

**Aprovechamiento de la hoja de mazorca y sus propiedades para la
reconversión de una nueva materia prima**

Lady Andrea Hincapié Quimbayo

**Universidad Católica de Pereira
Facultad de Arquitectura y Diseño
Programa de Diseño Industrial
Pereira 2018-1**

**Aprovechamiento de la hoja de mazorca y sus propiedades para la
reconversión de una nueva materia prima**

Asesor

Christian Bonilla

Carmen A. Pérez

Proyecto de grado para aspirar al título de Diseñador Industrial

**Universidad Católica de Pereira
Facultad de Arquitectura y Diseño
Programa de Diseño Industrial
Pereira 2018-1**

Agradecimientos

A la vida le agradezco por ponerme donde estoy, a mis padres por el gran ejemplo que son para mí, la dedicación, la perseverancia y el amor con las que hacen las cosas, hacen que me convenza de que es posible hacer realidad todo aquello que me he propuesto, agradezco a todas y cada una de las personas que han hecho parte de este largo camino, sirviendo de apoyo, motivación e inspiración.

A los maestros que nos dejan tantas enseñanzas, no solo para el campo laboral, sino también para la vida, para ser más humanos, más sensibles y más comprometidos.

En este punto son muchas las experiencias que he logrado recolectar, más que una profesional, siento que este tiempo me ha servido de construcción como persona, me cambió la forma de ver el mundo y retribuirlo construyendo un mejor mañana a partir de lo aprendido.

Tabla de contenido

1.	Planteamiento del problema.....	6
1.1	Descripción del problema.....	6
1.2	Formulación del problema	8
2.	Justificación	8
3.	Objetivo general.....	11
3.1	Objetivos específicos.....	11
4.	Marco teórico	11
4.1	Marco geográfico	11
4.2	Antecedentes	12
4.3	Marco conceptual	19
5.	Análisis de datos	22
5.1	Acercamiento al contexto en Galicia-Cerritos	22
6.	Metodología de diseño	26
6.1	Problema general.....	27
6.1.1	Planeación de procesos	27
6.1.2	Análisis de tipologías	28
6.1.3	Fijación de requerimientos.....	32
6.1.4	Proceso experimental	36
6.2	Alternativas de material	42
6.2.1	Definición y evaluación de características	42
6.2.2	Tecnologías y procesos	57
6.3	Aplicación del material	58
6.3.1	Descripción de necesidad.....	58

6.3.2	Desarrollo de conceptos	60
6.4	Solución general.....	61
7.	Costos de producción.....	62
8.	Viabilidad comercial.....	62
8.1	Paralelo de ventajas	63
9.	Anexos	66
	Formato entrevista.....	66
	Formato encuesta.....	66

Lista de figuras

Figura 1.	Descripción gráfica de la problemática.	8
Figura 2.	Propiedades biométricas de las fibras.....	13
Figura 3.	De izquierda a derecha, resultado de elaboración de acetato de celulosa, biopelículas, bioplástico y papel	14
Figura 4.	Kuskoa chair	15
Figura 5.	Zostera Stool.....	16
Figura 6.	Proceso y resultado de los productos de la empresa Piñatex.....	17
Figura 7.	Platos biodegradables de Leaf Republic.....	18
Figura 8.	Composición estructural de los platos biodegradables de Leaf Republic.	19
Figura 9.	Estructura lineal de la celulosa.	20
Figura 10.	Estructura de la celulosa.	20
Figura 11.	Organización de la estructura vegetal.....	20
Figura 12.	Partes de la mazorca de maíz.....	21
Figura 13.	Funciones de los implicado en la problemática.....	22
Figura 14.	Proceso de deshojado de la mazorca.	23
Figura 15.	Usos dados actuales a la hoja de mazorca.	24
Figura 16.	Separación del capacho y la tusa en diferentes bultos.....	25
Figura 17.	Metodología de diseño.....	27

Figura 18. Cronograma de actividades para el desarrollo de la metodología.	28
Figura 19. Zostera Stool, taburete de Carolin Pertsch.	29
Figura 20. The bag tree, hecho con materiales naturales.	30
Figura 21. Hojas de mazorca organizadas en bandejas de papel de aluminio.	37
Figura 22. Hojas cortadas y molidas.	38
Figura 23. Tamizado de la hoja de mazorca.	40
Figura 24. Preparación de los componentes según las especificadas en cada serie.	40
Figura 25. El concepto y las ideas que lo construyen.	41
Figura 26. Muestras elaboradas con la hoja de mazorca y la policaprolactona.	42
Figura 27. Prueba de compresión.	44
Figura 28. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 1.	44
Figura 29. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 2.	45
Figura 30. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 3.	45
Figura 31. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 3.	46
Figura 32. Medidas de la muestra 5 probeta 1 antes del ensayo.	47
Figura 33. Ejecución de ensayo de la muestra 5 probeta 2.	47
Figura 34. Muestra 5 probeta 1 en la máquina universal.	48
Figura 35. Resultados obtenidos de la probeta 1, muestra 5.	48
Figura 36. Resultado de la probeta 2 de la muestra 5.	49
Figura 37. Gráfica de análisis de la probeta 2, muestra 5.	49
Figura 38. Medidas de la probeta 1, muestra 7.	50
Figura 39. Ensayo en la máquina universal de la probeta 1, muestra 6.	50
Figura 40. Gráfica de análisis de la probeta 1, muestra 7.	51
Figura 41. Resultado obtenido de la probeta 1, muestra 7.	51
Figura 42. Resultado obtenido de la probeta 2, muestra 7.	52
Figura 43. Gráfica de análisis de la probeta 2, muestra 7.	52
Figura 44. Gráfica de análisis de la probeta 1, muestra 9.	53
Figura 45. Muestra 9 probeta 1 en la máquina universal.	53
Figura 46. Gráfica de análisis de la probeta 1, muestra 16.	55
Figura 47. Probeta 1 , muestra 16.	55
Figura 48. Probeta 1 de la muestra 16 en la máquina universal.	56

Figura 49 Resultados de la probeta 1, muestra 16	56
Figura 50. Muestra seleccionada para propuesta definitiva del material.	57
Figura 51. Proceso de producción del material	57
Figura 52. Zona de apoyo de la región lumbar. Fuente: Panero, Zelnik, 1996, p. 65.....	59
Figura 53. Producto colombiano como referente de mobiliario.	59
Figura 54. Referentes de apoyos lumbares para automóviles	60
Figura 55. Moodboard para desarrollo de concepto. Fuente: Propia.	60
Figura 56. Render general de la aplicación del material.	61
Figura 57. Planos técnicos del módulo propuesto.....	62
Figura 58. Paralelo de ventajas entre la problemática y la solución propuesta.....	63

Lista de tablas

Tabla 1. Maíz amarillo tecnificado. Área, producción y rendimiento cereales y leguminosas 2016 B en Colombia	9
Tabla 2. Maíz amarillo tradicional. Área, producción y rendimiento cereales y leguminosas 2016 B en Colombia	9
Tabla 3. Localización de la producción nacional del maíz. MADR-Fenalce, citado por la Superintendencia de comercio en un informe de la cadena productiva del maíz en 2011	12
Tabla 4. Composición química de la hoja de mazorca comparado con el bagazo de caña. Datos obtenidos por Hurter (2001)	13
Tabla 5. Propiedades biométricas comparativas de fibras de diversas fuentes.....	14
Tabla 6. Requerimientos de diseño relacionados al objetivo 1. Fuente propia.....	33
Tabla 7. Requerimientos de diseño relacionados al objetivo 2. Fuente propia.....	34
Tabla 8. Requerimientos de diseño relacionados al objetivo 3. Fuente propia.....	35
Tabla 9. Peso de la hoja de mazorca en húmedo y en seco.....	38
Tabla 10. Tabla de clasificación de las muestras.	39
Tabla 11. Datos sobre grosor de las muestras. Fuente: Propia.....	43
Tabla 12. Resultados en kg de los ensayos en máquina universal.	46
Tabla 13. Tabla de costo de materiales. Fuente: Propia.....	62

Resumen

El desarrollo de un nuevo material empleando la hoja de mazorca, es la muestra visible que el Diseño Industrial tiene la capacidad de articularse con otros saberes y dar respuesta a problemas de un contexto real. La experimentación es el medio por el cual la hoja de mazorca pasa de ser un residuo agroindustrial desaprovechado, a un material que reduce el impacto negativo en el medio ambiente y posee características que permiten su aplicación en mobiliario. Este proceso está soportado por una metodología apoyada en el método de diseño de Nigel Cross y tiene por objetivo identificar todas las características y posibilidades que brinda la hoja de mazorca para la elaboración de una nueva materia prima que permita su aplicación en un producto, en este caso un accesorio de mobiliario que cumple la función de soporte lumbar.

Palabras clave: Materia prima, residuo agroindustrial, transformación, responsabilidad ambiental.

Abstract

The development of a new raw material using corn may be the proof that Industrial Design is capable of articulating other branches of investigation in order to solve real life problems on a specific context. The experimentation is the means by the corn leaf turns from an agro-industrial residue to a raw material that reduces negative environmental impact and also has the properties for being used on furniture applications.

This process is being supported by the design methodology of Nigel Cross which has the objective of identifying all the characteristics and possibilities that the corn leaf has in order to manufacture a raw material capable of being applied on a product, in this case a furniture accessory which aims to improve lumbar support.

Keywords: Raw material, agro-industrial residue, transformation, environmental responsibility.

Introducción

La generación de residuos orgánicos derivados de la producción artesanal del maíz en Colombia ha sido utilizada para aprovechar algunas de sus cualidades físicas y nutricionales en temas de ganadería, artesanía y comida tradicional, sin embargo, datos relacionados con la innovación en nuevos materiales y hallazgos detallados más adelante comprueban la posibilidad de otras alternativas para su aprovechamiento.

En Colombia cada vez se presenta mayor crecimiento en el número de empresas y establecimientos que se dedican a la obtención de productos de consumo tradicional a partir del maíz, lo que significa que hay mayor producción de residuos provenientes de la transformación de este. Actualmente, teniendo en cuenta el sistema de aprovechamiento que se desarrolla actualmente con este residuo, se busca darle mayor valor.

En un principio, realizar un análisis de la producción del maíz con respecto al consumo en la región del eje cafetero permite justificar y verificar qué tan pertinente resulta el desarrollo de este proyecto.

Tras la verificación se busca por medio del diseño industrial generar grandes aportes desde la investigación de las propiedades del residuo y una experimentación con técnicas y materiales que puedan potenciar el uso de esta fibra natural en un producto.

Además, es necesario darle mayor relevancia a productos que promuevan acciones que tengan como fin generar cambios que lleven a la región a formar procesos de sensibilización ambiental, sostenibilidad y responsabilidad social.

Así pues, resulta de gran importancia tener en cuenta este residuo como una posible fuente de recursos de materia prima que puede ser explotado para dar valor a un producto.

1. Planteamiento del problema

1.1 Descripción del problema

El maíz hace parte de uno de los cereales más importantes del mundo, ocupa el segundo lugar con una producción anual de 817 millones de toneladas según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO). Una proyección de octubre de 2016 dice que, *“El Departamento de Agricultura de Estados Unidos (USDA) estima que la Producción Mundial de Maíz 2016/2017 será de 1025.69 millones de toneladas.”* (Maíz producción mundial 2016/2017, s.f), lo que significa que habrá un aumento considerable. En Colombia, para el 2016

se estima que fue de 499.2 millones de toneladas la producción, la cual en su mayoría es destinada para el consumo humano, para la alimentación de animales de ganadería y una pequeña porción para la avicultura.

Dentro del contexto de Colombia, el consumo humano es dado en un alto porcentaje por un producto que ha elevado la producción y comercialización del maíz en los últimos años, la arepa, un producto que por cultura ha sido herencia gastronómica de vital importancia en dicho país.

La Academia Colombiana de Gastronomía considera la arepa como parte del patrimonio nacional y como símbolo de unidad gastronómica nacional, ya que se ha convertido en una tradición para muchas de las regiones del país, especialmente Antioquia y el Eje Cafetero.

Además, según la firma Raddar, el mercado de la arepa crece con buen ritmo y es posible prepararla de 75 formas diferentes con una amplia variedad de tipos de maíz, lo que le otorga mayores posibilidades de competencia en el mercado. Por ejemplo, la arepa de chόcolo es un plato de consumo popular en la regi3n del Eje Cafetero, donde especίficamente la zona de Galicia - Cerritos cuenta con un concentrado de establecimientos que ofrecen una amplia variedad de comidas tradicionales, pero están dedicados principalmente a la venta de arepas de chόcolo, siendo éste el producto que le otorga reconocimiento al sector.

Cada establecimiento además de dedicarse a comercializar la arepa de chόcolo tambi3n se encarga de todo el proceso de producci3n, realizar el deshojado de la mazorca que como su nombre lo dice consiste en retirar las hojas que cubren la mazorca y poder extraer sus granos, para eso se hace una separaci3n de los granos de maíz que hacen parte de la materia prima de dichos establecimientos y, por otra parte, la tusa y la hoja que representan los residuos agroindustriales pos producci3n. Semanalmente se generan alrededor de 300 bultos de hoja de mazorca en este sector, lo que significa que la elaboraci3n de estos y demás productos derivados del maíz generan grandes cantidades de residuos, de modo que son desaprovechadas todas las propiedades que posee, y de los cuales casi el 90% son comercializados por un bajo precio a trabajadores de fincas para el consumo del ganado y otra pequeña parte para la elaboraci3n de productos artesanales.

Figura 1.



Figura 1. Descripción gráfica de la problemática.

1.2 Formulación del problema

De acuerdo a todo lo especificado anteriormente se plantea el siguiente interrogante:

“¿Cómo aprovechar la hoja de mazorca y sus propiedades en la reconversión de una nueva materia prima?”

2. Justificación

Después del trigo, el maíz es el cereal con mayor producción en el mundo. En Colombia, según una recopilación de datos por el DANE mencionados en un informe de la superintendencia de industria y comercio, indica que, “el maíz es el cereal cuyo cultivo ocupa la segunda mayores extensiones en Colombia, 137.720 hectáreas en 2010 con una producción cercana a 688.000 toneladas y un rendimiento promedio de 5 ton/ha.”

En el contexto regional, desde el punto de vista de la producción agrícola, no está extendido en el territorio departamental, ni es considerado uno de los principales y más importantes cultivos de Colombia, así lo muestra la posición que ocupa Risaralda comparado con otros departamentos del país como se indica en la tabla 1.

Tabla 1. Maíz amarillo tecnificado. Área, producción y rendimiento cereales y leguminosas 2016 B en Colombia

Maíz Amarillo Tecnificado	Área Sembrada 2015 B (Ha)	Área Esperada 2016 B (Ha)	Rendimiento Esperado (Ton/Ha)	Producción Esperada 2016 B (Ton)	Área Efectivamente Sembrada 2016 Septiembre (Ha)
Antioquia	115	552	4,60	2.541	497
Atlántico	1.010	2.000	5,00	10.000	840
Bolívar	2.710	5.900	5,00	29.500	2.380
Caldas	275	280	6,00	1.680	60
Cauca	20	120	8,20	984	20
Cesar - Norte	1.200	3.000	4,50	13.500	1.070
Cesar - Sur	1.350	2.000	6,70	13.400	-
Córdoba	5.400	7.000	4,50	31.500	5.300
Cundinamarca	2.450	3.800	3,60	13.680	3.700
Guajira	1.600	1.500	4,00	6.000	650
Huila	3.120	4.800	5,25	25.200	710
Meta Altillanura	11.055	12.000	7,00	84.000	8.500
Meta piedemonte	9.500	6.000	6,00	36.000	2.800
Nariño	1.005	2.200	3,70	8.140	-
Quindio	355	360	6,80	2.448	75
Risaralda	590	620	6,80	4.216	130
Santander	6.000	2.800	6,50	18.200	-
Sucre	4.815	6.347	3,50	22.215	4.050
Tolima	4.800	15.000	6,00	90.000	-
Valle del Cauca	3.600	5.000	8,30	41.500	1.630
Total Maíz Amarillo Tecnificado	60.970	81.279	5,59	454.704	32.412

Tabla 2. Maíz amarillo tradicional. Área, producción y rendimiento cereales y leguminosas 2016 B en Colombia

Maíz Amarillo Tradicional	Área Sembrada 2015 B (Ha)	Área Esperada 2016 B (Ha)	Rendimiento Esperado (Ton/Ha)	Producción Esperada 2016 B (Ton)	Área Efectivamente Sembrada 2016 Septiembre (Ha)
Antioquia	2.707	8.587	1,50	12.880	2.908
Atlántico	890	1.700	2,00	3.400	960
Bolívar	2.510	7.000	2,00	14.000	2.790
Boyacá	1.740	2.950	2,30	6.875	1.570
Caldas	105	102	2,50	255	20
Cauca	9	15	2,80	42	-
Cesar - Norte	1.800	5.000	1,80	9.000	2.300
Cesar - Sur	700	1.500	2,20	3.300	-
Córdoba	14.000	14.000	2,00	28.000	11.900
Cundinamarca	2.500	4.500	1,80	8.100	2.900
Guajira	1.500	3.000	1,80	5.400	1.930
Huila	6.160	7.850	1,55	12.168	1.300
Meta piedemonte	500	500	6,00	3.000	-
Nariño	3.700	5.300	1,70	9.010	-
Putumayo	550	480	1,70	816	-
Quindio	90	90	2,50	225	15
Risaralda	75	80	2,50	200	16
Santander	6.950	3.800	2,20	8.360	-
Sucre	1.764	3.870	2,50	9.675	3.060
Tolima	2.250	2.000	4,50	9.000	-
Valle del Cauca	32	40	2,80	112	-
Total Maíz Amarillo Tradicional	50.532	72.364	1,99	143.817	31.669

Sin embargo, se evidencia la importancia que representa este cereal para el consumo humano, específicamente en la región de Antioquia y el Eje cafetero, ya que “El consumo de arepas de maíz en esta región es tradicional y gran parte de su producción se hace con maíz de producción nacional”, (Chiguachi y García, s.f, p.19) lo que hace que sea un alimento de gran importancia para la gastronomía y para la economía local, así pues, en el diagnóstico de maíces criollos de Colombia se afirma que:

“Existen preparaciones culinarias muy tradicionales y uso generalizado actual en la región cafetera: la mazamorra, la arepa de maíz choclo y los tamales, son alimentos de preparación frecuente y elevado consumo, en la comida paisa la arepa no falta nunca en el desayuno; otras recetas como el bizcochuelo, las estacas de maíz pelado, el machucho y los buñuelos de maíz remojado”.

Las propiedades y características que posee la hoja es lo que hace que este residuo finalmente sea aprovechado por diferentes actores de la industria o la artesanía. “Alrededor de un 70% de los desperdicios de maíz corresponde a celulosa o hemicelulosa” (García Martínez, 2009).

Por otra parte, un semillero de investigación conformado por estudiantes y profesores en la ciudad de Medellín, encuentra este residuo como una oportunidad para crear una alternativa para reducir el uso del plástico en pañales y toallas higiénicas desechables, ya que tardan aproximadamente 500 años en degradarse. Así pues, es importante garantizar modalidades de consumo y producción sostenible que apunten a la reducción de desechos mediante actividades de prevención, reducción, reciclado y reutilización, tal como lo afirma Jhoany Alejandro Valencia Arias, profesor que asesora dicho proyecto.

Teniendo en cuenta lo anterior, la hoja de mazorca del maíz es una fibra natural con potencial en cuanto a sus propiedades físico-químicas que brindan la posibilidad de crear propuestas con valor agregado convirtiéndose en nuevas alternativas en pro de las necesidades de la sociedad. Es importante pensar en cómo se puede mejorar la economía local, calidad de vida de las personas y el incremento de su valor como residuo, para que seguidamente actores humanos pongan en práctica sus conocimientos y habilidades en la producción de esta nueva propuesta que genere impacto positivo en el medio ambiente y la sociedad.

3. Objetivos

3.1 Objetivo general

Proponer una nueva materia prima con la hoja de mazorca, por medio de la experimentación con otros componentes para generar alternativas de aplicación para mobiliario.

3.2 Objetivos específicos

1. Identificar las características físico-químicas de la hoja de mazorca mediante pruebas de comprobación que permita su mezcla con otros componentes mejorando sus propiedades.
2. Evaluar las muestras del material por medio de pruebas físico-mecánicas, determinando sus características potenciales a través de tablas de comprobación.
3. Plantear una aplicación que integre el material, comprobando sus posibles aplicaciones en el mobiliario.

4 Marco teórico

4.1 Marco geográfico

La región del Eje Cafetero está ubicada en los departamentos de Quindío, Caldas y Risaralda siendo Armenia, Manizales y Pereira las ciudades capitales respectivamente, Pereira como capital del Eje Cafetero hace referencia a la ciudad más poblada de la región con más de 700.000 habitantes. Es necesario destacar que la región ha tenido un fortalecimiento en temas de cultivos transitorios, que son aquellos que se caracterizan por tener un ciclo de crecimiento menor a un año y donde el maíz se convierte en el principal producto de dicha línea.

Por otra parte, Pereira es la ciudad que más consume arepa en Colombia seguida de Medellín, con un gasto per cápita en arepas por \$8.458 registrado en mayo de 2016, según una publicación del periódico electrónico de *La Patria* (2016), lo que repercute que haya una alta cantidad de producción de este producto como se muestra en la tabla 3.

Tabla 3. Localización de la producción nacional del maíz. MADR-Fenalce, citado por la Superintendencia de comercio en un informe de la cadena productiva del maíz en 2011



En la tabla 3 se evidencia que la zona del Eje Cafetero presenta altas cantidades de producción de maíz, lo que representa alta producción del material de hoja de maíz.

4.2 Antecedentes

En septiembre de 2016 se nombra finalista del Premio Latinoamericano Gabriel Betancourt Mejía un proyecto enfocado en la elaboración de productos de higiene sostenible a partir de residuos agroindustriales, por un equipo conformado por dos estudiantes de la U.N. Sede Medellín y uno del Instituto Tecnológico Metropolitano (I.T.M.), donde se encuentra que una de sus características es el alto contenido de celulosa, por lo que buscan generar una materia prima que reduzca el uso de materiales con los que actualmente fabrican las toallas higiénicas y pañales.

Para determinar los componentes químicos de la planta del maíz, específicamente las hojas de mazorca, es necesario llevar a cabo unas pruebas, para así conocer la morfología de las fibras, y realizar una correcta caracterización de las mismas. Dicho lo anterior, se toman muestras de hoja de mazorca, se pasan por un molino de martillo y se tamizan para realizar la caracterización química. Luego de la caracterización química de cada componente se lleva a cabo su caracterización morfológica, y finalmente se realiza una comparación con otras fibras, donde los resultados indican que la hoja de mazorca tiene ventajas en el porcentaje de compuestos comparado con otras fibras como el bagazo de caña. En la tabla 4 se muestra la comparación de compuestos entre la hoja de mazorca, bagazo de caña y bagazo de caña de azúcar.

Tabla 4. Composición química de la hoja de mazorca comparado con el bagazo de caña. Datos obtenidos por Hurter (2001)

Compuesto	Hoja de mazorca porcentaje (%) base seca	Bagazo de caña porcentaje (%) base seca	Bagazo de caña de azúcar porcentaje (%)* base seca
Holocelulosa	78,86	73,24	59-76
α -Celulosa	43,14	41,67	32-44
Lignina	23,00	19,98	19-24
Cenizas	0,761	1,300	1,5-5,0

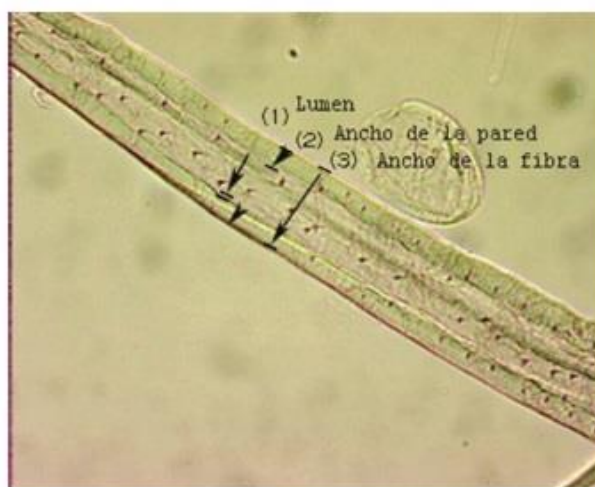


Figura 2. Propiedades biométricas de las fibras

En la figura 2 se señalan cuáles son y qué nombre reciben las propiedades biométricas que hacen parte de la fibra de la hoja. Se evidencia que las fibras naturales tienen un alto contenido de celulosa que pueden ser utilizadas para la obtención de papel y de algún tipo de bioplástico. El potencial de esta fibra para obtener dichos resultados puede verse en la comparación de características con el bagazo de caña, que ha sido dado fundamentalmente para la producción de papel.

Tabla 5. Propiedades biométricas comparativas de fibras de diversas fuentes.

Especie	Longitud promedio (mm)	Ancho de la fibra (μm)	Lumen (μm)	Espesor (μm)
Hoja de maíz	1,86	47,4	32,1	7,5
Bagazo de caña	1,50	20,0	12,0	4,0
<i>Eucalyptus globulus</i> *	0,94	18,3	9,65	4,3
<i>Kenaf</i> *	1,29	22,1	12,7	4,3
<i>Jacaranda acutifolia</i> **	0,90	14,0	10,0	2,0
<i>Tilia mexicana</i> **	1,31	28,0	20,0	4,0
<i>Bellotia mexicana</i> **	1,49	41,0	27,0	7,0
<i>Clethra mexicana</i> **	2,33	35,0	21,0	7,0

En la tabla 5 se evidencia que la hoja de mazorca muestra una mayor longitud de la fibra con respecto a otras, similar a la que presentan algunas maderas coníferas. También, “el ancho de la fibra al igual que en su longitud es mayor que la que presentan otras fibras, lo que hace que aumente su resistencia al rasgado” (Monteoliva, 2005; Núñez, 2004), así lo afirma Maribel Prado citando los escritos de tales autores.

Tras someter las fibras de la hoja de mazorca a la medición biométrica de las fibras, el resultado señala que son adecuadas para producir un papel de muy buena calidad y con potencial para diferentes tipos de bioplástico. En la figura 18 se muestran los resultados obtenidos:



Figura 3. De izquierda a derecha, resultado de elaboración de acetato de celulosa, biopelículas, bioplástico y papel

Es importante tener una perspectiva de lo que se ha llevado a cabo relacionado con el tema de investigación, o bien, qué se está desarrollando y las nuevas aplicaciones realizadas ya que “La materia es para nosotros un mero soporte para las prestaciones vinculadas a los productos más que algo con un valor inherente” (Viñolas, 2005, p. 20).

Por otra parte, desde un panorama objetual se encuentra un producto ya reconocido por el mercado, Kuskoo Bi Chair (Figura 3), una silla diseñada por Iratzoki Lizaso para la reconocida empresa Alki Furniture por componentes que aseguran un consumo sostenible. La silla se divide en dos piezas, una que hace referencias a las patas y la base del asiento que han sido elaboradas en madera maciza con un acabado natural, y la segunda pieza que le otorga todo el protagonismo al producto, el asiento, fabricado con un bioplástico que ha sido elaborado con materia prima de origen vegetal como almidón de maíz, remolacha y caña de azúcar, logrando un producto estético y amigable con el medio ambiente.



Figura 4. Kuskoo chair

Por otra parte, la diseñadora alemana Carolin Pertsch desarrolla una pieza de mobiliario a partir de residuos naturales y aglutinantes naturales. Zostera Stool, surge de la utilización de plantas acuáticas para la creación de un nuevo biomaterial, es ligero, duradero, y el producto terminado tiene una “calidad orgánica”. El proceso de este producto incluye el uso de aglutinantes vegetales que sirven como referente para este proyecto. En la figura 4 se muestra el proceso como la diseñadora parte de este residuo natural, lo mezcla con otro componente y lo vierte en un molde de madera, para finalmente obtener tableros aplicados en taburetes.



Figura 5. Zostera Stool.

Para procesos relacionados con textiles a partir de fibras vegetales se toma como referente Piñatex, un cuero vegetal obtenido a partir de la planta de la piña, el cual impone en el mundo textil cambios importantes. Aunque el proceso de transformación de este material no se conoce explícitamente, pero en términos generales lo que se hace es una extracción y secado de las fibras de la hoja que seguidamente son sometidas a un proceso para llevarla a un formato de hoja de cuero. Figura 5.



Figura 6. Proceso y resultado de los productos de la empresa Piñatex.

Adicionalmente, como idea emprendedora cabe destacar a la empresa Ecomoxtle que busca evitar 70.000 toneladas de desperdicio con platos hechos con hoja de maíz y generar también un ingreso adicional a los productores que proveen esta materia prima. Este residuo que surge posteriormente de la cosecha del maíz y que es quemado por los campesinos, logra ser desarrollado como una pulpa que puede ser utilizada para la producción de platos desechables.

Similar a este se encuentra el caso de Leaf Republic, un proyecto de los diseñadores Pedram Zolgadri y Carolin Fiechter que pretende generar una vajilla que pueda ser usada fuera de casa sin contaminar. Para esto crean a través del software CAD el diseño de un molde para el termo formado de un plato biodegradable que se puede usar en el microondas. El plato está hecho con hojas de árbol, que estructuralmente está compuesto por dos capas de hoja, cosidas con fibra de palmera y separadas por una capa de papel impermeable.



Figura 7. Platos biodegradables de Leaf Republic.



Figura 8. Composición estructural de los platos biodegradables de Leaf Republic.

4.3 Marco conceptual

Fibras vegetales

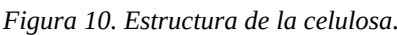
Las fibras vegetales son estructuras sólidas y flexibles de una sola dimensión, constituidas por células vegetales, las cuales tienen componentes estructurales como: la pared celular, el protoplasma y la vacuola. La pared celular dentro de su composición estructural se encuentra la lignina y los polisacáridos, que a su vez están principalmente formados por la celulosa y las hemicelulosas.

La celulosa

La celulosa es la unión lineal de moléculas de β -glucosa a través de enlaces que forman una estructura unida por cadenas que dan origen a fibras, las cuales constituyen la pared celular de árboles y plantas, que cumplen la función de dar soporte, dureza y rigidez a los tejidos vegetales.



Figura 9. Estructura lineal de la celulosa.



La pared primaria, secundaria y terciaria de las células vegetales están constituidas por microfibrillas de celulosa compuestas por moléculas individuales de celulosa, como se muestra en la figura 10:



Figura 11. Organización de la estructura vegetal.

Lignina

La lignina junto con la celulosa y la hemicelulosa configura la pared celular de las mismas a nivel nano-estructural. La definición precisa resulta un problema, ya que como lo afirma Martin Chávez Sifontes y Marcelo Domine citando el escrito Lignin de Lu y Jhon, la lignina “se asocia con la naturaleza de sus múltiples unidades estructurales, las cuales no suelen repetirse de forma regular, dado que la composición y estructura de la lignina varían dependiendo de su origen y el método de extracción o aislamiento utilizado (Lu & John, 2010).

Así mismo pasa con la composición o distribución de los tres componentes de esas redes, que varía dependiendo del tipo de planta, ya que cada una se adapta a geografías y climas diferentes. De lo anterior es importante tener conocimiento ya que cada uno de los componentes hace que esta materia prima tenga un alto potencial en la producción de bioplástico.

El maíz

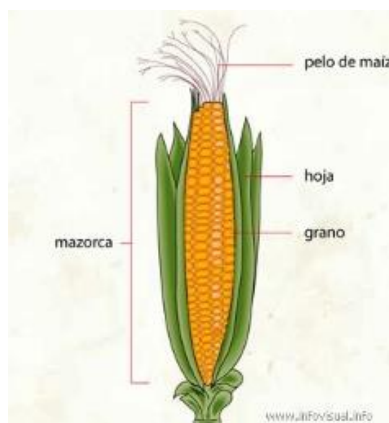


Figura 12. Partes de la mazorca de maíz.

El grano de maíz es la parte que contiene gran cantidad de vitaminas y nutrientes, por lo que es destinado principalmente para el consumo humano y animal, las otras partes son aprovechadas para otras aplicaciones. Las hojas fibrosas, por ejemplo, son las que protegen los granos de maíz y cubren la espiga del maíz, las cuales son eliminadas durante el proceso de deshojado. Siendo así, para considerar cual sería el uso más acertado y oportuno que podría darse es importante conocer cuáles son las propiedades y características de cada una de estas.

Aplicaciones del maíz

El maíz es de gran importancia económica a nivel mundial ya sea como alimento humano, como alimento para el ganado o como fuente de un gran número de productos industriales. Según la FAO el maíz tiene tres posibles aplicaciones: alimento, forraje y materia prima para la industria. La obtención de biocombustible y el consumo humano y animal son unos de las aplicaciones que recibe el maíz que más adelante se conocerán con mayor detalle.

5 Análisis de datos

Los hallazgos surgen del acercamiento a la comunidad de Galicia, en esta se evidenció la situación problema, a partir del marco teórico se sustenta las cantidades de producción y de consumo del maíz, lo que conlleva a soportar la importancia del proyecto. En el proceso de obtención de la hoja el operario realiza el descapachado, la separación de residuos y después de realizar la labor completa la comercialización. Ver figura 12.



Figura 13. Funciones de los implicado en la problemática.

5.1 Acercamiento al contexto en Galicia-Cerritos

En Galicia, la comercialización de los desechos se realiza por bultos, una unidad de medida que afecta su valor, y así se ve reflejado en su el precio que es de aproximadamente 1.000 pesos por bulto en los dos contextos, además de que son grandes las cantidades que se generan diariamente.

Según unas encuestas realizadas en el inicio del proyecto indican que cada establecimiento puede generar en promedio unos 30 bultos semanales, y teniendo en cuenta que el acopio cuenta con 15 establecimientos aproximadamente sería un total de 450 bultos tan solo en esa zona, una cifra significativamente importante. A partir de esta cifra, el principal uso para este residuo es dado por trabajadores de fincas con ganado y artesanos. Si bien esta materia prima resulta un desecho para las empresas que lo producen no significa que el valor que esta contiene no sea lo suficientemente buena como para que sea aprovechada para otros fines que permitan darles protagonismo a aquellas propiedades características de este material.

5.2 Acercamiento al contexto en Medellín

Otro acercamiento al contexto que se realizó en la ciudad de Medellín, específicamente en la plaza minorista, se registra el paso a paso del descapachado de la mazorca para detallar la manera como se obtiene este residuo. El proceso es manual y es realizado por trabajadores de los puestos de la plaza como se muestra en la secuencia de imágenes de la figura 13.



Figura 14. Proceso de deshojado de la mazorca.

Después de realizado el proceso, la hoja es separada en una canasta con un costal, luego se desgrana la mazorca y se ubica aparte la tusa. Menciona una de las trabajadoras de la plaza, que dependiendo del estado de la hoja, se le da un uso correspondiente, quien afirma que se aprovechada de 3 diferentes maneras: como alimento para ganado, para la elaboracion de envueltos de maiz y para artesanias.

Esta información indica que la hoja funciona como complemento alimentario en el ganado junto con el salvado de trigo, comunmente utilizado en las fincas, por otra parte su uso para la preparación del envuelto de maíz, un producto tradicional principalmente en la costa caribe colombiana, y el tercer uso es dado por artesanos que encuentran en estas fibras potencial para la elaboracion de sus productos.

Para estos dos últimos usos mencionados, la hoja debe estar en buen estado para que pueda ser aprovechada.



Figura 15. Usos dados actuales a la hoja de mazorca.

En la plaza de mercado según la observación se evidencia una separación de residuos entre el capacho (la hoja que cubre la mazorca) y la tusa (el corazon de la mazorca), ya que se le dan usos diferentes, sin embargo, en relación con la comercialización existe igualdad de precios.

Según trabajadores de algunos puestos el precio es de 350 pesos por la fibra en sí, otros 350 pesos por la labor que realiza la persona que recoge el residuo, y el resto es ganancia para ellos, así que el valor por bulto es de mil pesos.



Figura 16. Separación del capacho y la tusa en diferentes bultos.

También, se indaga acerca de la cantidad de residuos que son eliminados diariamente, donde diferentes trabajadores en los puestos expresaron diferentes cifras, todo dependiendo de la producción de cada cual, desde 10 hasta 60 bultos, datos muy abiertos según el cálculo de ellos, el encargado de almacenar y comercializar la mayoría de estos bultos en el lugar, afirma que la cantidad de residuos generados diariamente son en promedio 300 bultos, de unos 30 puestos.

El acercamiento al contexto realizado en Galicia-Cerritos tiene relación con el acercamiento en Medellín, los precios de comercialización de los residuos son muy similares.

Entrevista con experto

Se da inicio a una entrevista desestructurada con Alejandro Zuleta, ingeniero en materiales que hace parte de la facultad de Diseño y Arquitectura en la Universidad Pontificia Bolivariana, a quien es consultado el tipo de metodología que es oportuna para el tema de generación de un nuevo material a partir del residuo agroindustrial de la hoja de mazorca, así pues, el experto manifiesta que para plantear una metodología se debe tener claro a qué problema se le quiere dar solución y cuáles son los beneficios que va a ofrecer este material. Para esto, es necesario en primer lugar identificar sus atributos, de manera que pueda pensarse en las posibles aplicaciones que se le pueden dar y qué problemática existente que se asocie a ellos.

Es importante resaltar que para este proyecto la intervención en el sintetizado del material no hace parte de la intervención propia de un diseñador industrial, sino que para este caso es necesario contar con la participación de un ingeniero químico que tenga conocimiento del manejo

de materiales y componentes para llevar a cabo dicho proceso, de modo que se tengan las bases para generar un aporte propiamente desde la disciplina.

En principio, el experto sugiere que como primer paso se haga un análisis de los atributos del material, de manera cómo se llega a una definición de requerimientos, y teniendo en cuenta esto, se realiza una identificación del usuario y contexto, respondiendo a interrogantes como: quién, dónde, cómo, para qué. Una vez desarrollada esta etapa se determina un posible candidato de producto, y a partir de esto llegar a una intervención y exploración formal, siendo este el aporte del proyecto desde el diseño industrial, que consiste en examinar qué proceso productivo es oportuno para actuar sobre la materia prima y llevarla al proceso de diseño que permita obtener como resultado el producto. Es decir, es necesario conocer como es el proceso para llegar a la materia prima, pero el objetivo es definir la manera como se va a desarrollar, dentro de la etapa de exploración formal es donde hay intervención en la experimentación con los procesos que se pueden aplicar.

6. Metodología de diseño

La metodología implementada se elabora a partir de los procesos que requiere el proyecto y se apoya en el método de diseño de Nigel Cross. Como primera fase se identifica el problema general hasta llegar a la segunda, alternativas de material que muestra todo el proceso experimental, en tercer lugar, la aplicación que se le da a este y finalmente llegando a la solución general del proyecto.

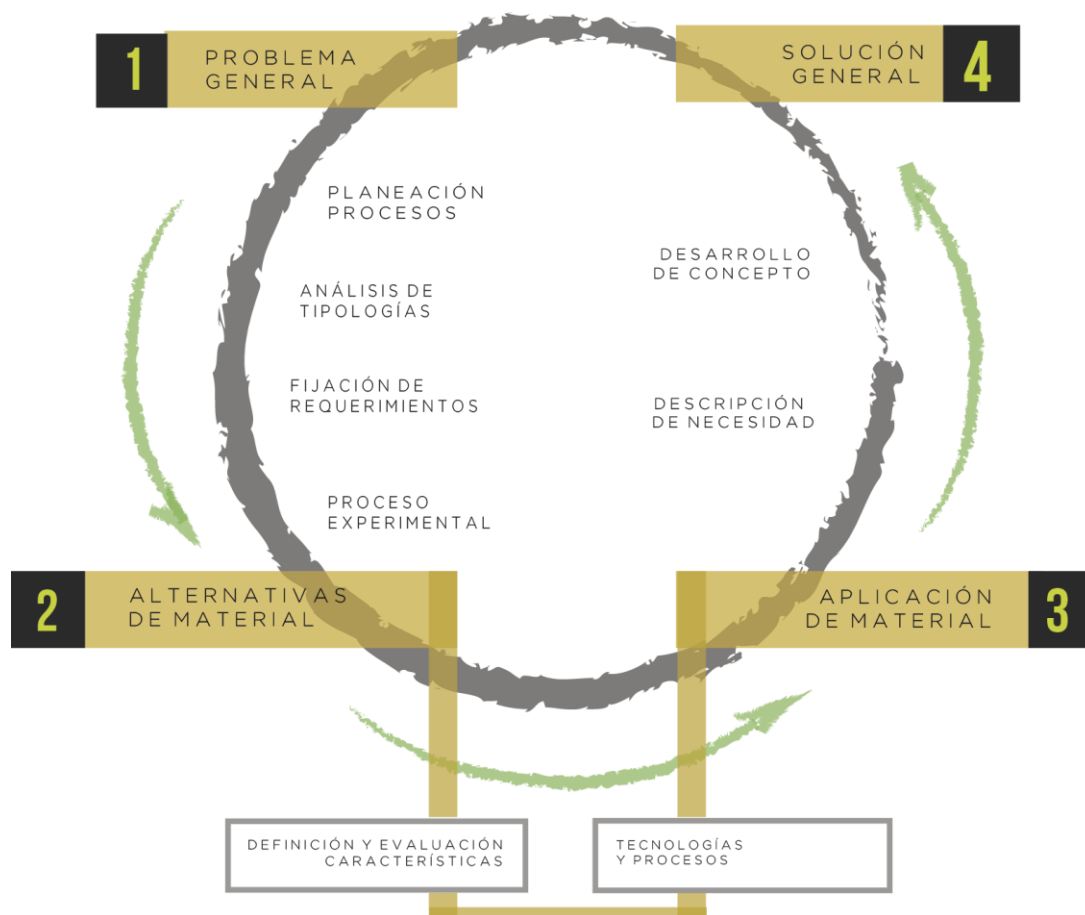


Figura 17. Metodología de diseño.

6.1 Problema general

Se da un panorama general de la problemática, se recolectan datos cuantitativos y cualitativos que permitan una comprensión y análisis y desarrollo del problema.

6.1.1 Planeación de procesos

Conocida también como establecimiento de funciones, es la fase donde se establecen y analizan todas las funciones requeridas para el nuevo diseño. Así pues, previo al inicio del proceso experimental se fijan unos tiempos y un orden para el desarrollo de las actividades necesarias antes, durante y después del mismo. Ver figura 17.

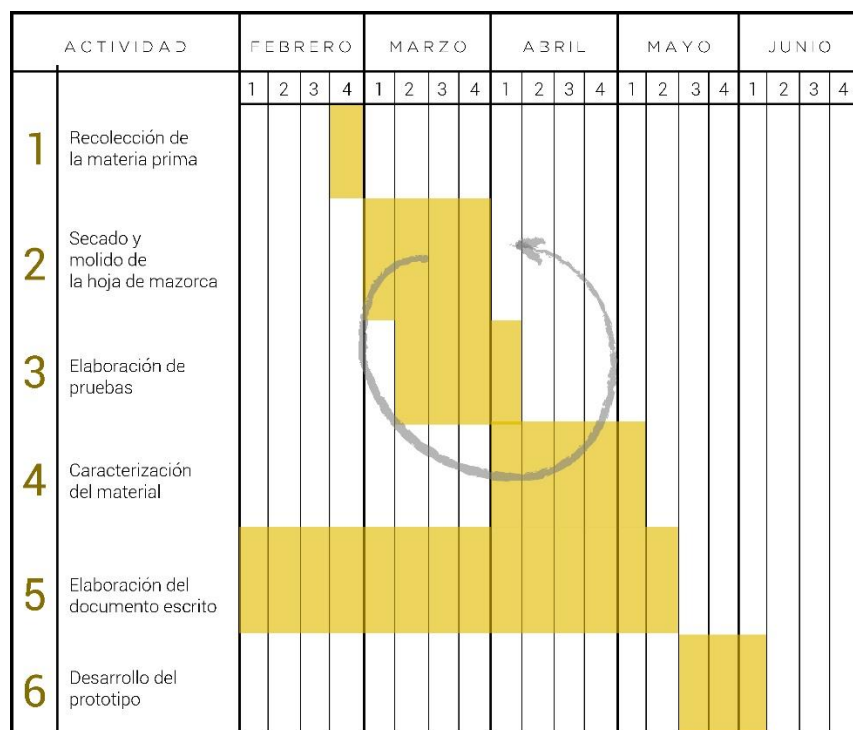


Figura 18. Cronograma de actividades para el desarrollo de la metodología.

6.1.2 Análisis de tipologías

El análisis de tipologías es un recurso que permite identificar relaciones y/o distinciones entre el proyecto en proceso de desarrollo y otros ya existentes. De modo que, se emplea la vigilancia estratégica como método para encontrar productos clave donde es posible resaltar factores relacionados con materiales, avances científicos y técnicos, tecnologías y/o procesos de fabricación, que pueden ser reconocidos como atributos. A continuación, se muestran las tipologías seleccionadas que sirven de apoyo y construcción del proyecto.

Zostera Stool



Formato en lámina

Material ligero

Aspecto natural

FIBRA + BIORESINA

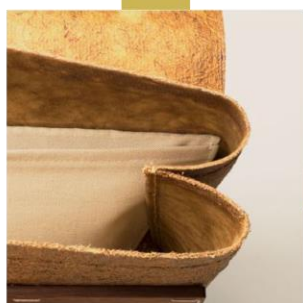


Atributos

Figura 19. Zostera Stool, taburete de Carolin Pertsch.

Zostera Stool es un taburete elaborado a partir de zostera marina, una planta acuática que se acumula en las playas del norte de Alemania. La diseñadora Carolin Pertsch combina la fibra de este recurso natural con una bioresina producida con aceite y lo aplica en su asiento. Para la obtención del material laminado se vierten todos los componentes en un molde, lo que se considera un proceso interesante para obtener la forma deseada, además, deja el material visible pero la tonalidad de la fibra le otorga un aspecto natural, lo que favorece que la percepción de los clientes sea correspondiente a lo que se quiere comunicar con el producto.

The Tree Bag



Simple
Elegante
Biodegradable
Ligero
Resistente



Atributos

Figura 20. The bag tree, hecho con materiales naturales.

The tree Bag, es un maletín hecho 100% con cáscaras de coco prensadas con resina natural lo que le proporciona mayor ligereza, resistencia y duración. Este producto es totalmente biodegradable, sin embargo, necesita ser compostado para que se inicie el proceso de biodegradado.

Träullit Dekor

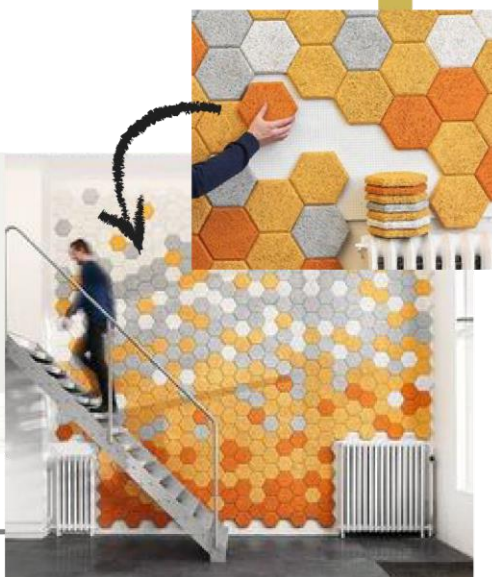


MADERA + CEMENTO

Mejora de las condiciones
térmicas y acústicas

Resistencia al fuego y al moho

Paneles
estéticos



Atributos

Figura 21.Träullit Dekor .

Träullit Dekor son unos paneles de revestimiento interior fabricados con astillas de madera y cemento. Los paneles al unirse sobre una superficie en espacios interiores proporcionan una absorción de sonido ya que estos módulos tienen características de aislamiento térmico y acústico. Además de estas, también se ha comprobado que proporciona protección del fuego y del moho.

Estos atributos hacen que este material tenga un gran potencial de aplicación en edificios en condiciones climáticas complejas y en estudios de grabación, entre otros.

Propuesta de valor



Figura 22. Propuesta de valor del proyecto.

En la propuesta de valor se busca hacer una evaluación de los atributos de aprovechamiento de fibras naturales, amabilidad con el medio ambiente, estética y mejora de características para cada una de las tipologías expuestas anteriormente. Después de analizadas las tipologías, se determina cuál va a ser los factores determinantes para la propuesta de valor planteada en la solución final.

La propuesta de valor que se plantea se enfoca en la procedencia del material y la revalorización que se le quiere dar, brindando una alternativa que mejor las condiciones de las personas, en cuento a la mitigación de material contaminante por el reemplazo de la materia prima y por el servicio que brinda en la propuesta de aplicación de un apoyo lumbar para mobiliario.

6.1.3 Fijación de requerimientos

Los requerimientos de diseño permiten determinar, clasificar y dar especificaciones exactas de las variables que deben ser cumplidas y tenidas en cuenta en el proceso de diseño y verse finalmente reflejados en la solución de diseño. De modo que se construyen requerimientos y se relacionan con los objetivos específicos como se muestra a continuación:

Tabla 6. Requerimientos de diseño relacionados al objetivo 1.

1. OBJETIVO

Identificar las características físico-químicas de la hoja de mazorca mediante pruebas de comprobación que permitan su mezcla con otros componentes y mejore sus propiedades.

REQUERIMIENTOS		
AMBIENTALES		
[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARAMETRO]
Descomposición	El material debe asegurar una descomposición responsable con el medio ambiente	Mezclando componentes que no alteren su propuesta de valor
Componentes	La fibra utilizada debe estar libre de otros procesos químico-físicos	Tener un buen manejo de la materia prima
	Los componentes deben ser de origen natural	Utilizando componentes tales como: Policaprolactona Es un polímero biodegradable elaborado a partir de derivados del petróleo. Gliserina Compuesto orgánico presente en la grasa animal y el aceite vegetal
TÉCNICO-PRODUCTIVOS		
[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARÁMETRO]
Producción	Debe resistir a los procesos de corte y unión	Aglutinar correctamente los componentes

FUNCIÓN

[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARÁMETRO]
Versatilidad	Sus características deben ampliar las posibilidades de aplicación a parte de la planteada	Modificando la cantidad y las condiciones de los componentes involucrados

Tabla 7. Requerimientos de diseño relacionados al objetivo 2.

2. OBJETIVO

Evaluar las muestras del material por medio de pruebas físico-mecánicas, determinando sus características potenciales a través de tablas de comprobación.

REQUERIMIENTOS

U S O

[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARÁMETRO]
Manipulación	El material debe resistir a la fuerza ejercida por el usuario	Modificando la cantidad y las condiciones de los componentes involucrados
	El material debe resistir el desgaste de uso	El material debe resistir el desgaste de uso
Dimensiones	Se debe obtener un formato que permita la intervención o maquinado del material	Determinar el comportamiento del material y sus propiedades físico-mecánicas.
Ergonomía	El material debe resistir las condiciones de calor al contacto con el usuario	Permitiendo el paso de aire a través del material.

FUNCIÓN		
[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARÁMETRO]
Versatilidad	Sus características deben ampliar las posibilidades de aplicación	Modificando la cantidad y las condiciones de los componentes involucrados
Resistencia	El material debe resistir a la presión, deformación y calor	Modificar las formulas con porcentaje de cantidades de los componentes hasta lograr acercarse dp0n

Tabla 8. Requerimientos de diseño relacionados al objetivo 3.

3. OBJETIVO

Plantear una aplicación que integre el material, comprobando sus posibles aplicaciones en el mobiliario.

REQUERIMIENTOS		
TÉCNICO-PRODUCTIVOS		
[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARÁMETRO]
Materia prima	Debe tener una reducción del impacto ambiental en el proceso de producción	Utilizar componentes naturales
USO		
[REQUERIMIENTO]	[DETERMINANTE]	[PARÁMETRO]
Percepción	Debe transmitir al usuario una sensación de confianza	Proponiendo colores, texturas y apariencias con las que las personas se sientan familiarizados

6.1.4 Proceso experimental

El proceso experimental permite reunir variables particulares y observarlas de manera conjunta para la obtención de respuestas. En este punto se identifican y determinan los materiales y los métodos utilizados. Para llevar a cabo este proceso, se determina el componente que se mezcla con la hoja de mazorca. La policaprolactona se define como el componente pertinente para mezclarlo.

Policaprolactona (PCL)

Es un polímero termoplástico y biodegradable elaborado a partir de derivados del petróleo, con un bajo punto de fusión de alrededor de 60°C. Con frecuencia es utilizado como aditivo para mezclar con otros polímeros como la celulosa y lignina para mejorar sus propiedades, lo que le otorga. La policaprolactona tiene resistencia al agua, aceite y disolventes, es flexible y no es tóxica, por lo que actualmente se utiliza en aplicaciones biomédicas como material para suturas e implantes.

En la etapa de antecedentes se identificó que la hoja de mazorca es un residuo agroindustrial que presenta alto contenido de celulosa, holocelulosa y lignina, unos componentes que resultan ser un aditivo común del PCL. Las características que presenta son particulares y son una buena alternativa comparadas con las de otros polímeros, razón por la cual se selecciona un componente conveniente para hacer la experimentación en el mezclado con la hoja de mazorca.

Este proceso permitirá ver cómo reaccionan y si es posible mejorar sus propiedades.

Materiales y métodos

Materiales

Para la elaboración de las muestras se trabaja con hojas de mazorca (establecimientos de Galicia-Cerritos, Risaralda, Colombia), glicerina y policaprolactona (ThermoMorph).

Preparación de las formulaciones

Inicialmente se preparan cuatro formulaciones con distinta relación de hoja de mazorca: PCL. Se denomina a cada formulación como A (95% hoja de mazorca y 5% PCL) B (90% hoja de mazorca y 10% PCL) C (75% hoja de mazorca y 25% PCL) D (50% hoja de mazorca y 50% PCL),

sin embargo, al realizar la primera muestra se evidencia que la proporción no corresponde a lo esperado, debido a que la cantidad de la hoja de mazorca es alta, lo que produce que no haya una adecuada integración de los dos componentes, una prueba y error que permite la orientación a otras soluciones.

Teniendo en cuenta lo anterior, se hace un replanteamiento de las formulas creyendo conveniente invertir los porcentajes, determinada de la siguiente manera: A (5% hoja de mazorca y 95% PCL) B (10% hoja de mazorca y 90% PCL) C (25% hoja de mazorca y 75% PCL) D (50% hoja de mazorca y 50% PCL). De esta manera las muestras presentan una mejor consistencia debido a las proporciones aplicadas.

Preparación de las hojas de mazorca para la elaboración de las muestras



Figura 23. Hojas de mazorca organizadas en bandejas de papel de aluminio.

Las hojas de mazorca previamente limpiadas se pesan en una balanza de precisión para registrar su peso húmedo, después se distribuyen de manera organizada sobre bandejas de papel aluminio como se muestra en la figura 20 y se introducen en un horno por compresión (Modelo ThermoStable SON-105, Daihan Scientific, Korea) programado durante 12 horas a 40°C. Transcurrido ese tiempo, se registra nuevamente su peso en seco. En la tabla 9 se muestran los pesos correspondientes.

Tabla 9. Peso de la hoja de mazorca en húmedo y en seco.

Peso de la hoja de mazorca	
Peso húmedo	Peso seco
310,809 g	110,961 g

Una vez se finaliza el proceso de secado, las hojas se pican en partes más pequeñas con la ayuda de unas tijeras y se hace el proceso de molido en una procesadora durante 1 hora aproximadamente hasta transformarlo en un material más fino. Ver figura 22



Figura 24. Hojas cortadas y molidas.

Elaboración de las muestras

Para la elaboración de las muestras se determinan variables en el proceso que han sido denominadas series, con el fin de tener una claridad de la composición de cada una de las muestras, ya que cada una arroja un resultado diferente e importante para evaluar. En la tabla 10 se muestra cada serie como está compuesta, el número de la muestra, el peso de cada componente, sus condiciones y la fecha en que fue elaborada.

Tabla 10. Tabla de clasificación de las muestras.

Serie	Muestra	Peso					Condición		Fecha
		Hoja sin procesar	Hoja tamiz 10	Hoja tamiz 30	PCL	Material sobrante	Tiempo de secado	Temperatura	
1	1	7,6 g	-	-	0,4 g	-	TA	-	20/03/2018
	2	0,8 g	-	-	7,2 g	-	TA	-	20/03/2018
	3	2 g	-	-	6 g	0,224 g	TA	-	20/03/2018
	4	4 g	-	-	4 g	0,490 g	TA	-	20/03/2018
2	5	-	-	0,2 g	7,8 g	-	16 h	40° C	6/04/2018
	6	-	-	0,4 g	7,6 g	-	16 h	40° C	6/04/2018
	7	-	-	0,8 g	7,2 g	-	12 h	40° C	5/04/2018
	8	-	-	2 g	6 g	-	12 h	40° C	5/04/2018
3	9	-	0,8 g	-	7,2 g	-	12 h	40° C	5/04/2018
	10	-	2 g	-	6 g	0,261 g	12 h	40° C	5/04/2018
	11	-	0,4 g	-	7,6 g	-	12 h	40° C	9/04/2018
	12	-	0,2 g	-	7,8 g	-	12 h	40° C	9/04/2018
	13	-	-	0,8 g	7,2 g	-	16 h	40° C	6/04/2018
4	14	-	0,1 g	0,1 g	7,8 g	0,830 g	12 h	40° C	9/04/2018
	15	-	0,2 g	0,2 g	7,6 g	-	12 h	40° C	9/04/2018
	16	-	0,4 g	0,4 g	7,2 g	-	12 h	40° C	9/04/2018
	17	-	1 g	1 g	6 g	-	12 h	40° C	9/04/2018

Para la serie (1) el material molido se utiliza sin intervenciones, ya que se realiza con el fin de lograr un primer acercamiento a los resultados. La serie (2) se tamiza con un tamiz certificado para ensayos de malla número 30, y la serie (3) con un tamiz de malla número 10, así pues, el material obtenido con los dos tamices se dispone en contenedores para luego utilizarlos en la preparación de las muestras.



Figura 25. Tamizado de la hoja de mazorca.

Tras la obtención de la hoja tamizada, se calienta en un beaker 250 ml de agua a 140°C utilizando una plancha de calentamiento con agitación (Thermo Scientific) hasta que el agua se encuentre a una temperatura aproximada de 60°C. Mientras el agua se calienta se pesa la hoja molida y los pellets de policaprolactona (PCL) en una balanza de precisión (Adam Equipment PGW 253e) según las proporciones establecidas.



Figura 26. Preparación de los componentes según las especificadas en cada serie.

Acto seguido, se procede a verter los pellets de policaprolactona (PCL) en el agua y revolver con un agitador hasta que todos los pellets se unan y adquieran un color transparente, después con las manos se separa del agua y se incorpora con la hoja molida hasta que la mezcla sea homogénea. Después de mezclar los dos componentes se moldea y se aplana la muestra sobre un contenedor, al cual se le aplica una gota de glicerina con la ayuda de un gotero para que la muestra no se pegue.

Una vez adquirida la forma y el espesor deseado las muestras resultantes de la serie (1) se almacenan en cajas de Petri para secar a temperatura ambiente por 48 horas, las muestras obtenidas de las series (2), (3) y (4) se secan a 40°C en el horno por compresión (Modelo ThermoStable SON-105, Daihan Scientific, Korea) por 12 horas.

En total, se preparan 17 formulaciones diferentes de muestras.

Concepto de diseño

El concepto surge de la comprensión de los atributos y busca integrarlos en una frase. “Reinventar impulsa el cambio” hace referencia a la transformación dada a la fibra que toma forma de una nueva materia prima. Cuando se habla de reinvento, se habla de la capacidad de cambiar sin dejar de ser, de crear un nuevo plan sin que afecte el objetivo final, de buscar nuevas perspectivas para aumentar las posibilidades de decidir cómo volver a empezar, de cerrar y abrir ciclos nuevos y de impactar a través del cambio. Para ser más claro y entender de una mejor manera las ideas que construyen el concepto ver la figura 24

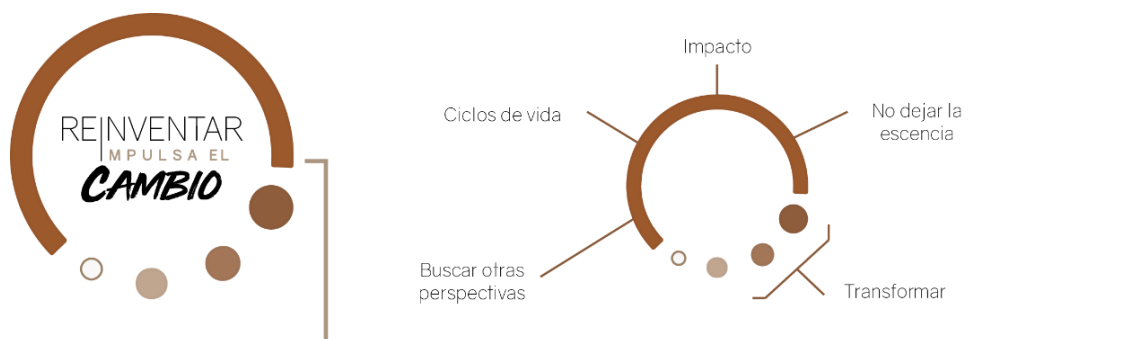


Figura 27. El concepto y las ideas que lo construyen.

6.2 Alternativas de material

La generación de alternativas de material permite analizar y evaluar los resultados obtenidos del proceso de experimentación y llevar a cabo decisiones para la resolución del problema.

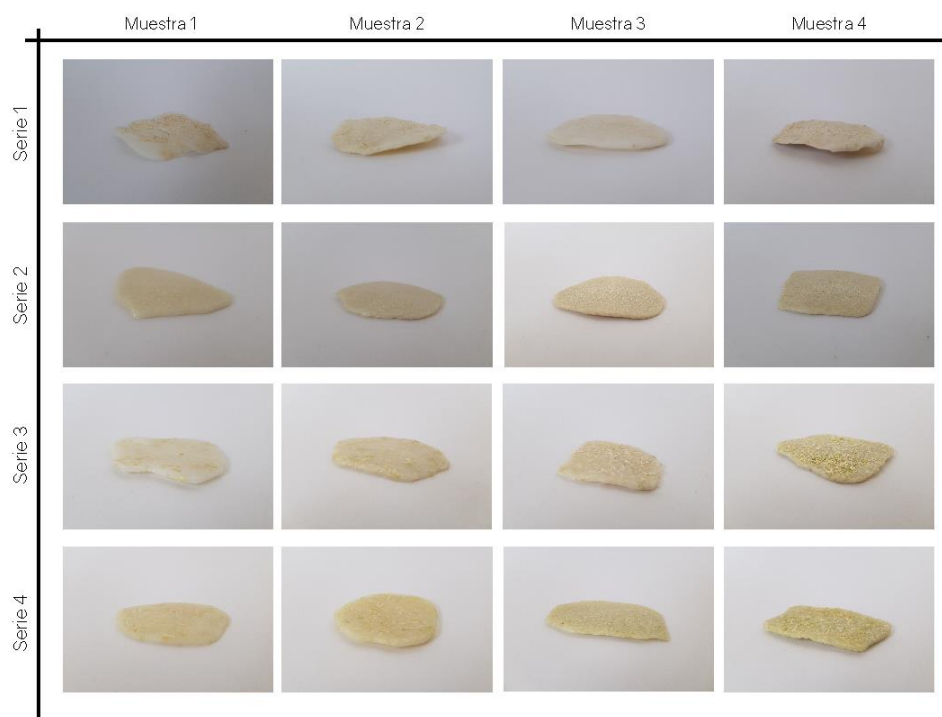


Figura 28. Muestras elaboradas con la hoja de mazorca y la policaprolactona.

En la figura 29 está el resultado de las muestras elaboradas en el laboratorio con la hoja de mazorca y la policaprolactona, cada una con proporciones y composiciones diferentes. La muestra que se omite en la figura es la prueba y error que se obtuvo en el proceso de experimentación.

6.2.1 Definición y evaluación de características

En una etapa temprana del proceso de diseño se determinaron unos objetivos, que hablan de lo que se quiere lograr con el proyecto, así que en esta etapa de evaluación se tiene en cuenta si las alternativas de material obtenidas cumplen con estos.

Grosor de las muestras

El grosor de las muestras se mide con un pie de rey digital en 4 posiciones diferentes para luego obtener una medida promedio para todas las muestras obtenidas.

Tabla 11. Datos sobre grosor de las muestras. Fuente: Propia.

Muestras	Medida promedio
1	
2	2,87 mm
3	2,70 mm
4	2,12 mm
5	3,19 mm
6	2,65 mm
7	2,54 mm
8	2,51 mm
9	2,83 mm
10	2,78 mm
11	3,01 mm
12	2,89 mm
13	4,38 mm
14	2,78 mm
15	2,60 mm
16	2,38 mm
17	3,36 mm

Prueba de compresión

Es un ensayo técnico que ejerce un esfuerzo por compresión a un material para determinar la resistencia y deformación de un material. Teniendo en cuenta esto, las muestras son elaboradas bajo unas condiciones establecidas de tamaño y grosor para que los resultados obtenidos no sufran un desfase debido a la variación de las características de estas. Para este caso, el ensayo que se realiza es una inferencia con el fin de tener un estimado de los resultados, ya que para el proyecto no es posible acceder a los recursos que permita el correcto proceso de realización de este ensayo.

Por lo tanto, se elabora un sistema que logre simular la función de la máquina universal de ensayos. Se diseña un soporte que sirva como base para las muestras del material durante la realización de la prueba, donde un tercio de la muestra garantiza su inmovilidad, y los otros dos tercios soportan una superficie plana ubicada de manera perpendicular a la que poco a poco se le va ejerciendo peso.

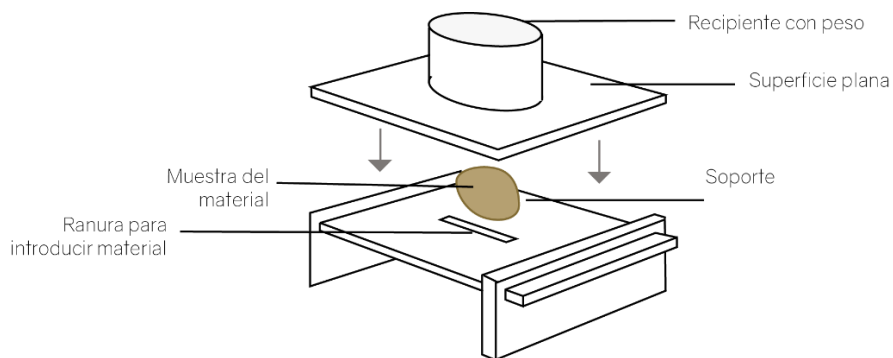


Figura 29. Prueba de compresión.

Una vez realizada las pruebas se muestra mediante unas gráficas los resultados obtenidos con cada una de las muestras, según el peso máximo que pudo soportar cada una de ellas. En la figura 27, 28, 29 y 30 se muestra el comportamiento según el número de serie, las cuales varían en las características de la hoja y las cantidades aplicadas.

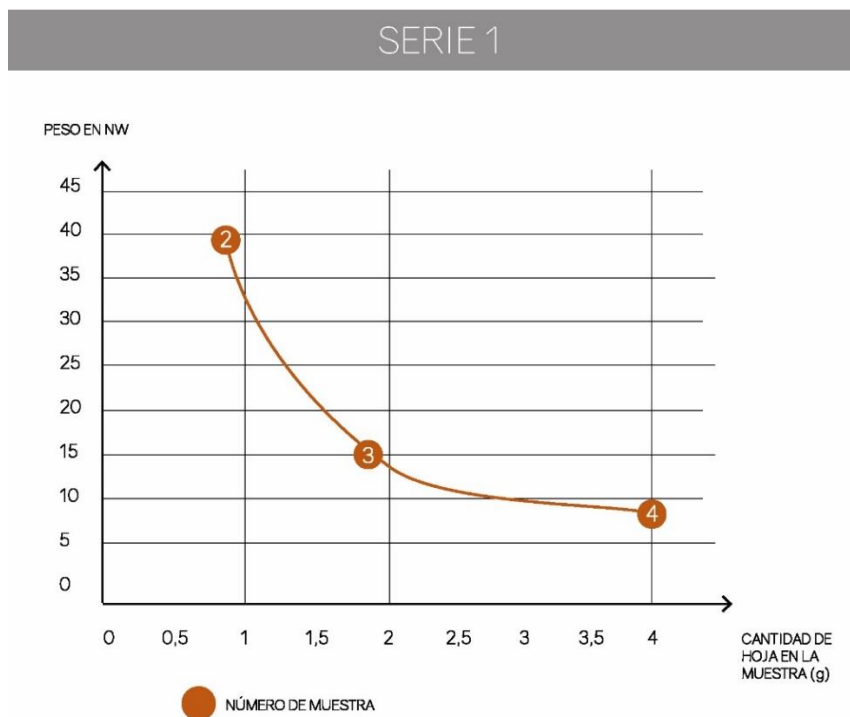


Figura 30. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 1.

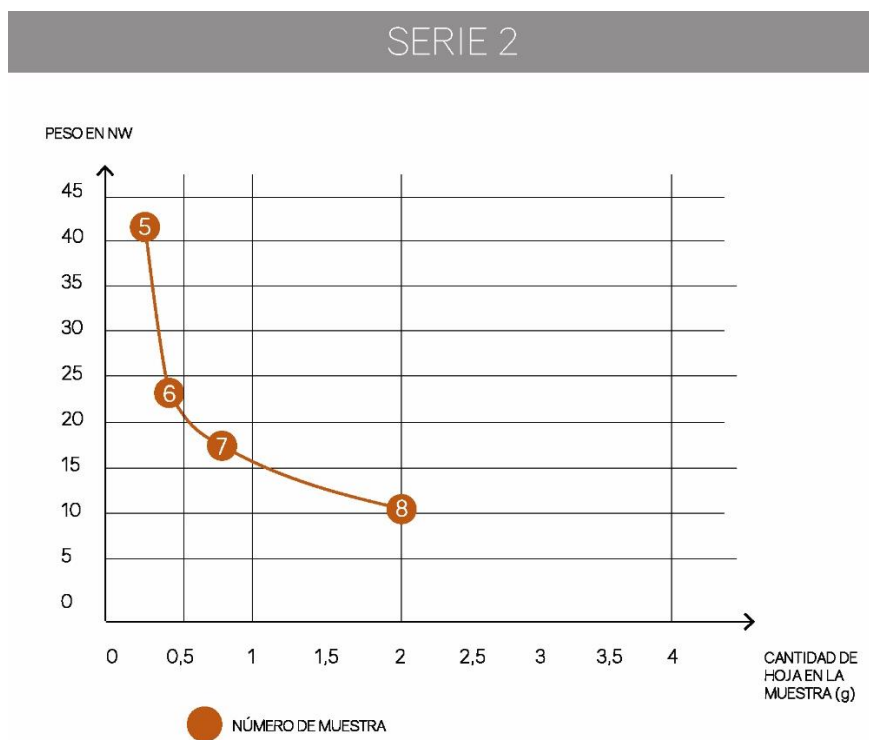


Figura 31. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 2.

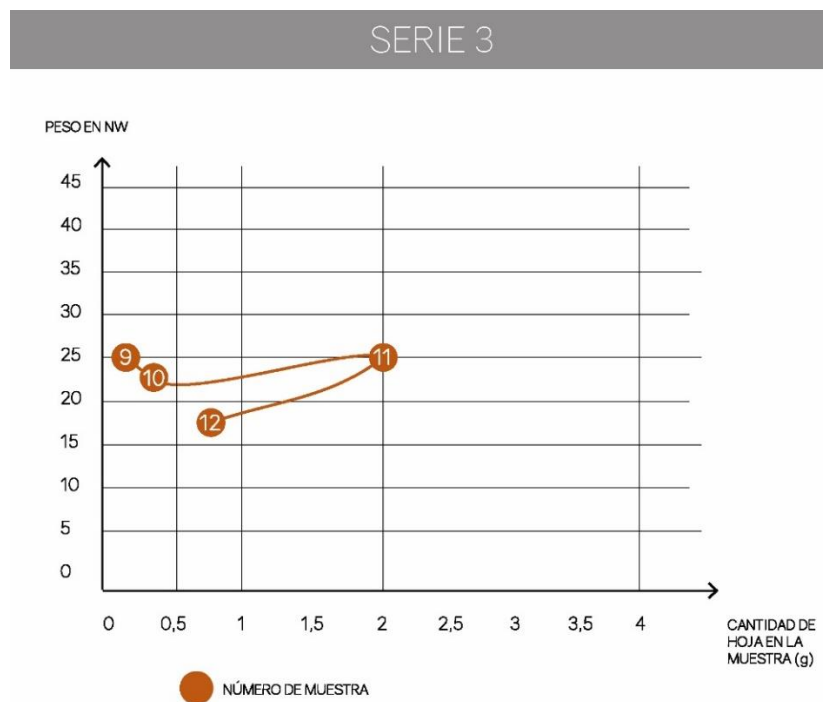


Figura 32. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 3.

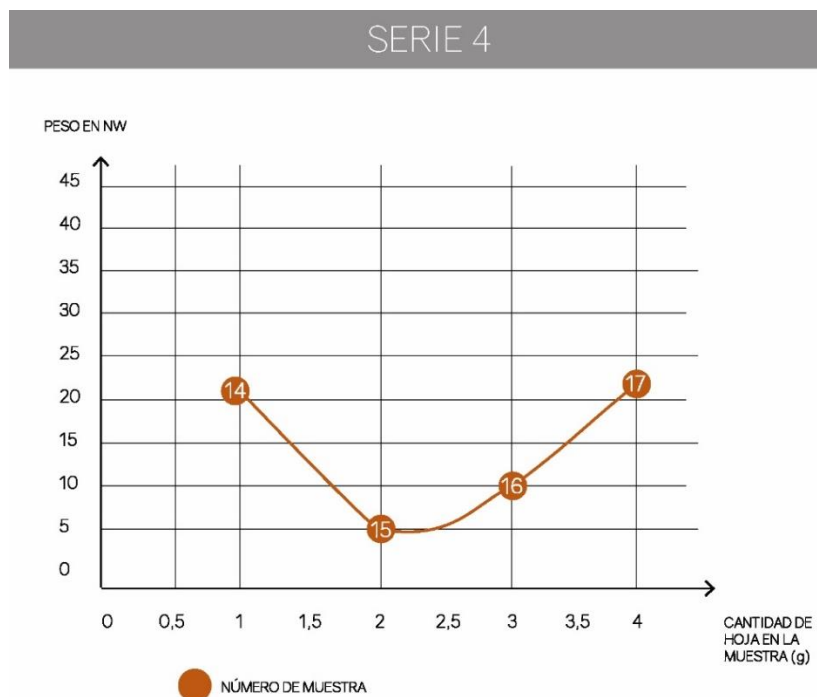


Figura 33. Resultados obtenidos en el ensayo por compresión de la serie 3.

Prueba de tracción

Esta prueba es realizada en una máquina universal HUT 300, para medir la carga máxima en kilogramos que puede soportar cada probeta según sus propiedades, para esto se seleccionan 6 muestras que se considera que obtuvieron resultados relevantes para la evaluación de las mismas.

Tabla 12. Resultados en kg de los ensayos en maquina universal.

Muestra	Velocidad	Kgf	Probeta
5	10 mm/min	166,92	1
7	30 mm/min	165,70	1
5	50 mm/min	178,85	2
7	50 mm/min	91,97	2
9	50 mm/min	834,63	1
11	50 mm/min	258,9	1
16	50 mm/min	236,98	1
17	50 mm/min	204,24	1
9	120 mm/min	194,45	2
11	120 mm/min	241,46	2
16	120 mm/min	167,13	2
17	120 mm/min	156,11	2

A continuación, se muestran unos de los resultados más relevantes.

Muestra 5

El porcentaje correspondiente para la elaboración de la probeta es de 97,5% de policaprolactona y 2,5% de hoja de mazorca.

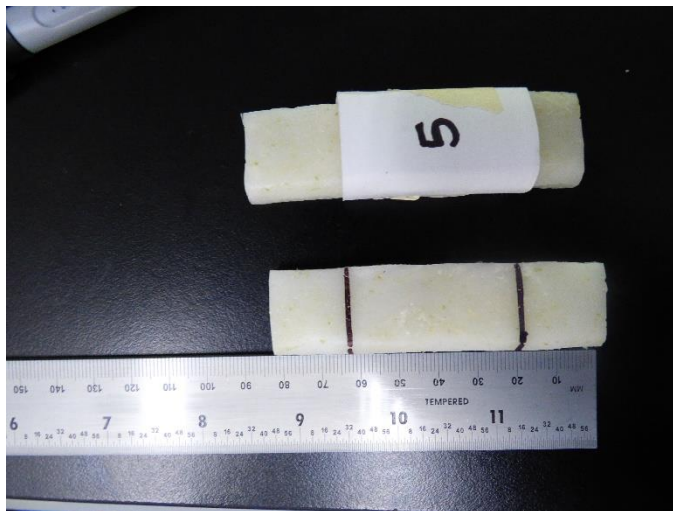


Figura 34. Medidas de la muestra 5 probeta 1 antes del ensayo.



Figura 35. Ejecución de ensayo de la muestra 5 probeta 2.

Durante el ensayo hubo dos variables a evaluar para esta probeta, la velocidad, que para esta fue de velocidad de 10 mm/min y de 50 mm/min, cada una con su análisis respectivo de comportamiento.



Figura 36. Muestra 5 probeta 1 en la máquina universal.

Resultados

Los resultados de la probeta 1, con una velocidad de 10 mm/min muestran un comportamiento donde según la fuerza ejercida la extensión del material no es significativa, presenta una carga de 166,22 kg, sin embargo, su comportamiento se mantiene constante a medida que se ejerce la fuerza. Figura 33.

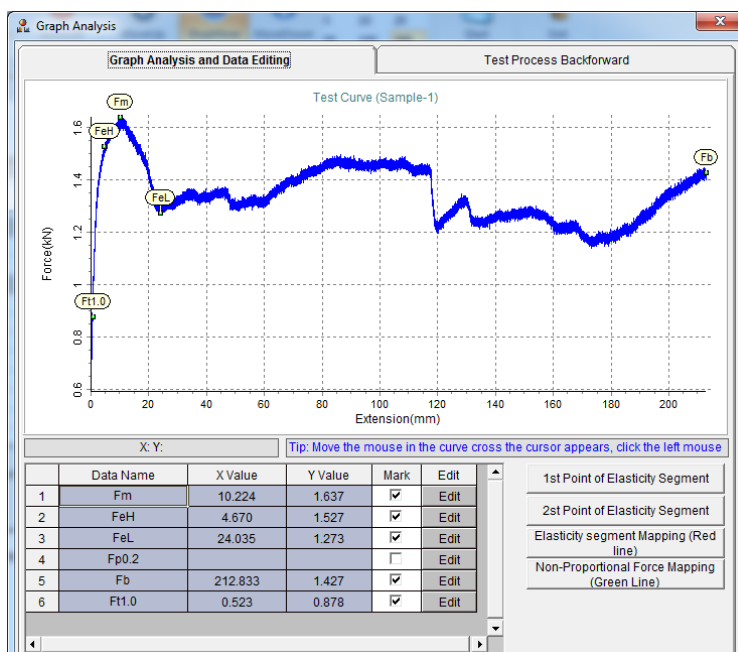


Figura 37. Resultados obtenidos de la probeta 1, muestra 5.

Después de realizado el ensayo con esta probeta, el resultado obtenido por el material se muestra en la figura 5, donde si bien se deforma el material no presenta ruptura.



Figura 38. Resultado de la probeta 2 de la muestra 5.

Y los resultados de la probeta 2, donde su velocidad fue de 50 mm/min

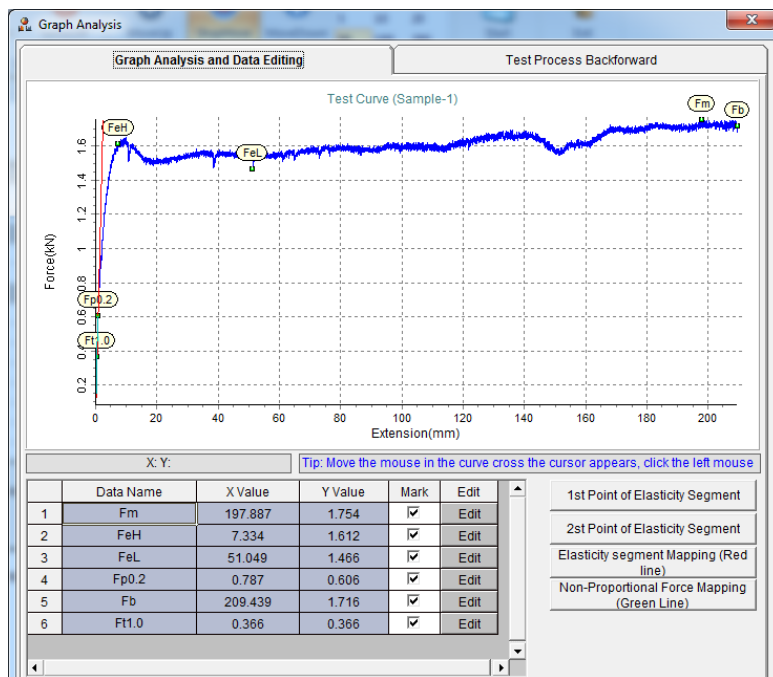


Figura 39. Gráfica de análisis de la probeta 2, muestra 5.

Muestra 7

El porcentaje correspondiente para la elaboración de la probeta es de 90% de policaprolactona y 10% de hoja de mazorca con tamiz 30.



Figura 40. Medidas de la probeta 1, muestra 7.



Figura 41. Ensayo en la máquina universal de la probeta 1, muestra 6.

En la figura 38 se muestra el resultado obtenido del material tras haber sido sometido a este ensayo con velocidad 30 mm/min, la cual presenta ruptura en el pico más alto de la ejecución de fuerza.

Resultados

Los resultados con esta probeta presentaron ruptura con una velocidad de 30 mm/min, en un tiempo corto, sin embargo, presento una alta deformación del material y esto ha permitido deducir que cuando la hoja que compone la probeta es más delgada, tiende a tener mayor resistencia.

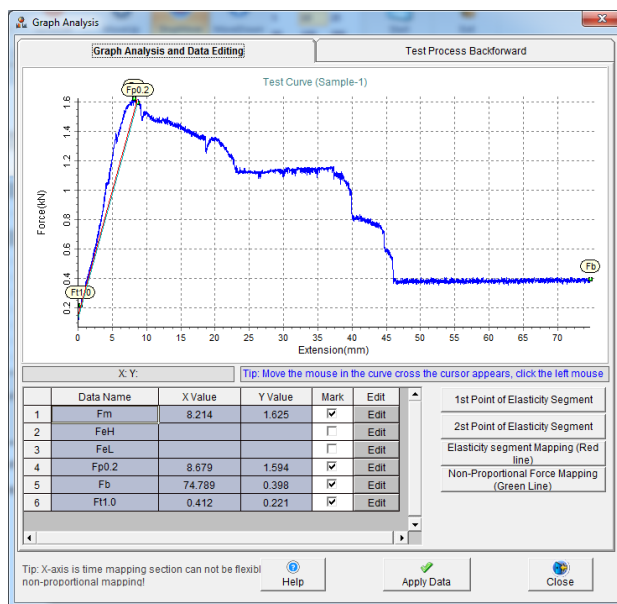


Figura 42. Gráfica de análisis de la probeta 1, muestra 7.

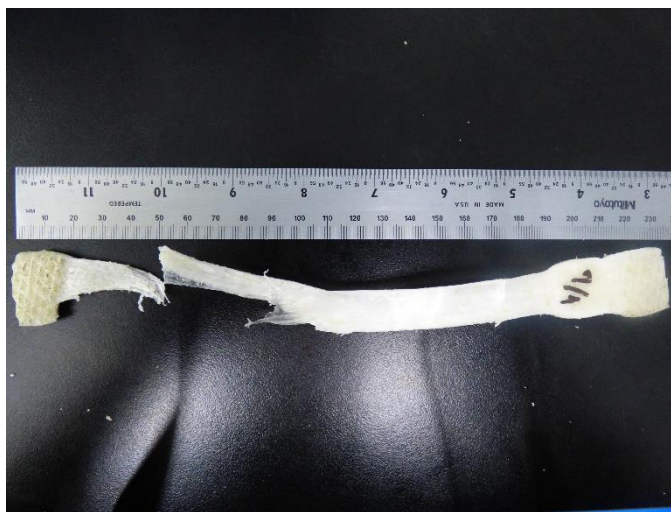


Figura 43. Resultado obtenido de la probeta 1, muestra 7.

Y por otra parte los resultados obtenidos de la probeta 2, de donde se obtienen un resultado particular ya que tienen la misma composición, pero los resultados que se obtienen son diferentes.



Figura 44. Resultado obtenido de la probeta 2, muestra 7

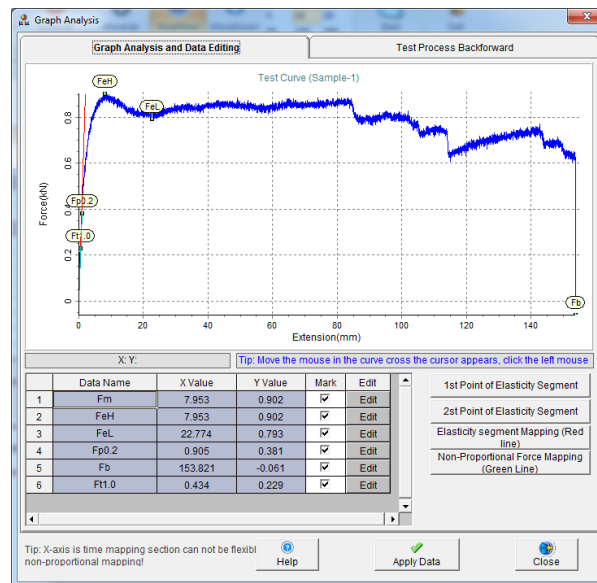


Figura 45. Gráfica de análisis de la probeta 2, muestra 7.

En comparación la probeta 1 y la probeta 2 de la muestra 7 en la figura 40 y 41, los resultados que presenta son similares en el sentido que presentan ruptura en uno de los extremos de la probeta, lo que resulta particular ya que con las demás probetas la ruptura se da en el centro de la misma.

Muestra 9

Esta muestra se discute con el ingeniero Daniel López, quien fue el encargado de realizar el ensayo, y se dice que esta probeta arrojó unos resultados particulares, y que tal vez no permite determinar unas correctas conclusiones, por lo que es mejor tener en cuenta los resultados de la segunda probeta.

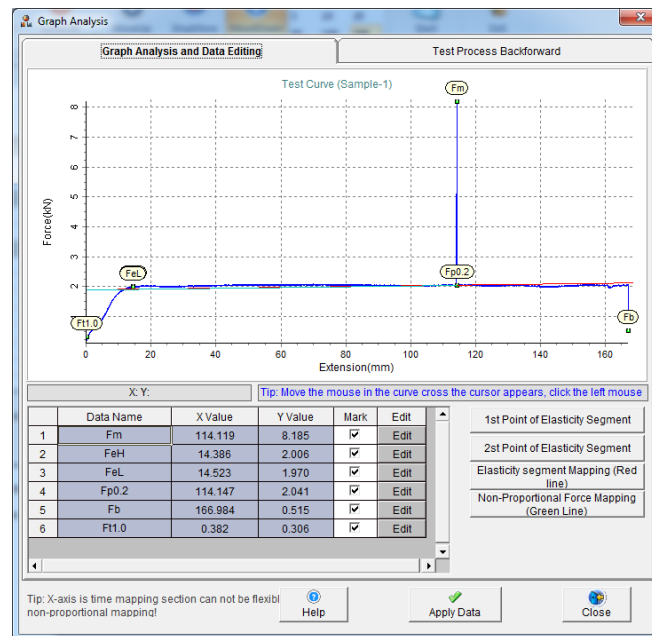


Figura 46. Gráfica de análisis de la probeta 1, muestra 9



Figura 47. Muestra 9 probeta 1 en la máquina universal.

Para la probeta 2, los resultados obtenidos son diferentes, analizando el comportamiento en la gráfica, y en el resultado de la probeta como tal. Esta probeta tiene una fórmula que incluye la hoja de mazorca con tamiz 10, lo que hace que sea menos resistente.



Figura 48. Probeta 2 de la muestra 9.



Figura 49. Resultados de la probeta 2, muestra 9.

Muestra 16

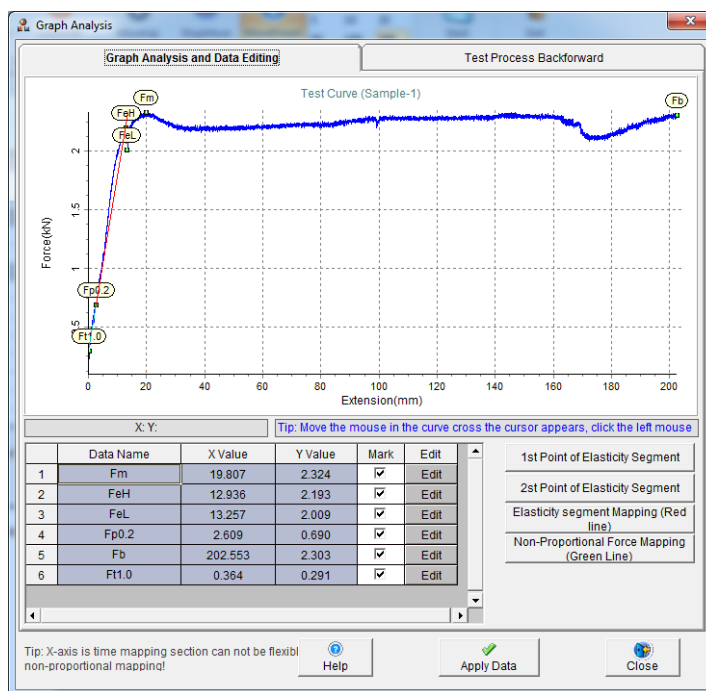


Figura 50. Gráfica de análisis de la probeta 1, muestra 16.

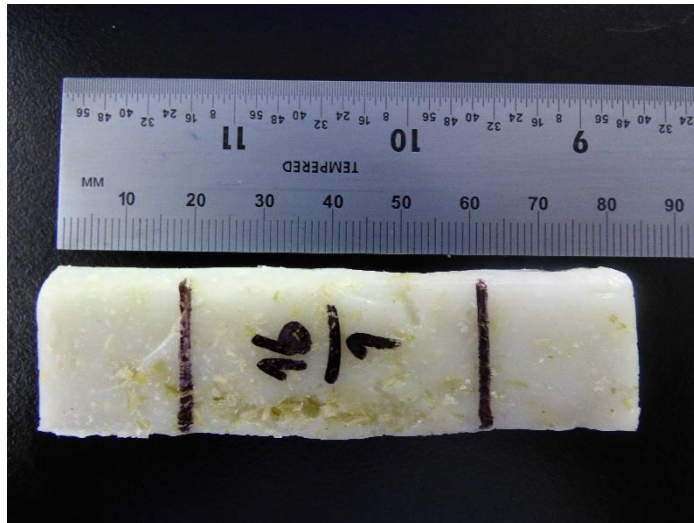


Figura 51. Probeta 1, muestra 16

En la figura 52 se muestra la maquina universal en funcionamiento donde cada uno de los extremos se asegura como unas prensas y se ejerce la velocidad indicada en la probeta.



Figura 52. Probeta 1 de la muestra 16 en la máquina universal

Resultados

En la figura 53 se muestra el resultado obtenido con la probeta 1 de la muestra 16, donde la velocidad aplicada fue de 50 mm/min y presenta una alta resistencia en la carga máxima.



Figura 53 Resultados de la probeta 1, muestra 16

Propuesta definitiva

Después de realizadas las pruebas necesarias para la caracterización de la mazorca, se determina que la fórmula que mejor cumple con las características que se buscan es la muestra de la serie 2. Esta muestra tiene una carga de 0,4 g de hoja de mazorca tamizada con malla número 30; 0,4 g de hoja de mazorca tamizada con malla número 10 y 7,2 g de PCL.



Figura 54. Muestra seleccionada para propuesta definitiva del material.

6.2.2 Tecnologías y procesos

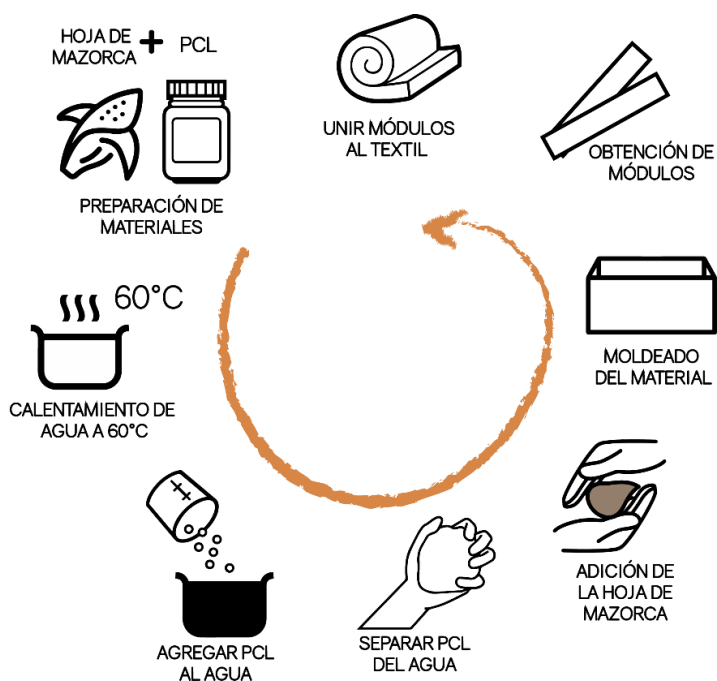


Figura 55. Proceso de producción del material

6.3 Aplicación del material

De acuerdo a los resultados obtenidos, propiedades y característica analizadas se propone dar una aplicación pertinente al producto, donde sea demuestre cuál sería una de las muchas posibilidades de uso de este material.

6.3.1 Descripción de necesidad

La metodología busca que después de los resultados obtenidos en la anterior etapa permita generar ideas alrededor de las posibilidades de aplicación que permiten crear propuestas pertinentes. Para esto es importante conocer las necesidades que rodean el entorno y ver de qué manera pueden ser atendidas.

Como se menciona anteriormente se busca que problemas que afecten a una población determinada y, además, que se articulen a la lógica del proyecto de cómo reducir el impacto negativo al medio ambiente. Por tal motivo, se hace un acercamiento al contexto laboral que hace parte de muchos colombianos día a día, la oficina. Este espacio engloba muchos factores a los cuales el usuario se ve involucrado.

Prevención de riesgos ergonómicos

Los riesgos ergonómicos abordan el buen estado de las instalaciones donde se trabaja, los equipos, el mobiliario, las condiciones de iluminación y temperatura y un adecuado cumplimiento con los requisitos de higiene y seguridad de acuerdo al puesto de trabajo.

El foco de estudio para este proyecto se da en el uso de mobiliario en la oficina por personas que pasan alrededor de 8 horas diarias en posición sedente mientras realizan sus actividades. Un aspecto para tener en cuenta es el respaldo ya que “está comúnmente admitido que el principal cometido del respaldo es suministrar soporte a la región lumbar o a las espaldas de tamaño pequeño, es decir, la zona cóncava que se extiende desde la cintura hasta la mitad de la espalda.” (Panero y Zelnik, 1996, p.65) Ver figura 45.

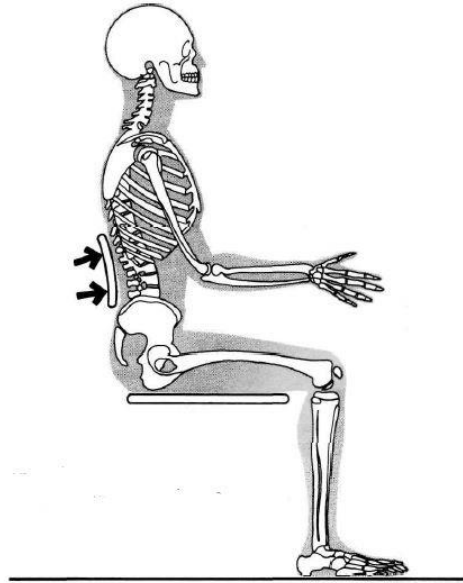


Figura 56. Zona de apoyo de la región lumbar. Fuente: Panero, Zelnik, 1996, p. 65.

Mobiliario de oficina

Estos son algunos de los referentes que se tuvieron en cuenta para la propuesta del apoyo lumbar en contextos laborales como oficinas.



Figura 57. Producto colombiano como referente de mobiliario.



Figura 58. Referentes de apoyos lumbares para automóviles

En la figura 47 se observa algunas muestras de productos actualmente utilizados para la prevención o control de la postura en asientos de automóviles.

6.3.2 Desarrollo de conceptos



Figura 59. Moodboard para desarrollo de concepto. Fuente: Propia.

En la figura 48 se encuentra el Moodboard que hace referencia al concepto proyectado a dar respuesta al proyecto en desarrollo, donde el material se visualiza en un producto. La función de

las fibras, la fragmentación, la unión de componentes, la estructura y movimiento son las palabras que resumen esta idea.

6.4 Solución general

Se generan módulos con el material obtenido y se unen a un textil en malla, para generar un movimiento, y poder obtener este apoyo lumbar que se adapta al cuerpo de las personas.

Render



Figura 60. Render general de la aplicación del material.

Planos técnicos

El apoyo lumbar está compuesto por módulos con las dimensiones que me muestran en la siguiente figura.

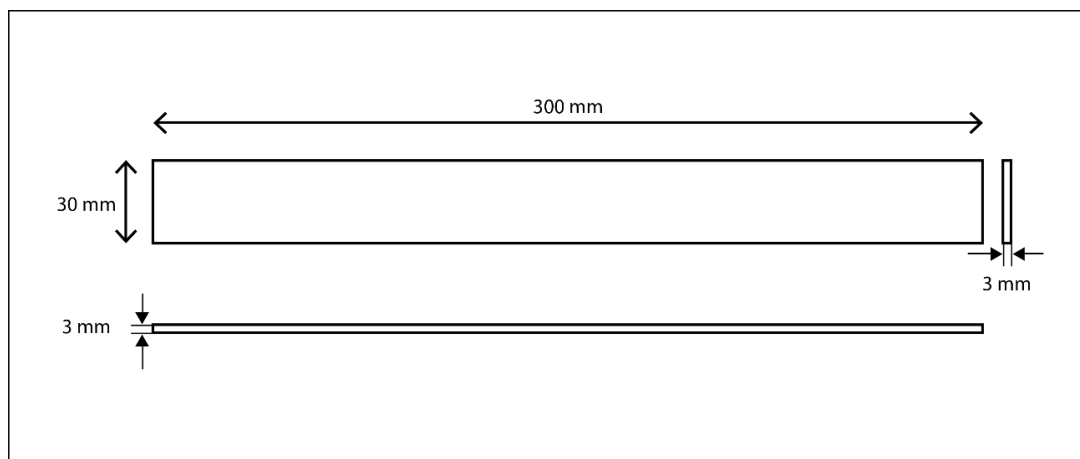


Figura 61. Planos técnicos del módulo propuesto.

7 Costos de producción

Se muestra el costo general de los materiales utilizados para la elaboración del material. Queda pendiente por definir para el día de la sustentación, el costo del material, el equipo, la mano de obra y gastos adicionales , ya que es necesario comprobar el rendimiento de la policaprolactona sobre el molde.

Tabla 13. Tabla de costo de materiales. Fuente: Propia

Costo de materiales		
Descripción	Cantidad	Valor unitario
Policaprolactona	500 g	\$110.000
Bulto de hoja de mazorca	10 kg	\$1,000
Gliserina	250 ml	\$4,599
TOTAL		

8 Viabilidad comercial

Teniendo en cuenta las características que posee el material y la aplicación que se le da, esta materia prima puede competir en el mercado por su novedad, ya que es un producto obtenido

a partir de un recurso natural y busca mitigar el impacto negativo en el medio ambiente debido a la producción industrial de productos fabricados con materias primas contaminantes.

Esta materia prima puede reemplazar el uso de plástico y podría entrar con facilidad en el mercado, debido a la acogida que actualmente les dan los consumidores a las propuestas con responsabilidad ambiental y social en los productos y empresas.

8.1 Paralelo de ventajas

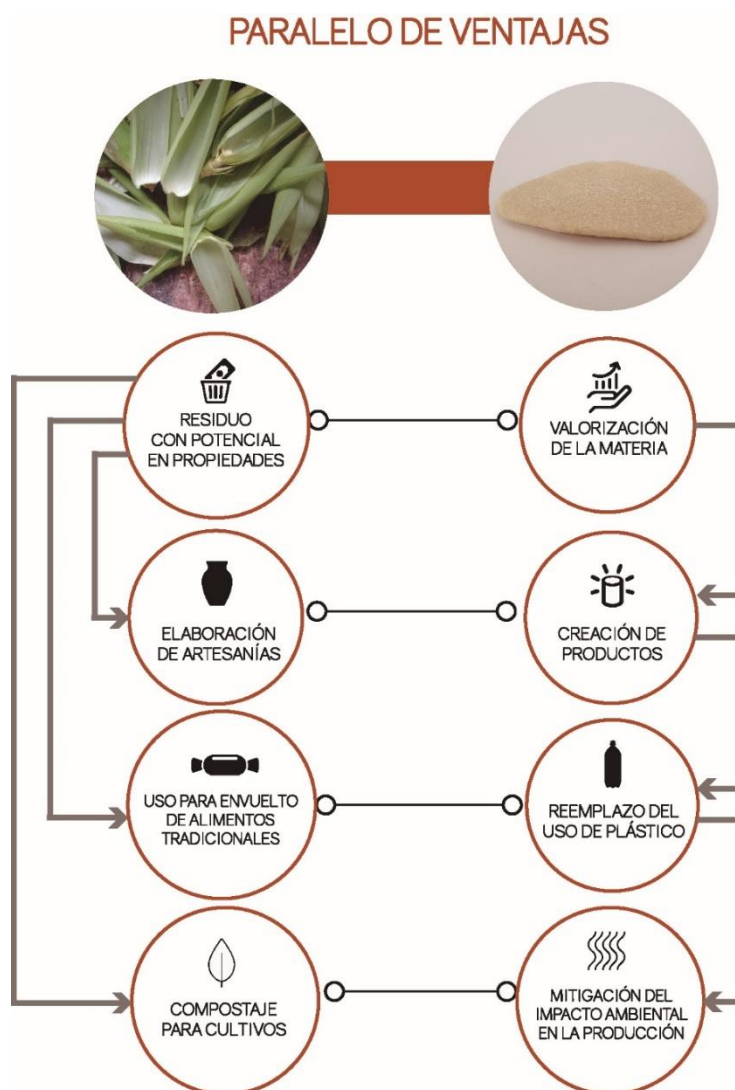


Figura 62. Paralelo de ventajas entre la problemática y la solución propuesta.

Conclusiones

Se pudieron realizar múltiples pruebas que permitieron comprobar la capacidad estructural del material. Se pretende abrir nuevas instancias de investigación y de diseño, rescatando un residuo y proponiendo un replanteamiento de su uso, ya que la hoja de mazorca termina siendo fuente de alimento para ganadería y materia prima para artesanos.

Esta investigación permite identificar las características físico-químicas que posee la hoja de mazorca y su pertinencia para realizar compuestos con características estructurales específicas, que permiten profundizar en nuevas aplicaciones.

Fue posible plantear una posible aplicación desde la perspectiva de la ergonomía para mejorar el apoyo lumbar.

La metodología de diseño permitió ahondar en la interdisciplinariedad con la ingeniería química y mecánica, nutriendo con gran valor intelectual y metodológico el proceso investigativo.

Referencias bibliográficas

Espitia Sibaja, H. M. (2010). *Aislamiento de nano fibras de celulosa a partir de residuos agroindustriales de fique y caña de azúcar, con potencial aplicación en reforzamiento de polímeros termoplásticos*. Medellín.

García Martínez, R. M. (2009). *Síntesis y caracterización de nanopartículas a partir de celulosa de eucalyptus saligna y de hojas de maíz*. Tesis, Universidad michoacana de San Nicolás de Hidalgo, Morelia.

Chiguachi, D. García, M65. (s.f). *Diagnóstico de maíces criollos de Colombia Zona cafetera: Antioquia, Caldas, Risaralda, Quindío*. Recuperado de: <http://www.swissaid.org.co/sites/default/files/Regi%C3%B3n%20Cafetera.pdf>

Hurter, W.R. 2001. *Nonwood plant fiber uses in papermaking*. Hurter Consult Incorporated. Extracted from "Agricultural Residues", Tappi. 1997.

Lu, F. & John, R. (2010). *Lignin*. In S. Run-Cang, *Cereal Straw as a Resource for Sustainable Biochemicals and Biofuels*. Amsterdam: Elsevier B.V.

Maíz producción mundial 2016/2017, s.f.
Recuperado de: <https://www.produccionmundialmaiz.com/>. El 14 de marzo de 2017

Martínez P. Maribel, Hernández. José Anzaldo, Becerra A. Bruno, Palacios. Hilda, Vargas R. José de Jesús, Rentería U. Maite. *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta*. Recuperado de: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712012000300004

Monteoliva, S. (2005). *Propiedades de la madera de seis clones de Salix y su relación con el pulpado quimimecánico*. Tesis doctoral. Universidad Nacional de La Plata, Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales. Argentina.

Núñez, C.E. (2004). *Microestructura de la madera*. PROCYP. Universidad Nacional de Misiones. Argentina.

Panero, J. Zelnik, M. (1996). *Las dimensiones humanas en los espacios interiores*. Ediciones G. Giii, S.A., México.

Prado Martínez, Maribel et al. (2012). *Caracterización de hojas de mazorca de maíz y de bagazo de caña para la elaboración de una pulpa celulósica mixta*. Madera bosques.

Sanjuán, D.R. 1997. *Obtención de pulpas y propiedades de las fibras para papel*. Editorial Universidad de Guadalajara, Guadalajara.

Tamarit, U.J.C. 1996. *Determinación de los índices de calidad de pulpa para papel de 132 maderas latifoliadas*. Madera y Bosques

Anónimo. (2016, Julio 5). *La arepa paisa, solicitada por todos*. La Patria. Recuperado de : <http://www.lapatria.com/economia/la-arepa-paisa-solicitada-por-todos-293535>

9 Anexos

Formato entrevista



Empresa _____ Profesión _____
 Entrevistado _____ Teléfono _____
 Fecha _____ Cargo _____
 Dirección _____ Entrevistador _____

PROBLEMA

Aprovechamiento de los residuos agroindustriales

¿Cómo generar nuevas alternativas materiales a partir de los residuos de la actividad productiva y comercial del maíz, para la creación de productos?

Objetivo de la entrevista: Identificar y conocer los procesos productivos y comerciales del maíz, además de la disposición y aprovechamiento de los residuos que este genera.

ENTREVISTA

1. ¿Cuál es el posicionamiento del maíz en nuestra región?
2. ¿Cómo es el sistema de producción, almacenamiento y distribución que se emplea en la región?
3. ¿Cómo es llevado a cabo el método de recolección y separación de los residuos generados por el procesamiento del maíz?
4. ¿Existe un control en la disposición de residuos del maíz generados por la agroindustria? ¿Cómo es este sistema?
5. Según los usos dados comúnmente a los residuos del maíz como compost, concentrado para animales, o fines medicinales ¿Cuáles son las propiedades benéficas que ofrecen estos?
6. Teniendo en cuenta factores económicos, ambientales y productivos, ¿Cuáles son las desventajas de transformar en compost los residuos derivados del maíz?
7. ¿Quiénes se encargan de llevar a cabo esta transformación en nuestra región?
8. ¿Qué tipo de tecnología interviene actualmente en procesos de procesamiento del maíz?

Formato encuesta

Nombre: _____

Fecha: _____

ENCUESTA

1. ¿Hace recolección de residuos del maíz?
 - a. Si
 - b. No
2. Como se hace esta recolección?
 - a. Se separa de otros residuos
 - b. Se reúne con otros tipos de residuos
 - c. Otro _____
3. ¿Qué cantidad de residuos es eliminada semanalmente?
 - a. 1 bulto o menos
 - b. 2 - 3 bultos
 - c. 4 - 5 bultos
 - d. Más de 5 bultos
4. ¿Cuál es el destino que le da a estos residuos?
 - a. Se vende
 - b. Se desecha
 - c. Se les da un uso. ¿Cuál? _____
 - d. Otro _____
5. Si su respuesta anterior fue (a), ¿Quiénes son sus clientes y a qué precio los venden?
