



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE CIENCIAS**

**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

**“ELABORACIÓN DE UN SUSTITUTO DE CUERO A PARTIR DE  
FIBRA DERIVADA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum  
officinarum*)”**

**Trabajo de Integración Curricular**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA QUÍMICA**

**AUTORA: DANIELA ALEJANDRA MIÑO MALDONADO**

**DIRECTORA: ING. LINDA MARIUXI FLORES FIALLOS, MSC.**

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Daniela Alejandra Miño Maldonado

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, DANIELA ALEJANDRA MIÑO MALDONADO, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 06 de diciembre de 2023

A handwritten signature in blue ink that reads "Daniela Miño". The signature is fluid and cursive, with the first name "Daniela" and the last name "Miño" clearly distinguishable.

**Daniela Alejandra Miño Maldonado**

**C.I: 060455509-4**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS**  
**CARRERA INGENIERÍA QUÍMICA**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, “**ELABORACIÓN DE UN SUSTITUTO DE CUERO A PARTIR DE FIBRA DERIVADA DE LA CAÑA DE AZÚCAR (*Saccharum officinarum*)**”, realizado por la señorita: **DANIELA ALEJANDRA MIÑO MALDONADO**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	<b>FIRMA</b>	<b>FECHA</b>
Ing. César Arturo Puente Guijarro, PhD. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 _____	2023-12-06
Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MSc. <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2023-12-06
Ing. Marco Raúl Chuiza Rojas, MSc. <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>	 _____	2023-12-06

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo se lo dedico a mis padres que han sido un apoyo incondicional en lo que fue mi formación académica, por enseñarme que a pesar de las adversidades se debe seguir adelante y no parar hasta conseguir esa meta que se tiene planeada, también a una persona que ya no está hoy conmigo pero que hasta el último momento me motivo a culminar mi sueño.

*Daniela*

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis maestros por todos los conocimientos impartidos a lo largo de mi formación académica, a mis padres, hermanos y familiares que fueron clave para que continuara con mi sueño.

*Daniela*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	XI
ÍNDICE DE FIGURAS.....	XIII
ÍNDICE DE ANEXOS.....	XIV
RESUMEN .....	XV
ABSTRACT .....	XVI
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

1.	PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	3
1.1.	Planteamiento del Problema.....	3
1.2.	Objetivos.....	3
1.2.1.	<i>Objetivo General</i> .....	4
1.2.2.	<i>Objetivos Específicos</i> .....	4
1.3.	Justificación.....	4
1.4.	Hipótesis o pregunta de investigación.....	5

### CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1.	Antecedentes de investigación .....	6
2.2.	Referencias Teóricas.....	7
2.2.1.	<i>Cuero</i> .....	7
2.2.1.1.	<i>Propiedades Físicas</i> .....	8
2.2.1.2.	<i>Propiedades Químicas</i> .....	9
2.2.1.3.	<i>Propiedades Mecánicas</i> .....	9
2.2.2.	<i>Resinas</i> .....	10
2.2.2.1.	<i>Resina RD-U 3010</i> .....	10

2.2.2.2.	<i>Resina RD-B 176</i> .....	11
2.2.2.3.	<i>Resina RD-A 1034</i> .....	11
<b>2.2.3.</b>	<b><i>Fibra</i></b> .....	12
2.2.3.1.	<i>Fibras naturales</i> .....	12
2.2.3.2.	<i>Fibras hechas por el hombre</i> .....	13
<b>2.2.4.</b>	<b><i>Caña de azúcar</i></b> .....	14
2.2.4.1.	<i>Bagazo de caña de azúcar</i> .....	14
2.2.4.2.	<i>Fibra de caña de azúcar</i> .....	15
<b>2.2.5.</b>	<b><i>Proceso de extracción de la fibra de caña de azúcar</i></b> .....	15
2.2.5.1.	<i>Secado</i> .....	15
2.2.5.2.	<i>Desmedulado</i> .....	16
2.2.5.3.	<i>Pulpado</i> .....	16
2.2.5.4.	<i>No tejido</i> .....	17
2.2.5.5.	<i>Fijación del no tejido</i> .....	17
2.2.5.6.	<i>Proceso de formación del cuero</i> .....	17
<b>2.2.6.</b>	<b><i>Propiedades del Bagazo de Caña de Azúcar</i></b> .....	17
2.2.6.1.	<i>Propiedades Físicas</i> .....	17
2.2.6.2.	<i>Propiedades Químicas</i> .....	18

### **CAPITULO III**

<b>3.</b>	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	20
<b>3.1.</b>	<b>Enfoque de investigación</b> .....	20
<b>3.2.</b>	<b>Alcance de la investigación</b> .....	20
<b>3.3.</b>	<b>Diseño de investigación</b> .....	20
3.3.2.	<i>Variable independiente</i> .....	21
3.3.3.	<i>Variable dependiente</i> .....	21
3.3.4.	<i>Identificación de variables</i> .....	22
3.3.5.	<i>Operacionalización de variables</i> .....	22

<b>3.4.</b>	<b>Tipo de estudio</b> .....	22
<b>3.5.</b>	<b>Métodos, técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	23
<b>3.5.1.</b>	<b>Métodos</b> .....	23
<b>3.5.2.</b>	<b>Técnicas e instrumentos de investigación</b> .....	23
<b>3.5.2.1.</b>	<b>Instrumentos de investigación</b> .....	23
<b>3.5.2.2.</b>	<b>Técnicas</b> .....	24

## CAPÍTULO IV

<b>4.</b>	<b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....	32
<b>4.1.</b>	<b>Procesamiento, análisis e interpretación de resultados</b> .....	32
<b>4.1.1.</b>	<b>Datos materia prima</b> .....	32
<b>4.1.2.</b>	<b>Extracción de fibra de caña de azúcar</b> .....	32
<b>4.1.3.</b>	<b>Caracterización de la fibra de caña de azúcar</b> .....	35
<b>4.1.3.1.</b>	<b>Humedad</b> .....	35
<b>4.1.3.2.</b>	<b>Contenido de Ceniza</b> .....	36
<b>4.1.3.3.</b>	<b>Lastometria</b> .....	37
<b>4.1.3.4.</b>	<b>Tensión y elongación de la fibra de caña de azúcar</b> .....	37
<b>4.1.4.</b>	<b>Elaboración del sustituto de cuero</b> .....	41
<b>4.1.5.</b>	<b>Caracterización del sustituto de cuero</b> .....	41
<b>4.1.5.1.</b>	<b>Humedad</b> .....	41
<b>4.1.5.2.</b>	<b>Contenido de Ceniza</b> .....	42
<b>4.1.5.3.</b>	<b>Lastometria</b> .....	43
<b>4.1.5.4.</b>	<b>Tensión y elongación del sustituto de cuero</b> .....	44
<b>4.1.6.</b>	<b>Cálculos</b> .....	47
<b>4.1.6.1.</b>	<b>Rendimiento de la fibra de caña de azúcar</b> .....	47
<b>4.1.6.2.</b>	<b>Porcentaje de ceniza para la fibra de caña de azúcar y sustituto de cuero</b> .....	47
<b>4.2.</b>	<b>Análisis estadístico</b> .....	47
<b>4.2.1.</b>	<b>Análisis estadístico ANOVA</b> .....	47

4.2.1.1.	<i>Análisis estadístico para la fibra</i> .....	48
4.2.1.2.	<i>Análisis estadístico para el sustituto de cuero</i> .....	50
4.2.2.	<i>Selección del tratamiento óptimo para obtención de la fibra de caña de azúcar</i> .	54
4.2.3.	<i>Selección del tratamiento óptimo para la obtención del sustituto de cuero</i> .....	55
4.3.	<b>Discusión</b> .....	55

## **CAPÍTULO V**

5.	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b> .....	57
5.1.	<b>Conclusiones</b> .....	57
5.2.	<b>Recomendaciones</b> .....	58

## **BIBLIOGRAFÍA**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2-1:</b>	Ficha técnica de la resina RD-U 3010.....	10
<b>Tabla 2-2:</b>	Ficha técnica de la resina RD-B 176.....	11
<b>Tabla 2-3:</b>	Ficha técnica de la resina RD-A 1034.....	11
<b>Tabla 2-4:</b>	Composición del bagazo de caña de azúcar .....	14
<b>Tabla 2-5:</b>	Componentes del bagazo de caña de azúcar .....	15
<b>Tabla 2-6:</b>	Composición morfológica del bagazo limpio .....	15
<b>Tabla 3-1:</b>	Método de extracción de la fibra de caña de azúcar.....	21
<b>Tabla 3-2:</b>	Diseño factorial 2k del sustituto de cuero .....	21
<b>Tabla 3-3:</b>	Identificación de variables .....	22
<b>Tabla 3-4:</b>	Operacionalización de variables.....	22
<b>Tabla 3-5:</b>	Caracterización de propiedades fisicoquímicas y mecánicas de la fibra de caña de azúcar.....	29
<b>Tabla 3-6:</b>	Obtención del sustituto de cuero .....	30
<b>Tabla 3-7:</b>	Caracterización de propiedades fisicoquímicas y mecánicas del sustituto de cuero.....	30
<b>Tabla 4-1:</b>	Mediciones de materia prima .....	32
<b>Tabla 4-2:</b>	Datos obtención de la fibra de caña de azúcar .....	33
<b>Tabla 4-3:</b>	Rendimiento de la fibra de caña de azúcar.....	33
<b>Tabla 4-4:</b>	Humedad de la fibra de caña de azúcar .....	35
<b>Tabla 4-5:</b>	Ceniza de la fibra de caña de azúcar .....	36
<b>Tabla 4-6:</b>	Prueba de Lastometría de la fibra de caña de azúcar.....	37
<b>Tabla 4-7:</b>	Prueba de Tensión de la fibra de caña de azúcar.....	39
<b>Tabla 4-8:</b>	Prueba de Elongación de la fibra de caña de azúcar .....	40
<b>Tabla 4-9:</b>	Datos de elaboración sustituto de cuero .....	41
<b>Tabla 4-10:</b>	Humedad del sustituto de cuero .....	41
<b>Tabla 4-11:</b>	Ceniza del sustituto de cuero.....	42
<b>Tabla 4-12:</b>	Prueba de Lastometria del sustituto de cuero .....	43
<b>Tabla 4-13:</b>	Prueba de Tensión del sustituto de cuero .....	45

<b>Tabla 4-14:</b>	Prueba de Elongación del sustituto de cuero.....	46
<b>Tabla 4-15:</b>	Prueba ANOVA para la fibra .....	48
<b>Tabla 4-16:</b>	Prueba Tukey para la fibra .....	49
<b>Tabla 4-17:</b>	Prueba ANOVA para la Tensión.....	50
<b>Tabla 4-18:</b>	Prueba Tukey para la Tensión .....	51
<b>Tabla 4-19:</b>	Prueba ANOVA para el Calibre.....	51
<b>Tabla 4-20:</b>	Prueba ANOVA para el Porcentaje de Elongación.....	52
<b>Tabla 4-21:</b>	Prueba Tukey para el Porcentaje de Elongación .....	53
<b>Tabla 4-22:</b>	Prueba ANOVA para Lastometria .....	54

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Ilustración 3-1:</b>	Diagrama de bloques de la extracción de la fibra de caña de azúcar .....	26
<b>Ilustración 3-2:</b>	Diagrama de bloques de la obtención del sustituto de cuero.....	28
<b>Ilustración 4-1:</b>	Rendimiento de la extracción de la fibra de caña de azúcar.....	34
<b>Ilustración 4-2:</b>	Medias marginales estimadas de Cantidad de Fibra .....	49
<b>Ilustración 4-3:</b>	Medias marginales estimadas de Tensión .....	50
<b>Ilustración 4-4:</b>	Medias marginales estimadas de Calibre .....	52
<b>Ilustración 4-5:</b>	Medias marginales estimadas del Porcentaje de Elongación .....	53
<b>Ilustración 4-6:</b>	Medias marginales estimadas de Latometria.....	54

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>ANEXO A:</b>	OBTENCIÓN DE FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 1 .....	64
<b>ANEXO B:</b>	OBTENCIÓN DE FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 2 .....	65
<b>ANEXO C:</b>	PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 1 .....	66
<b>ANEXO D:</b>	PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 2 .....	67
<b>ANEXO E:</b>	ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO .....	68
<b>ANEXO F:</b>	DISTRIBUCIÓN DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR .....	69
<b>ANEXO G:</b>	FORMACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO 1 .....	69
<b>ANEXO H:</b>	FORMACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO 2 .....	71
<b>ANEXO I:</b>	PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO 1 .....	71
<b>ANEXO J:</b>	PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO 2 .....	72

## RESUMEN

El objetivo del presente trabajo de investigación fue elaborar un sustituto de cuero a partir de la fibra natural extraída del bagazo de caña de azúcar, mediante la mezcla entre resina, poliéster y fibra. Para la extracción de fibra, el bagazo de caña de azúcar se sumergió en agua durante 24 horas, a continuación, se sometió a hidrólisis básica utilizando diferentes concentraciones de hidróxido de sodio de 20 gr/lit y de 30 gr/lit y tiempos de cocción de 5 y 10 minutos, cada tratamiento tuvo cuatro repeticiones. Mediante las pruebas efectuadas y análisis de las mismas se estableció que el tratamiento T2, 10 minutos de cocción y 20 gr/lit NaOH fue el que presentó mejor rendimiento y calidad. Con respecto al sustituto de cuero se formularon dos tratamientos, T1: 50 gr de resina y 7 gr de poliéster; T2: 75 gr de resina, 10 gr de poliéster y ambos con 10 gr de fibra; cada uno con 4 repeticiones, las formulaciones son prensadas para compactar los componentes y así obtener el sustituto de cuero, posteriormente se realizaron las diferentes pruebas fisicoquímicas y mecánicas bajo la Norma IUP (Normativa Internacional para ensayos físicos); dando como conclusión que la posibilidad de crear un sustituto de cuero es viable ya que presenta propiedades similares al cuero de origen animal, sin embargo, se recomienda buscar una alternativa para hacer del cardado más eficaz sin pérdidas grandes de la materia prima, como el uso de algún utensilio para separar las fibras y hacer un tratamiento a los residuos líquidos generados en el proceso de extracción de fibra de caña de azúcar con la finalidad de realizar una optimización del proceso.

**Palabras clave:** <FIBRA>, <CAÑA DE AZÚCAR>, <CUERO>, <SUSTITUTO>, <RESINA>, <POLIÉSTER>, <TRATAMIENTO>.

0274-DBRA-UPT-2024



## **ABSTRACT**

The objective of this research work was to elaborate a leather substitute from the natural fiber extracted from sugarcane bagasse, by mixing resin, polyester, and fiber. For fiber extraction, the sugar cane bagasse was submerged in water for 24 hours, then it was subjected to basic hydrolysis using different concentrations of sodium hydroxide of 20 gr/lit and 30 gr/lit and cooking times of 5 and 10 minutes; each treatment had four replicates. By means of the tests carried out and their analysis, it was established that the T2 treatment, 10 minutes of cooking and 20 gr/lit NaOH, was the one that presented the best yield and quality. With respect to the leather substitute, two treatments were formulated, T1: 50 g of resin and 7 g of polyester; T2: 75 gr of resin, 10 gr of polyester and both with 10 gr of fiber; each one with 4 repetitions, the formulations are pressed to compact the components and thus obtain the leather substitute, subsequently the different physicochemical and mechanical tests were carried out under the IUP Standard (International Standard for Physical Tests); The conclusion is that the possibility of creating a leather substitute is feasible since it has similar properties to animal leather; however, it is recommended to look for an alternative to make the carding more effective without large losses of raw material, such as the use of a tool to separate the fibers and to treat the liquid waste generated in the extraction process of sugar cane fiber in order to optimize the process.

**Keywords:** <FIBER>, <SUGAR CANE>, <WHEAT>, <SUBSTITUTE>, <RESIN>, <POLYESTER>, <TREATMENT>.



Abg. Ana Gabriela Reinoso. Mgs.

Ced: 1103696132

## INTRODUCCIÓN

Con el paso del tiempo, hemos llegado a comprender que los procesos que conocemos hoy en día no son los mejores para manejar las diversas situaciones que se presentan, nuevos conocimientos, técnicas, materias primas, inventos y herramientas parecen estar desplazando esos procesos tradicionales con productos revolucionarios que ofrecen la misma o incluso mayor calidad para satisfacer una necesidad específica. Este es el caso de la industria de curtiembre y los sustitutos de cuero.

Con respecto a la industria de curtiembre esta se ocupa del procesamiento de pieles, típicamente de ganado vacuno, que luego se tratan para cubrir el cuero, un material que se usa en prendas de vestir y calzado, entre otras cosas. La crianza de ganado ya sea ovino o bovino, la alimentación y el levantamiento de cercos tienen un impacto directo en la calidad de la piel y son consideraciones cruciales para el manejo de este material. Esto significa que la forma de vida de los animales utilizados en esta industria es importante porque, dependiendo de la situación, afectará la fuerza con la que se procesa la piel dando como resultado que cuando la piel está muy maltratada, los trabajadores usan más químicos y manipulan más la piel. Por lo que se genera más contaminación al medio ambiente.

En cuyo caso, el sustituto de cuero es una alternativa cada vez más popular dentro de la industria de la moda y otras industrias que requieren el uso de piel animal. Los materiales sustitutos de cuero se fabrican a partir de una variedad de materiales sintéticos y naturales, como el poliuretano, el corcho, el algodón, la piña y en este caso la caña de azúcar. Estos materiales se pueden manipular mediante diferentes procesos de producción para obtener texturas y acabados similares a los del cuero animal.

Debido a la preocupación por el bienestar animal y la sostenibilidad ambiental, el uso de alternativas al cuero está en aumento. Además, la tecnología para producir estos materiales ha mejorado significativamente en los últimos años, y se espera que continúe evolucionando, lo que permitirá la creación de materiales aún más resistentes, duraderos y sostenibles.

Asimismo, los sustitutos de cuero también ofrecen una mayor durabilidad y resistencia que los materiales convencionales, lo que significa que son una opción más sostenible en cuanto a la longevidad del producto final. Además, algunos de estos materiales pueden ser más ligeros y flexibles que el cuero tradicional, y también pueden ser más fáciles de trabajar y personalizar para diferentes diseños y usos.

En el futuro, se espera que la demanda de materiales sustitutos de cuero siga creciendo a medida que más empresas adopten prácticas sostenibles y busquen ofrecer opciones éticas a los consumidores conscientes. También puede haber avances en la producción de estos materiales que permitan una producción más eficiente y económica.

## **CAPÍTULO I**

### **1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Planteamiento del Problema**

El cuero es uno de los materiales más utilizados alrededor del mundo por su variado uso en vestimenta, tapicería, calzado, etc., esto, junto con el constante aumento de la densidad poblacional, provocan un alza significativa anualmente en la demanda de este producto, lo que conlleva a grandes problemas medioambientales y sociales (Quecan Vega y Sierra González 2022, p.18).

Estos problemas se sitúan tanto en la obtención de la materia prima como en la elaboración del producto final, ya que, para la obtención del cuero se requiere un gran consumo de espacio y recurso hídrico para el mantenimiento del animal hasta su edad adulta lo que generalmente se consigue al deforestar o implementar pastizales en tierras que anteriormente eran cultivables; por otro lado, como la obtención del cuero como producto se basa en retirar el pelo de la piel, secarla y curtirla, es necesario el uso de grandes cantidades de químicos para detener su putrefacción y añadir de esta manera sus características especiales lo que finaliza en subproductos como el pelo, residuos cárnicos, cal, sulfuros, grasas, entre otros, que requieren un tratamiento especial para ser desechados caso contrario conllevan a grandes problemas de contaminación.

El proceso de fabricación se caracteriza por su alto consumo de agua, de hasta 100 m<sup>3</sup> por cada tonelada de cuero procesado, además de su excesivo consumo de reactivos, siendo esto de aproximado 442 kg por tonelada, dando como resultado más de media tonelada de residuos desechados, donde el mayor contaminante presente es el cromo que representa aproximadamente el 21% del total de los residuos. Existen alternativas para disminuir los impactos ambientales causados por estos residuos, pero sus altos costos los vuelve muy poco atractivos para las industrias (Quecan Vega y Sierra González 2022, p.18).

En el Ecuador existe una gran variedad de empresas dedicadas a la actividad económica de la curtiembre artesanal, mismas que generalmente no presentan los tratamientos óptimos de los residuos, lo cual ha provocado una gran contaminación en los sectores cercanos en donde se realiza esta actividad.

#### **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. *Objetivo General***

- Elaborar un sustituto de cuero a partir de fibra derivada de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*).

### **1.2.2. *Objetivos Específicos***

- Caracterizar mediante análisis proximal la materia prima bajo la norma ISO 6938:2012.
- Formular un sustituto de cuero a base de la fibra de caña de azúcar con un diseño experimental 2k.
- Validar el cuero obtenido con la normativa IUP (Normativa Internacional para ensayos físicos).
- Comparar las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del sustituto de cuero obtenido con un cuero convencional.

### **1.3. *Justificación***

Con el aumento constante de la demanda del cuero, la idea de una oferta insostenible se hace presente, por ello la necesidad de buscar una solución que satisfaga esta relación. La opción más viable se encuentra en la producción de sustitutos que aminoren los problemas medioambientales tanto en la obtención de la materia prima como en la elaboración del producto final. Una alternativa a esto es la ya conocida piel sintética, la cual, debido a su bajo costo posee un uso muy amplio, sin embargo, sus características físicas dan como resultado una sensación incómoda ya que su fabricación se basa en capas de derivados del petróleo lo que también acarrea a una no biodegradabilidad del producto, por lo tanto, tampoco es un sustituto óptimo del cuero.

Si se habla de la industria de la moda y el calzado se observa que ha estado en constante búsqueda de alternativas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente para reemplazar el cuero animal. Una de las opciones más prometedoras es la elaboración de un sustituto de cuero a partir de la fibra de caña de azúcar. Esta fibra es un subproducto de la producción de azúcar y actualmente se considera como un residuo. Sin embargo, su alto contenido de celulosa y su resistencia a la tracción la convierten en un material ideal para la elaboración de cuero vegano. En este proceso, la fibra de caña de azúcar se trata con diferentes productos químicos para eliminar las impurezas y mejorar su calidad. Luego, se la mezcla con polímeros para crear un material similar al cuero animal, pero más sostenible y ético.

Además, cabe resaltar que la fibra de la caña de azúcar es usada para alimentar al ganado sea ovino o porcino, también para la elaboración de papel al ser reciclable, compostable y biodegradable. Igualmente se usa como sogas dado que su elaboración no es complicada solo se debe tener la maquinaria adecuada, la cual puede ser artesanal o industrial y se obtienen sogas de calidad ya que la fibra soporta grandes fuerzas de estiramiento.

Esto pone en perspectiva a la industria de curtiembre ya que el proceso utilizado afecta en gran medida al medio ambiente ya que los químicos no siempre son tratados antes de desecharlos; la mayor contaminación se observa en cuerpos acuáticos como ríos o mares ya que estos contaminantes son eliminados por vertientes que posteriormente afectara al ecosistema; esto se evidencia por la concentración de cromo trivalente y hexavalente que se encuentran en estos. Una investigación realizada por Silva & Salinas Morales (2022, p.1), en Tungurahua, demostró que el Cr6 en agua no cumple con la normativa TULAS ya que excede el límite permisible de 0.5 mg/L, haciéndolo el principal contaminante y exponiendo así la vida marina y humana.

Por lo tanto, al presentar esta problemática el presente trabajo expondrá una alternativa ecológica que puede llegar a sustituir al cuero animal por uno vegetal, ya que dentro del proceso para elaborar el sustituto del cuero se usarán químicos menos tóxicos en comparación con el método de obtención tradicional. Será un proceso más limpio que además utilizara la materia prima del país, otorgando propiedades físicas, químicas y mecánicas que beneficiarán la obtención de las fibras en su debido procedimiento, y que podrá igual o superar las características del cuero animal.

#### **1.4. Hipótesis o pregunta de investigación**

¿Es posible realizar un sustituto de cuero a base de la fibra de la caña de azúcar?

Técnicamente es viable la realización de un sustituto para el cuero basado en la fibra de la caña de azúcar, ya que el país cuenta con la materia prima durante casi todo el año, además que al ser un producto con poco impacto ambiental se prevé tenga gran aceptación en el mercado, logrando de esta manera incentivar la realización de una planta para la producción del mismo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de investigación

La caña de azúcar es un cultivo agroindustrial muy importante en Ecuador por su capacidad de generar empleo directo. El 20% de la superficie total cultivada en Ecuador se destina a la producción de azúcar y etanol a partir del jugo de la caña y la melaza. Actualmente, la producción total de azúcar en Ecuador supera los 10 millones de sacos, de los cuales sólo el 10% se consume en el país, por lo que el mercado internacional es un canal de venta muy importante.

La superficie cultivada está en expansión, principalmente debido a la apertura del mercado de biocombustibles. El riego, el control de las malas hierbas y la fertilización son aspectos que requieren especial atención, ya que están directamente relacionados con la producción de caña de azúcar y el rendimiento medio (Pilco Sarmiento, 2017, p.2).

El interés por la utilización de residuos lignocelulósicos ha aumentado en los últimos años, ya que algunos de sus componentes pueden utilizarse como materia prima para la fabricación de diversos productos interesantes y se puede producir una amplia gama de productos de valor añadido. Esta iniciativa está en marcha y se espera que continúe (Saval, 2012; citado en Jaramillo Ponce, 2015).

El país cuenta con una gran cantidad de residuos industriales lignocelulósicos sin utilizar, como el bagazo de caña de azúcar, la cáscara de arroz, los cocos y los cogollos de palma africana. Estas materias primas pueden convertirse en materias primas alternativas para la producción de productos de alto valor añadido mediante el desarrollo de tecnologías sostenibles (Figuerola de la Vega, 2009; citado en Jaramillo Ponce, 2015).

Actualmente se investiga mucho sobre el uso de fibras vegetales como la caña de azúcar, la cáscara de coco y las hojas de piña para el desarrollo de pieles, ya que son materiales renovables y muy baratos. Los sustitutos de la piel hechos a partir de fibras son populares porque las fibras naturales utilizan una mezcla de resinas, tintes y/o aglutinantes para obtener la sustitución deseada, y varias empresas ya han completado el proceso de desarrollo (Quecan Vega y Sierra González, 2022).

## 2.2. Referencias Teóricas

### 2.2.1. *Cuero*

Pellejo de los animales después de curtido y preparado para los diferentes usos a que se aplica en la industria (Real Academia Española, 2022).

Las pieles curtidas de animales se han utilizado durante miles de años para confeccionar prendas de vestir. La industria del cuero sigue siendo importante hoy en día. Las materias primas y las pieles se utilizan para confeccionar diversos tipos de prendas exteriores, como abrigos, chaquetas, sombreros, guantes y botas, así como para completar otras prendas. El calzado es otro producto tradicional de cuero (McCann, 2001, p.2).

- **Tinción del cuero**

El teñido de cueros al cromo y más aún el teñido vegetal se caracteriza por realizarse a baja temperatura. Hay tintes que se utilizan tanto en la industria del cuero como en la textil, pero la mayoría de estos tintes no tienen un fuerte poder tintóreo ni desarrollan su solidez, por lo que los tintes para cuero se consideran tintes medios. El color teñido de una piel normalmente se desvanece cuando se lava en un medio acuoso (Montoya Murillo, 2021, p.11).

Los colorantes según su uso y producto final, son sustancias orgánicas que pueden disolverse en medio ácido, neutro o básico. Existen 2 grupos: los auxocrómicos, que pueden fijar la molécula del tinte a la piel e incluso potenciar la función de los cromóforos, y se pueden distinguir de los grupos de los tintes que se encargan de la absorción de la luz, o cromóforos (Montoya Murillo, 2021, p.12-13).

Según Morera, (2002); citado en Montoya Murillo, (2021) explican que la clasificación química de los colorantes se divide en:

Ácidos: Tienen grupos ácidos fuertes, son aniónicos, tienen un peso molecular bajo y tienen buena penetración. El tamaño de las partículas, el peso molecular, la solubilidad y el nivel de sulfonación afectan su funcionamiento. Aunque su solidez, agotamiento, vivacidad y penetración son aceptables y difieren de un tinte a otro, no tienen un fuerte poder cubriente. Debido a la influencia del pH, reacciona a través del enlace salino.

Directos: también conocidos como sustantivos, son aniónicos, tiñen las fibras vegetales sin grabado previo, tienen un alto peso molecular, son sólidos regulares y tienen colores tenues. Se unen a las fibras usando fuerzas de Van der Waals, enlaces de hidrógeno y enlaces hidrofóbicos (el pH tiene poco efecto sobre estos enlaces). Para facilitar la penetración, normalmente se combinan con un ácido.

Básico: catiónico; precipitan como resultado de la acción alcalina o sales en el agua. Por eso, es práctico ajustar la dureza del agua. El agua dura hace que las verduras se vean más llenas y brillantes, pero también tienen una capacidad reducida para resistir la luz, y demasiado tinte puede producir una apariencia bronceada.

#### 2.2.1.1. *Propiedades Físicas*

- Espesor

El grosor es útil y necesario en el mundo de los negocios, ya que indica su destino y precio de venta. El grosor de la piel de vacuno, en particular, depende en gran medida de la estratificación durante el corte. Por ejemplo, el cuero fino (0,5-10 mm) es fácil de trabajar y se utiliza para tapizar sillas, zapatos y chaquetas de caballero, mientras que el cuero de grosor medio (14-20 mm) se utiliza para bolsos, marroquinería en general y zapatos de señora. El cuero grueso (25-30 mm) se utiliza para aplicaciones especializadas como suelas de zapatos y cinturones. También hay que calcular propiedades como la densidad de la materia prima y la resistencia mecánica (resistencia a la tracción, resistencia a la rotura y alargamiento) (Laboratorio de Control Calidad para Cuero y Calzado 2003; citado en Quecan Vega y Sierra González 2022).

- Densidad

La densidad, definida como la relación entre masa y volumen, es una propiedad física fundamental de todos los materiales. Sin embargo, como la piel es un material poroso con grandes espacios entre los huecos, no conviene medir el volumen real de las fibras. Si el volumen se calcula a partir de las dimensiones del tubo sin restar el volumen ocupado por los poros, la relación entre masa y volumen se denomina densidad aparente. Si se incluye el volumen de los poros, se obtendrá la densidad real (Laboratorio de Control Calidad para Cuero y Calzado 2003; citado en Quecan Vega y Sierra González 2022).

### 2.2.1.2. *Propiedades Químicas*

- Humedad

Las condiciones externas a las que se expone el cuero pueden modificar la piel y sus propiedades físicas. El contenido ideal de humedad del cuero es del 12-14 %, lo que confiere al material elasticidad y plasticidad. Esto se determina secando una muestra de cuero a 100-102 °C durante 2-5 horas hasta alcanzar un peso constante y midiendo la diferencia entre el peso inicial y el final para determinar la pérdida de peso (este proceso también evapora disolventes y aceites del cuero, pero sólo en pequeñas cantidades en comparación con la evaporación del agua) (Morayala, Quintanilla y García, 2016, pp.2-3).

- Contenido de grasas

Existen varios métodos para medir el contenido de grasa, pero el más común es el método de extracción con ácido clorhídrico, en el que la muestra de piel se pone en contacto con un disolvente para extraer la grasa de la muestra. El disolvente debe ser compatible con la grasa, por lo que suelen utilizarse disolventes no polares como el cloroformo, el hexano o el éter de petróleo. El contenido de grasa de la piel varía entre el 1-2% y puede llegar al 15-20% según el tipo (Morayala, Quintanilla y García, 2016, pp.3-4).

- Contenido de óxido de cromo

Existen varios métodos mejorados para medir el contenido de cromo en la piel, como la absorción atómica, pero también el método tradicional. La piel se quema a 800 °C durante una hora para producir cenizas, que luego se valoran con tiosulfato de sodio en presencia de yodo (De la Rosa Juárez, 2017, p.22).

### 2.2.1.3. *Propiedades Mecánicas*

- Resistencia a la tracción y porcentaje de elongación

Se utiliza para determinar el estado del cuero bajo la influencia de fuerzas aplicadas en diferentes direcciones y para comprobar si tiene suficiente resistencia estructural para la aplicación. Durante la prueba, se coloca una muestra de cuero alargada entre las mordazas del dinamómetro. A continuación, las mordazas se separan a un ritmo constante y una celda de carga mide la fuerza aplicada a la muestra. La fuerza aplicada deforma la muestra, que se estira hasta romperse

(Laboratorio de Control Calidad para Cuero y Calzado, 2003; citado en Quecan Vega y Sierra González, 2022).

- Resistencia a grietas y desgarros.

Este valor de resistencia se utiliza para medir la capacidad de la piel para soportar diversas presiones en la vida diaria. Este valor de resistencia es especialmente importante cuando existen costuras, suturas, agujeros o heridas en la piel (Laboratorio de Control Calidad para Cuero y Calzado, 2003; citado en Quecan Vega y Sierra González, 2022).

### 2.2.2. Resinas

Las resinas son polímeros viscosos y líquidos. Durante el proceso de producción, las resinas se utilizan en combinación con aditivos y/o aceleradores para conferir al cuero propiedades adicionales como suavidad y resistencia. Para que el cuero sea suave y duradero, se requieren al menos dos procedimientos: la primera que se adhiera la resina al producto y el segundo por medio de un termo fijador se fijan las resinas al producto terminado (Castro Tafur y Contreras Cabello, 2019, pp.52-53).

#### 2.2.2.1. Resina RD-U 3010

Este poliuretano alifático suave muestra una adhesión excepcional y alta firmeza. Tanto los sistemas catiónicos como los aniónicos son muy compatibles con él. Se valora por su capacidad de adherencia, textura agradable y maleabilidad (Dyes Andina, 2022).

**Tabla 2-1:** Ficha técnica de la resina RD-U 3010

<b>Ficha técnica Resina RD-U 3010</b>	
<b>Fase</b>	Acuosa
<b>Aspecto</b>	Líquido translucido
<b>Contenido activo</b>	20%
<b>pH</b>	Aproximadamente 8
<b>Densidad</b>	1.02 ± 0.5
<b>Propiedad iónica</b>	Aniónica y catiónica
<b>Almacenamiento</b>	1 año en ambiente fresco y seco. Temperatura entre 5 a 40°C

Fuente: (Dyes Andina, 2022).

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

### 2.2.2.2. Resina RD-B 176

Compuesto usado primordialmente para el acabado de flor lijada (Dyes Andina, 2022).

**Tabla 2-2:** Ficha técnica de la resina RD-B 176

<b>Ficha técnica Resina RD-B 176</b>	
<b>Fase</b>	Acuosa
<b>Aspecto</b>	Líquido blanco lechoso
<b>Contenido activo</b>	20%
<b>pH</b>	Aproximadamente 8
<b>Características</b>	Buenas propiedades de retención de grabado Apariencia suave y natural Resistencia a pruebas físicas
<b>Almacenamiento</b>	1 año en ambiente fresco y seco. Temperatura entre 5 a 40°. Agitar bien antes de usar.

Fuente: (Dyes Andina, 2022).

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

### 2.2.2.3. Resina RD-A 1034

Es un poliacrilato utilizado como ligante de las capas de fondo para los diferentes acabados. Tanto la cobertura como el relleno de esta son excelentes. A pesar de formar una película muy delgada, tiene buena flexibilidad, buenas propiedades antiadherentes y excelente retención del grabado (Dyes Andina, 2022).

**Tabla 2-3:** Ficha técnica de la resina RD-A 1034

<b>Ficha técnica Resina RD-A 1034</b>	
<b>Fase</b>	Acuosa
<b>Aspecto</b>	Líquido blanco lechoso
<b>Contenido activo</b>	35%
<b>pH</b>	Aproximadamente 8
<b>Características</b>	Alto poder sellador Excelente resistencia al flote húmedo y seco
<b>Almacenamiento</b>	Envase original se almacena por 1 año cuando se mantiene fresco y seco. Temperatura entre 5 a 40°C. Agitar bien antes de usar.

Fuente: (Dyes Andina, 2022).

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

### **2.2.3. Fibra**

Las fibras son polímeros largos, finos y flexibles con propiedades como alta cristalinidad y alta cohesión molecular, lo que las convierte en materiales estables que se utilizan a menudo en la producción textil (Seguridad pública española, 2011).

Las propiedades deseables de las fibras incluyen un alto punto de fusión, que las hace adecuadas para tratamientos térmicos como el teñido y el planchado, resistencia y flexibilidad moderadas, facilidad de teñido, que permite una aplicación uniforme de los tintes, e hidrofiliidad, que las hace cómodas en contacto con la piel.

Las fibras pueden utilizarse en productos textiles y se clasifican según su origen y/o estructura química. Las fibras pueden dividirse en dos categorías: naturales y sintéticas.

#### *2.2.3.1. Fibras naturales*

Las fibras naturales son materiales filamentosos de origen biológico que presentan cualidades en apariencia, textura, longitud, resistencia y flexibilidad que las hacen aptas para su uso. Estas cualidades les vienen dadas por sus características químicas, físicas y mecánicas.

La comprensión y utilización de las fibras naturales ha contribuido significativamente al desarrollo de la civilización humana, superando incluso la importancia de las plantas alimenticias. En todas las culturas humanas, las fibras vegetales y animales han cubierto en gran medida las necesidades humanas básicas de vivienda y vestimenta para protegerse (CONABIO, 2020).

Las fibras naturales también ocupan un lugar especial en las culturas de muchas sociedades de todo el mundo porque son la principal materia prima utilizada para crear una variedad de artículos para el hogar, herramientas de caza y pesca, papel, materiales de cordaje y otros bienes. Las fibras vegetales fueron inicialmente obtenidas por los humanos simplemente quitando la corteza o raspando los tallos y las hojas; sin embargo, estos materiales solo podían usarse para producir objetos rudimentarios, inacabados y rígidos. Al darse cuenta de que las fibras podían separarse de otros tejidos y usarse en la creación de textiles, se realizó la mayor innovación que marcó un cambio significativo en el uso de las fibras (CONABIO, 2020).

Las fibras pueden clasificarse en animales, vegetales, inorgánicas y minerales.

- **Fibras animales:** Las fibras animales están formadas por una serie de cadenas de proteínas paralelas que están conectadas entre sí por enlaces laterales. Las cadenas de proteínas son arreglos atómicos en estructuras alargadas. La condición de estos últimos puntos de enlace se verá afectada hasta que se adapten al nuevo medio porque son químicamente activos y más débiles que las propias uniones de cadena. Se pueden encontrar tres tipos diferentes de puentes: laterales, salinos, hidrogenados y sulfurosos (Portillo, Julián y Santana, 2019, pp.11-12).
- **Fibras vegetales:** las fibras vegetales, compuestas principalmente de celulosa, son resistentes a los álcalis y a diversos ácidos orgánicos, pero no a los ácidos inorgánicos, y se utilizan en la industria papelera, como el algodón y el lino, que forman la base del papel grueso, y el cáñamo y el yute, que se emplean en la producción de papel para envolver. Este trabajo de investigación se centra en las fibras vegetales (Seguridad pública española, 2011).
- **Fibras minerales:** Fibras de origen natural e inorgánico, la más conocida de las cuales es la fibra de vidrio, que suele utilizarse a gran escala, pero que también se encuentra en las fibras de sílice, las fibras cerámicas y el amianto (Quecan Vega y Sierra González, 2022, p.36).

#### 2.2.3.2. *Fibras hechas por el hombre*

La clasificación de los polímeros que componen las fibras sintéticas permite dividir estos materiales en "familias", que representan el 55% de las fibras utilizadas para la confección de prendas de vestir y muebles. Los tres tipos principales de fibras sintéticas son nailon, poliéster y acrílico.

El alto rendimiento del tejido, la termoplaticidad, la resistencia al agua, la facilidad de lavado y la resistencia al desgaste de las fibras sintéticas son posibles gracias a su bajo peso específico. En cambio, la baja estabilidad térmica, la baja absorción de humedad, transpirabilidad y la electrostática son desventajas registradas de las mismas (Audaces, 2022, pp.4-5).

También son difíciles de teñir y requieren tintes especializados porque son telas que repelen el agua. En general, las fibras textiles consisten en sustancias de fibra corta que no están forradas, sino unidas entre sí para crear una capa con un grosor y una consistencia de tela específicos, como el fieltro.

Se dividen en fibras celulósicas y no celulósicas.

- Fibras celulósicas: fibras derivadas de la naturaleza, pero procesadas por el hombre y conocidas como las primeras fibras sintéticas, como el ácido acético y el caucho (Quecan Vega y Sierra González, 2022, p.36).
- Fibras no celulósicas: no se encuentran en la naturaleza, sino que se denominan fibras sintéticas cuyas propiedades cambian en función de las necesidades, como el poliéster. El poliéster es un ejemplo de este tipo de fibra (Seguridad pública española, 2011).

#### **2.2.4. Caña de azúcar**

La caña de azúcar es originaria de la India, se introdujo en España hacia el siglo IX y se generalizó en el siglo XV. La caña de azúcar es un tallo grande e inflexible, sin ramas, de 4-6 cm de diámetro y 2-5 m de altura. La caña de azúcar se compone aproximadamente de un 14% de sacarosa (materia prima del azúcar), 40 kg/t de melaza (materia prima del ron) y 150 kg/t de bagazo o fibra (Infoagro, 2016; citado en Castro Tafur y Contreras Cabello, 2019).

En 2018, la producción total de caña en toneladas métricas fue de 7'502.251; Guayas concentró el 87,1% de esa producción (INEC, 2019). Para el año 2020, la superficie cosechada de caña de azúcar para azúcar en Ecuador fue de 139,406 hectáreas, abarcando una producción de 11,016,167 toneladas métricas. La provincia de Guayas abarcó el 75% de la producción nacional, seguido de Cañar con el 19% (Corporacion Financiera Nacional, 2021, p.7).

##### **2.2.4.1. Bagazo de caña de azúcar**

El bagazo es un subproducto de la agricultura azucarera ampliamente utilizado para la producción de energía y otros fines con un claro enfoque socioeconómico. El bagazo juega un papel importante como portador de energía en las economías de los países productores de azúcar. La comparación de su valor energético con el fuel oil muestra la importancia de este papel, porque una tonelada de petróleo puede ser reemplazada por cinco toneladas de bagazo de azúcar es más que suficiente (Reyna Pari, 2016, p.16).

**Tabla 2-4:** Composición del bagazo de caña de azúcar

<b>Característica</b>	<b>Composición (%p/p)</b>
Humedad	2.15
Ceniza	1.19
Glucosa	42.21

Xilosa	20.86
Lignina ácida insoluble	19.54
Lignina ácida soluble	3.13
TOC	48.15

Fuente: (Troche Domínguez, 2012, p.9).

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

**Tabla 2-5:** Componentes del bagazo de caña de azúcar

Componente	Composición (%)
Carbón	48.30
Hidrógeno	8.32
Oxígeno	42.87
Nitrógeno	0.43
Azufre	0.11

Fuente: (Rodríguez Correa, 2009, p.24).

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

**Tabla 2-6:** Composición morfológica del bagazo limpio

Característica	Composición (%)
Fibra	50
Parénquima	30
Vasos	15
Epidermis	5

Fuente: (GEPLACEA, 1990, p.40).

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

#### 2.2.4.2. Fibra de caña de azúcar

Las fibras de la caña de azúcar pueden ser largas y delgadas en la corteza y más cortas en la base. Dado que la caña de azúcar se compone de ambas partes del tallo, las fibras de la caña pueden ser irregularmente finas y grandes (Michel et al., 2013, pp.1-2).

### 2.2.5. Proceso de extracción de la fibra de caña de azúcar

#### 2.2.5.1. Secado

El secado del bagazo es un pretratamiento importante para mejorar la calidad de la biomasa que se utilizará como combustible en la industria azucarera. El bagazo de caña de azúcar se seca a

temperaturas entre 35 y 60 °C y se puede realizar en una estufa. El secado debe realizarse después de la limpieza, ya que puede preparar la caña para su posterior procesamiento (reducir el contenido de humedad) (Villalba Vidales y Arzola de la Peña, 2019, p.4).

#### 2.2.5.2. Desmedulado

Este proceso elimina el núcleo o celulosa para obtener más fibra, que se utiliza para producir materiales no tejidos y mejorar sus propiedades de resistencia (Castro Tafur y Contreras Cabello, 2019, pp.50-51). Además, se menciona que existen 3 tipos que son:

- *Desmedulado en seco*: Se trata de un procedimiento mecánico en molinos deshuesadores (preferiblemente de rotor vertical) que se puede describir como un par de pequeños molinos de martillos que trabajan juntos para separar dos componentes de la caña.
- *Desmedulado en húmedo*: Es significativamente más eficiente que el método seco, pero se necesita más trabajo para separar los dos componentes antes de pasar al siguiente paso del proceso.
- *Desmedulado en suspensión o mojado*: Esta técnica se utiliza con frecuencia como segundo desmedulado porque elimina no solo la médula sino también el polvo o las impurezas restantes.

#### 2.2.5.3. Pulpado

Este proceso es necesario para reducir el contenido de lignina de las fibras obtenidas del proceso anterior. La lignina es un componente de las plantas vasculares, que forma un tejido especializado para transportar soluciones acuosas, proporcionar soporte mecánico y dar elasticidad y resistencia a la planta y según Delfín Britos y Ramírez (2018), existe el pulpado mecánico y el químico.

- *Pulpado químico*: Industrialmente, se produce utilizando técnicas alcalinas, entre las que destaca el proceso de soda. Las alternativas de pulpado químico incluyen el proceso Kraft, el proceso de soda caliente, el proceso de sulfito neutro, el proceso de soda de antraquinona, etc.
- *Pulpado mecánico*: implica cortar o moler mecánicamente las fibras para liberarlas.

#### 2.2.5.4. *No tejido*

Una tela no tejida es cualquier tipo de haz o manta de fibras formadas mecánicamente (agujas), químicamente (adhesivos) o térmicamente que no requiere un procesamiento posterior para formar un hilo o un tejido (Bonilla Andrade, 2018, p.41).

#### 2.2.5.5. *Fijación del no tejido*

Es importante porque mediante la fijación se analizan las propiedades mecánicas que serían la flexibilidad y la porosidad. Se trata de reforzar o dar forma al tejido para que no se deshagan las fibras. Algunas fibras no pueden empalmarse completamente, por lo que se refuerza el tejido para que las fibras no se suelten y se enreden en la tela no tejida. Esto da estabilidad al tejido sin que se fusione completamente. Esta etapa puede ser discreta o continua a lo largo del proceso, pero suele ser continua cuando el rendimiento es alto (Herrera Álvarez, 2015).

#### 2.2.5.6. *Proceso de formación del cuero*

El acabado con resina es más adecuado para el proceso que aquí se propone, ya que las resinas combinadas con el proceso de producción de piel sintética dan la apariencia de la imitación de cuero. En el pasado se utilizaban resinas y colas naturales, pero no cumplían las propiedades estructurales requeridas (características deficientes) para ser utilizadas (Bonilla Andrade, 2018, p.66). También nos dice que para seleccionar un aglutinante o resina es mejor que esta sea de índole sintético que natural porque es más comercial y tiene mejores resultados con el rendimiento del producto final.

### **2.2.6. *Propiedades del Bagazo de Caña de Azúcar***

#### 2.2.6.1. *Propiedades Físicas*

- Densidad real

Según el estudio realizado por Alarcon et al., (2016, p.8), se realizaron cálculos de densidad real según el método Elgun para diferentes tamaños de partículas. Los cálculos mostraron que, para tamaños de partícula de 0,157 mm a 1,595 mm, las densidades reales obtenidas en el experimento estaban entre 411,3 kg/m<sup>3</sup> y 123,33 kg/m<sup>3</sup>.

- Densidad aparente

Según el estudio realizado por Alarcon et al., (2016, p.8), se calcula la densidad aparente depositando un gran número de diferentes fracciones de caña de azúcar en un cilindro cuyo tamaño corresponde a su volumen. Los resultados de densidad aparente en el rango de 104 kg/m<sup>3</sup> y 52 kg/m<sup>3</sup> para los mismos diámetros de partícula (0,157 mm y 1,595 mm, respectivamente).

- Porosidad

La porosidad se refiere al porcentaje de huecos en el bagazo y es un valor adimensional, que en algunos casos indica la capacidad del material para absorber líquidos y gases. En el caso de los moldes de caña de azúcar, el valor de la porosidad aumenta a medida que disminuye el tamaño de las partículas. Según el estudio realizado por Alarcon et al., (2016, p.8), se midieron porosidades de 0,747 a un tamaño de partícula de 0,157 mm, de 0,603 a 0,630 mm y de 0,578 a 1,595 mm. A partir de estos resultados, podemos concluir que las partículas de bagazo de caña de azúcar son muy porosas y pueden absorber diversos tipos de líquidos y gases.

#### 2.2.6.2. *Propiedades Químicas*

- Celulosa

La celulosa es la más frecuente de todos los compuestos orgánicos naturales y es un polisacárido con la fórmula química condensada (C<sub>6</sub>H<sub>10</sub>O<sub>5</sub>). Es el componente principal de la membrana celular de la mayoría de la materia vegetal. Como resultado, es una materia prima de origen natural. Además, hasta que se alcanza el equilibrio, acepta o rechaza vapor de agua; a pesar de esto y el ser higroscópica no significa que se disuelva en agua (Servicio Nacional de Aprendizaje, 1980, pp.4-8).

- Hemicelulosa

El término se utiliza actualmente para designar polisacáridos de la pared celular distintos de la celulosa y la pectina. Las hemicelulosas se diferencian de la celulosa en que se hidrolizan más rápidamente en medios ácidos y son más solubles en bases, mientras que la lignina es más resistente a la oxidación (Mejía Almeida, 2012, p.15).

- Lignina

La lignina es uno de los biopolímeros más comunes en las plantas y forma las paredes vegetales junto con la celulosa y la hemicelulosa. La lignina se forma por la reacción fotosintética y se considera una materia prima barata y renovable con potenciales aplicaciones industriales (Chávez y Domine, 2013, p.16).

- Humedad

El contenido de humedad de la caña de azúcar depende de la velocidad y la eficacia del proceso de molienda, pero oscila por término medio entre el 48% y el 50% (Díaz, 2008, p.3). Ésta difiere significativamente del contenido de humedad calculado de pequeñas partículas de diferentes diámetros. El procedimiento para determinar el contenido de humedad de las partículas se lleva a cabo secando una muestra de carbón vegetal en un horno, proceso que continúa hasta que la muestra alcanza un peso determinado. Este proceso continúa hasta que la muestra alcanza un peso constante, lo que indica que el secado se ha completado (Díaz, 2008, p.3).

- Contenido de volátiles

Esta medición se realiza calentando una muestra por peso de carbón seco a 900 °C sin aire hasta que su masa se vuelve constante (Manals, Penedo y Salas, 2015, p.8).

- Carbono fijo y ceniza

Esta propiedad del contenido en cenizas se determina calentando la muestra al rojo vivo en presencia de aire para que el combustible se quemara completamente hasta que quede un residuo, llamado ceniza. El contenido de carbono sólido se determina restando la diferencia porcentual de todos los componentes presentes, lo que teóricamente da el contenido neto o sólido o el porcentaje de carbono (Manals, Penedo y Salas, 2015, pp.8-10).

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1. Enfoque de investigación

Este trabajo de investigación tiene un enfoque cuantitativo para determinar los factores que afectan a la fibra y al aglutinante en el desarrollo de sustitutos del cuero basados en fibras naturales y probar la eficacia de las fibras de caña de azúcar en diferentes formulaciones mediante la realización de experimentos adecuados. Asimismo, la finalidad del estudio es desarrollar un enfoque cualitativo para aumentar los beneficios de la caña de azúcar en Ecuador y reducir la contaminación ambiental en el proceso de secado de la caña. La contaminación ambiental en las curtidurías está causada por los productos químicos utilizados en el proceso de curtido.

#### 3.2. Alcance de la investigación

El trabajo tiene un alcance exploratorio con la finalidad de establecer mejores resoluciones a la problemática establecida. La bibliografía revisada describe varios métodos de producción de materiales similares al material propuesto, cuyo objetivo es crear un material fibroso que pueda sustituir al cuero tradicional. También hay que señalar que la finalidad de este estudio es fomentar nuevas investigaciones sobre el mismo tema o temas relacionados.

El proceso propuesto se llevó a cabo a pequeña escala, el diseño y las características técnicas de cada paso tecnológico pueden mejorarse repitiendo el experimento en máquinas industriales adecuadas y realizando los ajustes y el control de calidad necesarios hasta alcanzar el punto óptimo. Por lo tanto, el propósito de este estudio es únicamente demostrar la posibilidad de desarrollo del producto, dejando la puerta abierta a futuras investigaciones para optimizar la formulación seleccionada.

#### 3.3. Diseño de investigación

Este proyecto es de carácter experimental, enfocado en el diseño factorial 2k, ya que se realizarán análisis estadísticos y se analizarán los resultados en relación con las formulaciones desarrolladas para estudiar y analizar el cuero resultante. Los resultados del estudio y análisis del cuero obtenido se analizarán para confirmar o contradecir la hipótesis propuesta.

También es documental porque se basa en la recolección de datos por medio de una indagación metódica y concreta, además que según Tancara (1993), define a la investigación documental como una serie de métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información contenida en los documentos, en primera instancia, y la presentación sistemática, coherente y suficientemente argumentada de nueva información en un documento científico, en segunda instancia. De este modo, no debe entenderse ni agotarse la investigación documental como la simple búsqueda de documentos relativos a un tema.

**Tabla 3-1:** Método de extracción de la fibra de caña de azúcar

Tratamiento	Concentración de NaOH	Tiempo (minutos)	Repeticiones
1	20 gr/lt	5	4
	20 gr/lt	10	4
2	30 gr/lt	5	4
	30 gr/lt	10	4

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

**Tabla 3-2:** Diseño factorial 2k del sustituto de cuero

Diseño factorial 2k	Resina (g)	Aglutinante (g)
	50	7
	75	10

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

### 3.3.2. Variable independiente

Las variables son las condiciones para el diseño experimental en la extracción de la fibra ya que de esta va a depender el rendimiento tanto de la fibra como del cuero. Las variables independientes para la obtención de fibra son: el hidróxido de sodio y el tiempo.; mientras que la variable independiente para la obtención del sustituto de cuero es: sustituto de cuero.

### 3.3.3. Variable dependiente

La variable será la resina a usar en el sustituto de cuero ya que todo dependerá del método que se emplee para la extracción de la fibra de caña de azúcar.

Las variables dependientes para la obtención del sustituto de cuero son: la resina y el aglutinante.

La variable dependiente para la obtención de la fibra es: la fibra.

### 3.3.4. Identificación de variables

**Tabla 3-3:** Identificación de variables

<b>Etapas del proceso</b>	<b>Variable independiente</b>	<b>Variable dependiente</b>
Extracción de la fibra de caña de azúcar	Reactivo Tiempo	Humedad Fibra Ceniza Fuerza Elongación
Obtención del sustituto de cuero	Temperatura Resina Aglutinante	Humedad Sustituto de cuero Ceniza Fuerza Elongación

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

### 3.3.5. Operacionalización de variables

**Tabla 3-4:** Operacionalización de variables

<b>Variable</b>	<b>Tipo de variable</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Unidades</b>	<b>Instrumentos de medición</b>
Humedad	Dependiente	Cantidad de agua dentro de un cuerpo	%	Termobalanza
Tiempo	Independiente	Magnitud física que permite organizar el orden de los eventos.	min	Cronómetro
Reactivos	Independiente	Componente necesario para obtener un material que será usado posteriormente	Cantidad	Balanza analítica

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

## 3.4. Tipo de estudio

El tipo de la investigación para el presente trabajo es exploratorio ya que se recopilará datos de los distintos procesos involucrados en el desarrollo del trabajo.

Para el presente estudio las fibras de caña de azúcar serán probadas en el campo, ya que serán sometidas a modificaciones con el fin de verificar, a través de análisis estadísticos, si los parámetros se ajustan a las normas establecidas para un cuero animal.

### **3.5. Métodos, técnicas e instrumentos de investigación**

#### **3.5.1. Métodos**

- **Método inductivo**

Es la comprobación de un fenómeno de la parte al todo; en este caso se aplica en la utilización de fibras de caña de azúcar para llegar a un producto innovador.

- **Método deductivo**

Método que consiste en examinar un fenómeno desde el todo hasta las partes. Este método permitió recopilar datos generales desde la investigación sobre el desarrollo de sustitutos del cuero utilizando otras fibras hasta el uso específico de la fibra de caña de azúcar.

#### **3.5.2. Técnicas e instrumentos de investigación**

##### *3.5.2.1. Instrumentos de investigación*

- **Revisión de la literatura:**

Búsqueda de diversos documentos, información escrita y publicada sobre el uso de la caña de azúcar a nivel industrial.

- **Observación:**

El desarrollo de pruebas y formulaciones requiere prestar atención a la instrumentación y los equipos para comprender y analizar los resultados.

- **Experimentación**

Someter las muestras a distintos parámetros tanto fisicoquímicos para que favorezcan los resultados.

### 3.5.2.2. Técnicas

- **Técnica usada para la extracción de fibra de caña de azúcar**

La extracción de la fibra de caña de azúcar se realizó por vía húmeda con la aplicación de NaOH a diferentes concentraciones y tiempos.

Selección del bagazo de caña de azúcar: El bagazo de caña de azúcar se obtuvo de las personas dedicadas a la producción de bebidas a partir de esta, se utilizó el bagazo con una longitud cercana a 1,4 metros y un ancho promedio de 24 cm.

Remojo: Se remoja el bagazo de caña de azúcar durante un día con la finalidad de ablandar la celulosa y facilitar la extracción de las fibras.

Soluciones: Son 2 soluciones de *NaOH* con concentraciones de *20gr/lt* y *30gr/lt*.

Pesaje del bagazo: Se pesa la misma cantidad de bagazo de caña de azúcar a utilizarse para las diferentes soluciones en este caso 300 gramos.

Cocción: El bagazo de caña de azúcar va a estar sumergida en la solución de *NaOH* durante un tiempo de 5 y 10 minutos después de haber hervido la mezcla.

Lavado: Después de la cocción y enfriamiento se retira la solución de *NaOH* con los residuos de celulosa y se lava la fibra con agua.

Regulación de pH: Se sumerge la fibra obtenida en una solución al 3% de ácido acético para regular el pH de la fibra.

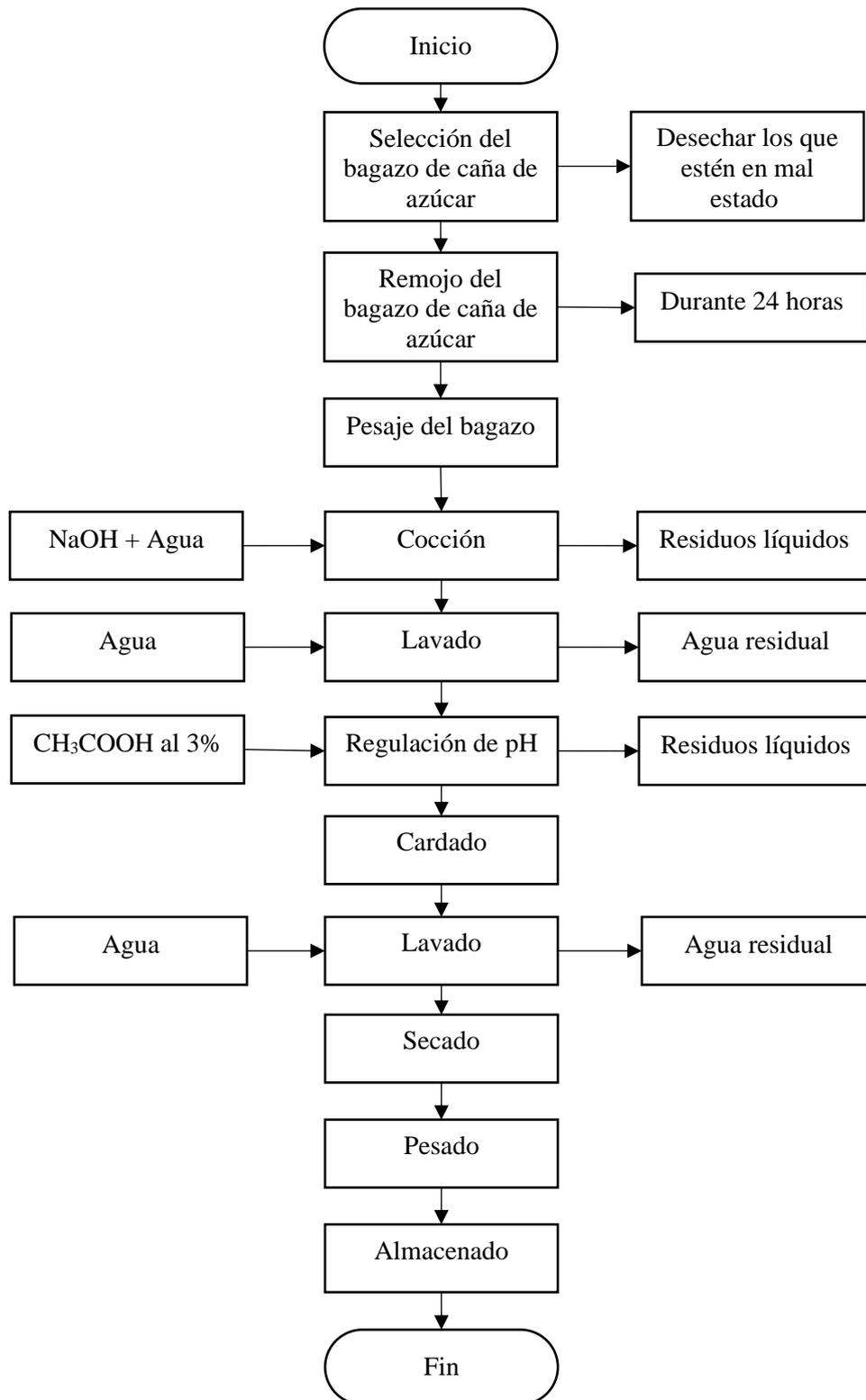
Cardado: El cardado en húmedo es usado para retirar restos de pulpa (celulosa), evitando que las fibras se dañen.

Lavado: Un lavado por última vez para la fibra que ya paso el proceso de cardado con la finalidad de retirar los fragmentos de la solución de regulación de pH.

Secado: Se seca la fibra a 80 °C durante 2 horas o a temperatura ambiente (1 día).

Pesado: Se pesa la cantidad de fibra obtenida al finalizar el proceso para saber cuál de las concentraciones tiene el mejor rendimiento.

Almacenado: Se almacena la fibra en bandejas de aluminio previamente etiquetadas para su posterior uso al elaborar el sustituto de cuero.



**Ilustración 3-1:** Diagrama de bloques de la extracción de la fibra de caña de azúcar

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

- **Técnica para la obtención del sustituto de cuero**

Especificación de variables y constantes: Las variables serán la cantidad de resinas y fibra de poliéster para cada tratamiento y la constante es el porcentaje de fibra de caña de azúcar.

Formulaciones: Son 2 formulaciones para determinar el mejor rendimiento: el T1 tuvo 50 gr de resina, 7 gr de poliéster; para el T2 fueron 75 gr de resina, 10 gr de poliéster; los 10 gr de fibra se mantuvieron constantes para ambos tratamientos.

Laminado: Luego del pesado de los componentes, el poliéster se divide en dos capas con el mismo peso, la fibra de caña de azúcar se coloca en el centro de ambas capas y de esta manera en la parte inferior habrá una capa de poliéster, en el medio una capa de fibra y en la parte superior otra capa de poliéster con la finalidad que la fibra de caña de azúcar no quede suelta.

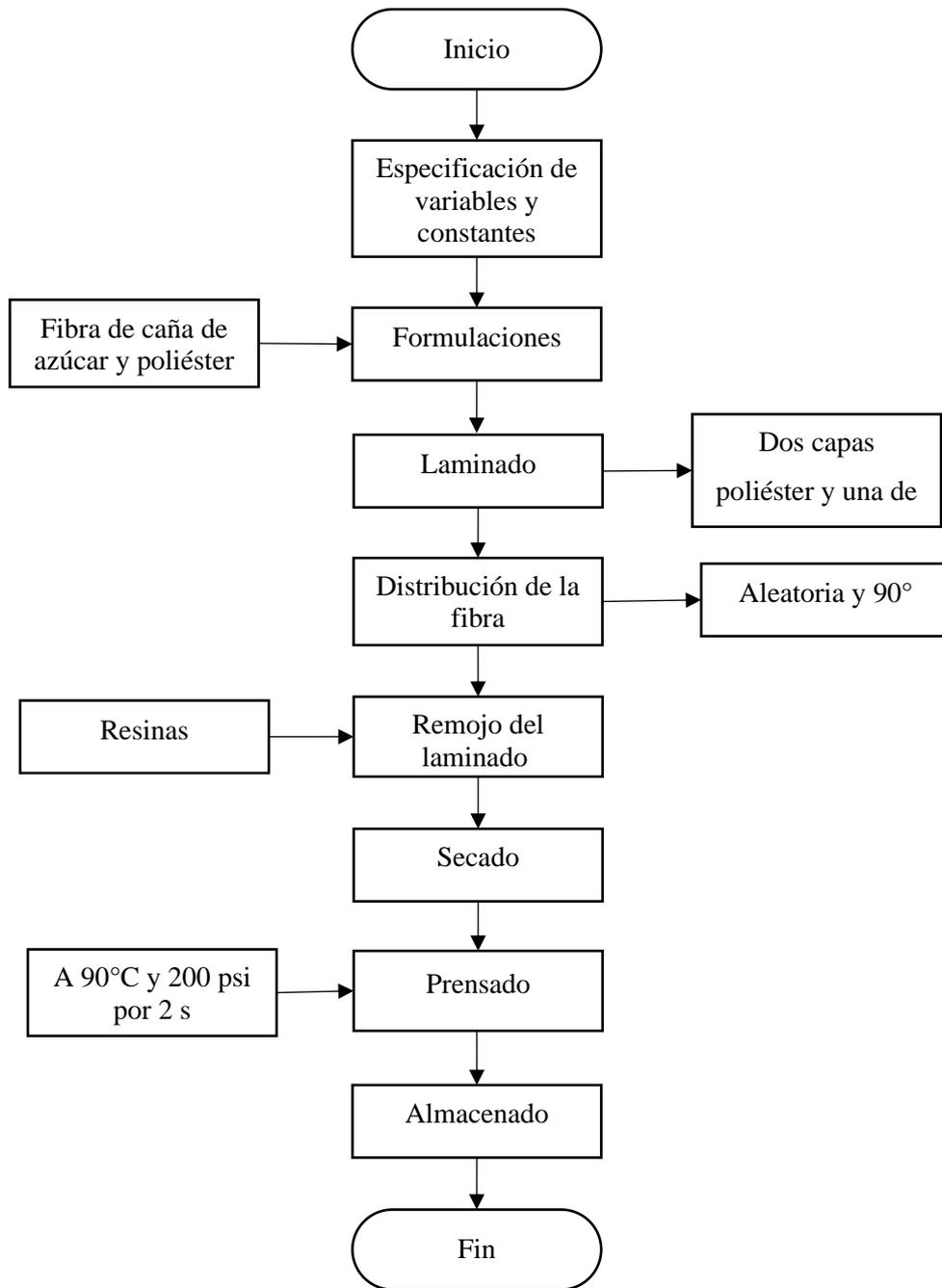
Distribución de la fibra: Para cada una de las formulaciones se tendrán dos diferentes distribuciones siendo aleatoria y formando ángulos de 90°.

Remojo del laminado: Se humedece el laminado con la mezcla de resinas seleccionadas ya que de esta manera se da un aspecto parecido al cuero.

Secado: Se seca el laminado a 80 °C durante 2 horas o a temperatura ambiente durante un día (soleado).

Prensado: Las muestras de sustituto son prensadas a una temperatura de 90°C y 200 psi durante dos segundos para compactar los componentes.

Almacenado: Se almacena el sustituto de cuero previamente etiquetadas.



**Ilustración 3-2:** Diagrama de bloques de la obtención del sustituto de cuero

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

**Tabla 3-5:** Caracterización de propiedades fisicoquímicas y mecánicas de la fibra de caña de azúcar

<b>Análisis</b>	<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Ecuación / Formula</b>
Humedad	Termobalanza Tijeras	Fibra de caña de azúcar	Se pesa 1 gramo de fibra, se corta en trozos pequeños y se ubica en el plato de la termobalanza, y se registra la medida de humedad.	Directa
Ceniza	Balanza analítica Desecador Crisoles Mufla Pinza para crisol Guantes térmicos	Fibra de caña de azúcar	Se pesan 2 gramos aproximadamente de fibra en los crisoles lavados y tarados, se coloca los crisoles en la mufla a una temperatura de 550 °C durante 12 horas. Se retiran los crisoles de la mufla y se deja enfriar en un desecador hasta obtener un peso constante. Se registra el peso del crisol con el contenido de cenizas y se realiza el cálculo correspondiente expresado porcentaje.	$\%C = \frac{P_{ceniza}}{P_{muestra}} * 100$
Elongación y Tensión	Probeta (prototipo para hacer la prueba)	Fibra de caña de azúcar	Se hila la fibra de caña de azúcar Se realizan nudos en ambos extremos, con una separación de 7 cm Se coloca la probeta en ambas mordazas del equipo Se observa la ruptura y se anotan los resultados.	Directa
Lastometria	Lastometro (prototipo para hacer la prueba)	Fibra de caña de azúcar	Se hila la fibra de caña de azúcar Se teje de forma circular y sin dejar orificios en el tejido. Se coloca el tejido en las mordazas de la máquina. Se observa, se anota el tiempo y se anotan los resultados.	Directa

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

**Tabla 3-6:** Obtención del sustituto de cuero

<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>
Balanza Espátula Placa de vidrio	Fibra de caña de azúcar Poliéster Resinas RD-A, RD-U y RD-B	Se pesa la cantidad de fibra y poliéster necesario para cada formulación Se coloca las fibras una sobre la otra (fibra en el centro de las capas de poliéster) formando una fina capa, sin dejar huecos, sobre una placa de vidrio. Se humedece con la mezcla de resinas Se seca en la estufa a 80°C durante 2 horas Se retira de la estufa y se deja enfriar Se separa de la placa de vidrio

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

**Tabla 3-7:** Caracterización de propiedades fisicoquímicas y mecánicas del sustituto de cuero

<b>Análisis</b>	<b>Materiales y Equipos</b>	<b>Reactivos</b>	<b>Procedimiento</b>	<b>Ecuación / Formula</b>	<b>Método de ensayo</b>
Humedad	Termobalanza	Láminas de sustituto de cuero	Se pesa 1 gramo aproximadamente del sustituto de cuero se ubica en el plato de la termobalanza, después se cierra la tapa y se registra la medida de humedad.	Directa	(Normas IUP, 2020).
Ceniza	Balanza analítica Desecador Crisoles Mufla	Láminas de sustituto de cuero	Se pesa 1 gramos aproximadamente del sustituto de cuero en los crisoles lavados y tarados, se coloca los crisoles en la mufla a una temperatura de 550 °C durante 12 horas.	$\%C = \frac{P_{ceniza}}{P_{muestra}} * 100$	(Normas IUP, 2020).

	Pinza para crisol Guantes térmicos		Se retiran los crisoles de la mufla y se deja enfriar en un desecador hasta obtener un peso constante. Se registra el peso del crisol con el contenido de cenizas y se realiza el cálculo correspondiente expresado porcentaje.		
Espesor	Calibrador digital Estilete	Láminas de sustituto de cuero	Se usa el calibrador digital para medir las longitudes entre sus dos contactos de medida, este instrumento es de medición directa y consta de un cuerpo de tope fijo y otro de móvil que tiene una regleta micrométrica.	Directa	(Normas IUP, 2020).
Elongación y Tensión	Probeta (prototipo para hacer la prueba)	Láminas de sustituto de cuero	Se recorta las probetas del tamaño indicado Se coloca en ambas mordazas del prototipo Se observa la ruptura Se anota los resultados	Directa	(Normas IUP, 2020).
Lastometria	Lastometro (prototipo para hacer la prueba) Tijeras	Láminas de sustituto de cuero	Se recorta un círculo del tamaño indicado por el técnico docente. Se coloca el sustituto recortado en las mordazas de la máquina. Se observar y se toma el tiempo Se anotan resultados	Directa	(Normas IUP, 2020).

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1. Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Datos materia prima

Para la extracción de la fibra de caña de azúcar se tomó 4 muestras, a las que se realizó mediciones tanto de peso, ancho como de longitud, los cuales se representa en la siguiente tabla:

**Tabla 4-1:** Mediciones de materia prima

No.	BAGAZO CAÑA DE AZÚCAR		
	PESO (gr)	LONGITUD (m)	ANCHO (cm)
1	500	1,6	22
2	400	1,4	24
3	600	1,5	24
4	550	1,4	23
<b>PROMEDIO</b>	512,5	1,475	23,25

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

Se obtuvo los resultados promedio de 512.5 gramos de peso, 1.475 metros de longitud y 23.25 centímetros de ancho, estos datos pueden variar dependiendo de cómo se extraiga el jugo de la caña de azúcar al pasarlo por el molino.

##### 4.1.2. Extracción de fibra de caña de azúcar

En esta experimentación se aplicó el diseño factorial 2k generando 4 tratamientos a con 4 repeticiones cada una; las variables fueron 2 concentraciones de hidróxido de sodio a diferentes tiempos siendo a los 5 y 10 minutos que empieza a hervir el tratamiento designado, como se detalla en la siguiente tabla:

**Tabla 4-2:** Datos obtención de la fibra de caña de azúcar

Tratamiento	Repetición	Variables	Volumen agua (ml)	Producto (g)	Fibra (g)	Tiempo de secado
<b>T1</b>	<b>T1R1</b>	20 gr/lt 5min	600	300	35,7202	2h
	<b>T1R2</b>				36,6083	
	<b>T1R3</b>				28,0727	
	<b>T1R4</b>				30,5142	
<b>T2</b>	<b>T2R1</b>	20 gr/lt 10min			28,7588	2h
	<b>T2R2</b>				34,9958	
	<b>T2R3</b>				37,5827	
	<b>T2R4</b>				35,8017	
<b>T3</b>	<b>T3R1</b>	30 gr/lt 5min			29,9615	2h
	<b>T3R2</b>				25,7623	
	<b>T3R3</b>				27,3193	
	<b>T3R4</b>				34,2081	
<b>T4</b>	<b>T4R1</b>	30 gr/lt 10min			29,6385	2h
	<b>T4R2</b>				23,0999	
	<b>T4R3</b>				27,6097	
	<b>T4R4</b>				25,0328	

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

En la tabla 16-4 se muestra el rendimiento de la extracción de la fibra de caña de azúcar para cada tratamiento previamente indicado.

**Tabla 4-3:** Rendimiento de la fibra de caña de azúcar

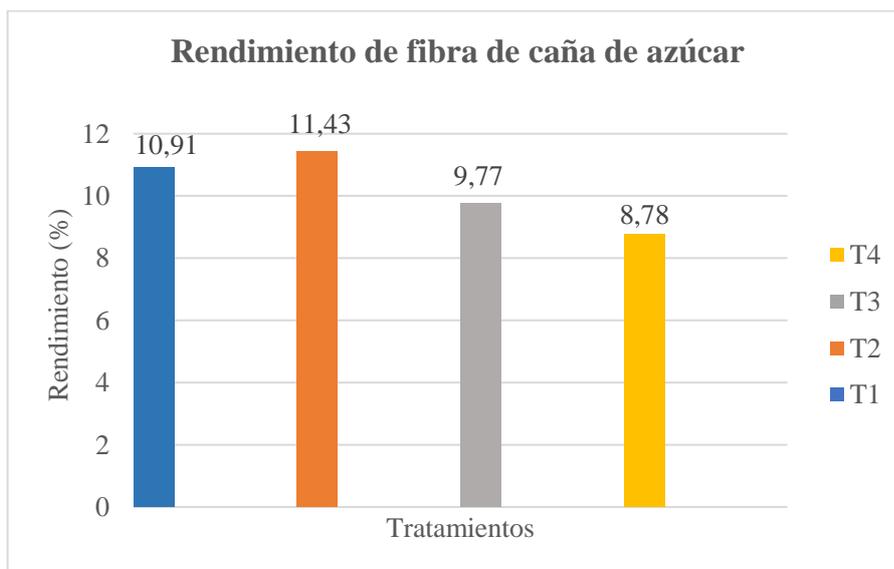
Tratamiento	Repetición	Variables	Rendimiento (%)	Promedio
<b>T1</b>	<b>T1R1</b>	20 gr/lt 5min	11,9067	10,9096
	<b>T1R2</b>		12,2028	
	<b>T1R3</b>		9,3576	
	<b>T1R4</b>		10,1714	
<b>T2</b>	<b>T2R1</b>	20 gr/lt 10min	9,5863	11,4283
	<b>T2R2</b>		11,6653	
	<b>T2R3</b>		12,5276	
	<b>T2R4</b>		11,9339	

<b>T3</b>	<b>T3R1</b>	30 gr/lt 5min	9,9872	9,7709
	<b>T3R2</b>		8,5874	
	<b>T3R3</b>		9,1064	
	<b>T3R4</b>		11,4027	
<b>T4</b>	<b>T4R1</b>	30 gr/lt 10min	9,8795	8,7817
	<b>T4R2</b>		7,7000	
	<b>T4R3</b>		9,2032	
	<b>T4R4</b>		8,3443	

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

Para esta prueba se utilizó 300 gramos de bagazo de caña de azúcar y 600 mililitros de agua destilada, según la tabla 16-4 que muestra el rendimiento de la fibra de caña de azúcar se observa que el mejor es el de 20 gr/lt de la solución de NaOH porque su rendimiento es de 11.4283%. La fibra que se obtuvo de esta concentración poseía una baja cantidad de pulpa adherida facilitando el proceso posterior. Comparando T1 y T2 que varía el tiempo, pero no la concentración, se tiene una diferencia de 0.5187% de rendimiento en lo que se puede apreciar que su diferencia radica en la cantidad de pulpa retenida en las fibras dificultando el proceso de cardado.

Para los tratamientos T3 y T4 en los que se varió la concentración con respecto al T2, se aprecian las diferencias con respecto al rendimiento de 1.6574% y 2.6466% respectivamente, su discrepancia es la rotura y pérdida de las fibras al momento de hacer el cardado ya que estas se volvieron cortas y débiles.



**Ilustración 4-1:** Rendimiento de la extracción de la fibra de caña de azúcar

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

#### 4.1.3. Caracterización de la fibra de caña de azúcar

Con respecto a las pruebas fisicoquímicas y mecánicas realizadas a la fibra de caña de azúcar se tomaron 4 repeticiones para cada prueba y así obtener un promedio que indique el mejor valor de cada una de las pruebas.

##### 4.1.3.1. Humedad

Para esta prueba se pesó aproximadamente 1 gramo de la fibra de caña de azúcar, posteriormente se recortó hasta obtener pequeños trozos uniformes para que al colocar en el plato del equipo (termobalanza) este tenga la estabilidad requerida para su funcionamiento.

En la tabla 17-4 se muestran los resultados de la humedad para cada tratamiento. Los tratamientos T3 y T4 tienen un valor de 1.7945% y 1.88675% de humedad respectivamente siendo los valores más altos de humedad y los tratamientos T1 y T2 tienen un valor de 1.5868% y 1.5035% humedad respectivamente, dando como resultado que el T2 tiene el valor más óptimo con respecto a la humedad.

**Tabla 4-4:** Humedad de la fibra de caña de azúcar

<b>Tratamiento</b>	<b>Repetición</b>	<b>Peso (gr)</b>	<b>Termobalanza Humedad (%)</b>	<b>Promedio</b>
<b>T1</b>	<b>T1R1</b>	1,057	1,501	1,5868
	<b>T1R2</b>	1,054	2,701	
	<b>T1R3</b>	1,041	1,056	
	<b>T1R4</b>	1,028	1,089	
<b>T2</b>	<b>T2R1</b>	1,039	1,519	1,5035
	<b>T2R2</b>	1,027	1,841	
	<b>T2R3</b>	1,074	1,397	
	<b>T2R4</b>	1,108	1,257	
<b>T3</b>	<b>T3R1</b>	1,248	1,657	1,7945
	<b>T3R2</b>	1,014	1,724	
	<b>T3R3</b>	1,023	1,459	
	<b>T3R4</b>	1,079	2,338	
<b>T4</b>	<b>T4R1</b>	1,096	1,29	1,88675
	<b>T4R2</b>	1,048	2,796	

	<b>T4R3</b>	1,168	1,957
	<b>T4R4</b>	1,132	1,504

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.3.2. Contenido de Ceniza

Para esta prueba se pesó aproximadamente 2 gramos de fibra de caña de azúcar, se taro los crisoles a utilizar colocando los mismo en una estufa y posteriormente dejándolos enfriar en un desecador.

Después de tener cada crisol etiquetado y con la muestra correspondiente se coloca dentro de la mufla a 550°C durante 12 horas, pasado este tiempo se coloca en el desecador para que se enfríe y posteriormente poder pesar y así obtener el porcentaje de ceniza.

La tabla 18-4 indica que el T2 posee el mejor resultado teniendo 4.6253% de ceniza. El T1, T3 y T4 tienen valores de 4,9432%, 5,6498% y 6,1231% de ceniza.

**Tabla 4-5:** Ceniza de la fibra de caña de azúcar

Tratamiento	Repetición	Fibra (gr)	Cenizas (gr)	Cenizas (%)	Promedio (%)
<b>T1</b>	<b>T1R1</b>	2,0019	0,1091	5,44982267	4,9432
	<b>T1R2</b>	2,0493	0,0648	3,16205534	
	<b>T1R3</b>	2,004	0,1164	5,80838323	
	<b>T1R4</b>	2,0009	0,1071	5,35259133	
<b>T2</b>	<b>T2R1</b>	2,0044	0,0666	3,32269008	4,6253
	<b>T2R2</b>	2,0076	0,0944	4,7021319	
	<b>T2R3</b>	2,0077	0,0688	3,42680679	
	<b>T2R4</b>	2,0285	0,143	7,049544	
<b>T3</b>	<b>T3R1</b>	2,0007	0,0549	2,74403959	5,6498
	<b>T3R2</b>	2,0076	0,1323	6,58995816	
	<b>T3R3</b>	2,0034	0,1721	8,59039633	
	<b>T3R4</b>	2,0001	0,0935	4,67476626	
<b>T4</b>	<b>T4R1</b>	2,0388	0,0655	3,21267412	6,1231
	<b>T4R2</b>	2,066	0,1407	6,81026137	
	<b>T4R3</b>	2,0029	0,1016	5,07264467	
	<b>T4R4</b>	2,0071	0,1886	9,39664192	

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.3.3. Lastometria

Para la prueba de lastometria se realizó un tejido procurando no dejar orificios en el mismo para que de esta manera la prueba obtenga el resultado necesario.

**Tabla 4-6:** Prueba de Lastometría de la fibra de caña de azúcar

Tratamiento	Repetición	Tiempo	Presiones		Lastometria
			BAR	PSI	
T1	T1R1	1,9	1,1	15	10,56
	T1R2	2,1	1,2	16	11,04
	T1R3	1,8	1,1	15	10,56
	T1R4	2,0	1,0	14	9,87
T2	T2R1	2,0	1,5	20	11,34
	T2R2	2,1	1,4	19	11,42
	T2R3	2,2	1,4	19	11,42
	T2R4	1,8	1,3	18	11,32
T3	T3R1	2,1	0,9	13	8,94
	T3R2	1,7	0,8	11	7,76
	T3R3	1,9	1,0	14	9,87
	T3R4	2,2	0,9	13	8,94
T4	T4R1	1,8	0,7	10	6,29
	T4R2	1,9	0,9	13	8,94
	T4R3	2,1	0,9	13	8,94
	T4R4	2,0	0,8	11	7,76

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.3.4. Tensión y elongación de la fibra de caña de azúcar

La tabla 20-4 expresa los resultados de la resistencia a la tensión de la fibra de caña de azúcar, se realizó 4 repeticiones para cada uno de los tratamientos con una probeta de 8 centímetros de longitud y un calibre promedio de 0.2 centímetros. El mejor resultado fue el de T2 ya que tiene un promedio de tensión de 28,849 MPa y una fuerza de 292 N.

Con respecto a la elongación se utilizaron las mismas probetas ya que las pruebas se realizan en conjunto. La tabla 21-4 da los resultados promedios de elongación de la fibra de caña de azúcar obteniéndose de esta manera que el de mejor valor es el T2 con un 34,4%, los tratamientos T1 y

T3 tienen el mismo valor promedio de elongación de 26,3% a pesar de variar la deformación dada.

**Tabla 4-7:** Prueba de Tensión de la fibra de caña de azúcar

Tratamiento	Repetición	Fuerza(N)	Área cm <sup>2</sup>			Tensión (Mpa)	Promedio de Tensión	Promedio Fuerza (N)
			Ancho (cm)	Calibre (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )			
T1	T1R1	108,8	0.5	0,22	0,110	9,89	14,171	147,2
	T1R2	135,9		0,23	0,115	11,82		
	T1R3	160,7		0,22	0,110	14,61		
	T1R4	183,3		0,18	0,090	20,37		
T2	T2R1	343,0		0,2	0,100	34,30	28,849	292,0
	T2R2	364,6		0,19	0,095	38,38		
	T2R3	263,7		0,22	0,110	23,97		
	T2R4	196,8		0,21	0,105	18,74		
T3	T3R1	180,4		0,21	0,105	17,18	26,929	287,0
	T3R2	335,2		0,23	0,115	29,15		
	T3R3	270,9		0,19	0,095	28,52		
	T3R4	361,6		0,22	0,110	32,87		
T4	T4R1	133,5		0,2	0,100	13,35	16,803	161,2
	T4R2	139,7		0,2	0,100	13,97		
	T4R3	180,5		0,25	0,125	14,44		
	T4R4	190,9		0,15	0,075	25,45		

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

**Tabla 4-8:** Prueba de Elongación de la fibra de caña de azúcar

Tratamiento	Repetición	Largo total de la probeta (m)	Largo de la probeta donde se realiza la prueba (m)	ELONGACION CON MEDIDOR (m)				Promedio % Elongación
				Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación de el Medidor	% Elongación	
T1	T1R1	0.08	0.04	0,286	0,297	0,011	27,5	26,3
	T1R2			0,284	0,294	0,010	25,0	
	T1R3			0,305	0,311	0,006	15,0	
	T1R4			0,301	0,316	0,015	37,5	
T2	T2R1			0,299	0,312	0,013	32,5	34,4
	T2R2			0,302	0,316	0,014	35,0	
	T2R3			0,297	0,311	0,014	35,0	
	T2R4			0,301	0,315	0,014	35,0	
T3	T3R1			0,302	0,313	0,011	27,5	26,3
	T3R2			0,299	0,309	0,010	25,0	
	T3R3			0,301	0,310	0,009	22,5	
	T3R4			0,296	0,308	0,012	30,0	
T4	T4R1			0,295	0,303	0,008	20,0	20,6
	T4R2			0,296	0,304	0,008	20,0	
	T4R3			0,295	0,303	0,008	20,0	
	T4R4			0,296	0,305	0,009	22,5	

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.4. *Elaboración del sustituto de cuero*

La elaboración del sustituto de cuero a partir de la fibra de caña de azúcar sigue la metodología previamente descrita. Para las variables se utiliza una simbología donde el aleatorio y los 90° representan la orientación de las fibras ubicadas en el aglutinante.

**Tabla 4-9:** Datos de elaboración sustituto de cuero

Resina (g)	Aglutinante (g)	Fibra (g)	Prensado		
			Tiempo (s)	Temperatura (°C)	Presión (psi)
50	7	10	2	90	200
75	10	10			

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.5. *Caracterización del sustituto de cuero*

##### 4.1.5.1. *Humedad*

La tabla 23-4 se muestran los resultados de la humedad para cada tratamiento. Los valores promedio de humedad de T1 sin importar la orientación de las fibras establecidas son muy similares y de igual manera los valores de T2 sin importar su orientación igualmente similar entre sí; pero el T1 es el más óptimo al tener valores más bajos con respecto a la humedad.

**Tabla 4-10:** Humedad del sustituto de cuero

Tratamiento	Muestra	Peso (gr)	% Termobalanza	Promedio
T1	T1R1 aleatorio	1,181	1,525	1,5745
		1,157	1,603	
		1,149	1,569	
		1,125	1,601	
	T1R2 (90°)	1,1	1,638	1,5638
		1,1	1,371	
		1,063	1,416	
		1,039	1,83	
T2	T2R1 aleatorio	1,036	2,705	2,6933
		1,043	2,641	
		1,302	3,079	
		1,264	2,348	

	<b>T2R2 (90°)</b>	1,012	3,171	2,708
		1,139	2,724	
		1,126	2,315	
		1,735	2,622	

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

#### 4.1.5.2. Contenido de Ceniza

La tabla 24-4 nos indica que para el tratamiento 2 (aleatorio y 90°) y el tratamiento 1 en aleatorio se tienen valores similares con respecto al contenido de ceniza obteniéndose 3,2575%, 3,3525% y 3,21%, por el contrario, el tratamiento 1 a 90° tiene el mejor valor promedio de 2.19% de contenido de ceniza.

**Tabla 4-11:** Ceniza del sustituto de cuero

Tratamiento	Muestra	Sustituto Cuero	Ceniza (g)	Cenizas (%)	Promedio (%)
<b>T1</b>	<b>T1R1 aleatorio</b>	1,1811	0,0346	3,46	3,21
		1,1570	0,0333	3,33	
		1,0139	0,0302	3,02	
		1,1252	0,0303	3,03	
	<b>T1R2 (90°)</b>	1,1037	0,0184	1,84	2,19
		1,1090	0,0234	2,34	
		1,0638	0,0211	2,11	
		1,0385	0,0247	2,47	
<b>T2</b>	<b>T2R1 aleatorio</b>	1,0379	0,0314	3,14	3,26
		1,0120	0,0339	3,39	
		1,4970	0,0321	3,21	
		1,2640	0,0329	3,29	
	<b>T2R2 (90°)</b>	1,0121	0,0346	3,46	3,35
		1,2870	0,0328	3,28	
		1,1239	0,0332	3,32	
		1,7350	0,0335	3,35	

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

#### 4.1.5.3. Lastometria

De acuerdo con la norma IUP 9 basada en el lastómetro, fue necesario comprobar la posición de montaje de la piel para ver si podía soportar una deformación de su superficie. Para realizar esta prueba, se debe utilizar una abrazadera para sujetar la probeta de ensayo de forma circular y con el lado de la flor hacia afuera. La abrazadera se mueve mediante un mecanismo de velocidad constante en la dirección de una bola de acero estacionaria colocada en el medio del lado de la carne de la probeta. Como resultado de este movimiento hacia abajo, el sustituto del cuero se va deformando gradualmente hasta adquirir una forma de cono con una veta que está sometida a una tensión creciente hasta que aparece la primera grieta. La tabla 25-4 indica que el tratamiento 1 está dentro de los parámetros de las normas y así dando como resultado un sustituto de cuero de buena calidad.

**Tabla 4-12:** Prueba de Lastometria del sustituto de cuero

Tratamiento	Muestra	Tiempo	Presiones		Lastometria
			BAR	PSI	
T1	1 aleatorio	1,3	2,0	30	7,97
		1,2	1,9	28	9,09
		1,2	1,8	26	9,96
		1,3	2,0	30	7,97
	2 (90°)	1,4	1,8	26	9,96
		1,3	1,8	26	9,96
		1,3	2,0	30	7,97
		1,4	1,9	28	9,09
T2	1 aleatorio	1,2	2,1	31	6,59
		1,1	1,9	28	9,09
		1,2	2,1	31	6,59
		1,1	2,0	30	7,97
	2 (90°)	1,2	2,0	30	7,97
		1,2	2,1	31	6,59
		1,1	1,8	26	9,96
		1,1	2,1	31	6,59

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.5.4. *Tensión y elongación del sustituto de cuero*

Esta prueba se puede utilizar en cualquier tipo de cuero porque el espesor o calibre del sustituto del cuero se estableció utilizando el estándar IUP 4. La aplicación de 200 MPa a 90°C durante dos segundos fue la presión determinada para esta medida de sustituto. La resistencia a la tracción de un material es la tensión de tracción más alta que puede soportar sin romperse. Está indicado por la Norma IUP 6 que es aplicable a todo tipo de pieles que cuando el cuero se pone a prueba en la máquina de tracción (dinamómetro) con una carga y un punto de rotura específicos, se determina su resistencia en términos de resistencia a la tracción y porcentaje de elongación.

La Tabla 26-4 indica que el tratamiento 1 a 90° es el mejor tratamiento por sus valores tanto de fuerza como de tensión que son 252 N y 18.2649 MPa respectivamente, en cambio el tratamiento 1 en aleatorio y el tratamiento 2 a 90° tienen valores similares de tensión correspondientes a 15.6265 MPa y 15.9353 MPa respectivamente, pero los valores de fuerza son parecidos para los tratamientos 1 y 2 en aleatorio dando valores de 163.1 N y 137.3 N respectivamente.

La tabla 27-4 indica resultados obtenidos de las pruebas de elongación dando así que el mejor tratamiento es el 1 a 90° con un valor de 46,9%.

**Tabla 4-13:** Prueba de Tensión del sustituto de cuero

Tratamiento	Muestra	Fuerza (N)	Área cm <sup>2</sup>			TENSIÓN (MPa)	Promedio de Tensión	Promedio Fuerza (N)
			Ancho (cm)	Calibre (cm)	Área (cm <sup>2</sup> )			
T1	T1R1 aleatorio	123,5	1.7	0,1	0,17	7,2647	15,6265	163,1
		173,3		0,05	0,085	20,3882		
		158,8		0,06	0,102	15,5686		
		196,7		0,06	0,102	19,2843		
	T1R2 (90°)	275,8		0,07	0,119	23,1765	18,2649	252,0
		251,9		0,09	0,153	16,4641		
		231,3		0,09	0,153	15,1176		
		248,9		0,08	0,136	18,3015		
T2	T2R1 aleatorio	161,7	1.7	0,100	0,17	9,5118	8,9157	137,3
		148,7		0,090	0,153	9,7190		
		100,9		0,080	0,136	7,4191		
		137,9		0,090	0,153	9,0131		
	T2R2 (90°)	184,3		0,100	0,17	10,8412	15,9353	246,5
		269,7		0,080	0,136	19,8309		
		273,4		0,090	0,153	17,8693		
		258,4		0,100	0,17	15,2000		

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

**Tabla 4-14:** Prueba de Elongación del sustituto de cuero

Tratamiento	Muestra	Largo total de la probeta (m)	Largo de la probeta donde se realiza la prueba (m)	ELONGACION CON MEDIDOR (m)				PROMEDIO % ENLONGACIÓN
				Medidor Inicial	Medidor Final	Deformación de el Medidor	% Elongación	
T1	T1R1 aleatorio	0,07	0,04	0,279	0,284	0,005	12,5	35,6
				0,275	0,29	0,015	37,5	
				0,278	0,295	0,017	42,5	
				0,274	0,294	0,02	50	
	T1R2 (90°)			0,275	0,297	0,022	55	46,9
				0,275	0,292	0,017	42,5	
				0,276	0,294	0,018	45	
				0,277	0,295	0,018	45	
T2	T2R1 aleatorio	0,279	0,288	0,009	22,5	12,5		
		0,277	0,28	0,003	7,5			
		0,275	0,28	0,005	12,5			
		0,278	0,281	0,003	7,5			
	T2R2 (90°)	0,275	0,284	0,009	22,5	33,1		
		0,276	0,290	0,014	35			
		0,274	0,288	0,014	35			
		0,276	0,292	0,016	40			

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

#### 4.1.6. Cálculos

##### 4.1.6.1. Rendimiento de la fibra de caña de azúcar

Se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada una como se describe en la tabla 16-4, se realizó el mismo cálculo para la obtención del rendimiento para cada una de las repeticiones y se calculó su promedio.

A continuación, se muestra el cálculo de rendimiento del mejor tratamiento T2.

$$\begin{aligned}\%R &= \frac{\text{Masa de fibra de caña de azúcar}}{\text{Masa inicial de bagazo de caña de azúcar}} * 100 \\ \%R &= \frac{34,2848}{300} * 100 \\ \%R &= 11.43 \%\end{aligned}$$

##### 4.1.6.2. Porcentaje de ceniza para la fibra de caña de azúcar y sustituto de cuero

Para la fibra de caña de azúcar se realizaron 4 tratamientos con 4 repeticiones cada una y para el sustituto de cuero se realizaron 2 tratamientos con 2 orientaciones de la fibra y 4 repeticiones cada una como se muestran en las tablas 18-4 y 24-4 respectivamente; se realizó el cálculo de porcentaje de ceniza y se calculó su promedio respectivo.

$$\begin{aligned}\%Ceniza &= \frac{P_{ceniza}}{P_{muestra}} * 100 \\ \%Ceniza &= \frac{45,2094 - 45,1003}{2.0019} * 100 \\ \%Ceniza &= 5.45 \%\end{aligned}$$

#### 4.2. Análisis estadístico

Para la realización del análisis estadístico se hizo uso del programa IBM SPSS STATISTIC, donde se llevaron a cabo las pruebas ANOVA y Tukey para la comprobación de los resultados.

##### 4.2.1. Análisis estadístico ANOVA

Se estableció la hipótesis nula ( $H_0$ ) y alternativa ( $H_1$ ) para el procedimiento:

- $H_0$ = no se presenciaron diferencias significativas entre los resultados de los productos obtenidos a partir de los tratamientos aplicados.
- $H_1$ = se establece que al menos dos de los tratamientos presenta diferencias significativas.

Las hipótesis planteadas sirvieron para el análisis de cada tratamiento realizado tanto para la obtención de la fibra como para el sustituto de cuero.

#### 4.2.1.1. *Análisis estadístico para la fibra*

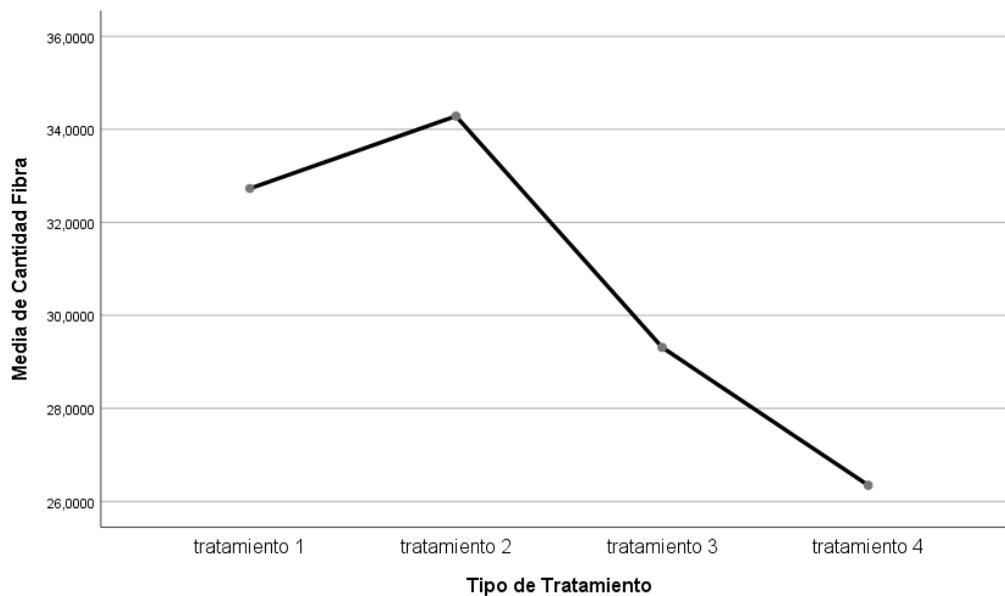
Definidas las hipótesis se procedió a realizar el análisis en el programa, donde se arrojaron los siguientes resultados:

**Tabla 4-15:** Prueba ANOVA para la fibra

<b>ANOVA</b>					
Cantidad Fibra					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	151,404	3	50,468	3,774	,041
Dentro de grupos	160,466	12	13,372		
Total	311,870	15			

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

En base a los datos obtenidos la  $H_0$  se rechaza debido a que  $p \leq 0.05$ , por lo tanto, se puede afirmar que existen diferencias significativas en cuanto a los resultados obtenidos del peso de la fibra producida.



**Ilustración 4-2:** Medias marginales estimadas de Cantidad de Fibra

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

Debido al rechazo de la H0, fue necesario la prueba Tukey obteniendo los siguientes resultados:

**Tabla 4-16:** Prueba Tukey para la fibra

Cantidad Fibra			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Tipo de Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
tratamiento 4	4	26,345225	
tratamiento 3	4	29,312800	29,312800
tratamiento 1	4	32,728850	32,728850
tratamiento 2	4		34,284750
Sig.		,116	,270
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.			

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

En la tabla se puede observar que con un grado de significancia de 0.2, los tratamientos 1, 2 y 3 no presentan diferencias significativas, de los cuales el tratamiento 2 posee el valor más alto, siendo el mismo que posee el rendimiento mayor, por lo cual se establece a este tratamiento como el indicado para la obtención de la fibra en la producción del sustituto de cuero.

#### 4.2.1.2. Análisis estadístico para el sustituto de cuero

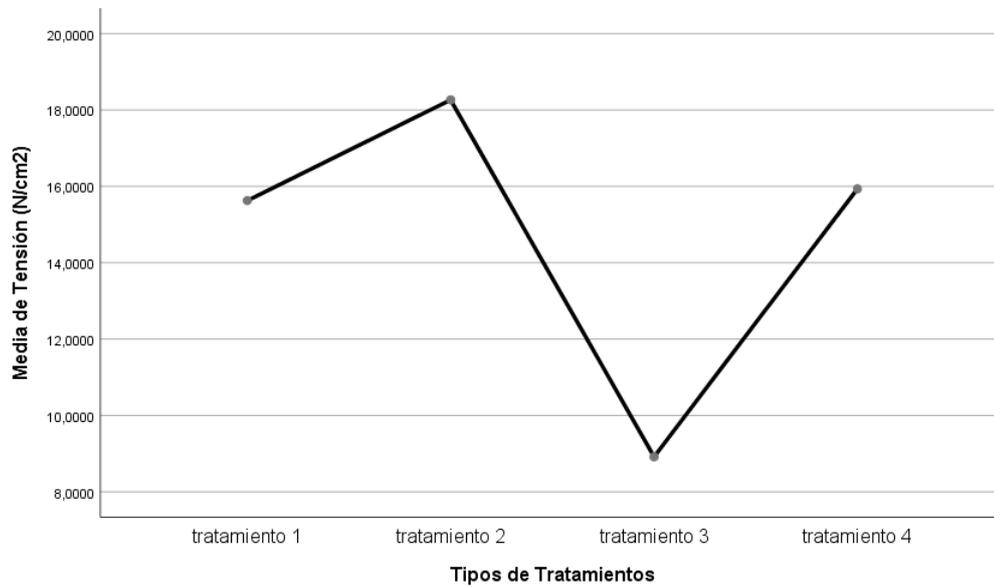
- **Tensión**

De igual manera se realizó el análisis ANOVA para la tensión, donde, con grado de significancia de 0.033, se rechaza la H0.

**Tabla 4-17:** Prueba ANOVA para la Tensión

ANOVA					
Tensión (N/cm <sup>2</sup> )					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	194,199	3	64,733	4,048	,033
Dentro de grupos	191,906	12	15,992		
Total	386,106	15			

Realizado por: Miño, Daniela,2023.



**Ilustración 4-3:** Medias marginales estimadas de Tensión

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

**Tabla 4-18:** Prueba Tukey para la Tensión

<b>Tensión (N/cm<sup>2</sup>)</b>			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Tipos de Tratamientos	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
tratamiento 3	4	8,915750	
tratamiento 1	4	15,626450	15,626450
tratamiento 4	4	15,935350	15,935350
tratamiento 2	4		18,264925
Sig.		,114	,788
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.			

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

En la tabla se puede observar que, con un grado de significancia de 0.788, los tratamientos 1, 2 y 4 no presentan diferencias significativas, de los cuales el tratamiento 2 posee el mayor valor de resistencia a la tensión.

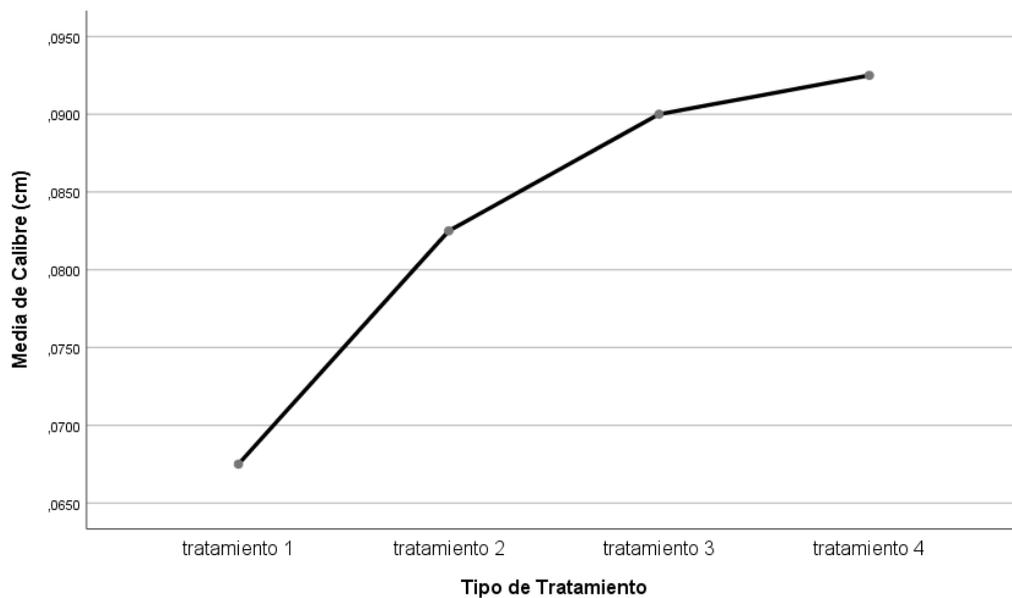
- **Calibre**

**Tabla 4-19:** Prueba ANOVA para el Calibre

<b>ANOVA</b>					
Calibre (cm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	,002	3	,001	2,730	,090
Dentro de grupos	,002	12	,000		
Total	,004	15			

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

Los resultados de la prueba ANOVA para el calibre, demuestran que, con grado de significancia 0.09, no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, ya que  $p \geq 0.05$ .



**Ilustración 4-4:** Medias marginales estimadas de Calibre

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

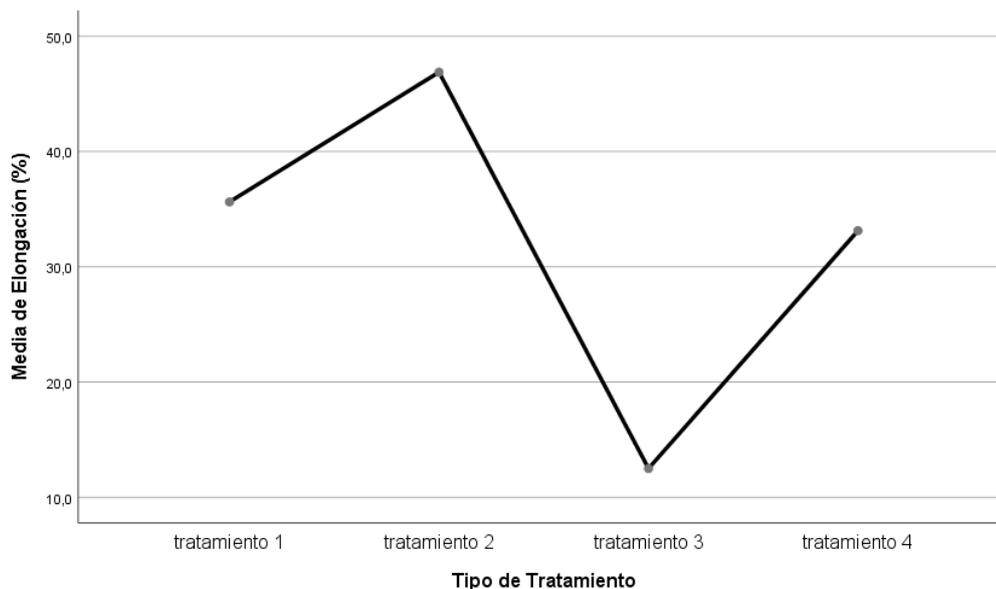
- **Porcentaje de elongación**

**Tabla 4-20:** Prueba ANOVA para el Porcentaje de Elongación

ANOVA					
Elongación (%)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	2463,672	3	821,224	8,202	,003
Dentro de grupos	1201,563	12	100,130		
Total	3665,234	15			

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

Para el porcentaje de elongación, H0 se rechaza debido a un  $p \leq 0.05$ .



**Ilustración 4-5:** Medias marginales estimadas del Porcentaje de Elongación

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

**Tabla 4-21:** Prueba Tukey para el Porcentaje de Elongación

<b>Elongación (%)</b>			
HSD Tukey <sup>a</sup>			
Tipo de Tratamiento	N	Subconjunto para alfa = 0.05	
		1	2
tratamiento 3	4	12,500	
tratamiento 4	4	33,125	33,125
tratamiento 1	4		35,625
tratamiento 2	4		46,875
Sig.		,055	,262
Se visualizan las medias para los grupos en los subconjuntos homogéneos.			
a. Utiliza el tamaño de la muestra de la media armónica = 4,000.			

Realizado por: Miño, Daniela, 2023.

En la tabla se puede observar que, con un grado de significancia de 0.262, los tratamientos 1, 2 y 4 no presentan diferencias significativas, de los cuales el tratamiento 2 posee el mayor valor de porcentaje de elongación.

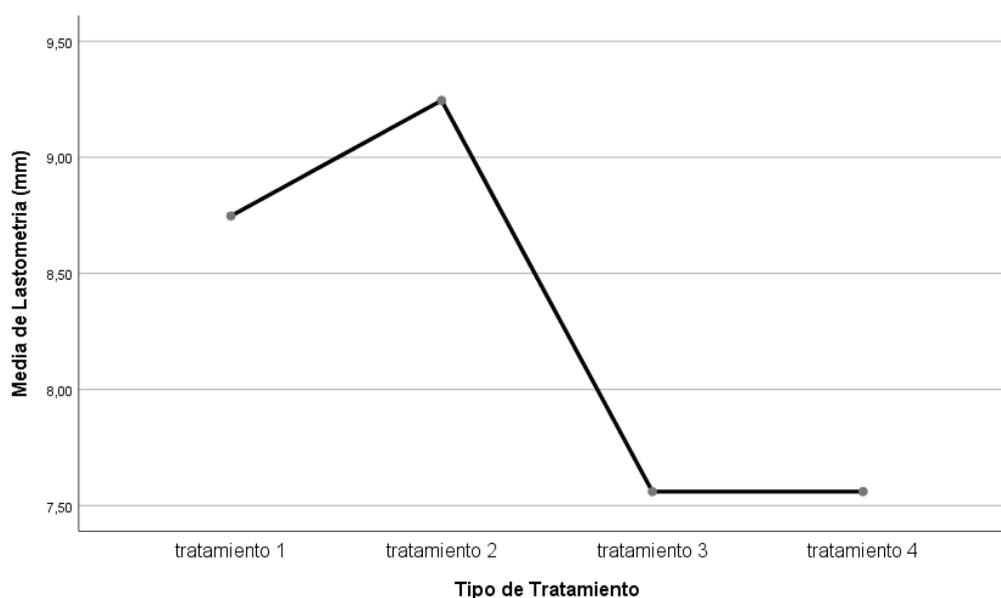
- **Lastometria**

**Tabla 4-22:** Prueba ANOVA para Lastometria

ANOVA					
Lastometria (mm)					
	Suma de cuadrados	gl	Media cuadrática	F	Sig.
Entre grupos	8,746	3	2,915	2,455	,113
Dentro de grupos	14,250	12	1,188		
Total	22,996	15			

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

Los resultados de la prueba ANOVA para lastometria, demuestran que, con grado de significancia 0.113, no se presentan diferencias significativas entre los tratamientos, ya que  $p \geq 0.05$ .



**Ilustración 4-6:** Medias marginales estimadas de Latometria

Realizado por: Miño, Daniela,2023.

#### 4.2.2. Selección del tratamiento óptimo para la obtención de la fibra de caña de azúcar

Para la selección del tratamiento óptimo se basó especialmente en el cumplimiento de la normativa respectiva para las características fisicoquímicas y mecánicas de la materia prima,

siendo estas: humedad, porcentaje de ceniza, tensión, porcentaje de elongación y lastometria; dándole principal atención a los valores de humedad y rendimiento.

El procedimiento que cumple con estas características es el tratamiento 2, debido a que tiene el valor más bajo de humedad y los valores más altos con respecto al resto de pruebas. De rendimiento tiene un valor de 11.43%, humedad un valor de 1.5%, el porcentaje de ceniza es 4.63%, de tensión es 28.85 MPa, de porcentaje de elongación es de 34.4% y de lastometria 11.37 mm. Por esta razón se establece a este tratamiento como el óptimo para la extracción de la fibra de caña de azúcar.

#### **4.2.3. Selección del tratamiento óptimo para la obtención del sustituto de cuero**

La selección del procedimiento óptimo se basó principalmente en el cumplimiento de la normativa respectiva para las características fisicoquímicas y mecánicas del producto, siendo estas: tensión, porcentaje de elongación, lastometria y calibre; dándole principal atención a los valores altos presentes en la tensión y el porcentaje de elongación.

El procedimiento que cumple con estas características es el tratamiento 1 a 90°, debido a que tiene los valores más altos. En tensión tiene un valor de 18.26 MPa, de porcentaje de elongación es de 46.9%, de lastometria 9.24 mm y del calibre es de 0.7 mm. Por esta razón se establece a este tratamiento como el óptimo para la formación del sustituto de cuero.

#### **4.3. Discusión**

Los datos obtenidos de las pruebas realizadas de cada tratamiento para el sustituto de cuero demuestran que se encuentran dentro de los parámetros establecidos por la normativa IUP, a pesar de que uno de los valores tiene un dato menor al estipulo. Los valores para el calibre son: 0.7 mm, 0.83 mm, 0.8 mm y 0.93 mm; para el porcentaje de elongación que es la longitud máxima que alcanza un material antes de su rotura son: 35,6%, 46,9%, 12,5% y 33,1% y la lastometria está entre: 8,75 mm, 9,24 mm, 7,56 mm y 7,78 mm. Como se observa las pruebas muestran una relación entre sí, ya que entre mayor es el porcentaje de elongación mayor debe ser el calibre y la prueba de lastometria; sin embargo, se nota una diferencia para esta afirmación para el tratamiento 2 con una disposición en aleatorio, ya que el valor del porcentaje de elastómera es más bajo, debido a la ubicación de las fibras en el producto, y esto lo explica Reddy, (2003, p.83), las láminas unidireccionales reforzadas con fibras tienen la mayor resistencia y módulo a lo largo de

la fibra, pero muy poca resistencia y módulo a lo largo de la fibra transversal. Una unión débil entre una fibra y la matriz conduce a malas propiedades transversales y fallas en forma de desprendimiento, rotura y pandeo de la fibra. Comparativamente hablando, los compuestos continuos reforzados con fibras son más fuertes y tienen un módulo más alto que los compuestos discontinuos. Y esto se comprueba al ver los resultados obtenidos a los 90° dando resultados más altos.

Además de estas pruebas para poder definir el tratamiento más preciso, se consideraron la tensión, fuerza, contenido de ceniza y humedad. Con lo referente a la tensión se observa que es un valor dependiente de lo obtenido en fuerza y el área de la probeta. De fuerza se obtuvieron valores de: 163,1 N y 252 N, para el tratamiento uno con disposición aleatoria y a 90° respectivamente; 137,3 N y 246,5 N para el tratamiento dos con disposición aleatoria y a 90° respectivamente.

Con respecto a la extracción de la fibra de caña de azúcar, los tratamientos usados para este proceso en el que se varió tanto el tiempo como la concentración de hidróxido de sodio, siendo 20gr/lit de NaOH y 30gr/lit de NaOH a los 5 y 10 minutos después de haber hervido la mezcla se obtuvieron resultados de rendimiento favorables para la realización posterior del sustituto de cuero, teniéndose valores de 10,91%, 11,43%, 9,77% y 8,78%. Para ser rendimiento se considerarían valores muy bajos para la cantidad de materia prima con la que se empieza el proceso, pero el tratamiento 1 al tiempo 2 tiene el mejor valor y eso se comprueba con la investigación realizada por Castro Tafur y Contreras Cabello (2019, p.97-98), en donde explica que realizó su modelo experimental con una solución de NaOH al 2% en 100 ml de agua por un tiempo de 30 minutos al alcanzar la temperatura de 80°C, corroborando así lo antes dicho.

## CAPÍTULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

Se elaboro el sustituto de cuero a partir de fibra derivada de la caña de azúcar (*Saccharum officinarum*), mezclando con las resinas y poliéster adecuados dando así un resultado parecido al cuero animal, de esta manera se concluye que al ser analizadas las propiedades fisicoquímicas y mecánicas mediante bibliografía y lo hecho experimentalmente se obtuvieron resultados favorables.

Con respecto a la caracterización de la fibra de caña de azúcar bajo la norma ISO 6938:2012, se establece que la fibra obtenida en el T2 que corresponde a una concentración de 20 gr/lit de NaOH a los 10 minutos de ebullición de la mezcla tiene las mejores características con respecto a los otros tres tratamientos, dando valores promedio de 11,43% de rendimiento, 1.5% de humedad, 4.63% de contenido de ceniza, 292 N de fuerza, 28.849 MPa de elongación y 11.37 mm de lastometria.

Para la obtención del sustituto de cuero se aplicó el diseño experimental 2k, formulándose dos tratamientos con diferente cantidad de resina y aglutinante y manteniendo fijo el porcentaje de fibra.

El sustituto de cuero obtenido fue valorado mediante la normativa IUP (Normativa Internacional para ensayos físicos), en la que se detalla cada procedimiento a seguir para la realización de cada prueba fisicoquímica y mecánica, por lo cual después de realizar la elaboración del sustituto mediante 2 tratamientos se obtiene que: el T1 es el tratamiento óptimo porque cumple de mejor manera con los parámetros establecidos por la normativa, dando valores promedio de 1.56% de humedad, 2.19% de contenido de ceniza, 252 N de fuerza, 46.9 MPa de elongación y 9.24 mm de lastometria.

Los valores obtenidos en la comparación de las propiedades fisicoquímicas y mecánicas del sustituto de cuero obtenido a partir de la fibra de caña de azúcar con la normativa son similares, por tanto, es viable la fabricación del sustituto.

## **5.2. Recomendaciones**

- Se recomienda secar la materia prima antes de empezar el proceso para evitar la proliferación de bacterias que puedan afectar al producto y la pérdida de la misma.
- Machacar el bagazo de caña de azúcar previo remojo para facilitar la extracción de la fibra.
- Buscar una alternativa para hacer del cardado más eficaz sin pérdidas grandes de la materia prima, como el uso de algún utensilio para separar las fibras.
- Hacer un tratamiento a los residuos líquidos generados en el proceso de extracción de fibra de caña de azúcar.
- Los tintes deben ser colocados en la resina previ6 al prensado.

## BIBLIOGRAFÍA

**ALARCON, G., OLIVARES GÓMEZ, E., BARBOSA CORTEZ, L. y GLAUCO SÁNCHEZ, C.**, 2016. Caracterización del bagazo de la caña de azúcar. *Universidad de Oriente y Universidad de Estadual de Campinas-UNICAMP* [en línea], Disponible en: <http://www.proceedings.scielo.br>.

**AUDACES**, 2022. Fibras textiles: todo lo que necesitas saber. *Audaces por el mundo* [en línea]. [consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <https://audaces.com/es/blog/fibras-textiles-todo-lo-que-necesitas-saber-manual-audaces>.

**BONILLA ANDRADE, N.M.**, 2018. “*Elaboración de un no tejido a partir de la fibra de piña mediante la técnica del punzonado para obtener un producto similar al cuero en cuanto a su textura y apariencia.*” S.l.: UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE.

**CASTRO TAFUR, A. y CONTRERAS CABELLO, F.E.**, 2019. *Estudio tecnológico para la fabricación de un sustituto del cuero hecho a base de fibra de caña de azúcar en el Perú* [en línea]. S.l.: Universidad de Lima Facultad. Disponible en: [https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10004/Castro\\_Tafur\\_Alithu\\_y\\_Contreras\\_Cabello\\_Fiorella\\_Eyline.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ulima.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12724/10004/Castro_Tafur_Alithu_y_Contreras_Cabello_Fiorella_Eyline.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**CHÁVEZ, M. y DOMINE, M.**, 2013. *Lignin, Structure and Applications Depolymerization Methods for Obtaining Aromatic Derivatives of Industrial Interest*. S.l.: s.n. vol. 4. ISBN 3236292660.

**CONABIO**, 2020. Fibras naturales. *Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad* [en línea]. [consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: <https://www.biodiversidad.gob.mx/diversidad/fibras-naturales>.

**CORPORACION FINANCIERA NACIONAL**, 2021. Cultivo de caña de azúcar. elaboración y refinado de azúcar de caña y melaza de caña; remolacha azucarrera, etc. Venta al por mayor de azúcar, chocolate y productos de confitería. *Industrias manufactureras* [en línea], vol. 1, no. 1, Disponible en: <https://www.cfn.fin.ec/wp-content/uploads/downloads/biblioteca/2021/fichas-sectoriales-3-trimestre/Ficha-Sectorial-Azucar.pdf>.

**DE LA ROSA JUÁREZ, C.**, 2017. Diseño de un Proceso para la Extracción de Cromo de un

Residuo de la Curtiduría, y su Implementación en la Obtención de Biogas. *Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología,*

**DELFÍN BRITOS, L.J. y RAMÍREZ, G.E.,** 2018. *Proyecto de una planta de papel a partir del bagazo de caña.* S.l.: s.n.

**DÍAZ, R.,** 2008. Caracterización Energética del Bagazo de Caña de Azúcar del Ingenio Valdez. Ecuador. *Curso Internacional: PRODUCCIÓN Y APROVECHAMIENTO ENERGÉTICO DE BIOMASA,*

**DYES ANDINA,** 2022. Fichas Técnicas de RD-B 176, RD-A 1034 y RD-U 3010. ,

**FIGUEROA DE LA VEGA, F.A.,** 2009. “*Tablero de comando*” para la promoción de los biocombustibles en Argentina [en línea]. 2009. S.l.: CEPAL. Disponible en: <https://docplayer.es/20128325-Tablero-de-comando-para-la-promocion-de-los-biocombustibles-en-ecuador.html>.

**GEPLACEA,** 1990. Atlas del bagazo de la caña de azucar. *Grupo de Países Latinoamericanos y del Caribe Exportadores de Azúcar,*

**HERRERA ÁLVAREZ, M.P.,** 2015. *Obtención de materiales compuestos de matriz polimérica formulados incorporando tejidos y no tejidos de fibras naturales.* S.l.: Escuela Politécnica Nacional.

**INEC,** 2019. Seis cultivos con mayor producción en Ecuador. *Instituto Nacional de Estadística y Censos.* [en línea], Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/2018-seis-cultivos-con-mayor-produ...>

**INFOAGRO,** 2016. El cultivo de la caña de azúcar. *AGRI nova Science* [en línea]. Disponible en: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_cana\\_azucar.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_cana_azucar.asp).

**JARAMILLO PONCE, J.P.,** 2015. *Aprovechamiento del Bagazo de Caña de Azúcar (Saccharum Officinarum L.) en la Fabricación de Prototipos de Tableros Aglomerados en la Provincia de Pastaza.* [en línea]. S.l.: ESTATAL AMAZÓNICA. Disponible en: <https://repositorio.uea.edu.ec/bitstream/123456789/702/1/T.AGROIN.B.UEA.0028>.

**LABORATORIO DE CONTROL CALIDAD PARA CUERO Y CALZADO**, 2003. Guía para la Selección de Ensayos Manual del Usuario. *SENA*. Centro de Nacional de Calzado y Manufactura del Cuero.

**MANALS, E., PENEDO, M. y SALAS, D.**, 2015. Caracterización del bagazo de caña como biomasa vegetal. *RTQ online*, vol. 35, no. 2, ISSN 2224-6185.

**MCCANN, M.**, 2001. **Cuero**, pieles y calzado. *Enciclopedia de salud y seguridad en el trabajo OIT*,

**MEJÍA ALMEIDA, M.E.**, 2012. *Elaboración de tableros aglomerados auto-adheridos a partir de fibra de raquis de Palma Africana (Elaeis guineensis Jacq)* [en línea]. S.l.: s.n. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/4638/1/CD-4269.pdf>.

**MICHEL, D., BACHELIER, B., DREAN, J.-Y. y HARZALLAH, O.**, 2013. Preparation of Cellulosic Fibers from Sugarcane for Textile Use. *Conference Papers in Materials Science*, vol. 2013, DOI 10.1155/2013/651787.

**MONTOYA MURILLO, V.C.**, 2021. "Mejorar el Proceso de Teñido en Cueros de Tapicería Automotriz Color Negro para Minimizar el Desteñimiento". *CONACYT* [en línea], Disponible en: <https://medium.com/@arifwicaksanaa/pengertian-use-case-a7e576e1b6bf>.

**MORAYALA, G., QUINTANILLA, E. y GARCÍA, D.**, 2016. Propiedades físicas y químicas cuero. [en línea]. Disponible en: <https://issuu.com/shirleyvelezcalderon/docs/203314106-propiedades-fisicas-y-qui>.

**MORERA, J.M.**, 2002. Química técnica de curtición. *Escuela superior de curtición de Igualada*,

**NORMAS IUP**, 2020. Métodos de ensayo físico sobre el cuero. *Normas Técnicas* [en línea], Disponible en: [https://biblioteca.org.ar/libros/cueros/normas\\_iup.htm#:~:text=Es un método aplicable a,espesos puede ser medido exactamente.&text=Determinación de la resistencia al,o algunos de los ensayos](https://biblioteca.org.ar/libros/cueros/normas_iup.htm#:~:text=Es un método aplicable a,espesos puede ser medido exactamente.&text=Determinación de la resistencia al,o algunos de los ensayos).

**PILCO SARMIENTO, J.**, 2017. Informe Técnico Caña de Azúcar. *Ecuaquímica* [en línea], Disponible en: [http://www.ecuanoticias.com.ec/info\\_tecnica\\_cana.pdf](http://www.ecuanoticias.com.ec/info_tecnica_cana.pdf).

**PORTILLO, L., JULIÁN, A. y SANTANA, M.,** 2019. Fibras naturales y pigmentos: teñido , tejido y diseño. *Universidad de Guadalajara* [en línea], Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/332528985\\_Fibras\\_naturales\\_y\\_pigmentos\\_tenido\\_tejido\\_y\\_diseno](https://www.researchgate.net/publication/332528985_Fibras_naturales_y_pigmentos_tenido_tejido_y_diseno).

**QUECAN VEGA, M.C. y SIERRA GONZÁLEZ, A.F.,** 2022. *Diseño de un Proceso para Producir un Sustituto del Cuero Bovino a Base de Fibras Naturales Derivadas de la Caña de Azúcar*. S.l.: UNIVERSIDAD DE AMÉRICA.

**REAL ACADEMIA ESPAÑOLA,** 2022. Definición de Cuero. *Diccionario de la lengua española* [en línea]. [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: <https://dle.rae.es/cuero>.

**REDDY, J.N.,** 2003. Mechanics of laminated composites plates and shell: Theory and Analysis. [en línea]. 2. Estados Unidos: CRC Press, pp. 83. Disponible en: [https://www.google.com.ec/books/edition/Mechanics\\_of\\_Laminated\\_Composite\\_Plates/eeUr\\_AJiGRcC?hl=es-419&gbpv=0](https://www.google.com.ec/books/edition/Mechanics_of_Laminated_Composite_Plates/eeUr_AJiGRcC?hl=es-419&gbpv=0).

**REYNA PARI, C.A.,** 2016. “*Reutilización de plástico PET, papel y bagazo de caña de azúcar, como materia prima en la elaboración de concreto ecológico para la construcción de viviendas de bajo costo*”. S.l.: Universidad Nacional de Trujillo Escuela.

**RODRÍGUEZ CORREA, C.,** 2009. *Análisis termogravimétrico del bagazo de la caña de azúcar y de la cascarilla de café para la estimación de las constantes cinéticas en los procesos de gasificación*. S.l.: s.n.

**SAVAL, S.,** 2012. Aprovechamiento de Residuos Agroindustriales: Pasado, Presente y Futuro. *BioTecnología*, vol. 03,

**SEGURIDAD PÚBLICA ESPAÑOLA,** 2011. Clasificación de las Fibras. [en línea]. [consulta: 14 marzo 2023]. Disponible en: <https://seguridadpublica.es/2011/01/04/clasificacion-de-las-fibras/>.

**SERVICIO NACIONAL DE APRENDIZAJE,** 1980. Fibras hechas por el hombre a partir de la celulosa. *Ministerio de Trabajo y Seguridad Social*, vol. 28,

**SILVA, M.J. y SALINAS MORALES, D.,** 2022. La contaminación proveniente de la industria

*curtiembre*, una aproximación a la realidad ecuatoriana. *Revista Científica UISRAEL*, vol. 9, no. 1, ISSN 1390-8545. DOI 10.35290/rcui.v9n1.2022.427.

**TANCARA, C.**, 1993. La Investigación Documental. *Temas Sociales* [en línea], vol. 17, no. ISSN 0040-2915, [consulta: 3 mayo 2023]. Disponible en: [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0040-29151993000100008&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008&lng=es&tlng=es).

**TROCHE DOMÍNGUEZ, L.A.**, 2012. Producción de biogás a partir de residuos lignocelulósicos: aplicación al bagazo. *Universidad de Valladolid*, vol. 12, no. 2,

**VILLALBA VIDALES, J. y ARZOLA DE LA PEÑA, N.**, 2019. Estudio experimental sobre el secado de bagazo de caña de azúcar panelera. *Scientia et technica*, vol. 24, no. 1, ISSN 0122-1701. DOI 10.22517/23447214.18541.



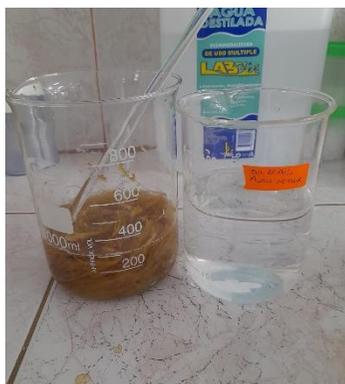
## ANEXOS

### ANEXO A: OBTENCIÓN DE FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 1

A)	B)	C)	D)		
					
NOTAS:	CATEGORIA DEL DIAGRAMA:	<b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO</b> <b>FACULTAD DE CIENCIAS</b> <b>ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b>	Fibra de Caña de Azúcar		
A) Bagazo de caña de azúcar en remojo B) Pesaje del bagazo de caña de azúcar C) Pesaje del Hidróxido de Sodio D) Ebullición de la solución	<input type="checkbox"/> Aprobado <input type="checkbox"/> Preliminar <input type="checkbox"/> Certificado <input type="checkbox"/> Por aprobar <input type="checkbox"/> Información <input type="checkbox"/> Por calificar	Miño Daniela	LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2023/08/24

**ANEXO B: OBTENCIÓN DE FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 2**

A)



B)



C)



D)



NOTAS:

- A) Regulación de pH con ácido acético
- B) Cardado de la fibra
- C) Fibra de caña de azúcar húmeda
- D) Fibra de caña de azúcar

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado    | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

Fibra de Caña de Azúcar

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO C: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 1**

A)



B)



C)



D)



NOTAS:

- A) Hilo de las fibras de caña de azúcar
- B) Prueba de tensión y elongación
- C) Fibra en la termobalanza
- D) Porcentaje de humedad de la fibra

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado    | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

**Pruebas Físicoquímicas**

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO D: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR 2**

A)



B)



C)



NOTAS:

- A) Crisoles con la muestra de fibra
- B) Cenizas de la fibra de caña de azúcar
- C) Pesaje de las muestras de ceniza

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

Pruebas Físicoquímicas

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO E: ELABORACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO**

A)



B)



C)



NOTAS:

- A) Poliéster
- B) Fibra de caña de azúcar
- C) Resinas

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado    | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

Elaboración  
del Sustituto de Cuero

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO F: DISTRIBUCIÓN DE LA FIBRA DE CAÑA DE AZÚCAR**

A)



B)



NOTAS:

- A) Aleatoria
- B) A 90°

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- Aprobado
- Certificado
- Información
- Preliminar
- Por aprobar
- Por calificar

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

Distribución de la Fibra

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO G: FORMACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO 1**

A)



B)



C)



NOTAS:

- A) Elaboración del sustituto en aleatorio
- B) Elaboración del sustituto a 90°
- C) Sustituto de cuero sin prensar

CATEGORIA DEL DIAGRAMA:

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado    | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA

Miño Daniela

Formación del Sustituto de Cuero

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO H: FORMACIÓN DEL SUSTITUTO DE CUERO 2**

A)



B)



NOTAS:	<p><b>CATEGORIA DEL DIAGRAMA:</b></p> <p><input type="checkbox"/> Aprobado                      <input type="checkbox"/> Preliminar</p> <p><input type="checkbox"/> Certificado                      <input type="checkbox"/> Por aprobar</p> <p><input type="checkbox"/> Información                      <input type="checkbox"/> Por calificar</p>	<p><b>ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO FACULTAD DE CIENCIAS ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA</b></p> <p>Miño Daniela</p>	Sustituto de Cuero		
<p>A) Prensado del sustituto</p> <p>B) Resultado final</p>			LÁMINA	ESCALA	FECHA
			1	1:1	2023/08/24

**ANEXO I: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO 1**

A)



B)



C)



D)



NOTAS:

- A) Probetas
- B) Prueba de tensión y elongación
- C) Sustituto de cuero en la termobalanza
- D) Porcentaje de humedad del sustituto de cuero

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado    | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

Pruebas Fisicoquímicas

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24

**ANEXO J: PRUEBAS FÍSICO-QUÍMICAS Y MECÁNICAS DEL SUSTITUTO DE CUERO 2**

A)



B)



C)



NOTAS:

- A) Crisoles con la muestra de sustituto de cuero
- B) Cenizas del sustituto de cuero
- C) Pesaje de las muestras de ceniza

**CATEGORIA DEL DIAGRAMA:**

- |                                      |  |
|--------------------------------------|--|
| <input type="checkbox"/> Aprobado    | <input type="checkbox"/> Preliminar    |
| <input type="checkbox"/> Certificado | <input type="checkbox"/> Por aprobar   |
| <input type="checkbox"/> Información | <input type="checkbox"/> Por calificar |

**ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA  
DE CHIMBORAZO  
FACULTAD DE CIENCIAS  
ESCUELA DE INGENIERIA QUIMICA**

Miño Daniela

Pruebas Físicoquímicas

LÁMINA	ESCALA	FECHA
1	1:1	2023/08/24



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**CERTIFICADO DE CUMPLIMIENTO DE LA GUÍA PARA**  
**NORMALIZACIÓN DE TRABAJOS DE FIN DE GRADO**

**Fecha de entrega:** 19/ 02 / 2024

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> Daniela Alejandra Miño Maldonado
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> Ciencias
<b>Carrera:</b> Ingeniería Química
<b>Título a optar:</b> Ingeniera Química
<p style="text-align: center;"> <b>Ing. Linda Mariuxi Flores Fiallos, MSc.</b> <b>DIRECTORA DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b></p> <p style="text-align: center;"> <b>Ing. _____ ic.</b> <b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACION CURRICULAR</b></p>