. M. (2010). *Reorganización Del Proceso de Producción y Seguridad Industrial en el Área de Tejeduría de la Fábrica Textil "La Internacional"*. Tesis de grado, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo , Facultad de Mecánica, Riobamba. Recuperado el 15 de Junio de 2017
- Villegas Pita , S. E. (2012). *OPTIMIZACIÓN DE LA FASE DE JABONADO EN LA TINTURA DE ALGODÓN 100% CON COLORANTES REACTIVOS MEDIANTE LA EVALUACIÓN Y SELECCIÓN DE UNA FÓRMULA TÉCNICAMENTE DESARROLADA*. Tesis pre-grado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra. Recuperado el 15 de Junio de 2017
- Zurita, L. M. (2012). *Desarrollo de textiles técnicos en laboratorio con características adecuadas para utilizar en la elaboración de zapatos de lona, en la fábrica textiles industriales s.a.* Tesis pregrado, Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Ibarra.

## ANEXOS

### 8.3 ANEXO A. EQUIPO Y MÁQUINAS UTILIZADAS EN LA INVESTIGACIÓN

Horno incubador



Balanza Electrónica



### 8.4 ANEXO B. PROCESO DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD. PRUEBA #1

Preparación de las muestras Co y Bambú



Proceso de absorción de humedad



Medición de la distancia de agua absorbida



### 8.5 ANEXO C. PROCESO DE TIEMPO DE SECADO DE HUMEDAD. PRUEBA #2

Preparación de muestras Co y Bambú



Sumergir 1min en agua las muestra de Co-Bambú



Proceso de suspensión durante 5 min para eliminar exceso de agua. CO y bambú



Pesaje en húmedo Co y Bambú



Aplicación de agua calculada para cada fibra



Colocación de las muestras aplicadas el agua en el horno encubados a 37°C

