



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA  
ELÉCTRICA**

**Determinación de las propiedades mecánicas de las fibras de pseudotallo de plátano  
Cavendish**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniero Mecánico Electricista**

**AUTOR:**

Br. Gonzáles Alarcón, Yoni (ORCID: 0000-0001-5674-3215)

**ASESOR:**

Dr. William Fernando Villareal Albitres (ORCID: 0000-0003-1743-6014)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Modelamiento y simulación de sistemas electromecánicos

**CHICLAYO – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

Dedico este proyecto de tesis a Dios y a mis padres. A Dios por darme la oportunidad de estar en este mundo, por ayudarme a terminar este proyecto, gracias por darme las fuerzas y el coraje para hacer este sueño realidad, a mis padres y hermanos por brindarme su apoyo incondicional y apoyarme en los momentos más difíciles. Y también a todos los Docentes que me brindaron sus conocimientos en mi formación profesional, durante la carrera universitaria.

**Yoni Gonzáles Alarcón.**

## **Agradecimiento**

El presente trabajo agradezco a Dios por ser mi guía y acompañarme en el transcurso de mi vida, brindándome paciencia y sabiduría para culminar con éxito mis metas propuestas. A mis padres por ser mi pilar fundamental y haberme apoyado moral y económicamente, pese a las adversidades e inconvenientes que se presentaron durante mi carrera profesional.

**Yoni González Alarcón.**

Página del jurado

0598



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

El Fedatario de la Universidad César Vallejo  
DA FE: FILIAL CHICLAYO  
Que es copia fiel del documento original  
Chiclayo, 18 DE DICIEMBRE 2019  
UCV  
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
Dr. Roger A. Rodríguez Ravelo  
FEDATARIO



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO  
*Dante Omar*  
Mg. Dante Omar Panta Carranza  
Coordinador de Escuela Ingeniería Mecánica Eléctrica

ACTA DE SUSTENTACIÓN

En la ciudad de Chiclayo, siendo las 10:00 horas del día 18 de diciembre de 2019, de acuerdo a lo dispuesto por la Resolución de Carrera Profesional N° 206-2019-UCV-EPIME, de fecha 12 de diciembre, se procedió a dar inicio al acto protocolar de sustentación de la tesis: "DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO CAVENDISH", presentada por el Br. Gonzáles Alarcón Yoni con la finalidad de obtener el Título de Ingeniero Mecánico Electricista, ante el jurado evaluador conformado por los profesionales siguientes:

- **Presidente** : Mg. Dante Omar Panta Carranza
- **Secretario** : Dr. Daniel Carranza Montenegro
- **Vocal** : Mg. Edilbrando Vega Calderon

Concluida la sustentación y absueltas las preguntas efectuadas por los miembros del jurado se resuelve:

Aprobado por unanimidad

Siendo las 11:00 horas del mismo día, se dio por concluido el acto de sustentación, procediendo a la firma de los miembros del jurado evaluador en señal de conformidad.

Chiclayo, 18 de diciembre de 2019

Mg. Dante Omar Panta Carranza

Presidente

  
Dr. Daniel Carranza Montenegro  
Secretario  
Mg. Edilbrando Vega Calderon  
Vocal

## Declaratoria de autenticidad

### DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Yoni Gonzáles Alarcón, estudiante de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, identificado con DNI N° 47797876 con el trabajo de investigación titulado:

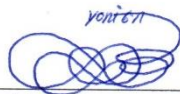
#### **DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO CAVENDISH.**

**Declaro bajo juramento que:**

- 1) El trabajo de investigación es mi autoría propia.
- 2) Se ha respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes utilizadas. Por lo tanto, el trabajo de investigación no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
- 3) El trabajo de investigación no ha sido auto plagiado; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
- 4) Los datos presentados en los resultados son reales, no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados y por lo tanto los resultados que se presentan en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De identificarse la falta de fraude (datos falsos), plagio (información sin citar autores), autoplagio (presentar como nuevo algún trabajo de investigación propio que ya ha sido publicado), piratería (uso ilegal de información ajena) o falsificación (representar falsamente las ideas de otro), asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normalidad vigente de la Universidad César Vallejo.

Chiclayo 05 de Agosto del 2019



Yoni Gonzáles Alarcón  
DNI: 47797876

## Índice

<b>Dedicatoria</b> .....	<b>ii</b>
<b>Agradecimiento</b> .....	<b>iii</b>
<b>Página del jurado</b> .....	<b>iv</b>
<b>Declaratoria de autenticidad</b> .....	<b>v</b>
<b>Índice</b> .....	<b>vi</b>
<b>Índice de figuras</b> .....	<b>ix</b>
<b>Índice de tablas</b> .....	<b>x</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>xi</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xii</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Realidad problemática .....	1
1.1.1. Nivel internacional .....	1
1.1.2. Nivel nacional .....	4
1.1.3. Nivel local .....	7
1.2. Trabajos previos .....	7
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	10
1.3.1. Material compuesto .....	10
1.3.2. Materiales compuestos reforzados con fibras .....	11
1.3.3. Matrices plásticas para compuestos .....	12
1.3.4. Fibras vegetales - lignocelulósicas .....	12
1.3.5. Características de las fibras naturales .....	12
1.3.6. Composición química de fibras lignocelulósicas .....	13
1.3.7. Fibra de pseudotallo de plátano .....	16
Fuente: (Torres, 2013) .....	16
1.3.8. Tratamientos químicos de fibras vegetales .....	17
1.3.9. Moldeo por compresión .....	21
1.3.10. Ensayo de tracción .....	22
1.4. Formulación del problema .....	22

1.5.	Justificación del estudio .....	22
1.6.	Hipótesis .....	23
1.7.	Objetivos.....	23
<b>II.</b>	<b>MÉTODO .....</b>	<b>25</b>
2.1.	Diseño de investigación.....	25
2.2.	Operacionalización de variables .....	25
2.3.	Población y muestra .....	27
2.3.1.	Población .....	27
2.3.2.	Muestra a ensayar .....	27
2.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad .....	28
2.4.1.	Técnicas .....	28
2.4.2.	Instrumentos .....	28
2.4.3.	Descripción del experimento .....	30
2.4.4.	El procedimiento experimental.....	31
2.4.5.	Validez y confiabilidad.....	35
2.5.	Métodos de análisis de datos .....	36
2.5.1.	Técnicas estadísticas de evaluación.....	36
2.6.	Aspectos éticos .....	36
<b>III.</b>	<b>RESULTADOS .....</b>	<b>37</b>
3.1	Obtención fibras de pseudotallo de plátano por proceso extracción manual .....	37
3.2	Determinar diámetros de fibras de pseudotallo de plátano .....	37
3.3	Determinar el porcentaje de obtención de fibras de pseudotallo de plátano.....	39
3.4	Gráficos carga versus desplazamiento (ASTM D3379).....	39
<b>IV.</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>44</b>
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES .....</b>	<b>47</b>
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES .....</b>	<b>48</b>
	<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>49</b>

<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>
<b>Acta de aprobación de originalidad de tesis.....</b>	<b>63</b>
<b>Reporte de turnitín .....</b>	<b>64</b>
<b>Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional ucv .....</b>	<b>65</b>
<b>Autorización de la versión final del trabajo de investigación.....</b>	<b>66</b>



## Índice de figuras

<b>Figura 1.</b> Corte seccional de fibra lignocelulósica .....	2
<b>Figura 2.</b> (a) Vestido de Tarkhan, confeccionada en Lino - Museo Petrie de Arqueología Egipcia de Londres, (b) Caballito de totora de 3500 años de antigüedad .....	3
<b>Figura 3.</b> Evolución del uso de las fibras vegetales (lignocelulósicas), inicialmente como fibras y actualmente como refuerzo en compuestos.....	6
<b>Figura 4.</b> Obtención de fibras vegetales .....	11
<b>Figura 5.</b> Curvas de $\sigma$ - $\epsilon$ de compuestos reforzados con fibras.....	11
<b>Figura 6.</b> Estructura y componentes de una fibra natural.....	14
<b>Figura 7.</b> Estructura molecular de celulosa.....	14
<b>Figura 8.</b> Estructura molecular de Lignina .....	15
<b>Figura 9.</b> Mercerización de fibras.....	18
<b>Figura 10.</b> Estructura típica de fibras (i) sin tratar (ii) fibra mercerizada.....	19
<b>Figura 11.</b> Moldeo por compresión .....	21
<b>Figura 12.</b> Modelo de probeta para ensayo de tracción .....	28
<b>Figura 13.</b> Equipo de ensayo universal utilizado.....	29
<b>Figura 14.</b> Microscopio estereoscópico digital Euromex.....	30
<b>Figura 15.</b> Recolección de pseudotallos de plantaciones .....	32
<b>Figura 16.</b> Proceso de separación de capas de Pseudotallo de plátano .....	32
<b>Figura 17.</b> Proceso de remojo de Pseudotallo de plátano.....	33
<b>Figura 18.</b> Obtención de fibras de pseudotallo de plátano .....	33
<b>Figura 19.</b> Fibras extraídas y secas.....	33
<b>Figura 20.</b> Determinación de diámetros y de acabado superficial de fibras .....	34
<b>Figura 21.</b> Partes del equipo universal de ensayos.....	35
<b>Figura 22.</b> Curvas masa versus desplazamiento de ensayo de tracción de fibras de pseudotallo de plátano .....	41
<b>Figura 23.</b> Comparación de datos presentados en la tabla 10. Carga, Tensión, % de alargamiento y módulo de elasticidad reportados durante ensayos a tracción .....	42
<b>Figura 24.</b> Preparación de muestras a ensayar .....	55
<b>Figura 25.</b> Obtención de las muestras para ensayo de tracción.....	56
<b>Figura 26.</b> Evaluación microscópica de fibras de pseudotallo de plátano .....	57
<b>Figura 27.</b> Preparación de equipo de ensayo a tracción.....	58
<b>Figura 28.</b> Proceso de toma de datos del ensayo a tracción .....	59

## Índice de tablas

<b>Tabla 1:</b> Composición química de fibras naturales .....	15
<b>Tabla 2.</b> Fibras naturales versus fibras de vidrio .....	16
<b>Tabla 3.</b> Composición química de fibra de Pseudo tallo de plátano .....	16
<b>Tabla 4.</b> Propiedades físicas de fibra de Pseudo tallo de plátano .....	16
<b>Tabla 5.</b> Parámetros de la mercerización .....	20
<b>Tabla 6.</b> Operacionalización de variables .....	26
<b>Tabla 7.</b> Datos de diámetros de fibras después del proceso de extracción manual .....	38
<b>Tabla 8.</b> Porcentajes de recuperación de fibras a partir de pseudotallo de plátano .....	39
<b>Tabla 9.</b> Valores máximos de fuerza y desplazamientos reportados en ensayo de tracción sobre fibras de pseudotallo de plátano .....	40
<b>Tabla 10.</b> Valores de esfuerzo y % de alargamiento de las fibras de pseudotallo.....	40

## RESUMEN

En la presente investigación, se determinó, las propiedades de: resistencia máxima en tracción, módulo de rigidez y porcentaje de alargamiento a la ruptura, de fibras de pseudotallo de plátano, de la variedad de *Cavendish*. Para tal objetivo se procedió a la selección de pseudotallo de plátano, extracción manual de fibras mediante previa inmersión en agua, evaluación microscópica de fibras y finalmente los ensayos a tracción de las fibras mencionadas (ASTM D 3379). De los resultados obtenidos podemos mencionar que, el proceso de obtención de fibras, por inmersión en agua y posterior extracción manual, es un método que genera poco daño superficial de fibras; se determinó además la variabilidad de longitudes de las secciones transversales de las fibras evaluadas; los ensayos a tracción realizados a las fibras obtenidos revelaron la alta variabilidad de los valores de propiedades mecánicas a obtener, ello debido a la naturaleza propia de las plantas (condiciones ambientales, tipo de terreno de cultivo, etc.). Para la determinación de la resistencia máxima en tracción promedio, se consideró el valor promedio de las secciones transversales de las fibras, además se consideró que las secciones son de forma circular, de esta forma se determinó la resistencia máxima a la tracción promedio fue de 1238.25 MPa; el porcentaje de alargamiento a la ruptura mínimo fue de 1.33%; mientras que, en el caso de los valores del módulo de rigidez en tracción, el valor mayor reportado en los ensayos fue de 3038.80 MPa.

**Palabras claves:** Fibras lignocelulósicas, resistencia en tracción, pseudotallo de plátano.

## ABSTRACT

In the present research, the properties of: maximum tensile strength, modulus of rigidity and percentage of elongation at rupture, of pseudostem plantain fibers, of the Cavendish variety were determined. For this purpose, pseudostem selection of banana was selected, manual extraction of fibers by previous immersion in water, microscopic evaluation of fibers and finally tensile tests of the mentioned fibers (ASTM D 3379). From the results obtained we can mention that, the process of obtaining fibers, by immersion in water and subsequent manual extraction, is a method that generates little surface damage of fibers; In addition, the variability of the lengths of the cross sections of the evaluated fibers was determined; The tensile tests carried out on the fibers obtained revealed the high variability of the values of mechanical properties to be obtained, due to the nature of the plants (environmental conditions, type of cultivation terrain, etc.). For the determination of the maximum resistance in average traction, the average value of the cross sections of the fibers was considered, in addition it was considered that the sections are of circular shape, in this way the average maximum tensile strength was determined to be 1238.25 MPa; the percentage of elongation at the minimum rupture was 1.33%; while in the case of tensile stiffness modulus values, the highest value reported in the tests was 3038.80 MPa.

**Keywords:** Lignocellulosic fibers, tensile strength, banana pseudostem.

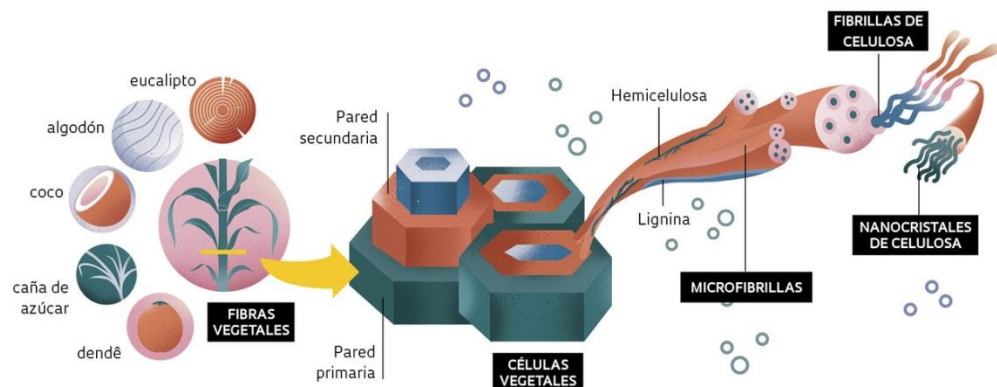
## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

#### **1.1.1. Nivel internacional**

La industria del plástico consume tradicionalmente cargas para disminuir el costo de producción (talco, carbonato de calcio, mica), además usan refuerzos para incrementar su potencial de uso en el rubro de ingeniería, los refuerzos tipo fibra comunes son la fibra de vidrio y en algunos casos la de carbono, de esta manera sus valores de propiedades de diseño se incrementan, ello depende de factores como, tipo de matriz, tipo de refuerzo, cantidad de refuerzo, mecanismo de adherencia, proceso de obtención, entre otras, las fibras sintéticas mencionadas, no son biodegradables, siendo una preocupación actual su disposición final. Por otro lado, surge como alternativa poco estudiada, las fibras naturales (kenaf, banano, lino, yute, coco, entre otras), las cuales son renovables, de bajo costo, baja densidad y de propiedades específicas atractivas comparables con las sintéticas, aunque en su estado natural, tienen alta tendencia a absorber la humedad del ambiente, lo cual hace poco atractivo su uso de forma natural en los sectores industriales, pues esto es causal de poca adherencia entre la matriz y el refuerzo, lo cual a su vez disminuye la posibilidad de la transferencia de carga y por ende se corre el riesgo de no ser un refuerzo efectivo; este inconveniente puede ser salvado con tratamientos de superficie de las fibras naturales, con la intención de disminuir su naturaleza hidrofílica y hacerlo de mayor compatibilidad con la matriz, de esta forma se impulsa el uso de los compuestos reforzados con fibras naturales. Esta tendencia de uso de fibras naturales no es nueva pues precisamente, alrededor de los años ochenta, en Europa y Estados Unidos se desarrollaron varias investigaciones sobre mezclas, aditivos y equipos para la manufactura de productos con materiales compuestos, reforzados con fibras naturales (Forero, 2007 p.8). Según (Velásquez, 2015 p.10), las fibras naturales de origen vegetal, son actualmente una alternativa viable, amigable con el medio ambiente, y de bajo costo, con grandes posibilidades de uso para la industria automotriz, construcción civil, productos de consumo masivo, siendo posibles refuerzos en matrices plásticas (termoplásticos y termoestables), además de matrices cementílicas (cemento, yeso, etc.), logrando en algunos casos propiedades similares a las obtenidas con las fibras sintéticas usadas como refuerzo en materiales compuestos

(fibra de vidrio). El termino fibras se utiliza en aquellos materiales cuya relación entre la longitud y el diámetro es superior a 10, las fibras vegetales se obtienen de diferentes partes de las plantas, así por ejemplo se pueden obtener del tallo (pseudotallo de plátano, tallo de palmeras), fruto (coco, pitahaya), hojas (cabuya, yute), de esta forma todas las plantas tienen opción de proporcionar fibras, sin embargo la facilidad de extracción, tamaño y composición química hacen más atractivas unas de otras, las funciones de las fibras en las plantas es de transporte de agua (altamente hidrofílicas) y de ofrecer rigidez a las mismas de esta manera se evita la curvatura de las plantas, caída de frutos, protección de los mismos. Las fibras vegetales se suelen denominar fibras lignocelulósicas debido a que el compuesto denominado lignina y la celulosa son los de mayor cantidad y de mayor impacto en las propiedades de una fibra vegetal, estos compuestos están íntimamente ligados y forma un solo cuerpo al que llamamos fibra vegetal, la figura 1, indica la forma de la fibra lignocelulósica.



**Figura 1.** Corte seccional de fibra lignocelulósica

El uso de las fibras vegetales no es reciente, pues esta fue la precursora de las fibras textiles de las antiguas civilizaciones desde los egipcios, lo cuales utilizaron la fibra de lino como fibra en la confección de sus trajes de la realeza de aquella época, los sirios, los persas son poblaciones que hicieron suyas las fibras vegetales en el uso de sus trajes, las cuales fueron evolucionando según las necesidades de frío o calor, gustos de cliente, estatus social, muchos de ellos se utilizaron como vestimenta para los entierros de los nobles de las diferentes culturas. En América Latina las fibras vegetales también son de amplio tiempo de uso, siendo las principales aplicaciones las de artesanía y productos de uso diario, así las fibras

vegetales forman parte de la tradición de muchos países de América latina, Perú no es ajeno a esta realidad y el uso de estas fibras se extiende desde la costa hasta la selva, así tenemos en la costa el uso de fibras de totora, en los famosos caballitos de totora, ichu en aplicaciones del altiplano, como aislante térmico en las construcciones de la zona, las fibras de aguaje en la selva en aplicaciones de vivienda y artesanías.



**Figura 2.** (a) Vestido de Tarkhan, confeccionada en Lino - Museo Petrie de Arqueología Egipcia de Londres, (b) Caballito de totora de 3500 años de antigüedad

En la actualidad las aplicaciones de las fibras vegetales vienen ganado terreno en aplicaciones de mediana resistencia y de bajo peso, formado parte de los compuestos de diversas matrices, en el caso particular de las fibras de pseudotallo de plátano, se elabora papel para hacer forros de carteras, para ello se teje las fibras sin procesar para crear artículos a mano como monederos y bolsos del ordenador portátil. Así mismo se elaboran telas hechas de fibras de banano, estas son suaves y flexibles, así como transpirable y absorbente natural, estos tejidos poseen brillo natural, son comparables a menudo con la seda. Además, la fibra de plátano se ve ahora como una alternativa sostenible al algodón y la seda. La fibra de plátano, es casi neutra en carbono (el rastro de carbono para su obtención es cero), también se compara a menudo con el cáñamo y el bambú, por sus propiedades de resistencia mecánica. Por lo que el potencial de uso de las fibras obtenidas del banano es amplio, pero se debe hacer una evaluación de cada tipo para sus posibles usos y de esta forma obtener el máximo beneficio de estas. (Vivian, 2017 p.5). El potencial de las fibras se viene evaluando en aplicaciones de paneles de cemento y yeso, pues las fibras vegetales tienen alta capacidad de aislamiento térmico y acústico, también se viene evaluando el uso en aplicaciones con termoplásticos en aplicaciones de impresión 3D, en este último caso permitirá incrementar los valores de resistencia máxima en tracción, módulo de rigidez de las matrices

ampliando enormemente su potencial uso en aplicaciones como prótesis, prótesis de bajo costo a comparación de las actuales prótesis de metales. Otro campo de evaluación es de las autopartes en las cuales se utiliza resinas como matrices, lo cual indica que en este caso se debe evaluar con rigor la adherencia con las matrices de este tipo, pues de esta forma el potencial de propiedades se puede alcanzar siendo útil en las aplicaciones de ingeniería. (Hernández, 2015 p.3).

### **1.1.2. Nivel nacional**

En el Perú el uso de los refuerzos tipo fibra ha ganado campo en aplicaciones automotrices pasando desde protectores de espejos de autos, espejos retrovisores de buses, interiores y exteriores de microbuses y buses interprovinciales, carrocerías de motos no lineales, juegos de recreación, recipientes de lavado, jacuzzi, GRC, solo esta última aplicaciones está reglamentada para el uso de paneles en construcción civil y donde la fibra de vidrio es lo común para usar, sin embargo en las otras aplicaciones no están reglamentadas los criterios de resistencia a obtener, lo ha generado bajos valores de resistencia en este tipo de productos, así las fibras vegetales pueden competir de igual a igual con las piezas que fueron obtenidas con fibras de vidrio, generando un nicho de mercado no explotado hasta la fecha y de gran impacto en las diversas regiones de nuestro país. (Palomino, 2018). La variedad de climas y microclimas permite que las regiones de nuestro país sean propicios para plantaciones de todo tipo y de todas las variedades, esta es la razón por la que, en todas las regiones tenemos potenciales de uso de fibras vegetales, así por ejemplo caña de azúcar, totorales, piña, plátano, entre otros en la costa, yute, cabuya, ichu, lino en la sierra, palmeras, aguaje, coco en la selva son algunas de las potenciales fibras vegetales que cada región podría aprovechar para industrializar y mejorar la calidad de vida de los agricultores de estos cultivos; en particular las fibras vegetales obtenibles de plantaciones de plátano se obtienen del pseudotallo de plátano, el cual posee altos valores de rigidez debido a su uso natural (forma parte del tallo de la planta), esta fruta viene siendo sembrada en altas cantidades debido a la alta demanda del mismo tanto para el consumo interno y externo, así en este sentido, el crecimiento de la producción de plátano según (Maxine, 2015), se daría por los siguientes factores. En primer lugar existe un aumento en la producción de banano orgánico



en Piura con destino a los Estados Unidos de América, además en muchos lugares de Europa; por otro lado, en nuestro país, se ha logrado un mayor control de plagas, siendo estas plagas causantes de la tala y eliminación de plantaciones de plátano, en muchas hectáreas de cultivo lo cual va es desmerito del agricultor. Un tercer factor que favorece el consumo y demanda del plátano, es la siembra como cultivo alternativo, con apoyo de entidades del estado en las regiones como San Martín, Huánuco y Ucayali. Es oportuno también mencionar el incremento de la demanda de plátano bellaco (variedad cultivada para la elaboración de chifles y harina de plátano); y el alto impulso del consumo del banano orgánico del tipo Cavendish Valery por parte de países como Holanda, EEUU, Alemania y nuevos mercados europeos.

Finalmente no podemos dejar de mencionar el creciente aumento de la conciencia ecológica y el cuidado del planeta, siendo la tendencia a reemplazar los productos sintéticos por naturales, los cuales se consideran de menor impacto ambiental de características renovables, que generen beneficio socio/ económico, en este sentido la posibilidad de fibras lignocelulósicas, es de suma importancia para el desarrollo de nuestras regiones y nuestro país, los beneficios de las fibra vegetales ya fueron mencionadas en párrafos anteriores, sin embargo el conocimiento de las propiedades mecánicas, físicas y químicas de estas no es del todo claro, pues a pesar de las investigaciones realizadas hasta la fecha debemos de recordar que existe una alta variabilidad de las características de estas, debido a la forma de cultivo, formas de extracción de fibras, variedad condiciones climáticas, variedad de especies, entre otras, por lo que el intento de uso de estas fibras debe de ser inicialmente evaluada según las condiciones mencionadas, por lo que la investigación de estas está justificada. (Culquichicon, 2017 p. 25-35). El presente trabajo brindara la oportunidad de obtener propiedades mecánicas de fibras de plátano (pseudotallo), en este caso de una variedad de la zona norte de Perú, los datos se utilizarían como criterios de uso de estas fibras y posible refuerzo en compuestos de matriz termoestable (resina poliéster), pues a la fecha es poco la investigación de este tipo de fibra y su potencial de aplicación tanto en el ámbito nacional como el internacional.

## EVALUCION DE USOS DE FIBRAS LIGNOCELULOSICAS



**Figura 3.** Evolución del uso de las fibras vegetales (lignocelulósicas), inicialmente como fibras y actualmente como refuerzo en compuestos

### **1.1.3. Nivel local**

A nivel local, solo se tiene reportes de uso de fibras vegetales o lignocelulósicas a modo de artesanías, usos generales como cuerdas, sombreros, entre otros; siendo aún insuficiente el conocimiento y caracterización de estas fibras, respecto a las propiedades físicas, químicas y mecánicas de las mismas, lo cual aportaría a tener datos referenciales para su posterior uso en aplicaciones de ingeniería; hasta la fecha de edición del presente documento, no se tiene información de trabajos de investigación similares en la ciudad de Chiclayo.

### **1.2. Trabajos previos**

(Cubillas, 2007 p.15), elaboró un compuesto de medianas y altas prestaciones mecánicas: uso como matriz polimérica el polietileno de alta densidad (HDPE) y como refuerzo fibra de sisal (fibra natural); los compuestos se elaboraron por el proceso de vacío y compresión. Los valores de resistencia al corte fueron el rango de 1,5 – 2,58 MPa convirtiéndose de esta forma, en una alternativa como nuevo material para los plásticos reforzados de nuestro medio.

(Gómez, 2009 p.7-8), tuvo como objetivo, desarrollar un compuesto reforzado con fibras naturales que cumpla con las propiedades mecánicas para competir de igual a igual con los compuestos de fibra de vidrio convencionales, en aplicaciones no estructurales. Concluyeron en este caso, que las fibras lignocelulósicas pueden ser utilizadas como material de refuerzo en materiales compuestos de matriz plástica, en aplicaciones no estructurales, recomendaron un valor de módulo de rigidez menor a 2.500 MPa; por otro lado, las fibras tratadas con hidróxido de sodio, muestran mejores propiedades mecánicas en comparación con la matriz sin refuerzo; este hallazgo, demostró que las fibras vegetales funcionaron como refuerzo dentro del compuesto.

(Venkateshwaran, et al., 2012 p.12-13), realizó tratamiento con NaOH a diferentes concentraciones (0,5%, 1%, 2%, 5%, 10%, 15% y 20%); del trabajo mencionado se determinó que las fibras tratadas al 1% de NaOH en los compuestos reforzados de matriz termoplástica, su resistencia mecánica en tracción, es superior a los valores de las fibras no tratadas; además en el presente

trabajo se reportó que el aumento de la concentración de NaOH causa daños en la superficie de la fibra, esto genera la disminución de propiedades mecánicas del compuesto de matriz plástica. A la concentración de 1% NaOH se genera un incremento del 50% en las propiedades a tracción del compuesto en comparación con los compuestos reforzados con fibras sin tratar en promedio.

(Badrinath & Senthilvelan, 2014 p.3), el trabajo desarrollado en este caso, sirvió para determinar y comparar dos fibras naturales (sisal y plátano) como posibles refuerzos en una matriz epoxica; las fibras (sisal y plátano) se sumergieron en una solución al 5% de hidróxido de sodio durante 4 horas, se procedió a secado y posterior ensayo a tracción, de los resultados y su comparación, se determinó que la orientación de la fibra a 0°/360°C del compuesto sisal/epoxi llegaron a obtener en promedio 55,6 MPa, mientras que a 90° el resultado fue de 26 MPa. Así mismo, los compuestos con fibra de pseudotallo de plátano/epoxi, llegaron a obtener un valor de resistencia a la tracción de 32,5 MPa promedio y para el caso de las fibras de pseudotallo plátano de tipo unidireccionales continuo, el valor fue de 20 MPa.

(Kabir, et al., 2013 p.5), logro determinar en su trabajo de investigación, las propiedades a tracción de las fibras vegetales de cáñamo, para ello realizó comparaciones entre diversos tratamientos superficiales. Los tratamientos con NaOH y agentes de acople tipo silanos se realizaron para obtener la llamada modificación química superficial de fibras. Las fibras se trataron con una solución de NaOH en concentraciones de 4, 6, 8 y 10% relación p/v. Los resultados del trabajo demostraron que la resistencia en tracción de las fibras tratadas fue ligeramente menor que las fibras no tratadas y esto se debería a la elevada concentración de NaOH utilizada en este caso, generando des lignificación excesiva y fragilidad de fibras.

(Benítez, et al., 2012 p.14), su trabajo de investigación en el área de fibras naturales, permitió evaluar el efecto del tratamiento de mercerización con diversas concentraciones de NaOH, en este caso 1M y 3M. El tratamiento se realizó en dos temperaturas de inmersión, a temperatura ambiente y a 80°C, los mejores términos

de propiedades mecánicas, se obtuvo a 1N, mientras que a 3 N no se mejoró el comportamiento mecánico, también se sustenta la posibilidad de daño agresivo a las fibras y fragilidad de las mismas.

(López, 2014 p.15), logro determinar la resistencia del compuesto en flexión, según la norma de ensayo ASTM C1185-08. Los mayores valores de resistencia se obtuvieron a 45% de cemento, 55% lodos de papel y 15% de bentonita sódica, siendo la resistencia a la flexión mayor de 10,9 MPa; de esto se concluye que este compuesto tendría aplicaciones como revestimiento de construcción civil, como tejas, lozas, paneles y cubiertas para techos, de esta forma se demostró el efecto benéfico de los lodos de papel.

(Lady, 2014 p.1), logró elaborar y caracterizar bio compuestos reforzados con fibra del pseudotallo de plátano, los ensayos realizados tenemos los de impacto y tracción. En este caso las fibras fueron tratadas químicamente con NaOH, debido a ello se obtuvo disminución de diámetros, reducción de la resistencia promedio a la tracción de las fibras tratadas; ello debido al incremento de la rigidez de las fibras.

(Muhammad, 2017 p.12), desarrollo compuestos de matriz polimérica reforzada con fibras naturales de desechos agroindustriales (fibras de pseudotallo de plátano), las fibras fueron tratadas alcalinamente (5% en peso de NaOH); la elaboración de los compuestos se realizó variando los porcentajes en pesos de fibra (desde 5% hasta 20%); la medición de los cambios se evaluó según la norma ASTM D638-14; de los datos finales se concluye que el valor máximo de resistencia en tracción fue de 43.5 MPa (20% en peso de fibra), lo cual demuestra el beneficio que se logra con los tratamientos de superficie de fibras en casos donde estos se controlan y se evita la deslignificación excesiva.

(Rodríguez, 2017 p.5-8), el trabajo desarrollado permitió la evaluación y comparación de los efectos del tratamiento de mercerizado y silanización en fibras de pseudotallo de plátano, la concentración de NaOH fue de 30 g/l durante 40 minutos, a 5°C, en el caso de silanización se utilizó el agente de acople

denominado trimetoxivinilsilano al 1.5% v/v durante 1 hora de inmersión a temperatura ambiente, se evaluó en este caso también el porcentaje de peso (15, 25 y 30%) de fibras en una matriz plástica. Las pruebas de absorción de energía, se realizó según la norma ISO 179-1, de los datos obtenidos, se concluye: el tratamiento de mercerizado y silanizado, incrementan la resistencia al impacto siendo el valor máximo obtenido de 53.45 KJ /m<sup>2</sup>, (25% en peso de fibra).

(Culquichicon, 2017 p.35), en el trabajo de investigación desarrollado, pudo determinar y explicar el efecto de la concentración del agente de acople tipo silano y el porcentaje en peso de fibras de pseudotallo de plátano, sobre la resistencia en tracción de un compuesto de matriz plástica, de los datos obtenidos podemos concluir que los valores de resistencia a la tracción de los compuestos se obtuvieron con fibras de pseudotallo de plátano tratadas por mercerización – silanización (2.0 % v/v de trimetoxivinilsilano), fueron los de mayor cuantía. Resistencia a la tracción de 84.35 MPa (30% peso de fibras).

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Material compuesto**

Es la combinación de dos o más constituyentes que difieren en forma y composición química, además son insolubles entre sí. Presentan dos o más fases, una matriz esta de forma continua y la otra se considera dispersa. Un claro ejemplo de material compuesto en la naturaleza son los músculos, los huesos, las variedades de plantas en su conjunto. Las propiedades mecánicas en el caso de las plantas, son dependientes de la variedad, del clima de crecimiento, de las condiciones del suelo, régimen de riego, de función estructural que cumple en la planta (hojas, tallos, frutos, etc), que, por sus propiedades de uso, podrían ser efectivos refuerzos para plástico reforzados (Granados, 2015, párr. 02).



Figura 4. Obtención de fibras vegetales

### 1. 3. 2. Materiales compuestos reforzados con fibras

Estos materiales son conocidos por sus altas propiedades mecánicas, la fase dispersa lo forman las fibras; por lo que el módulo de elasticidad no cambia con el tamaño del material pues solo depende de la naturaleza de las fuerzas que unen los átomos, la resistencia en tracción si cambia, respecto a la forma de las muestras en especial de las dimensiones de la sección transversal. Las propiedades en los compuestos son generalmente anisotrópicas y varían mucho según la orientación, forma y tamaño de las fibras. (Curso "Ciencia de Materiales", 2005, p. 5).

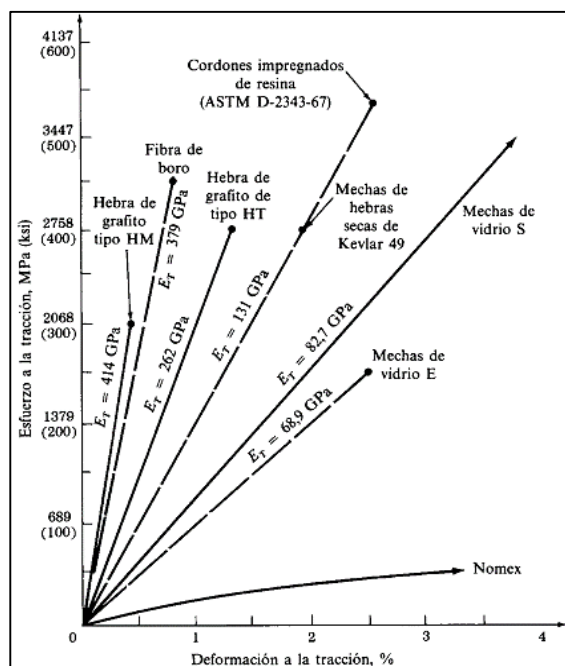


Figura 5. Curvas de  $\sigma$ - $\epsilon$  de compuestos reforzados con fibras

### **1. 3. 3. Matrices plásticas para compuestos**

Los compuestos reforzados con fibras suelen usar matrices plásticas, ya sean termoplásticas o termoestables. Las resinas poliéster son por lo común las matrices de mayor uso en el sector industrial, esto debido a que son de bajo costo, son fáciles de maquinar, de fácil curado a temperatura ambiente (Curso "Ciencia de Materiales", 2005, p. 14). La matriz dentro del compuesto posee las siguientes funciones:

- Transmitir al refuerzo por intermedio de la interface las cargas externas.
- Mantener unión entre fibras.
- Protección de las fibras por desgaste, humedad y ataques químicos.
- Evita el pandeo o deformación de las fibras.
- Otorga el acabado final del compuesto
- Define el proceso a desarrollar a fin de obtener el compuesto.

### **1. 3. 4. Fibras vegetales - lignocelulósicas**

Las fibras de tipo vegetal o denominadas lignocelulósicas poseen celulosa, hemicelulosa y lignina, entre otros componentes químicos de menor cuantía, entre ellos pueden existir cera, proteínas, taninos, ceniza, y hasta sales inorgánicas, el tipo y cantidad de estos dependen de múltiples factores, tales como las condiciones de cultivo, variedad de especie, edad de la misma, clima de zona, régimen de riego, exposición al sol y las formas de extracción de las fibras. (Bledki & Gasan, 2001, párr. 23). El valor de la rigidez específica y el bajo costo de extracción y procesamiento, hacen atractivos estos materiales para aplicaciones en ingeniería.; además de ser sostenibles en el tiempo, pues se pueden sembrar y cosechar, se pueden cultivar en diferentes países del globo, poseen propiedades de aislamiento eléctrico y acústico comparables con similares sintéticos, además de tener posibilidad de reciclaje (Crus Vasañez, y otros, 2010).

### **1. 3. 5. Características de las fibras naturales**

- Baja abrasión durante el uso.
- Alta capacidad de aislamiento térmico y eléctrico.
- Posibilidad de uso con biopolímeros.

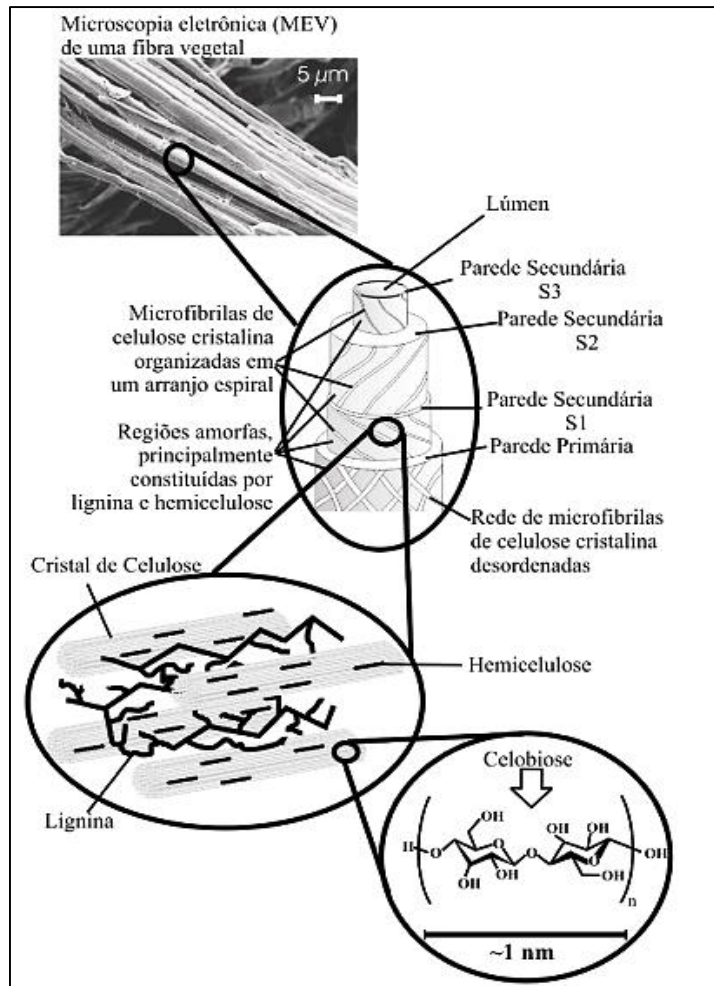


- Baja producción de CO<sub>2</sub> y otros gases tóxicos.
- Alto aislamiento acústico.
- Son altamente biodegradables y renovables en su producción
- Adecuada resistencia en tracción
- Baja densidad
- Menor costo a comparación de la fibra de vidrio.
- No son tóxicas durante su manipulación.

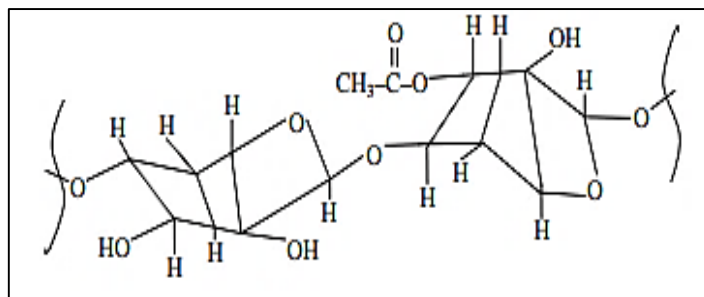
### 1. 3. 6. Composición química de fibras lignocelulósicas

Las fibras vegetales, están compuestas de hemicelulosa, lignina, y celulosa. Un contenido mayor de celulosa conduce a una rigidez superior y por lo tanto, es su potencial como refuerzo alto. (Javaid & Adul, 2011, p. 2).

- **Celulosa:** Es un polímero lineal, formado en su mayoría por glucosa, su fórmula es C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>; logra alcanzar en promedio 5000 unidades de monómeros de glucosa en su longitud de cadena, en la superficie de las mismas se ubica el grupo OH, el cual se enlazan a través de puentes de hidrogeno, de esta forma es impermeable al agua, además de ser fibras compactas y que forman parte de la pared celular de una planta, a la celulosa se le atribuye la resistencia mecánica de las fibras, por lo que su incremento mejora desempeño de fibras. (Corrale, 2002, p. 45).
- **Hemicelulosa:** Polímero de menor peso molecular, forma parte de las paredes de células vegetales, aglutinando a la celulosa, es una molécula lineal ramificada, se une a otras moléculas mediante enlaces débiles o secundarios Corrales, 2002, p. 47). Se le considera un polímero amorfo con poca capacidad de carga, en comparación con celulosa, es hidrofílica, soluble en álcalis, y de fácil descomposición en soluciones acidas. (Sun, Fowler, & Baird, 2004)



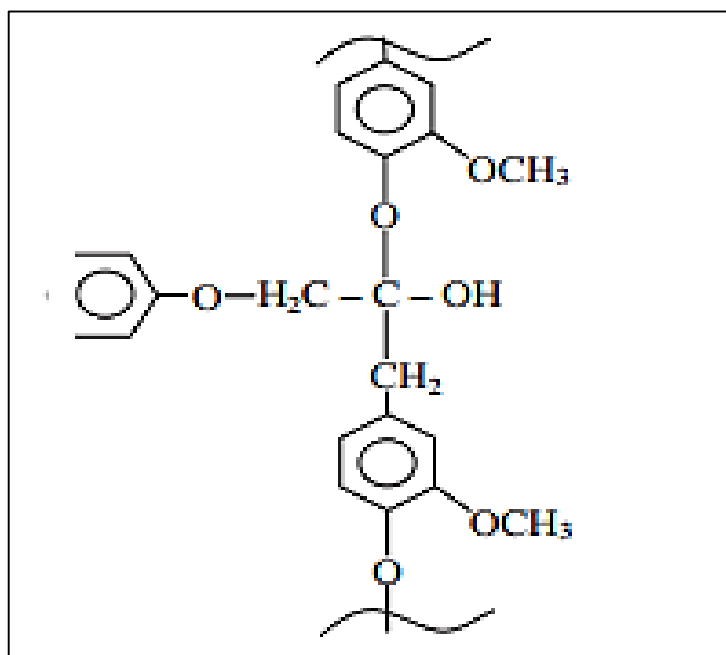
**Figura 6.** Estructura y componentes de una fibra natural



**Figura 7.** Estructura molecular de celulosa

- **Lignina:** Polímero natural desordenado, de mayor complejidad en comparación a la celulosa y hemicelulosa; resiste ataques de microorganismos, impidiendo la penetración de enzimas destructivas en la pared celular, siendo el medio de defensa natural de las plantas en la intemperie; alta estabilidad a los bajos cambios de temperatura, es responsable de la degradación por efectos del sol y sus radiaciones,

es altamente hidrófilico y de alta resistencia a los ataques ácidos.  
(Corrales, 2002)



**Figura 8.** Estructura molecular de Lignina

**Tabla 1:** Composición química de fibras naturales

Nombre de fibras	Celulosa (wt. %)	Lignina (wt. %)	Hemicelulosa (wt. %)	Pectina (wt. %)	Cera (wt. %)	Contenido de humedad (wt. %)
Jute	61 - 71.5	12 - 13	13.6 - 20.4	0.2	0.5	12.6
Lino	71	2.2	18.6 - 20.6	2.3	1.7	10.0
Cáñamo	70.2 - 74.4	3.7 - 5.7	17.9 - 22.4	0.9	0.8	10.8
Ramina	68.6 - 76.2	0.6 - 0.7	13.1 - 16.7	1.9	0.3	8.0
Sisal	67 - 68	8.0 - 11.0	10.0 - 14.2	10.0	2.0	11.0
PALF	70 - 82	5 - 12	-	-	-	11.8
Algodón	82.7	0.7 - 1.6	5.7	-	0.6	33 - 34

Fuente: (Fakirov S, y otros, 2007)

**Tabla 2.** *Fibras naturales versus fibras de vidrio*

Propiedades	Fibras naturales	Fibras de vidrio
<b>Densidad</b>	Bajo	Dos veces más que las F.N
<b>Costo</b>	Bajo	Bajo, pero mayor que las F.N
<b>Renovable</b>	Si	No
<b>Reciclable</b>	Si	No
<b>Consumo de energía</b>	Bajo	Alto
<b>CO<sub>2</sub> neutro</b>	Si	No
<b>Abrasión a maquinas</b>	No	Si
<b>Riesgo de salud</b>	No	Si

Fuente: (Crus, 2014)

### 1. 3. 7. Fibra de pseudotallo de plátano

La fibra que se extrae del pseudotallo de plátano o cuerpo del mismo, se asemeja en estado seco a sus similares de yute (finura, resistencia y flexibilidad), su composición química predomina celulosa, hemicelulosa y lignina; de elevadas propiedades específicas, baja densidad y baja capacidad de absorción de agua además de media resistencia a los agentes de degradación ambientales (Torres, 2013).

**Tabla 3.** *Composición química de fibra de Pseudo tallo de plátano*

Característica	Unidad de medida
Humedad	9.86%
Elongación	Alta
Celulosa promedio	73.50%
Lignina promedio	12.99%
Hemicelulosa promedio	6-8%
Ceras, grasas, resinas	11.79%

Fuente: (Torres, 2013)

**Tabla 4.** *Propiedades físicas de fibra de Pseudo tallo de plátano*

Característica	Unidad de medida
Longitud	3m (max)
Diámetro	0.18-0.20 mm
Propiedades mecánicas	resistente en tracción y torsión
Resistencia al agua	No afecta agua salada
Acción al intemperie	Cambio de coloración (al sol)

Fuente: (Torres, 2013)

### **1. 3. 8. Tratamientos químicos de fibras vegetales**

A pesar de las ventajas mencionadas de las fibras vegetales, sus aplicaciones están limitadas debido su alta capacidad de absorción de agua, baja mojabilidad de plásticos y la enorme dispersión de sus propiedades tanto mecánicas, físicas y químicas, además de que los compuestos con fibras vegetales se inclinan a formar aglomerados o cúmulos de fibras durante el procesamiento en matrices plásticas, debido a ello no se fomenta la correcta dispersión de las fibras en la matriz, ello genera débil adherencia entre la matriz y el refuerzo, de esta forma a fin de superar este inconveniente, se han desarrollado procesos de tratamiento químico para fibras vegetales, las cuales modifican la topografía de la superficie, además de su composición química inicial. Los tratamientos mencionados mejoran la adherencia entre fibra y la matriz, disminuyen la capacidad de absorción de agua; entre algunos compuestos para los tratamientos químicos tenemos, el hidróxido de potasio, hidróxido de sodio, hipoclorito de sodio, silanos, ácido acético, ácido acrílico, anhídrido maleico, permanganato de potasio, etc. (Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review, 2007). Algunos tratamientos pueden ser:

- **Agente de acople - Silanos:**

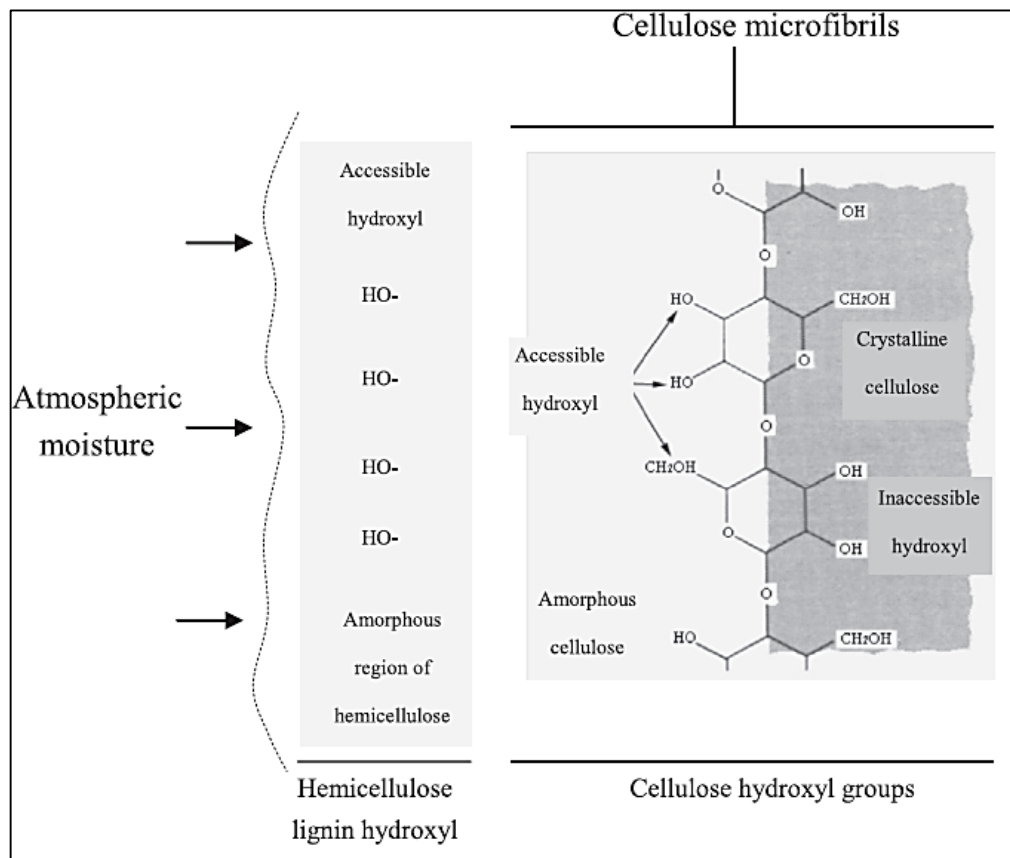
Los silanos se utilizan como agentes de acople los cuales permiten formar enlaces covalentes entre la matriz y el refuerzo. Los agentes de acoplamiento de silano reducen el número de grupos hidroxilo de la celulosa en la interfaz de fibra-matriz por lo que la hidrofiliidad de las mismas disminuye y se logra la mejor esperada en lo que respecta a las propiedades finales del compuesto. (Hazhim, et al., 2012).

- **Anhídrido Maleico**

Agentes de acoplamiento del tipo anhídrido maleico, su efecto esperado es similar al agente de acople tipo silano, siendo su atractivo la capacidad de formación de enlaces covalente en las matrices termoestables, de esta manera se espera la mejora de las propiedades finales del compuesto donde se utilizó, es bajo impacto ambiental, es de bajo costo, se puede utilizar en matrices termoplásticas, con refuerzos tipo fibras y partículas (Hazhim, et al., 2012).

- **Mercerización**

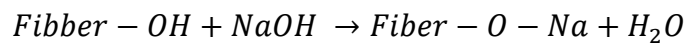
En el proceso de mercerización las fibras vegetales se sumerge en una solución alcalina la cual genera la disolución selectiva de las fibras, para ello se prepara una solución acuosa concentrada con una base fuerte, generalmente de NaOH, la cual genera inicialmente incremento del diámetro de fibra, luego inicia el proceso de disolución de los componentes y posterior intercambio de H de la superficie de las fibras, esto genera cambios en el arreglo de microfibras y polímeros lineales de los compuestos de las fibras.



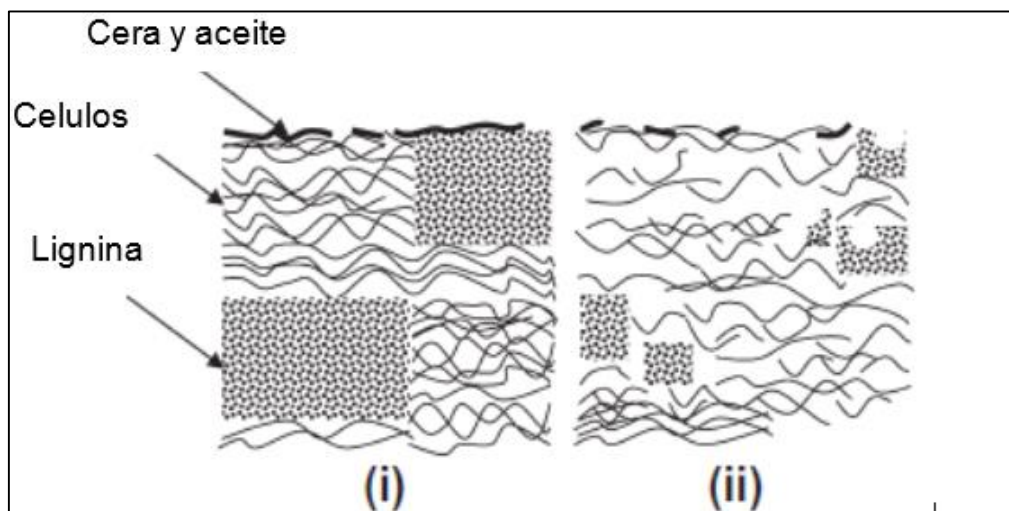
**Figura 9.** Mercerización de fibras

En la figura 9, se observa que los grupos hidroxilo de la región amorfa son libres para interactuar con el medio ambiente, en comparación con las regiones cristalinas que tienen menor acceso. La hemicelulosa y la lignina están siempre en zonas amorfas, los grupos hidroxilo presentes en la región amorfa se pueden combinar fácilmente con las moléculas de agua de la atmósfera, lo que hace de las fibras de alta hidrofiliidad; la hidrofiliidad de estas, dificulta la capacidad para desarrollar

adherencia fibra matriz, con la mayoría de los materiales hidrófobos, como es el caso de los plásticos. (Tensile properties of Chemically treated hemp fibres as reinforcement for composites, 2013). Este tratamiento hidroliza lignina, ceras y aceites de la superficie externa de la pared celular de la fibra y por lo tanto incrementa el contenido de la presencia de celulosa de las fibras. La siguiente reacción se realiza durante el tratamiento con álcali, como es el caso de la mercerización con NaOH. (Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite: A Brief Review, 2012).



Las fibras vegetales contienen los compuestos indicados en la Figura 10; los compuestos no celulósicos pueden ser eliminados por tratamientos alcalinos como el NaOH, lo que afecta la topografía de las fibras y su capacidad de adherencia se mejora por incremento de la rugosidad de la misma. Se ha encontrado que la mercerización cambia la topografía de la superficie de la fibra y se reportó que el diámetro de la fibra disminuía con el incremento en la concentración de NaOH, así, el tratamiento alcalino influye directamente en el grado de polimerización y la eliminación de lignina y hemicelulosa. (Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite: A Brief Review, 2012).



**Figura 10.** Estructura típica de fibras (i) sin tratar (ii) fibra mercerizada

**Tabla 5. Parámetros de la mercerización**

Fibra Natural	Matriz	Parámetros de tratamiento de NaOH			Efecto/Comentarios
		% Concentración	Temp. (°C)	Duración	
<b>Piña, Sisal</b>	Poliéster	5 y 10 %	30	1 h	Hidróxido de sodio al 5% p/v, exceso de pérdida de lignina. Fibra se vuelve más frágil y quebradiza.
<b>Sisal</b>	Poliéster	0.25, 0.5, 1.0, 2.0, 5.0 y 10% w/w	Temperatura ambiente	2 h	El NaOH disminuye densidad de fibra. El tratamiento incrementa rugosidad de fibras.
<b>Cáñamo y Kenaf</b>	Poliéster	6%	19 ± 2	48 h	Disminuye la densidad de fibras, incrementa resistencia en flexión, disminuye en tracción.
<b>Curauá</b>	Resina	5, 10 y 15wt %	Temperatura ambiente	1 h y 2 h	Disminución diámetro de la fibra, densidad de la fibra y resistencia traccion con el aumento de contenido de NaOH
<b>Henequén</b>	HDPE	2% w/v	25	1 h	Aumenta área de contacto y expone celulosa.
<b>Piña</b>	-	2% w/v	95	2 h	Disminución de la resistencia en tracción y módulo de Young, debido a la disminución en el grado de cristalinidad.
<b>Kenaf, lino y Curauá</b>	Epoxy	5%	Temperatura ambiente	1 h	Tratamiento con NaOH disminuyen capacidad de absorción de agua en comparación a fibras no tratadas
<b>Sisal</b>	Caucho natural	0.5, 1, 2 y 4%	Temperatura ambiente	1 h	Fibras tratado con álcali mejora propiedades a tracción del compuesto

Fuente: (Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite: A Brief Review, 2012)



### 1. 3. 9. Moldeo por compresión

El moldeo por compresión en compuestos, se utiliza para matrices termoestables. Cuando estas matrices se someten a calor y presión, disminuyen su viscosidad, para luego en forma gradual se transforman en sólidos, el proceso se llama curado. Los termoestables comunes empleados como matrices son las resinas epoxi, fenólicas, poliésteres, poliuretanos y siliconas (Beltran, y otros, 2013). En el moldeo por compresión (Figura 11) se coloca un molde de alta rigidez y dentro de este los componentes del compuesto a obtener, se cierra y se aplica en forma simultánea calor y presión.

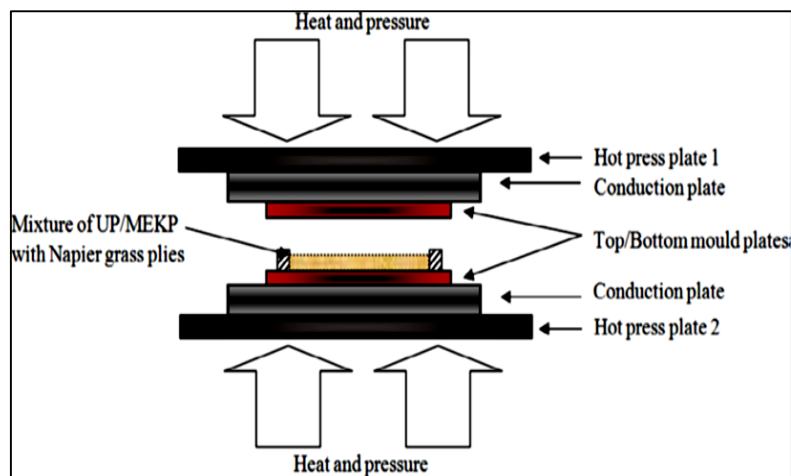


Figura 11. Moldeo por compresión

El proceso de compresión se realiza en las siguientes etapas (Optimizing the delamination failure in bamboo fiber reinforced polyester composite, 2013):

- Apertura del molde
- Preparación del molde
- Cierre del molde y aplicación de presión.
- Aplicación de la presión al molde en caliente y mantenimiento durante el tiempo necesario.
- Extracción de la pieza.

### **1. 3. 10.        Ensayo de tracción**

El ensayo a tracción, está pensado para obtener datos de las propiedades para el control y la caracterización de los materiales dúctiles y medianamente frágiles, los datos que puede reportar son la resistencia máxima a la tracción, tensión de fluencia, porcentaje de alargamiento a la ruptura, módulo de rigidez, estos datos también son útiles para el dimensionamiento y cálculo de resistencia de elementos en servicio en el uso de máquinas o diseños de estructuras. El ensayo a tracción es un ensayo unidireccional, donde el equipo a utilizar registra la fuerza en función del tiempo y de la deformación generada, los datos se emplean en la gráfica de la curva de tensión vs deformación, siendo este un registro del comportamiento de los materiales.

### **1.4. Formulación del problema**

¿Se puede determinar las propiedades mecánicas de las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish?

### **1.5. Justificación del estudio**

#### ***Técnico – tecnológico***

El desarrollo del presente trabajo de investigación será el punto de partida de la investigación del uso de fibras naturales en los diversos sectores industriales de nuestro país, brindará la secuencia de extracción de fibras, elaboración de compuestos reforzados con fibras vegetales, además de obtener datos en tracción, necesario para proceso de diseño de elementos.

#### ***Económico***

El mayor impacto esperado en términos económicos del presente trabajo de investigación, es incrementar las fuentes de ingreso para los agricultores de nuestra región, pues se estaría fomentando el valor agregado a un desecho de cosecha que actualmente tiene un valor cero de reusó, además que podría generar disminución de costos de las empresas que desarrollan trabajos en fibra de vidrio, pues se intenta demostrar la viabilidad de reemplazo de fibras de vidrio por fibras vegetales.

### ***Social***

Se incrementaría la productividad de plátano en Olmos, a causa de saber cuán importante y beneficioso es la fibra de pseudotallo de plátano, por tanto se mejorará la calidad de vida de los pobladores que se dedican a la siembra y cultivo de esta planta, generando nuevos puestos de trabajo y mejores ingresos. Del mismo modo el crecimiento económico en los pobladores se verá reflejado en el crecimiento industrial para la producción de esta fibra, creciendo así demográficamente la ciudad de Olmos. Ello si las autoridades locales, regionales y del gobierno central apuestan por el crecimiento saludable y en equilibrio con el medio ambiente, capacitando en el manejo de los residuos de las cosechas, si se les capacita en procesos de extracción de fibras, entre otras actividades

### ***Ambiental***

En el aspecto ambiental, el presente trabajo propone una alternativa de reducir los desechos agrícolas en el cultivo de plátano, causados por la tala de estas plantas a razón de proliferación de plagas o tiempo de vida de las plantas. El dar un uso a estas fibras sería una opción de tratamientos de residuos sólidos orgánicos. A la vez se está generando un material eco amigable o sostenible con el medio ambiente, según la naturaleza de las fibras de pseudotallo de plátano por ser orgánica, estas se degradan con el tiempo.

### **Problema del investigador**

¿En qué medida se puede determinar las propiedades mecánicas de las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish?

### **1.6. Hipótesis**

Sometiendo las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish a pruebas de tracción se puede medir las propiedades mecánicas.

### **1.7. Objetivos**

#### **1.7.1 Objetivo general**

Determinar las propiedades mecánicas en tracción de las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish.

### **1.7.2 Objetivos específicos**

- Obtener fibras de pseudotallo de plátano por proceso extracción manual
- Determinar los diámetros de fibras de pseudotallo de plátano (mediante observación microscópica)
- Determinar la cantidad de fibras de pseudotallo de plátano obtenibles a partir de los pseudotallos (porcentaje de recuperación de fibras)
- Construir gráficos de fuerza versus desplazamiento, según estándar de ensayo ASTM D3379, para fibras de pseudotallo de plátano.

## **II. MÉTODO**

### **2.1. Diseño de investigación**

El presente trabajo de investigación es tanto básica como experimental, básica porque se sustenta en la teoría de la ley de Hooke, y experimental porque se pretendió explorar las propiedades mecánicas de las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish, aun no conocidas para este tipo de variedad de plátano a juicio del autor.

Además, esta tesis cumple con las características de una investigación cuantitativa por el carácter de su respuesta numérica de datos pudiéndose graficados y tabulados los resultados hallados.

### **2.2. Operacionalización de variables**

Respecto al presente estudio de la operacionalización de las variables no contempla la definición ni análisis de las variables dependientes e independientes puesto que no se pretende hallar el efecto correlatividad entre las variables, toda vez que el objetivo de la presente investigación fue explorar o indagar las propiedades mecánicas de las fibras.

**Tabla 6.** Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición Operacional</b>	<b>Indicador</b>	<b>Escala de medición</b>	<b>Instrumento</b>
<b>Resistencia a la tracción</b>	Relación entre carga externa y área perpendicular que la soporta	Registro de carga aplicada versus área de muestra en función del tiempo	Resistencia tracción	Razón: N/mm <sup>2</sup>	Ficha de registro de datos
<b>Módulo de Rigidez en Tracción</b>	Valor de pendiente de la curva tensión vs deformación	Registro de valores de tensión y deformación en la zona de comportamiento elástico	Módulo de Young	Razón: N/mm <sup>2</sup>	Ficha de registro de datos
<b>Alargamiento hasta ruptura</b>	Capacidad de alargamiento hasta la ruptura	Cociente entre alargamiento total y longitud inicial de fibra	% de alargamiento a ruptura	Razón: $\Delta l/l$ (100)	Ficha de registro de datos

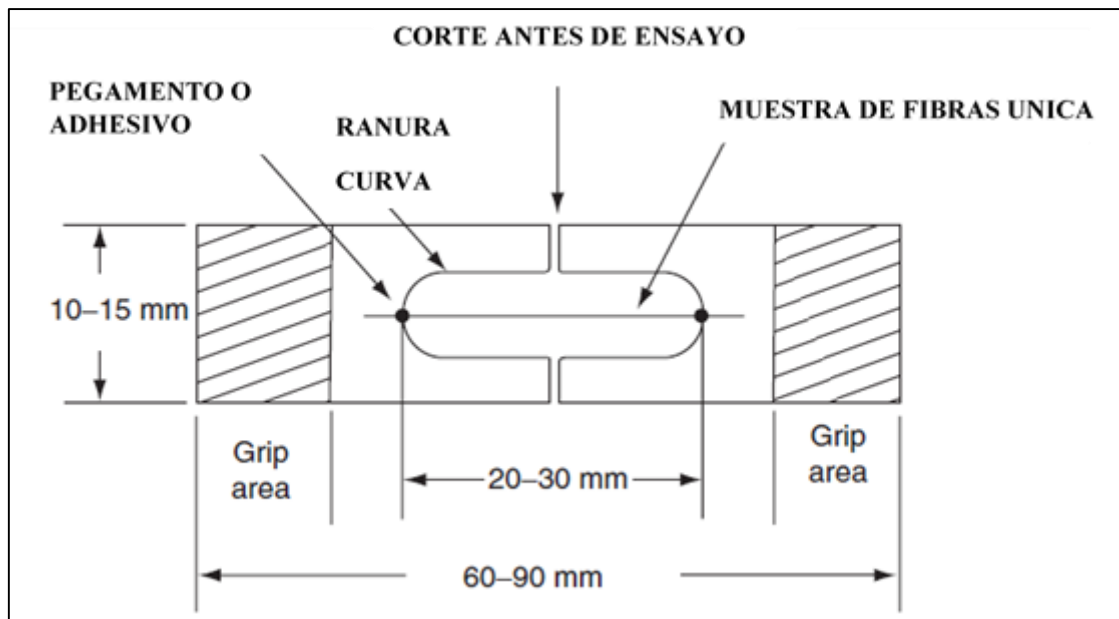
## **2.3. Población y muestra**

### **2.3.1. Población**

Para la determinación de la población se consideró un lote de plantaciones de plátano de donde se cortaron y recolectaron 3 pseudotallos de la (variedad Cavendish de 9 meses de edad) de los campos de cultivo en el distrito de Olmos, provincia de Chiclayo, departamento de Lambayeque. Luego se trasladaron al Laboratorio Materiales Compuestos, de la Escuela de Ingeniería de Materiales de la Universidad Nacional de Trujillo en donde se efectuó el proceso para la extracción de las fibras.

### **2.3.2. Muestra a ensayar**

Las muestras de fibras se obtuvieron del Valle de Olmos, de donde estos se trasladan a la ciudad de Trujillo, los pseudotallo de plátanos se extrajeron después de la cosecha y de plantas que están para poda o se deben de eliminar por contagio de plagas. Para su extracción las fibras se obtuvieron por inmersión en agua por 14 días (1 Kg de pseudotallo / 1 litro de agua); luego se procedió a extraer las fibras por presión manual, las fibras obtenidas se limpiaron (solución de agua y alcohol), luego fueron secados en estufa a 80°C por espacio de 12 horas, finalmente fueron almacenadas en empaques herméticos. Una vez obtenidos las fibras, estos se evaluaron microscópicamente a fin de seleccionar las fibras con menor cantidad de defectos superficiales, estos fueron seleccionados para el ensayo a tracción, para los ensayos mencionados se utilizaron 10 muestras de fibras la muestras en la Figura 12 se detalla las condiciones y medidas para el ensayo atracción de las fibras vegetales. De las investigaciones tomadas como referente (Cruz, y otros, 2014) (Culquichicon, y otros, 2017), se considera que la cantidad de 10, es suficiente, pues estos solo realizaron tres ensayos de tracción para caracterización.



*Figura 12.* Modelo de probeta para ensayo de tracción

## 2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad

### 2.4.1. Técnicas

- El proceso de determinación de diámetros de fibras consistió en colocar las muestras en el estereoscopio y luego se procedió a señalar la distancia a medir, así mismo la inspección visual permitió determinar el grado de daño superficial de las fibras obtenidas.
- Para la evaluación del porcentaje de recuperación de fibras se llevó a cabo mediante el cociente entre masa de pseudotallo de plátano y la masa de las fibras obtenidas. La fórmula a utilizar es la siguiente:

$$1 - ((\text{Masa Tallos} - \text{Masa de fibras}) / (\text{Masa de Tallos})) * 100$$

### 2.4.2. Instrumentos

Para llevar a cabo este trabajo de investigación se usaron los siguientes aparatos e instrumentos.



## Aparatos

- a) **Máquina de ensayo universal**, esta máquina tiene una capacidad de carga de 100 KN. El equipo permite realizar ensayos de tracción, flexión y compresión de materiales. El proceso de toma de datos consistió en colocar la muestra en las mordazas del equipo (según dimensiones y tipo de ensayo), se procedió a ingresar datos geométricos de muestras a ensayar, en este caso el diámetro o área transversal, código de muestra, se procedió a realizar el ensayo y de forma automática el equipo reporto datos y curvas de carga versus desplazamiento



*Figura 13.* Equipo de ensayo universal utilizado

## **Instrumentos y herramientas**

Los siguientes instrumentos y herramientas se emplearon:

- b) Vernier. Para medir las longitudes de fibras a ensayar de  $0-20\text{mm} \pm 0,03$
- c) Wincha. Para medir distancia de mordazas de equipo antes de cada ensayo de 5mt.
- d) Estereoscopio. Instrumento de medición con aumentos, evaluó cambios de topografía de superficie de fibras.



*Figura 14.* Microscopio estereoscópico digital Euromex

## **Materiales**

- a) Fibra de pseudotallo plátano. Las cuales se extrajeron, limpiaron, evaluaron superficialmente y luego se procedió a los ensayos a tracción de las mismas

### **2.4.3. Descripción del experimento**

#### **Las variables**

Las variables que se seleccionaron para cuantificar fueron:

- a) Resistencia a la tracción (MPa)
- b) Módulo de Rigidez en Tracción (GPa)
- c) Alargamiento hasta ruptura (%)

Las respuestas a obtener fueron cuantitativas en los tres casos. Además no se establecieron ningún tipo de niveles entre las variables ya que el propósito fue determinar el esfuerzo de rotura.

#### **2.4.4. El procedimiento experimental**

El procedimiento de la toma de datos para el ensayo de tracción se realizó de la siguiente forma:

- a) Se seleccionó 10 muestras de fibras, la selección se realizó teniendo como criterio de selección, la menor cantidad de defectos de superficie de fibras.
- b) Las fibras se midieron en términos de longitud, de las forma que todas tengas las mismas medidas, las medidas se aprecian en la figura 12.
- c) Las fibras se colocaron en soportes de papel a fin de colocar en mordazas de equipo, las medidas se parecían en la figura 12.
- d) Los soportes de papel se ubicaron inicialmente en equipo de ensayos, una vez fijados se cortaron solo el soporte de papel, en este momento estos listos para el ensayo a tracción de fibras.
- e) Las fibras deben de quedar alineadas con el eje del equipo de tracción.
- f) Se colocaron los datos del diámetro de fibras en el equipo a fin de registrar los valores de las propiedades mecánicas.
- g) El equipo empiezo de forma gradual a aplicar la carga, registra esto y los valores de desplazamiento y tiempos de ensayo.
- h) Se registró la curva de carga versus desplazamiento.
- i) El equipo detiene el ensayo al romper fibras.
- j) Los datos registrados del equipo se guardaron en tablas de Excel, pero los datos de ruptura se representan a modo de resumen en pantalla de equipo.
- k) Las muestras tipo fibras se opusieron al movimiento del equipo, esta resistencia al desplazamiento se registra como carga soportada en unidades de newton, no existe características que impidan o dificulten el ensayo.

La etapa de obtención de las fibras de pseudotallo de plátano se realizó por inmersión en agua y posterior presión manual a fin de obtener las fibras en cuestión, la secuencia desarrollada se presenta a continuación:



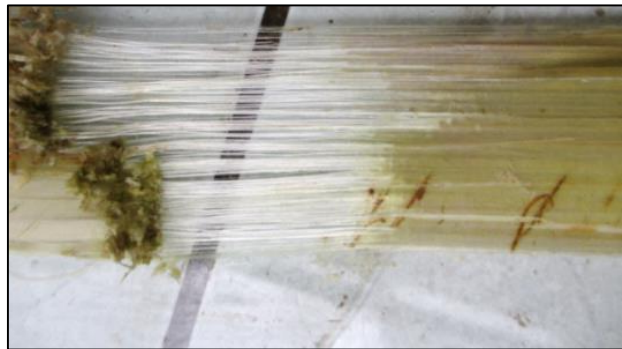
*Figura 15.* Recolección de pseudotallos de plantaciones



*Figura 16.* Proceso de separación de capas de Pseudotallo de plátano



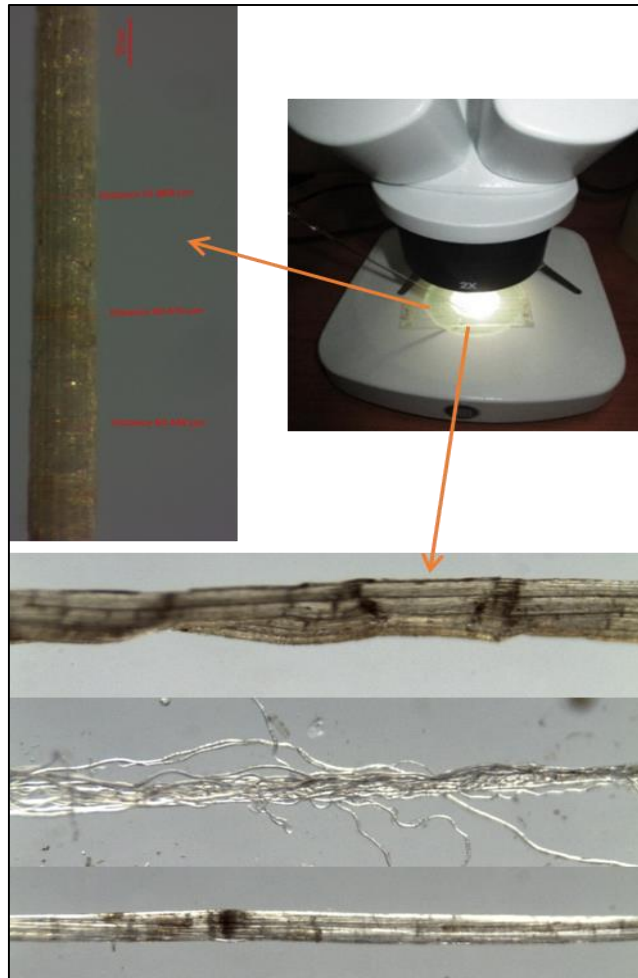
*Figura 17.* Proceso de remojo de Pseudotallo de plátano



*Figura 18.* Obtención de fibras de pseudotallo de plátano



*Figura 19.* Fibras extraídas y secas



**Figura 20.** Determinación de diámetros y de acabado superficial de fibras



## Equipos e instrumentos usados en el experimento



Figura 21. Partes del equipo universal de ensayos

### Recojo de los datos experimentales

Los datos fueron tomados directamente de la computadora o data logger de la **máquina de ensayo universal** y registrado en la hoja de datos número, la cual se muestra en la zona de anexos.

#### 2.4.5. Validez y confiabilidad

La validez y confiabilidad de los datos obtenidos están basadas en las técnicas estadísticas desarrolladas para este experimento, estas fueron utilizadas para llevar acabo la prueba de la hipótesis, prueba que permite determinar no solo el efecto de una variable sobre otra variable, sino también determinar el grado de desviación del resultado o respuesta respecto al promedio de los datos experimentales obtenidos.

## 2.5. Métodos de análisis de datos

### 2.5.1. Técnicas estadísticas de evaluación

Para la realización de la evaluación estadística, se utilizó la denominada t de student, esperando determinar el grado de aceptación de las muestras experimentales se tomó a un nivel de significancia del 5%, de esta forma, esta evaluación estadística permitiría aceptar o rechazar la hipótesis nula de investigación. Para el procesamiento de los datos estadísticos se usó el software comercial Origin 9.0. En estadística, una prueba t de Student, prueba t de estudiante, o Test-T se aplica cuando la población estudiada sigue una distribución normal pero el tamaño muestral es demasiado pequeño como para que el estadístico en el que está basada la inferencia esté normalmente distribuido, utilizándose una estimación de la desviación típica en lugar del valor real. Es utilizado en análisis discriminante.

Prueba t para muestra única

En esta prueba se evalúa la hipótesis nula de que la media de la población estudiada es igual a un valor especificado  $\mu_0$ , se hace uso del estadístico:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}},$$

Donde  $\bar{x}$ , es la media muestral,  $s$  es la desviación estándar muestral y  $n$  es el tamaño de la muestra. Los grados de libertad utilizados en esta prueba se corresponden al valor  $n - 1$ .

## 2.6. Aspectos éticos

En la presente tesis los resultados obtenidos se muestran como evidencia aquellos datos registrados en los formatos de Anexos y el proceso se registra de forma fotográfica y se muestra en los ítems posteriores.



### **III. RESULTADOS**

#### **3.1 Obtención fibras de pseudotallo de plátano por proceso extracción manual**

Después de la selección de tallo según criterios de madurez de planta, cambios de variedades, presencia de plagas y/o similares, se cortan los pseudotallo de plátano en longitudes de entre 50 y 60 cm de longitud, ello según la necesidad del usuario final, estos se colocan recipientes plásticos para su primera limpieza propias de la tierra de cultivo y demás incorporados en el traslado.

Una vez limpios los pseudotallos, estos se separaron en capas y se procedió al proceso de inmersión en agua, para su posterior extracción manual mencionada en capítulo anterior, se determinó de la masa de capas de pseudotallo de plátano por recipiente, con la finalidad de aproximar la cantidad de fibras a obtener.

El proceso de extracción de fibras se da solo por presión manual de las capas de pseudotallo remojadas y separación de capas y fibras, como se muestra en las figuras 18 y 19.

#### **3.2 Determinar diámetros de fibras de pseudotallo de plátano**

Una vez logrado la extracción de fibras de los pseudotallos del plátano, estas fueron evaluadas en el instrumento de medición denominado estereoscopio, en él, se determinó el aspecto superficial de las fibras a fin de tener un criterio de selección de las fibras a ensayar, además de la determinación de los diámetros de las mismas, datos que son indispensables en la cuantificación de las propiedades mecánicas en los ensayos a tracción.

La figura 20 muestra un ejemplo de toma de datos de diámetros de fibras y el estado final superficial de las fibras obtenidas, el instrumento determina de forma automática los diámetros de las fibras, además se evidencia de la misma figura que el proceso de extracción puede generar daños significativos en la superficie de las fibras, lo que podría generar intervalos de las propiedades de las fibras, por lo que se decidió realizar los ensayos a tracción en fibras que se

consideraron con poco o nulo daño superficial de esta forma se obtendrán los mayores y verdaderos valores de propiedades en tracción de las fibras vegetales evaluadas en la presente investigación. Las fibras antes de ser evaluadas en esta etapa fueron secadas en estufa a 80°C por espacio de 12 horas, a fin de eliminar los restos de agua y dejar expuesta la verdadera superficie de las fibras.

**Tabla 7.** Datos de diámetros de fibras después del proceso de extracción manual

<b>Ensayo</b>	<b>Longitud de fibra (cm)</b>	<b>Diámetro de fibra obtenido (<math>\mu\text{m}</math>)</b>	<b>Area (<math>\text{mm}^2</math>) <math>\pi D^2/4</math></b>
D1	6.0	58.154	0.002656
D2	6.0	60.245	0.002851
D3	6.0	61.369	0.002958
D4	6.0	60.258	0.002852
D5	6.0	63.214	0.003138
D6	6.0	59.789	0.002808
D7	6.0	63.789	0.003196
D8	6.0	60.254	0.002851
D9	6.0	59.456	0.002776
D10	6.0	58.963	0.002731
<b>Promedio</b>		60.260	

Fuente: elaboración propia

(Debido a la necesidad de estimación de resistencia a tracción, se consideró que estas fibras tienen una sección transversal tipo circular)

De la observación de la Figura 20 y tabla 7, se puede indicar, que los diámetros de las fibras vegetales evaluadas no son constantes (varían desde 58.124 hasta 63.214  $\mu\text{m}$ ), que el diámetro de estas fibras vegetales es superior a los de las fibras de vidrio (20  $\mu\text{m}$ ), por lo que se esperó valores variables de las propiedades en tracción de las fibras evaluadas además de valores inferiores a los de las fibras de vidrio, no siendo necesariamente el caso de las propiedades específicas de diseño. Lo reportado en la tabla 7 coincide con la tendencia de la variabilidad de las características físicas de las fibras, pues están dependientes las condiciones de cultivo, horas de riego, tipo de suelo, variedad de planta, entre otros factores.

### 3.3 Determinar el porcentaje de obtención de fibras de pseudotallo de plátano

La tabla 8 muestra los porcentajes de obtención de fibras obtenidos, es decir de toda la biomasa de los pseudotallo de plátano, cual es la cantidad expresado en porcentaje que se logra obtener como fibras, de esta forma se puede estimar la cantidad de fibras a obtener dependiendo de las masas de los pseudotallo a procesar, siendo esta información de utilidad durante los procesos de estimación de costos de las fibras, de los datos se observa el bajo porcentaje de recuperación de las fibras siendo el promedio de 11%.

**Tabla 8.** *Porcentajes de recuperación de fibras a partir de pseudotallo de plátano*

Masa de Pseudotallo (Kg)	Masas de fibras obtenidos (Kg)	Fórmula	Porcentaje de obtención de fibras de pseudotallo de plátano
1.25	0.152	1- ((Masa Tallos - Masa de fibras)/(Masa de Tallos))*100	12.16
1.3	0.156		12.00
1.15	0.145		12.61
1.18	0.162		13.73
1.56	0.158		10.13
1.32	0.134		10.15
1.34	0.145		10.82
1.15	0.115		10.00
1.36	0.138		10.15
1.4	0.143		10.21
1.23	0.136		11.06

Fuente: elaboración propia

### 3.4 Gráficos carga versus desplazamiento (ASTM D3379)

La tabla 9 muestra los valores mayores de masa versus desplazamiento reportados en los ensayos de tracción de las fibras de pseudotallo de plátano, de estos se aparecía la variabilidad de valores obtenidos, estos datos luego son convertidos en datos de resistencia máxima en tracción, porcentaje de alargamiento a la ruptura, además de la obtención del valor del módulo de rigidez de las fibras.

**Tabla 9.** Valores máximos de fuerza y desplazamientos reportados en ensayo de tracción sobre fibras de pseudotallo de plátano

Test ID		Máxima masa lograda en tracción	Máximo desplazamiento en tracción
		kg	mm
<b>E1</b>		0.29	0.71
<b>E2</b>		0.14	0.4
<b>E3</b>		0.28	0.56
<b>E4</b>		0.49	0.75
<b>E5</b>		0.24	1.47
<b>E6</b>		0.25	0.56
<b>E7</b>		0.22	0.28
<b>E8</b>		0.88	0.58
<b>E9</b>		0.31	1.36
<b>E10</b>		0.33	0.64
<b>E11</b>		0.57	0.88
<b>Average</b>	AVERAGE("BATCH")	0.36	0.75
<b>S.D.</b>	STDEV("BATCH")	0.05	0.07

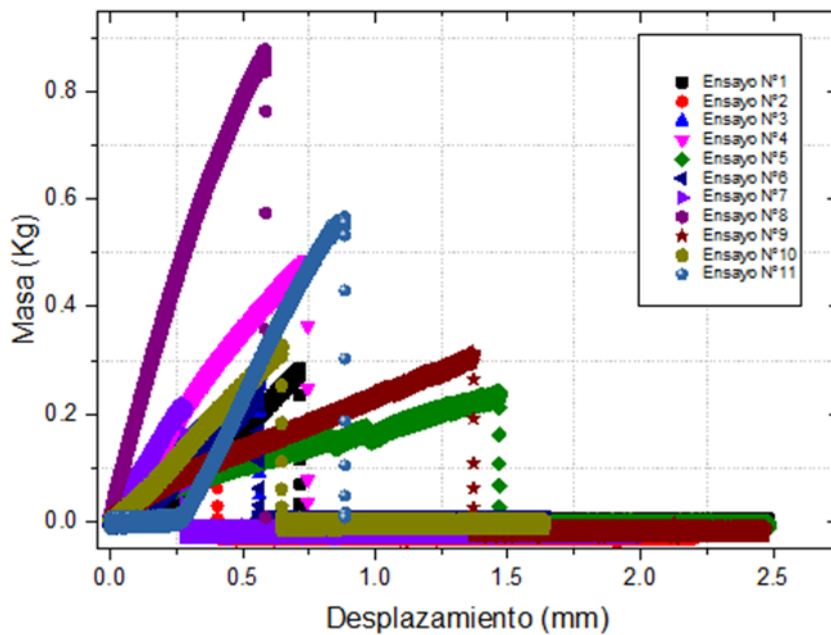
Fuente: elaboración propia

**Tabla 10.** Valores de esfuerzo y % de alargamiento de las fibras de pseudotallo

Test	Fuerza (N)	Esfuerzo (Mpa)	% de alargamiento	Módulo de Elasticidad (GPa)
	$F = m \cdot a$ $g = 9.807 \text{ m/s}^2$	$\sigma = \frac{F}{A}$	$\epsilon = \frac{\Delta L}{L}$	$E = \sigma/\epsilon$
<b>E1</b>	2.844	987.51	2.37	41.73
<b>E2</b>	1.373	476.73	1.33	35.75
<b>E3</b>	2.746	953.46	1.87	51.08
<b>E4</b>	4.805	1668.55	2.50	66.74
<b>E5</b>	2.354	817.25	4.90	16.68
<b>E6</b>	2.452	851.30	1.87	45.61
<b>E7</b>	2.158	749.15	0.93	80.27
<b>E8</b>	8.630	2996.58	1.93	155.00
<b>E9</b>	3.040	1055.61	4.53	23.29
<b>E10</b>	3.236	1123.72	2.13	52.67
<b>E11</b>	5.590	1940.97	2.93	66.17
<b>PROM.</b>	3.566	1238.258		

Fuente: elaboración propia

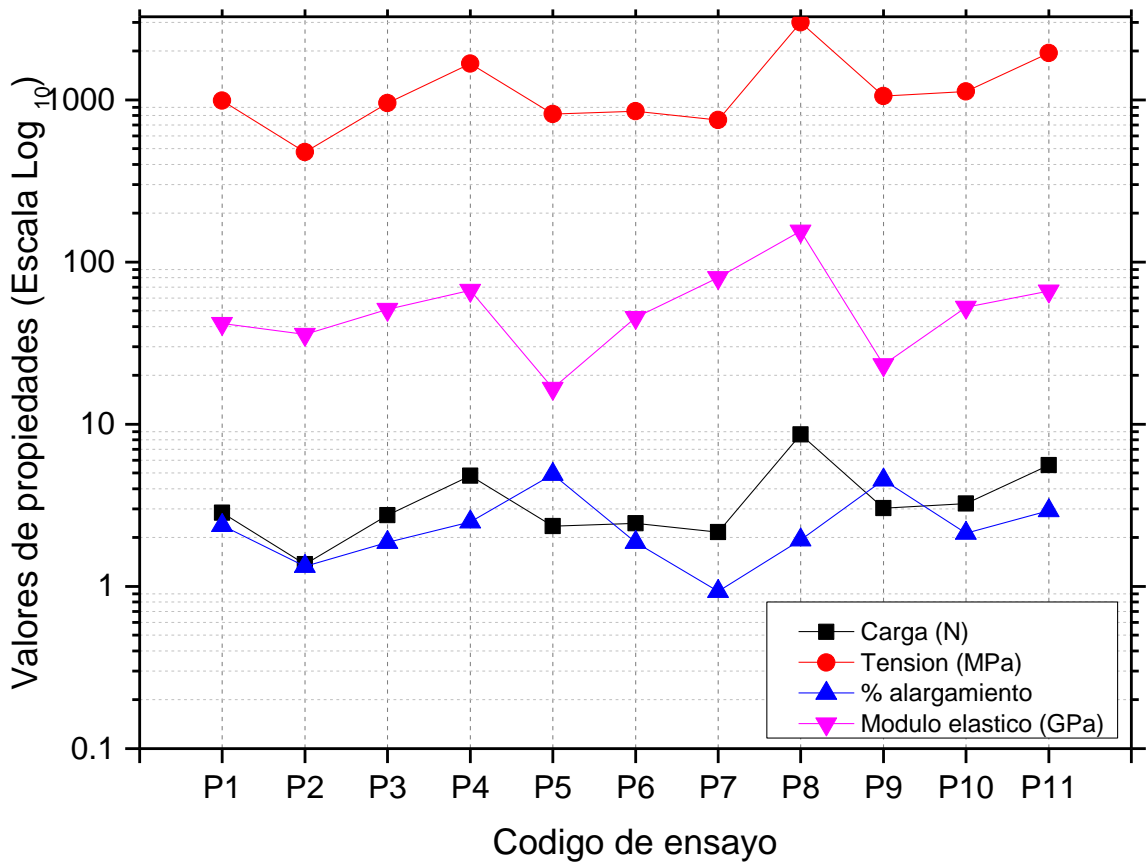
La figura 22 muestra las tendencias reportadas de los ensayos a tracción de las fibras de pseudotallo de plátano reportados en los ensayos a tracción.



**Figura 22.** Curvas masa versus desplazamiento de ensayo de tracción de fibras de pseudotallo de plátano

La figura 22, resumen la tendencia de las fibras de pseudotallo de plátano ensayadas a tracción, esta grafica está representada con eje Y a la masa desarrollada durante el ensayo, mientras que el eje X, son los valores de alargamiento producto de la aplicación de la masa del ensayo, la obtención de esta grafica se debe a los datos promedio obtenidos y presentados en las tablas 9 y 7, de estos, se ha obtenido que, el valor de resistencia máxima a la tracción promedio de las fibras de pseudotallo de plátano es de 1238.25 MPa, el porcentaje de alargamiento a la ruptura mínimo es de 1.33%.

En el caso de los valores del módulo de rigidez en tracción o módulo de Young, estos se dedujeron de la ley de Hooke, la cual menciona que las tensiones y deformaciones son directamente proporcionales, y esta proporcionalidad se vuelve una igualdad mediante una constante, a este valor se le denomina módulo de rigidez, estos valores se presentan en la tabla 10; entre las limitaciones de estos datos se deben de señalar que se asume un comportamiento elástico lineal en todo el ensayo de cada una de las fibras evaluadas.

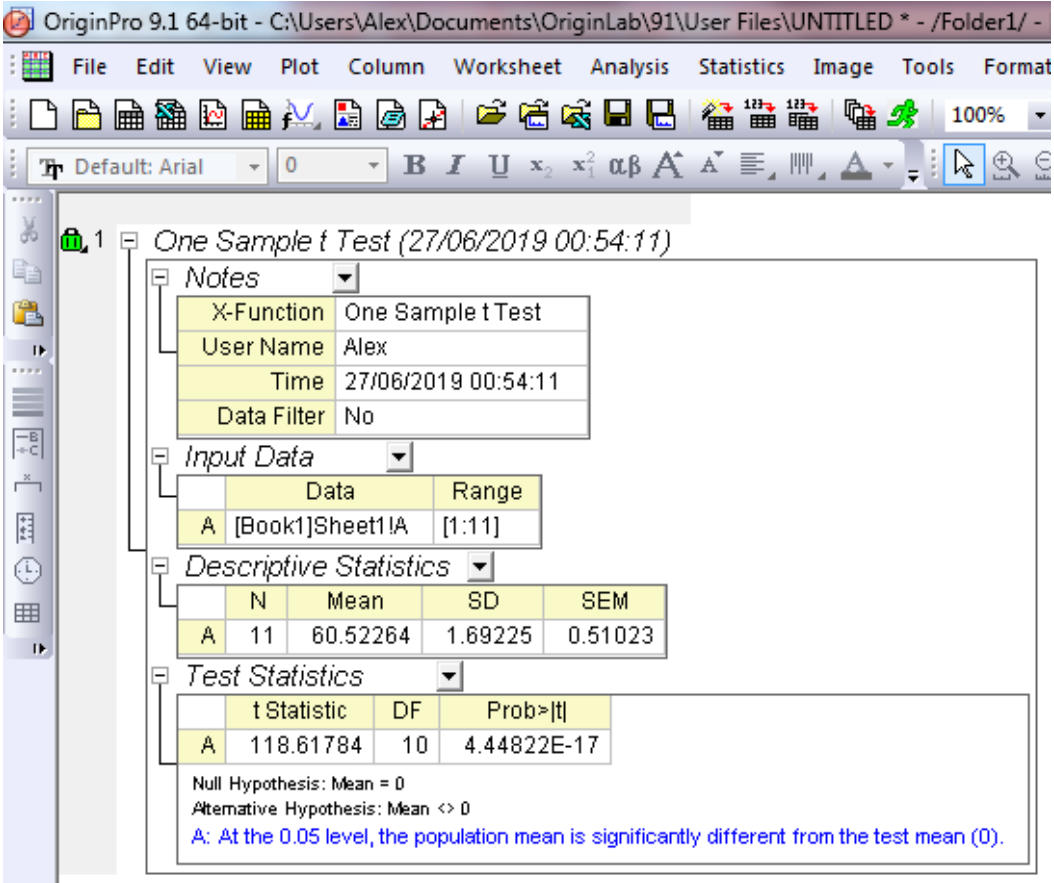


**Figura 23.** Comparación de datos presentados en la tabla 10. Carga, Tensión, % de alargamiento y módulo de elasticidad reportados durante ensayos a tracción

La figura 23 es un resumen de los datos de la tabla 10, se grafico el eje Y en escala logaritmica debido al amplio rango de los valores de las propiedades determinadas, en ella se aprecia la variabilidad de los datos, la relacion inversa de los datos de modeulo de fibras versus % de alargamiento de las fibras, la proporcionalidad de los datos de carga versus resistencia a la traccion.

## PRUEBA DE LA HIPOTESIS

Reporte de analisis estadisticos de prueba de hipotesis según T de student.



OriginPro 9.1 64-bit - C:\Users\Alex\Documents\OriginLab\91\User Files\UNTITLED \* - /Folder1/ -

File Edit View Plot Column Worksheet Analysis Statistics Image Tools Format

Default: Arial 0 B I U  $x_2$   $x_2^2$   $\alpha\beta$  A^ A^

1 One Sample t Test (27/06/2019 00:54:11)

Notes

X-Function	One Sample t Test
User Name	Alex
Time	27/06/2019 00:54:11
Data Filter	No

Input Data

	Data	Range
A	[Book1]Sheet1!A	[1:11]

Descriptive Statistics

	N	Mean	SD	SEM
A	11	60.52264	1.69225	0.51023

Test Statistics

	t Statistic	DF	Prob> t
A	118.61784	10	4.44822E-17

Null Hypothesis: Mean = 0  
Alternative Hypothesis: Mean <> 0  
A: At the 0.05 level, the population mean is significantly different from the test mean (0).

El resultado de la evaluacion completa se describe en detalle en los anexos del presente trabajo de investigacion, la presenete evaluacion estadisticas sirve para evaluar una hipotesis nula, respecto a una alternativa.

## **IV. DISCUSIÓN**

### **4.1 Obtención fibras de pseudotallo de plátano por proceso extracción manual**

De lo descrito en ítem de resultados, se deduce la facilidad de extracción de las fibras naturales, por el método propuesto, además de las ventajas propias de este, es decir, el impacto medio ambiental es nulo, ya que el medio de inmersión y remojo solo fue agua, sin embargo a criterio del evaluador, es aún merecedor de evaluación, el proceso consecutivo al del remojo, en este caso el proceso fue manual por presión de los pseudotallos, este podría generar alteración en las características de las fibras, ruptura de microfibrillas, fractura localizada de las mismas es decir, queda aún determinar el daño causado en las fibras por el proceso desarrollado. Una vez obtenidas las fibras naturales por remojo y presión se procedió a la observación superficial de las mismas, como se mencionó en ítem 3 del presente trabajo, en nuestro caso, el proceso de inmersión en agua y extracción manual es un proceso que genero poco daño superficial de las fibras obtenidas, a diferencia de cualquier otro medio que contenga alguna sustancia química que si bien podría generar extracción de menor tiempo, existe la posibilidad de lixiviar las fibras naturales, generando el arresto de las posibilidades de soporte de carga de las fibras obtenidas, similares conclusiones se reportan en (Cruz, Goicoechea, Hermosilla, & Ruiz, 2014) (Culquichicon & Mendocilla, 2017) (Hernández Ochoa, Pérez Rodríguez, & Beltrán Reyna, 2015).

### **4.2 Determinar diámetros de fibras de pseudotallo de plátano.**

De los resultados encontrados en esta secciones podemos mencionar que las fibras vegetales no tienen secciones transversales constantes y por ello existe alta variabilidad de las propiedades mecánicas de las mismas, pues las propiedades físicos químicas de las fibras vegetales dependen de múltiples factores, como por ejemplo la especie a evaluar, tiempo de vida de la especie evaluada, condiciones de desarrollo de la especie (horas de exposición al sol, ritmo de riego, cantidad de nutrientes del suelo, existencia de plagas, etc), método de extracción, características geométricas (forma de sección transversal, longitud de fibra, orientación de fibras, entre otros), ello no hace más que desarrollar la cantidad suficiente de pruebas a fin de determinar de forma aproximada el verdadero valor de las propiedades de las fibras evaluadas, es decir la variabilidad de datos se puede disminuir con el incremento de las repeticiones en la evaluación de las mismas, es la



conclusión a la que también llegan las investigaciones correspondientes a (Rodríguez, 2017), (Culquichicon & Mendocilla, 2017). Si bien las secciones transversales de las fibras no son completamente circulares, en el presente trabajo se asume que, si lo es, de esta forma se pudo aproximar los valores propiedades que se presentaron en la tabla 10 del presente trabajo. La evaluación de la superficie de las fibras mostro que si bien las fibras por el método de extracción desarrollado en la presente investigación, tienen poco daño en la mayoría de fibras, el fenómeno de desfibrilación se evidencia en una minoría de estas, además del fenómeno de torcedura de fibras sobre su propio eje en alguna de estas (Figura 20)

#### **4.3 Porcentaje de obtención de fibras de pseudotallo de plátano**

Por los datos presentados en la tabla 8, se evidencia un porcentaje de obtención de fibras relativamente bajo, esto se debe a que las plantas poseen elevados porcentajes de agua en su interior, poseen pulpa entre fibra y fibra, además de que las cubiertas de las mismas es de alto peso molecular, mientras que las fibras son las de menor peso molecular, a esta conclusión llegaron (Abilash & Sivapragash, 2013), (Bledzki & Gassan, 1999) y (Fakirov S & Bhattacharyya , 2007), sin embargo a lo mencionado debemos de añadir que la densidad de las fibras naturales es cercano a la del agua, por lo que en volumen una unidad de masa en un valor relativamente importante, tanto es así, que las investigaciones de fibras naturales como compuestos, solo utilizan el 30% en peso de las fibras, el incremento de estas genera disminución de la capacidad de humectación de las matrices termoestables (plásticos inicialmente líquidos), (Culquichicon, y otros, 2017) (Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite: A Brief Review, 2012).

#### **4.4 Gráficos carga versus desplazamiento (ASTM D3379)**

De los datos reportados en la tabla 10, se demuestra, el potencial de uso que las fibras de pseudotallo de plátano en aplicaciones como refuerzo en el campo de los compuestos de matriz plástica (Resistencias máximas inferiores a los 40 MPa) a pesar de la alta variabilidad de las propiedades de las fibras. Hashim, Nazrul, Azriszul, & Ahmad, Muhammad Khusairy; Elammaran, & Sinin, señalan que los valores de las propiedades mecánicas de las fibras vegetales no son constantes, pues están dependen de muchos factores como el clima, tipo de suelo, variedad de especie, método de extracción,

tratamientos químicos de superficie. En el caso de Elammaran, & Sinin, nuestros valores de resistencia a la tracción están encima del 25% reportados por estos autores, el valor de alargamiento de ruptura es ligeramente superior y el valor de módulo de tracción, nuevamente superior en promedio cerca del 35.5 %.

El cálculo de la resistencia máxima a la tracción se realizó por definición de la propiedad de tensión, esto es  $\sigma = F/A$ , así por ejemplo el valor promedio de masa aplicado en los ensayo fue de 0.36 Kg, lo que es equivalente a 3.566N (gravedad asumida = 9.807 m/s<sup>2</sup>), esto dividido entre el área promedio de las fibras consideradas como secciones circulares, en este caso fue de 0.00288 mm<sup>2</sup>, (Diámetro promedio de 60.626  $\mu\text{m}$ ; Tabla 7), resulta un valor de resistencia a tracción de 1238.25 MPa.

Las tendencias casi lineales de las curvas de las fibras ensayadas, son el indicativo de la alta rigidez de las mismas, baja capacidad de deformación a la ruptura y mediana resistencia en tracción; de lo manifestado se deduce la imperceptible capacidad de deformación plástica de estos materiales. Las formas lineales de las curvas obtenidas por tracción, de las fibras ensayadas, es una tendencia en los ensayos realizados sin embargo, existe una gran variabilidad en los valores máximos alcanzados en ellos, en este caso, aunque se realizó la selección por apariencia de las fibras mediante observación en estereoscopio, este fenómeno se evidencio, rebasando la explicación de este fenómeno a los alcances de este trabajo de investigación , pues es probable que estos obedezcan a imperfecciones microscópicas de las mismas, formas de alineación de las microfibrillas contenidas en las propias fibras o defectos cristalinos de formación de las mismas, además de la posibilidad de la desfibrilación de las mismas durante el proceso de obtención, giro sobre su propio eje durante la extracción o secado, entre otros fenómenos. Finalmente, la presente investigación no puede encontrar una causa única a la variabilidad de datos obtenidos, quedando la posibilidad de ampliar la presente investigación.

## V. CONCLUSIONES

- Los valores de propiedades en el ensayo de tracción de fibras de pseudotallo de plátano fueron de 1238.25 MPa, para el caso de la resistencia máxima en tracción; el porcentaje de alargamiento a la ruptura mínimo, es de 1.33% y el valor promedio fue de 2.48%. En el caso de los valores del módulo de rigidez en tracción, el valor promedio reportado en los ensayos fue de 57.73 GPa.
- El método de extracción por inmersión y presión desarrollada permitió la obtención de fibras con bajos índices de daño superficial.
- El valor promedio de diámetro de fibras de pseudotallo de plátano obtenido fue de 60.26  $\mu\text{m}$ .
- El porcentaje de obtención de fibras a partir del pseudotallo de plátano fue de 11.8%

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Evaluar la posibilidad de implementar un sistema de extracción de fibras de mejor daño y con mayores porcentajes de recuperación de fibras.
- Evaluación de las propiedades de las fibras sometidas a tratamientos químicos de superficie a fin de mejorar posible falta de adherencia con atrices plásticas.
- Evaluación del desempeño de las fibras de pseudotallo de plátano, como refuerzo en un material compuesto.

## REFERENCIAS

BELTRAN, Marcelo. y MARCILLA, Antony. 2013. <http://iq.ua.es/>. [En línea] 2013. [Citado el: 26 de agosto de 2016.] <http://iq.ua.es/TPO/Tema6.pdf>. Cellulosic/synthetic fibre reinforced polymer hybrid composites: A review.

JAWAID, Mushet. y ABDUL, Khalil. 2011. School of Industrial Technology, Universiti Sains Malaysia, 11800 Penang, Malaysia : s.n., 01 de Agosto de 2011, Elsevier Science, págs. 1-18. Chemical Treatments of Natural Fiber for Use in Natural Fiber-Reinforced Composites: A Review.

LI, Xue, LOPE, G. y SATYANARAYAN, Tabil. 2007. 15, 2007, ELSEVIER, págs. 25-33.

XUE, Li, TABIL, Lope y PANIGRAHI, Satyanarayan. 2007. 15, 2007, Springer Science, págs. 1-9.

COMEXPERU. 2018. Banano en el top 10. [En línea] COMEXPERU, 09 de Marzo de 2018. [Citado el: 28 de Septiembre de 2018.] <https://www.comexperu.org.pe/articulo/bananos-en-el-top-10.Compos>.

MISHRA, Sergio. 2003. 2003, Sci Technol, Vol. 63, pág. [1377]. Composites reinforced with cellulose based fibres.

BLEDZKI, A.K y GASSAN, J. 1999. Universität (Gh) Kassel, Institut für Werkstofftechnik, Kunststoff- und Recyclingtechnik, Mönchebergstraße 3, 34109 Kassel, Germany : s.n., mayo de 1999, Progress in Polymer Science - Elsevier, Vol. 24, págs. 221–274.

CORRALES, Francisco. 2002. Modificació de fibres de jute per l'elaboració de plàstics reforcats. [En línea] 27 de Julio de 2002. [Citado el: 12 de Octubre de 2018.] <https://www.tdx.cat/handle/10803/7784>.

CRUZ Basañez, Natalia, y otros. 2010. Fibras Naturales y Artificiales. [En línea] 11 de Junio de 2010. [Citado el: 17 de Octubre de 2018.]. <http://www.bdigital.unal.edu.co/8213/1/luisoctaviogonzalezsalcedo.20124.pdf>.

CRUZ, Natalia, y otros. 2014. Fibras Naturales y Artificiales. [En línea] 15 de Mayo de 2014. [Citado el: 14 de Octubre de 2018.]

<http://www.sc.ehu.es/iawfemaf/archivos/materia/industrial/libro11a.PDF>.

CUBILLAS , Mario. 2007. Estudio del sinterizado de polímeros reforzados con fibras naturales. Lima : Universidad Pontificica Catolica del Perú, 2007, págs. 3, 92.

CULQUICHICON, Jaime y MENDOCILLA, Hans. 2017. Efecto del porcentaje en peso de fibra de pseudotallo de plátano y de los tratamientos de mercerización y silanización sobre

la resistencia al impacto de un compuesto de matriz poliéster. [En línea] 15 de Diciembre de 2017. [Citado el: 02 de Octubre de 2018.] <http://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/9991>.

CIENCIA DE MATERIALES. 2005. Materiales Compuestos. [En línea] 2005. [Citado el: 03 de Octubre de 2018.] [http://webdeptos.uma.es/qicm/Doc\\_docencia/Tema7\\_CM.pdf](http://webdeptos.uma.es/qicm/Doc_docencia/Tema7_CM.pdf).

DIAZ, Christi. 2016. Métodos de investigación experimental y no experimental. [En línea] 13 de Septiembre de 2016. [Citado el: 28 de Septiembre de 2018.] <https://es.slideshare.net/ElizabethGarza8/mtodos-de-investigacin-experimental-y-no-experimental>.

HAAMEEM, Jimena. 2016, ELSEVIER - ScienceDirect, Vol. 144, págs. 138-146.

FAKIROV Silvio y BHATTACHARYYA , Direct. 2007. Engineering biopolymers: homopolymers, blends and composites. Munich : Munich Hanser Publishers, 2007. págs. 978-1-56990-405-3. ISBN.

FORERO, Ricardo. 2007. Las fibras naturales en los materiales plásticos compuestos. [En línea] Universidad Nacional de Colombia, Agosto de 2007. [Citado el: 26 de Septiembre de 2018.] <http://www.plastico.com/temas/Las-fibras-naturales-en-los-materiales-plasticos-compuestos>.

GIL, Alexander. 2012. Resinas de poliéster - Guía de manejo. [En línea] 03 de Marzo de 2012. [Citado el: 12 de Octubre de 2018.] <http://www.eafit.edu.co/servicios/centrodelaboratorios/infraestructura/laboratorios/Documents/Guia%20de%20manejo%20de%20resinas.pdf>.

GOMEZ, José. 2009. Diseño de un material compuesto con fibra natural para sustituir la utilización de la fibra de vidrio. Medellín : Universidad eafit departamento de ingeniería de diseño de producto, 2009, págs. 16, 64.

GRANADOS, Jorge. 2015. Generalidades de la madera. [En línea] 05 de Octubre de 2015. [Citado el: 02 de Octubre de 2018.] <http://referenciasestructurales.blogspot.com/2014/05/generalidades-de-la-adera.html>.

HERNÁNDEZ Oscar, PÉREZ Rodríguez, Tito. y BELTRÁN Ricardo. 2015. Materiales Compuestos con Refuerzos de Fibra de Yute en la Fabricación de Ayudas Técnicas para Discapacitados. [En línea] 02 de Septiembre de 2015. [Citado el: 28 de Septiembre de 2018.] [https://www.researchgate.net/publication/281441761\\_Materiales\\_Compuestos\\_con\\_Refuerzos\\_de\\_Fibra\\_de\\_Yute\\_en\\_la\\_Fabricacion\\_de\\_Ayudas\\_Tecnicas\\_para\\_Discapacitados](https://www.researchgate.net/publication/281441761_Materiales_Compuestos_con_Refuerzos_de_Fibra_de_Yute_en_la_Fabricacion_de_Ayudas_Tecnicas_para_Discapacitados).

HERNANDEZ, Fernando. 2014. La Densidad de Siembra de los Cultivos. [En línea] 25 de Abril de 2014. [Citado el: 28 de Octubre de 2018.] [http://www.agro-tecnologia-tropical.com/densidad\\_de\\_siembra.html](http://www.agro-tecnologia-tropical.com/densidad_de_siembra.html).

SUN, Ximen.Fish., y otros. 2004. 4, Marzo de 2004, Carbohydrate Polymers, Vol. 55, pág. 13.

KESSLER, Roberth. 2012. Selección de Resinas de Poliéster Insaturado para Procesos de Transferencia de Resina en Molde Cerrado. [En línea] Junio de 2012. [Citado el: 12 de Octubre de 2018.] [www.rte.espol.edu.ec/archivos/Revista\\_2006/127Final.pdf](http://www.rte.espol.edu.ec/archivos/Revista_2006/127Final.pdf).

KOBER, Gustavo. 2012. Flexion mecanica. [En línea] SlideShare, 26 de Agosto de 2012. [Citado el: 27 de Septiembre de 2018.] <https://es.slideshare.net/kober36/flexion-mecanica>.

RODRIGUEZ, Martin. 2014. Elaboración de un material biocompuesto a partir de la fibra de plátano. Manizales, Colombia : Universidad Nacional de Colombia - Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Departamento de Ingeniería Industrial, 2014, págs. 3, 67.

LOPEZ, Jesús. 2014. Estudio de materiales compuestos obtenidos a partir de lodos celulosicos de la industria papelera, cemento y arcilla. Lima : Pontificica Universidad Catolica del Peru, 2014, pág. 39.

MARROQUIN, Roberto. 2013. Confiabilidad y Validez de Instrumentos de investigación. [En línea] 12 de Agosto de 2013. [Citado el: 02 de Noviembre de 2018.] <http://www.une.edu.pe/Titulacion/2013/exposicion/SESSION-4-Confiabilidad%20y%20Validez%20de%20Instrumentos%20de%20investigacion.pdf>.

MAXINE, Jonathan. 2015. Producción local de banano y plátano crecería 2,6% en el 2015. [En línea] El Comercio, 28 de Enero de 2015. [Citado el: 28 de Septiembre de 2018.] <https://elcomercio.pe/economia/peru/produccion-local-banano-platano-creceria-2-6-2015-184342>.

Mercerization Treatment Parameter Effect on Natural Fiber Reinforced Polymer Matrix Composite: A Brief Review.

HASHIM, Yussni, y otros. 2012. 2012, World Academy of Science, Vol. 68, pág. [15].

MORENO, Esteban. 2013. Instrumentos de Investigacion. [En línea] 28 de Noviembre de 2013. [Citado el: 02 de Noviembre de 2018.] <https://prezi.com/ntpf0m3pxyuh/instrumentos-de-investigacion/>.

MUHAMMAD Khusairy, BIN BAKRIA, Elammaran y SININ, Hamdan. 2017. Processing and Characterization of Banana Fiber/Epoxy Composites: Effect of Alkaline Treatment. Malasya : s.n., 2017, págs. 2871–2878.

Optimizing the delamination failure in bamboo fiber reinforced polyester composite. ABILASH, Nitosh. y SIVAPRAGASH, Michell. 2013. 2013, Engineering Sciences, págs. 92-102.

PALOMINO, Luis. 2018. Fabricación y caracterización de materiales compuestos de polimetil metacrilato con cargas de trihidróxido de aluminio y minerales no metálicos de origen nacional. [En línea] PUCP, 18 de Enero de 2018. [Citado el: 27 de Septiembre de 2018.] <http://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/123456789/9893>.

PARRO. Daniel 2017. Definición de resistencia a la flexión y conceptos relacionados. Diccionario de Arquitectura. [En línea] 15 de Enero de 2017. [Citado el: 16 de Octubre de 2018.] <http://www.parro.com.ar/definicion-de-resistencia+a+la+flexi%F3n>.

RODRIGUEZ, Fernando. 2017. Influencia de la dosis de trimetoxivinilsilano y dosis de fibra de pseudotallo de plátano, sobre la resistencia a la tracción, de un compuesto de matriz poliéster. [En línea] 2017. [Citado el: 02 de Octubre de 2018.] <http://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/8917/RODR%C3%8DGUEZ%20LOYOLA%2C%20Fernando%20Octavio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

RPP Noticias. 2015. Lambayeque: comuneros instalarán primeras 100 ha de plátano orgánico. [En línea] RPP NOTICIAS, 23 de Abril de 2015. [Citado el: 28 de Septiembre de 2018.] <https://rpp.pe/peru/actualidad/lambayeque-comuneros-instalaran-primeras-100-ha-de-platano-organico-noticia-790506>.

RUIZ, Idelfonso. 2014. Validación y confiabilidad de la investigación. [En línea] 12 de Mayo de 2014. [Citado el: 02 de Noviembre de 2018.] [http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/validacion\\_confiabilidad.html](http://www.eumed.net/tesis-doctorales/2012/mirm/validacion_confiabilidad.html).

SILVA, Rafael, y otros. 2009. Aplicações de fibras lignocelulósicas na química de polímeros e em compósitos. [En línea] 09 de Enero de 2009. [Citado el: 12 de Octubre de 2018.] [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-40422009000300010.1678-7064](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-40422009000300010.1678-7064).

ASTM. 2012. 2012, ASTM, págs. 1-13. Asociación Americana de Ensayos y Materiales

TACUAR, Christian. 2016. Resistencia de materiales. [En línea] 25 de Junio de 2016. [Citado el: 15 de Octubre de 2018.] <https://ibiguridp3.wordpress.com/res/tracc/.Tensile-properties-of-Chemically-treated-hemp-fibres-as-reinforcement-for-composites>.

KABIR, Wang, LAU y Cardona. 2013. 53, 2013, ELSEVIER, págs. 362-368.

TORRES. Nicholl. 2013. Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño de objetos. Experimentación tecnológica de la fibra de banano aplicada en el diseño de objetos. [En línea] 2013. [Citado el: 20 de agosto de 2016.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5767279.pdf>.



UGR. 2014. Universidad de Granada. ugr.es. [En línea] Universidad de Granada, 2014. [Citado el: 25 de septiembre de 2016.] <http://www.ugr.es/~pittau/FISBIO/t5.pdf>.

VELÁSQUEZ Restrepo, Sandra Milena, PELAÉZ Arroyave, Gabriel Jaime y Giraldo VÁSQUEZ, Diego Hernán. 2015. Use of vegetable fibers in polymer matrix composites: a review. [En línea] 01 de 10 de 2015. [Citado el: 27 de Septiembre de 2018.] <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5767279.pdf>.

VIVIAN, Hendrlksz. 2017. Innovación en Textiles Sustentables: Banana Fibre. [En línea] 08 de Septiembre de 2017. <https://fashionunited.es/noticias/moda/innovacion-en-textiles-sustentables-banana-fibre/2017090824373>.

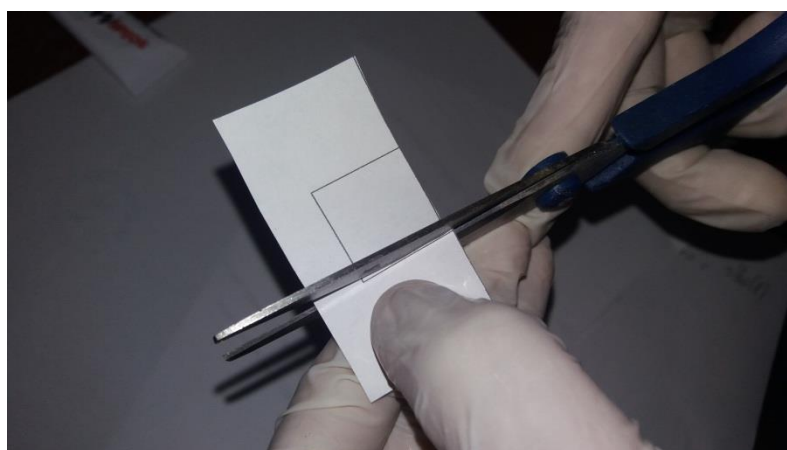
WIGODSKI, Jacqueline . 2014. Población y muestra. [En línea] 14 de Julio de 2014. [Citado el: 24 de Octubre de 2018.] <https://definicion.de/poblacion/>.

YANNA , Stefanu. 2014. Los 7 puntos de una Ficha Técnica. [En línea] 27 de Marzo de 2014. [Citado el: 14 de Octubre de 2018.] <http://www.estudiosmercado.com/los-7-puntos-de-una-ficha-tecnica/>.

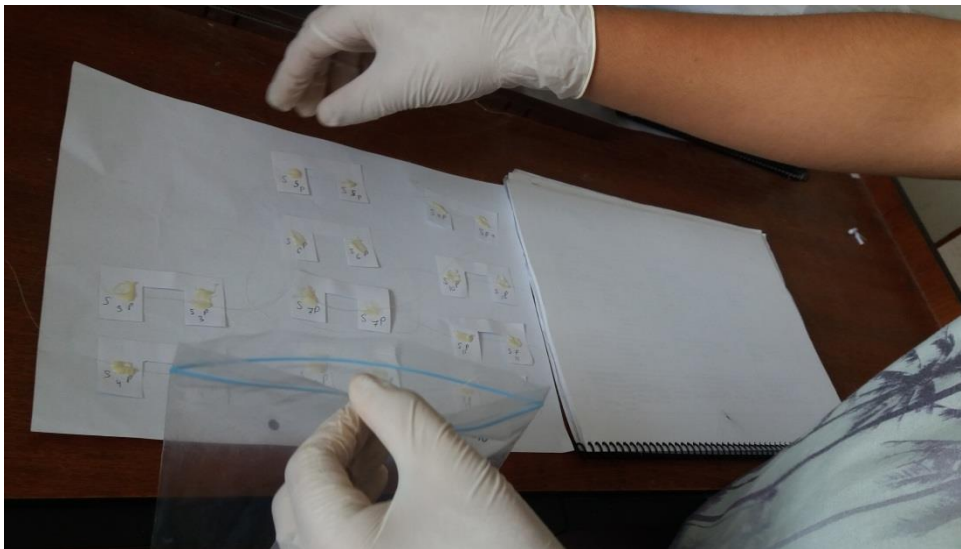
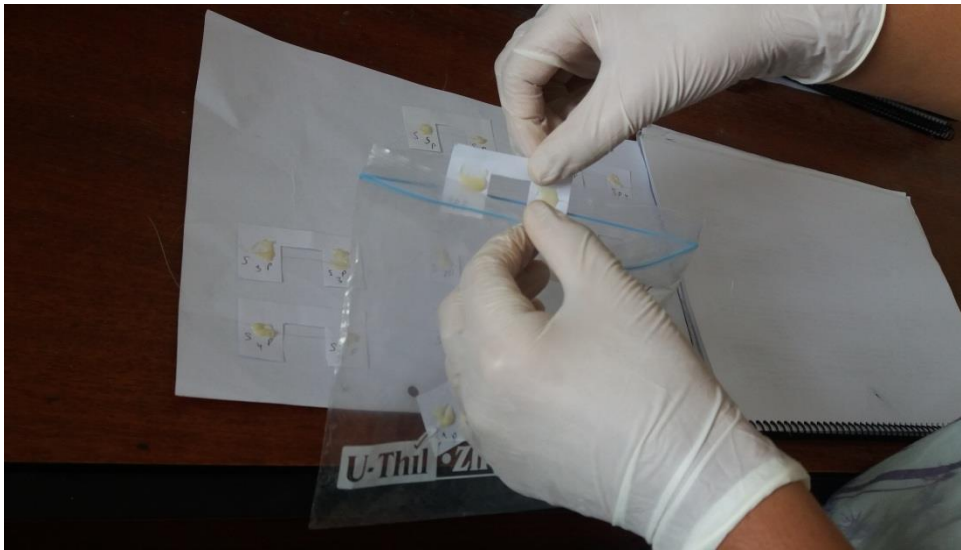
ZAPATA, Mariano. 2013. tecnologiadelosplasticos. [En línea] 3 de Octubre de 2013. [Citado el: 24 de septiembre de 2016.] <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2011/10/moldeo-por-compresion.html>.



## ANEXO 2: REGISTRO FOTOGRAFICO DE CARCATRIZACION DE FIBRAS



**Figura 24.** Preparación de muestras a ensayar



**Figura 25.** Obtención de las muestras para ensayo de tracción



***Figura 26.*** Evaluación microscópica de fibras de pseudotallo de plátano





*Figura 27.* Preparación de equipo de ensayo a tracción



**Figura 28.** Proceso de toma de datos del ensayo a tracción

ANEXO 3: TABLA DE PROBABILIDADES ESTADISTICAS.

TABLE A3 Values of  $t_{\alpha,n}$

$n$	$\alpha = .10$	$\alpha = .05$	$\alpha = .025$	$\alpha = .01$	$\alpha = .005$
1	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	1.533	2.132	2.776	3.474	4.604
5	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845
21	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
$\infty$	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

Other probabilities:

$P(T_8 < 2.541) = .9825$   $P(T_8 < 2.7) = .9864$   $P(T_{11} < .7635) = .77$   $P(T_{11} < .934) = .81$   $P(T_{11} < 1.66) = .94$   $P(T_{12} < 2.8) = .984$ .



Para la evaluación de T student simple utilizaremos los datos de los valores de diámetro de fibras. Para se estima que el valor promedio de sección o diámetro de fibras es de 60.00  $\mu\text{m}$ .

Los datos obtenidos de la evaluación experimental son los siguientes:

$\mu\text{m}$
58.154
60.245
61.369
60.258
63.214
59.789
63.789
60.254
59.456
58.963

Obteniendo datos de evaluación mediante software ORIGIN 9.0

One Sample t Test (10/07/2019 00:18:46)

Notes

X-Function	One Sample t Test
User Name	Alex
Time	10/07/2019 00:18:46
Data Filter	No

Input Data

Data	Range
C	[Book1]Sheet1!C [1:10]

Descriptive Statistics

	N	Mean	SD	SEM
C	10	60.5491	1.78139	0.56332

Test Statistics

	t Statistic	DF	Prob> t
C	107.48546	9	2.65057E-15

Null Hypothesis: Mean = 0  
Alternative Hypothesis: Mean <> 0  
C: At the 0.05 level, the population mean is significantly different from the test mean (0).

Formula:

$$t = \frac{\bar{x} - \mu_0}{s/\sqrt{n}},$$

$$t = \sqrt{10} * (60.5491 - 60.0) / (1.78139) = 0.9747.$$

Para  $t_{(0.05,9)} = 1.833$ . Con lo que se acepta la hipótesis nula, esto es el promedio de diámetro o sección de fibras es de 60.0  $\mu\text{m}$ .

$H_0 : \mu = 60.0$  versus  $H_1 : \mu \neq 60.0$ .

## ESTIMACION DE NUMERO DE ENSAYOS A REALIZAR

Con este cálculo, pretendemos hacer inferencias a valores poblacionales (proporciones, medias) a partir de una muestra.

### Estimación de una proporción:

Si deseamos estimar una proporción, debemos saber:

- El nivel de confianza o seguridad (1-a). El nivel de confianza prefijado da lugar a un coeficiente ( $Z_a$ ). Para una seguridad del 95% = 1.96, para una seguridad del 99% = 2.58.
- La precisión que deseamos para nuestro estudio. En este caso por la evaluación de variabilidad de datos estimamos 0.15 como máximo (15%)

Para este caso entonces tenemos:

Seguridad = 95%; Precisión = 15%; Proporción esperada = asumamos que puede ser próxima al 5%.

$$n = \frac{Z_a^2 * p * q}{d^2}$$

Dónde:

- $Z_a^2 = 1.96^2$  (ya que la seguridad es del 95%)
- $p$  = proporción esperada (en este caso 5% = 0.05)
- $q = 1 - p$  (en este caso  $1 - 0.05 = 0.95$ )
- $d$  = precisión (0.15).

$$n = \frac{1.96^2 * 0.05 * 0.95}{0.15^2} = 8.11$$

Esto significa que una precisión del 15% en los valores de resistencia máxima a tracción se debe de realizar un mínimo de 9 ensayos a tracción.

## Acta de aprobación de originalidad de tesis

 <b>UCV</b> UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	Código : F06-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 1
--	--	---

Yo, **ING DANTE OMAR PANTA CARRANZA**, docente de la Facultad **DE INGENIERÍA** y Escuela Profesional **INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA** de la Universidad César Vallejo Chiclayo, revisor (a) de la tesis titulada

**“DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS DE PSEUDO  
TALLO DE PLÁTANO CAVENDISH”**,

Del estudiante **GONZÁLES ALARCÓN YONI**, constato que la investigación tiene un índice de similitud de **13%** verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chiclayo, 20 de diciembre de 2019



*Dante Carranza*  
Magr Ing Dante Omar Panta Carranza

DNI: 17435779

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante del SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------	--------	---------------------------------

## Reporte de turnitín

### Determinación de las propiedades mecánicas de las fibras de pseudotallo de plátano Cavendish

#### INFORME DE ORIGINALIDAD

13%

INDICE DE SIMILITUD

11%

FUENTES DE INTERNET

1%

PUBLICACIONES

6%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

#### FUENTES PRIMARIAS

1	<a href="https://dspace.unitru.edu.pe">dspace.unitru.edu.pe</a> Fuente de Internet	5%
2	<a href="https://repositorio.ucv.edu.pe">repositorio.ucv.edu.pe</a> Fuente de Internet	1%
3	<a href="https://fashionunited.es">fashionunited.es</a> Fuente de Internet	1%
4	<a href="https://documents.mx">documents.mx</a> Fuente de Internet	1%
5	<a href="https://wiki2.org">wiki2.org</a> Fuente de Internet	1%
6	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1%
7	<a href="https://laurat258.files.wordpress.com">laurat258.files.wordpress.com</a> Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Militar Nueva Granada Trabajo del estudiante	<1%

## Autorización de publicación de tesis en repositorio institucional ucv

	<b>AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE TESIS EN REPOSITORIO INSTITUCIONAL UCV</b>	Código : F08-PP-PR-02.02 Versión : 10 Fecha : 10-06-2019 Página : 1 de 1
---	--	---

Yo Yoni Gonzáles Alarcón identificado con DNI N° 47797876 egresado de la Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica de la Universidad César Vallejo, autorizo la divulgación y comunicación pública de mi trabajo de investigación titulado:

**DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS FIBRAS DE PSEUDOTALLO DE PLÁTANO CAVENDISH.**

en el Repositorio Institucional de la UCV (<http://repositorio.ucv.edu.pe/>), según lo estipulado en el Decreto Legislativo 822, Ley sobre Derecho de Autor, Art. 23 y Art. 33

Fundamentación en caso de no autorización:

.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....  
.....

  
\_\_\_\_\_  
FIRMA

DNI: 47797876

FECHA: 05 de Febrero del 2020

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección SGC	Aprobó	Vicerrectorado de Investigación
---------	----------------------------	--------	-----------------------------------	--------	---------------------------------

## Autorización de la versión final del trabajo de investigación



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE

#### ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

**GONZÁLES ALARCÓN YONI**

INFORME TITULADO:

**Determinación de las propiedades mecánicas de las fibras de pseudo tallo de plátano Cavendish.**

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

SUSTENTADO EN FECHA : 18 de diciembre del 2019  
NOTA O MENCIÓN : Aprobado por Unanimidad



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN