



Universidad de Chile
Facultad de Arquitectura y Urbanismo
Departamento de Diseño
Mención Diseño Industrial

FIRAS VEGETALES UTILIZADAS COMO REFUERZO DE COMPUESTOS FRP TERMOESTABLES

Desarrollo de Carenado y Panelería Estructural

Proyecto para optar al Título de Diseñadora Industrial

Patricia Campos Donoso
Profesor Guía: Rodrigo Díaz Gronow

Santiago de Chile
Enero, 2013

Contenidos

Índice de Tablas.....	4
Índice de Ilustraciones	4
Índice de Figuras	4
RESUMEN	7
INTRODUCCIÓN	8
Contexto.....	8
Objetivo general.....	9
Objetivos específicos.....	9
Metodología	9
Limitaciones del proyecto	10
CAPÍTULO I	11
FUNDAMENTACIÓN	11
1.1. Materiales compuestos.....	12
1.1.1. Componentes de un material compuesto.....	12
a) Fase primaria, matriz:.....	12
a.1. Compuesto de matriz de polímero	13
a.1.1. Aplicaciones.....	13
a.1.2. Procesos de formado para materiales compuestos con matriz polimérica.....	14
a.1.2.1. Proceso de molde abierto	14
a.1.2.2. Aplicado Manual.....	14
b) Fase secundaria o de reforzamiento.....	16
b.1. Fibras	17
1.1.2. Propiedades de los materiales compuestos.....	18
1.1.3. Otras estructuras compuestas	19
1.2. Materiales biocompuestos.....	20
1.2.1. Contexto	20
1.2.2. Tecnologías y procesos.....	21
1.2.3. Tipos de bio- fibra.....	21
1.2.4. Tipos de matriz	22

1.2.5.	Referentes	22
1.3.	Fibras vegetales en Chile	23
1.3.1.	Potencial de Chile en recursos naturales	23
1.3.2.	Clasificación de fibras vegetales en Chile	24
1.3.2.1.	Zona norte	25
1.3.2.2.	Zona media	26
1.3.2.3.	Zona sur	27
1.3.2.4.	Zona austral	28
1.4.	Descripción formal de las fibras	29
1.4.1.	Usos y aplicaciones	30
CAPÍTULO 2		32
ANTECEDENTES		32
2.1.	Antecedentes	33
2.1.1.	Desarrollo del master	33
CAPÍTULO 3		37
EXPERIMENTACIÓN		37
3.1.	Criterios de selección	38
3.2.	Experimentación con fibras endémicas	39
3.2.1.	Pita	41
3.2.2.	Totora	41
3.2.3.	Hoja de Palma:	43
3.2.4.	Observaciones	46
3.3.	Experimentación de tejidos de fibra Vegetal	47
3.3.1.	Fibra de Palma	50
3.3.2.	Fibra de Yute	53
3.3.3.	Cáñamo	57
3.3.4.	Junco	61
3.3.5.	Lino	65
3.4.	Resumen de resultados	68
CAPÍTULO 4		70
PROPUESTA DE APLICACIÓN		70

4.1. Área de aplicación	71
4.2. Desarrollo del Carenado.....	71
4.2.1. Master	72
4.2.2. Desarrollo de moldes	76
4.2.3. Laminación	80
4.2.4. Desmolde.....	82
4.3. Desarrollo del panel estructural.....	82
4.3.1. Preparación del material	82
4.3.2. Laminación	83
4.3.3. Desmoldar y dimensionar	85
4.3.4. Corte de piezas.....	86
4.4. Resultados en terreno	87
CONCLUSIONES	89

Índice de Tablas

Tabla 1. Tensión probeta M-1: Palma. Elaboración Propia	50
Tabla 2. Elongación probeta M-1: Palma. Elaboración propia.....	51
Tabla 3. Tensión probeta M-3: Yute. Elaboración propia	54
Tabla 4. Elongación Probeta M-3: Yute. Elaboración propia	55
Tabla 5. Tensión probeta M-4: Caamo. Elaboración propia	58
Tabla 6. Elongación probeta M-4: Caamo. Elaboración propia.....	59
Tabla 7. Tensión probeta M-5: Junco	63
Tabla 8. Elongación probeta M-5: Junco. Elaboración propia.....	63
Tabla 9. Tensión Probeta M-6: Lino. Elaboración Propia	67
Tabla 10. Elongación Probeta M-6: Lino. Elaboración propia	67
Tabla 11. Cuadro resumen d resultados. Elaboración propia	68
Tabla 12. Tabla de Observaciones. Elaboración propia	90

Índice de Ilustraciones

Ilustración 1. Aplicación manual. Elaboración propia	15
Ilustración 2. Fase secundaria o de reforzamiento. Fibra, partícula y hojuela respectivamente. Elaboración propia	16
Ilustración 3. Propiedades comunes de materiales de fibra que se emplean como refuerzo de los compuestos. Fuente: Fundamentos de manufactura Moderna. Mikell P. Groover 2007	18
Ilustración 4. Propiedades de los materiales compuestos. Elaboración propia	19
Ilustración 5. Orientación de las fibras. Elaboración propia.	19
Ilustración 6. Estructuras de compuestos laminares. a) Estructura laminar convencional, b) estructura de emparedado que usa un núcleo de esponja y c) estructura de emparedado de panal.	20
Ilustración 7. Usos y aplicaciones de fibra vegetal como refuerzo de Compuestos. Elaboración propia	22
Ilustración 8. Fibras vegetales en la Zona Norte. Elaboración propia.....	25
Ilustración 9. Fibras vegetales en la Zona Centro. Elaboración Propia	26
Ilustración 10. Fibras vegetales Zona Sur. Elaboración Propia	27
Ilustración 11. Fibras vegetales Zona Austral. Elaboración propia	28
Ilustración 12. a) Fibra de Palma. b) Fibra de Pita. c) Fibra de Totora. Elaboración propia.....	39
Ilustración 13. Bastidor de telar manual. Taller de diseño IV Tapia y Díaz 2012	40
Ilustración 14. Cosecha de Hoja de Pita. Elaboración propia.....	41
Ilustración 15. Desfibrado de Totora. Elaboración propia	42
Ilustración 16. Tejido de totora. Elaboración propia	42
Ilustración 17. Urdimbre y Trama con fibra de totora. Elaboración propia.....	43
Ilustración 18. Secado de Fibras. Elaboración propia	43

Ilustración 19. Cocción de fibra de Palma. Elaboración propia	44
Ilustración 20. Trama con fibra de Palma. Elaboración Propia	45
Ilustración 21. Proceso de tejido con Fibra de Palma. Elaboración propia.....	45
Ilustración 22. Dimensiones de las probetas. Elaboración propia	47
Ilustración 23. Fibra de yute en seco. Elaboración propia	53
Ilustración 24. Elasticidad de la tea en seco. Elaboración propia	53
Ilustración 25. Adaptación a doble curvatura. Elaboración propia.....	54
Ilustración 26. Impregnación de la fibra. Elaboración Propia	54
Ilustración 27. Fibra de cáñamo. Elaboración Propia.....	57
Ilustración 28. Elasticidad de la fibra en seco. Elaboración propia.....	57
Ilustración 29. Adaptación a doble curvatura. Elaboración propia.....	58
Ilustración 30. Impregnación fibra de cáñamo. Elaboración propia	58
Ilustración 31. Elasticidad de la Fibra de Junco. Elaboración propia	61
Ilustración 32. Tipos de Corte y desprendimiento de fibra. Elaboración propia	62
Ilustración 33. Impregnación de la Fibra de Junco. Elaboración Propia	62
Ilustración 34. Fibra de Lino. Elaboración propia.....	65
Ilustración 35. Elasticidad de la fibra en seco. Elaboración propia.....	65
Ilustración 36. Tipos de corte y desprendimiento de fibra. Elaboración propia.....	66
Ilustración 37. Impregnación de la fibra de lino. Elaboración propia	66
Ilustración 38. Construcción de moldes. Elaboración propia.....	76
Ilustración 39. Moldes inferior y superior. Elaboración propia	77
Ilustración 40. Problemas de laminación. Elaboración Propia.....	78
Ilustración 41. Desarrollo de Moldes y piezas en textil de yute. Elaboración propia	79
Ilustración 42. Planchado de la tela. Elaboración propia	80
Ilustración 43. Laminación molde inferior. Elaboración propia	80
Ilustración 44. Ángulos adecuados de laminación. Elaboración propia.....	81
Ilustración 45. Corte de insertos. Elaboración propia.....	83
Ilustración 46. Corte vertical del carenado. Vista en perspectiva y frontal. Elaboración propia.....	91
Ilustración 47. Vista Lateral, sección derecha del vehículo. Elaboración propia	91
Ilustración 48. Molde inferior. Elaboración propia	92

Índice de Figuras

Figure 1. Tipos de molde: Abierto y cerrado respectivamente. http://rhinonerd.blogspot.com	14
Figure 2. Tipos de Tejido en fibra. Ibm Ignacio Anaiz (Anaiz, 2011)	17
Figure 3. Tipos de fibra. http://www.um.es/eubacteria/plantae.html	29
Figure 4. Desfibración y descortezación. www.finagro.com	30
Figure 5. Curvas cerradas y ángulos de salida. Elaboración propia	71
Figure 6. Zonas de difícil alcance. Elaboración propia	72
Figure 7. Unión de piezas. Elaboración propia.....	73
Figure 8. Sellado de imperfecciones. Elaboración propia	74
Figure 9. Etapa de lijado. Elaboración propia	74

Figure 10. Etapa de sellado del master. Elaboración propia.....	75
Figure 11. Enmasillado del master. Elaboración propia.....	75
Figure 12. Desarrollo de moldes. Elaboración propia	76
Figure 13. Perforación en klegecell	83
Figure 14. Laminación de Yute con Núcleo de klegecell. Elaboración propia.....	83
Figure 15. Preparación del vacío. Elaboración propia.....	84
Figure 16. Válvula de vacío. Elaboración propia	85
Figure 17. Retención de la pieza. Elaboración propia	85
Figure 18. Dimensionado de piezas. Elaboración propia	86
Figure 19. Resultados en terreno. Elaboración propia	87
Figure 20. Carenado Mixto. Elaboración Propio	87
Figure 21. Resultados en fibra de yute. Elaboración propia	88
Figure 22. Aplicación en terreno. Elaboración propia.....	88
Figure 23. Zonas de análisis del modelo digital. Elaboración propia	89
Figure 24. Clasificación de las zonas de análisis. Elaboración propia	89

RESUMEN

La siguiente investigación se enmarca dentro del proyecto Protean, un velomóvil solar, que integra los conocimientos de fabricación y desarrollo del vehículo solar Eolian 2¹ construido en materiales compuestos en las dependencias de ENAER². Este tipo de proyectos extracurriculares, son una plataforma de innovación y aplicación de temáticas actuales, por ejemplo, el importante aumento de interés por desarrollar materiales sostenibles o “medioambientalmente amigables”.

Esta temática de desarrollo, sumado al gran potencial de Chile en variedad de fibras y el limitado uso que se les da (Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006), son los fundamentos para generar un documento que busca establecer e identificar las características morfológicas y mecánicas que proporcionan las fibras vegetales para la producción de refuerzos de compuestos FRP³ termoestables que contribuyan al diseño de pieles y paneles estructurales.

La investigación se lleva a cabo con un enfoque exploratorio cualitativo, que establece un marco de ideas generales e identifica dimensiones y categoría de análisis para describir cualitativamente a través de observaciones en base a resultados técnicos y criterios de usabilidad del material.

Los resultados se analizan en relación a pruebas mecánicas de 5 fibras vegetales, además de variables de uso como peso, espesor y usabilidad, dentro de los cuales, el yute y el lino obtienen los mejores resultados.

Las conclusiones principales se desprenden de la aplicación de fibra de yute en el velomóvil solar Protean⁴, que recorre 1350 km en el desierto de atacama, evaluando las propiedades del material en condiciones ambientales extremas, fuerzas dinámicas, y formas complejas.

El cruce datos técnicos y variables que incorporan a usuarios, dan como resultado un conjunto de consideraciones para el diseño de una piel o panel estructural con fibra de yute.

¹ Vehículo Solar diseñado y construido por un grupo de estudiantes de las carreras de diseño e ingeniería de la universidad de Chile. Participó en las competencias Atacama Solar Challenge y World Solar Challenge 2011.

² Eolian fue fabricado en el taller de materiales compuestos, Empresa Nacional de Aeronáutica de Chile.

³ Los FRP o fiber reinforced polymers son materiales compuestos por fibras de alta resistencia y una matriz polimérica. (sireg, 1936)

⁴ Proyecto diseñado y construido por un grupo interdisciplinario de estudiantes y profesionales del área de ingeniería y diseño principalmente. Participa en la Carrera Solar Atacama 2012

INTRODUCCIÓN

Contexto

El mundo está avanzando hacia una economía verde, basada en la eficiencia energética y materias primas renovables. En este contexto, las fibras naturales son un recurso renovable importante, ya que se caracterizan por su buena resistencia mecánica, poco peso y bajo costo siendo una alternativa para reemplazar a los materiales que contaminan el medio ambiente.

En la actualidad, la producción de fibras naturales a nivel mundial adquiere un valor de 40.000 millones de dólares al año (FAO, 2009). Entre las más comunes se encuentran: el yute, cáñamo, lino y lana. El continente Asiático y Latinoamericano son líderes en la producción de cáñamo, fibra altamente comercializada, Entre el 2000 y el 2006, la producción mundial de esta fibra creció de 50 000 toneladas a casi 90 000 toneladas, casi la mitad de ella producida en China (FAO, 2009), siendo este país, el productor líder de cáñamo, con una producción más pequeña en Europa, **Chile**, y la República Popular Democrática de Corea. (Año Internacional de las Fibras Naturales 2009, 2009)

Las fibras naturales se usan generalmente en la fabricación de vestidos y contenedores, del mismo modo se usan para aislar, suavizar y decorar los ambientes habitables. Actualmente las fibras se están empleando con propósitos industriales entre ellos, materiales compuestos, implantes médicos, geotextiles y agrotexiles. (Año Internacional de las Fibras Naturales 2009, 2009)

Chile presenta una gran variedad de fibras naturales⁵. El uso de éstas, se vincula a la producción de diversos utensilios de uso doméstico, herramientas de caza y pesca, fabricación de papel, materiales para cordelería, trenzado y tejido artesanal, así como para relleno de colchones, almohadas y otros productos (Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006). Entre las fibras más conocidas y utilizadas está el mimbre, la totora, el coligüe, el coirón, la ñocha y el mahute. (Ríos, 1967) . La zona comprendida entre la VIII y la XII región, es aquella que presenta la mayor variedad de material de origen vegetal, debido al clima excesivamente húmedo que favorece su desarrollo, por lo que presenta condiciones naturales muy ventajosas para el cultivo. (Manzi, 2003)

Generalmente, la fabricación de productos de fibra se caracteriza por ser artesanal, siendo una buena fuente de ingresos económicos complementarios para los pobladores locales que se dedican a la explotación y comercialización, llegando incluso a ser la principal fuente de ingreso familiar de muchas familias. (Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006)

⁵ Ver anexo 1. Fibras vegetales de Chile

De acuerdo a esta premisa y la relevancia de utilizar este material con fines productivos sustentables, nace la posibilidad de indagar en la aplicación de fibras vegetales como refuerzo de materiales compuestos. Debido a lo anterior, este trabajo se enmarca en el proyecto Protean “velomóvil solar” cuya finalidad es constituirse como una plataforma de investigación de campo que permita generar conocimientos que vinculen las energías renovables, materiales y morfología desde la mirada del diseño.

Objetivo general

Establecer e identificar las características morfológicas y mecánicas que proporcionan las fibras vegetales para la producción de refuerzos de compuestos FRP termoestables que contribuyan al diseño de pieles y paneles estructurales.

Objetivos específicos

- Determinar una taxonomía de fibras vegetales nacionales según su origen, usos y características.
- Desarrollar y analizar las propiedades mecánicas de tracción y elongación de fibras vegetales.
- Evaluar los resultados del análisis mecánico en la aplicación de una piel y panel estructural

Metodología

Según su finalidad Es una investigación tecnológica⁶. Según la estrategia teórica metodológica tiene un enfoque cualitativo, porque si bien se realizan pruebas que arrojan datos cuantitativos, estos se utilizan con fines comprensivos. Es exploratoria, descriptiva e inductiva, está orientada hacia el proceso.

Según sus objetivos corresponde a una investigación exploratoria cualitativa, ya que establece un marco de ideas generales e identifica dimensiones y categoría de análisis para describir cualitativamente a través de la observación. (Vieytes, 2004)

Según estudios realizados en diversos lugares (detallar cuales) las fibras vegetales poseen diversas características, sin embargo, estos se enfocan en análisis técnicos y de propiedades mecánicas, no ahondando en su aplicación.

⁶ si bien es generada a partir de otras investigaciones y tiene una aplicación práctica, los conocimientos, se utilizan en la producción de materiales conceptuales destinados a modificar la realidad a través de un producto, por lo tanto corresponde hablar de tecnología antes que de ciencia aplicada. (Vieytes, 2004)

De acuerdo a lo expuesto en líneas precedentes, esta investigación se centra en la aplicación de fibras vegetales como refuerzo de compuestos FRP para el desarrollo de productos que incorporan variables de forma, percepción visual, costos, impacto ambiental y técnicas entre otras. Si bien el trabajar con compuestos FRP termoestables genera un aglomerado que no se puede desintegrar, uno de los fines de este trabajo es disminuir la energía para así utilizar la fibra vegetal como materia prima, ya que esta es mucho menor que la necesaria para el proceso de hidrólisis y para la obtención de otras fibras como la de vidrio y carbón.

Limitaciones del proyecto

Para el desarrollo de cualquier actividad económica productiva relacionada con la vegetación natural, y que tenga proyección de sostenerse en el tiempo, debe considerar una adecuada utilización de los recursos naturales, sustentada en sólidas bases biológicas, por lo que establecer una metodología de impacto ambiental conformada por especialistas en vegetación, fauna, suelo, hidrología, sociología, antropología, economía, evaluación ambiental o cosecha forestal, podría ser un gran aporte en este ámbito. Estos estudios de impacto ambiental tiene por objetivo la identificación, predicción e interpretación de los potenciales impactos relevantes que los proyectos forestales producirán sobre el medio ambiente físico, biológico y social en caso de ser ejecutados, así como la previsión, corrección y valoración de los mismo. Entre los silvicultores existe conciencia que los bosques templados siempre verdes son un recurso limitado a nivel mundial y manifiestan preocupación por el deterioro y destrucción de los bosque nativos, así como la sustitución de monocultivos (conaf, 1994f). Es así como han surgido algunas agrupaciones en su defensa para promover el manejo sustentable de este recurso y divulgar información científica.

Por consiguiente, al trabajar las fibras vegetales como fibra experimental de refuerzo en compuestos FRP termoestables, sus resultados debieran ser posteriormente revisados por otro estudio de laboratorio, que permita definir más propiedades del material, y el impacto ambiental que pudiese tener el proceso completo, si este fuera aplicado más allá de lo artesanal y local.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTACIÓN

1.1. Materiales compuestos

El mundo está avanzando hacia una economía "verde", basada en la eficiencia energética, las materias primas renovables, los materiales reciclables que reduzcan al mínimo los desechos y el uso de la biomasa para producir biocombustibles y nuevos usos. En este contexto las fibras naturales son un recurso renovable importante. Las fibras naturales tienen una buena resistencia mecánica, poco peso y bajo costo. En Europa, los fabricantes de automóviles están utilizando un estimado de 80 000 toneladas de fibras naturales al año para reforzar los paneles termoplásticos. Dentro de este paradigma, surge la oportunidad de diseñar materiales poliméricos compuestos de origen natural como alternativa a los compuestos sintéticos de origen petroquímico. (Caballero)

Un material compuesto es un sistema de materiales formado por dos o más fases distintas físicamente cuya combinación produce propiedades agregadas diferentes a las de sus componentes individuales. (Goroover, 2007)

El interés tecnológico y comercial de los materiales compuestos proviene de las variadas propiedades que posee, principalmente de las relaciones *resistencia –peso y rigidez-peso*, que muchas veces es mayor que las del acero y el aluminio. (Goroover, 2007)

1.1.1. Componentes de un material compuesto

Un material compuesto consiste en dos fases o partes: una **primaria**, que constituye la matriz incrustada la fase secundaria o agente reforzador; y una **secundaria**, que sirve para reforzar el compuesto. Las fases son insolubles una en la otra, pero puede haber gran adhesividad en la interfaz.

a) Fase primaria, matriz:

Dentro de las funciones que desempeña la matriz, está el proporcionar la forma general de la pieza o producto. Además mantiene el refuerzo incrustado en su lugar, por lo general lo encierra y con frecuencia lo oculta. Por último cuando se aplica una carga, la matriz comparte la carga con el material de refuerzo y en ciertos casos se deforma, soportando casi todo el esfuerzo.

El sistema de clasificación usado en esta investigación se basa en la fase matriz, y se divide en:

1. **Compuestos de matriz metálica (MMC)**, incluyen mezclas cerámicas y metales, tales como los carburos cementados y otros cermets, así como aluminio o magnesio reforzado por fibras de alta rigidez.

2. **Compuestos de matriz cerámica (CMC)**, pertenecen a la categoría menos común. El óxido de aluminio y el carburo de silicio son los materiales que es posible incrustar con fibras⁷ para mejorar sus propiedades, especialmente en aplicaciones de temperatura elevada.
3. **Compuestos de matriz polimérica (PMC)**⁸, las resinas termoestables son los polímeros más usados. Con frecuencia, los compuestos de termoplásticos moldeado son reforzados con cargas de partículas, que permite la fabricación de productos consistentes y de bajo peso.⁹

a.1. Compuesto de matriz de polímero

Un polímero de fibra reforzada o **FRP (fiber reinforced polymer)** es un compuesto que consiste en una matriz de polímero incrustada con fibras de alta resistencia. Por lo general la matriz de polímero es un plástico termoestable, como el poliéster insaturado o epóxico, pero también se emplean los polímeros termoplásticos, tales como los nylons (poliamidas) policarbonato, poliestireno y cloruro de polivinilo.

a.1.1. Aplicaciones

Durante las últimas 3 décadas ha habido un crecimiento sostenido en la aplicación de polímeros reforzados con fibras en productos que requieren mucha resistencia y poco peso, sustituyendo con frecuencia a los metales. Los principales y más grandes usuarios de estos compuestos son la industria aeroespacial y automotriz. Los **FRP** también se están utilizando para el equipo recreativo y deportivo, desarrollando productos como raquetas para tenis, palos de golf, cascos de futbol, arcos, flechas, esquís y ruedas de bicicletas.

⁷ Ver página subsiguiente apartado b) fase secundaria o de reforzamiento.

⁸ Durante el desarrollo de la investigación, se profundizará en los PMC termoestables, ya que son los más utilizados en el trabajo con fibras minerales (fibra de vidrio y carbono) y son parte del conocimiento adquirido en *Enaer.

⁹ Las cargas más utilizadas son el talco industrial, microballons y cottonflock (Anaiz, 2011)

a.1.2. Procesos de formado para materiales compuestos con matriz polimérica

Los métodos de formado para polímeros reforzados con fibras se dividen en cinco categorías: 1) **proceso de molde abierto**, 2) procesos en molde cerrado, 3) bobinado de filamentos, 4) procesos de pultrusión y 5) infusión por vacío.

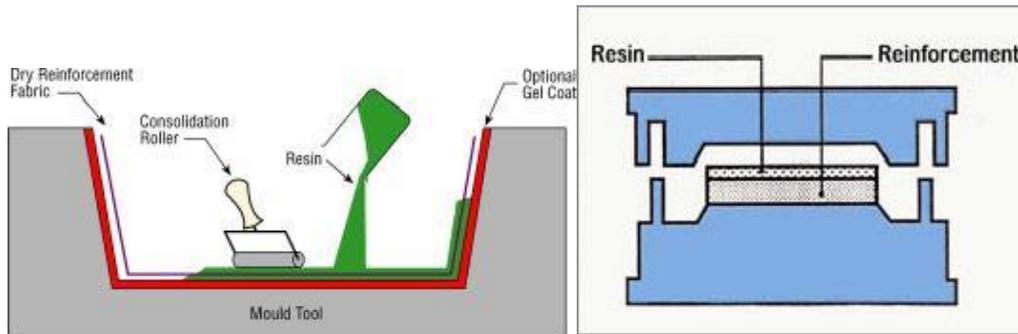


Figure 1. Tipos de molde: Abierto y cerrado respectivamente. <http://rhinonerd.blogspot.com>

En esta investigación se detallará sobre el proceso de **molde abierto en aplicación manual** ya que requiere de menos tecnología y costos. En segundo lugar es parte del conocimiento aprendido en los talleres de ENAER, durante el proyecto EOLIAN 2 y en tercer lugar es interesante de aplicar en esta investigación, ya que un laminado manual de molde abierto contiene los mismos pasos que los demás métodos, solo difieren en modificaciones y refinamientos respecto a la aplicación de las capas al molde y las técnicas de curado alternativo principalmente.

a.1.2.1. Proceso de molde abierto

El proceso de molde abierto también se conoce con otros nombres como **laminación por contacto** y **moldeo por contacto**. Los materiales iniciales (resinas, fibras, esteras y mechas tejidas) se aplican al molde en capas para constituir el espesor deseado. Después continúa el curado y el retiro de la pieza. Las resinas comunes para estos tipos de proceso son poliésteres insaturados y epóxicos, usando fibra de vidrio como refuerzo (es la fibra más utilizada). Las ventajas de usar moldes abiertos es que el costo del molde es mucho menor que si se usaran moldes acoplados. La desventaja es que solamente la superficie de la pieza en contacto con el molde es una superficie acabada; el otro lado queda áspero.

a.1.2.2. Aplicado Manual

La aplicación manual se presta generalmente para productos de gran tamaño fabricados en baja cantidad. Los pasos de la aplicación manual consisten en:

- 1) Se limpia el molde y se trata con un agente antiadherente; 2) se aplica un recubrimiento delgado de gel (resina, posiblemente pigmentada con color) que se convertirá en la superficie externa de la pieza; 3) después que el recubrimiento de gel ha cuajado parcialmente, se aplican capas sucesivas de fibra y resina en la fibra en forma de estera o tela; a cada capa se le pasa un rodillo para impregnar completamente la fibra con la resina y remover las burbujas de aire; 4) se cura la pieza; 5) se retira del molde la pieza completamente endurecida. (Groover, Fundamentos de manufactura moderna. tercera edición, 2007)

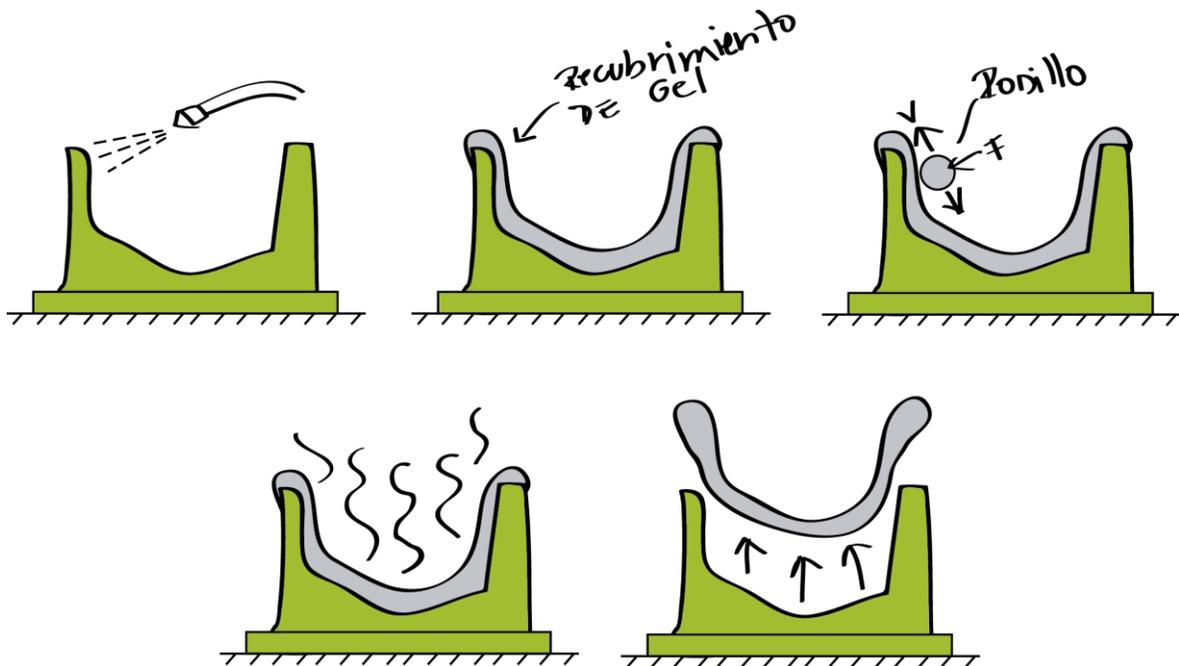


Ilustración 1. Aplicación manual. Elaboración propia

Cada capa de refuerzo de fibra esta seca en el paso 3, cuando se coloca sobre el molde. Se vacía entonces la resina líquida (no curada) o se aplica con brocha o por aspersión. El impregnado de la estera o tela de fibra se hace con rodillos de mano. A esta operación se le conoce como aplicación húmeda. Un procedimiento alternativo se realiza mediante el uso de productos preimpregnados¹⁰, donde primero se preparan las capas impregnadas de refuerzo de fibra y luego se colocan en la superficie del molde. Las ventajas que se atribuyen a los productos preimpregnados son un control más estrecho sobre la mezcla de fibra y resina, y métodos más eficientes para agregar capas.

¹⁰ Para el preimpregnado manual se dispone la fibra y la resina entre dos capas de polietileno, luego con la ayuda de una espátula lisa se distribuye la resina, haciendo movimientos de barrido sobre las capas de polietileno. De esta manera es posible eliminar los excesos de resina y hacer cortes de piezas más precisas (mientras la resina está fresca)

Los moldes para laminar por contacto en molde abierto se pueden hacer de yeso, metal, plásticos reforzados con fibra de vidrio u otros materiales. La selección del material depende de la economía, la calidad de la superficie y otros factores técnicos. Para la fabricación de prototipos donde se produce solamente una pieza se usa molde de yeso, para cantidades medias, los moldes se pueden hacer de plástico reforzado con fibra de vidrio. La alta producción requiere generalmente moldes metálicos. Se usa algunas veces el aluminio, el acero y el níquel con la superficie de la superficie de la cara del molde endurecido, para resistir el desgaste. Una ventaja del metal, además de su durabilidad, es su alta conductividad térmica que permite instrumentar sistema de curado por calor, o simplemente disipar el calor de la laminación mientras esta se cura temperatura ambiente.

b) Fase secundaria o de reforzamiento

También se le denomina agente reforzador, ya que sirve para reforzar al compuesto. Las formas físicas en que se encuentra las fases incrustadas en los materiales compuestos son: fibra, partícula y hojuela.



Ilustración 2. Fase secundaria o de reforzamiento. Fibra, partícula y hojuela respectivamente. Elaboración propia

Las fibras son filamentos de material de refuerzo, por lo general de sección transversal circular, pero también se utilizan en sección tubular, rectangular y hexagonal. El diámetro de la fibra afecta la resistencia de la tensión. Conforme el diámetro se reduce, el material se orienta en dirección del eje de la fibra y la probabilidad de que haya defectos en la estructura disminuye en forma significativa, por lo tanto la resistencia a la tensión aumenta mucho.

Las fibras que se emplean en los materiales compuestos pueden ser **continuas** y **discontinuas**. Las continuas son muy largas, pero difíciles de lograr debido al material fibroso y sus procesamientos. Las discontinuas son de longitud corta. Un tipo importante de fibra discontinua son los filamentos, cristales individuales parecidos a cabello con diámetros inferiores a 0.001 mm y resistencia muy elevada. (Groover, Fundamentos de manufactura moderna. Tercera edición, 2007)

b.1. Fibras

Las fibras se presentan en forma de mecha o hilo. Una **mecha** es una colección no torcida de fibras continuas (paralelas); siendo una forma conveniente para manejar y procesar. Las mechas típicas contienen de 12 a 120 fibras individuales. Por el contrario, un **hilo** es una colección torcida de filamentos. Las mechas continuas se usan en varios procesos de PMC, incluidos el bobinado de filamentos y pultrusión.

La forma más familiar de fibra continua es una **tela** o **trama tejida** de hilos. El **tejido de mechas**, muy similar a una tela, consiste en filamentos no torcidos en lugar de hilos.

A continuación se presentan los tipos de tejidos en fibra más utilizados:

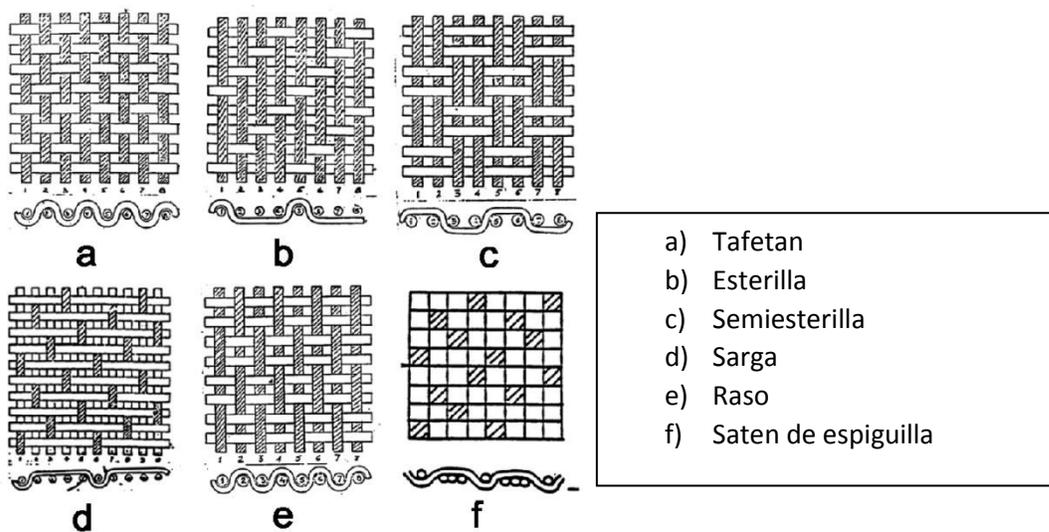


Figure 2. Tipos de Tejido en fibra. Ibm Ignacio Anaiz (Anaiz, 2011)

El tejido tafetán es también llamado Ligamento en tela, y es el que presenta la mayor resistencia, ya que la urdimbre y trama están entrelazados de manera que trabajan en su máximo potencial.

Además las fibras pueden prepararse en forma de **esteras**, un fieltro que consiste en fibras cortas orientadas aleatoriamente. Son aglomeradas con un aglutinante o una tela portadora. Las esteras se pueden cortar y conformar para usarse como preformas en algunos procesos en molde cerrado.

A continuación se presentan los tipos más utilizados de materiales de fibra.

Material de Fibra	Diámetro		Resistencia a la tensión		Módulo de elasticidad	
	mm	mils a	Mpa	lb/in2	Gpa	lb/in2
Metal: acero	0,13	5	1000	150000	206	30 * 10 ⁻⁶
Metal: tungsteno	0,013	0,5	4000	580000	407	59 * 10 ⁻⁶
Cerámico: Al ₂ O ₃	0,02	0,8	1900	275000	380	55 * 10 ⁻⁶
Cerámico: SiC	0,13	5	3275	475000	400	58 * 10 ⁻⁶
Cerámico: vidrio E	0,01	0,4	3450	500000	73	10 * 10 ⁻⁶
Cerámico: vidrio S	0,01	0,4	4480	650000	86	12 * 10 ⁻⁶
Polímero: Kevlar	0,013	5	3450	500000	130	19 * 10 ⁻⁶
Elemento: Carbono	0,01	0,4	2750	400000	240	35 * 10 ⁻⁶
Elemento: Boro	0,14	5,5	3100	450000	393	57 * 10 ⁻⁶

Ilustración 3. Propiedades comunes de materiales de fibra que se emplean como refuerzo de los compuestos. Fuente: Fundamentos de manufactura Moderna. Mikell P. Groover 2007

Las **partículas y hojuelas** (segunda y tercera imagen de la ilustración 2) cumplen la misma función que las fibras, variando en su forma y tamaño. La distribución de éstas en la matriz del compuesto es al azar, y por ello la resistencia y otras propiedades del material por lo general son isotrópicas. La presencia de estos polvos da como resultado la dispersión de la dureza de la matriz, en la que el movimiento de dislocación en el material de la matriz está restringido por las partículas microscópicas. En efecto es la matriz misma la que aumenta su resistencia y ninguna porción significativa de la carga que se aplica es soportada por las partículas.

1.1.2. Propiedades de los materiales compuestos

Las propiedades de un material compuestos están determinadas por 3 factores: 1) los materiales que se emplean como fases constituyentes en el compuesto, 2) formas geométricas de los constituyentes y estructura resultante del sistema compuesto y 3) la manera en que las fases interactúan una con otra.

Las propiedades de los materiales compuestos son en función de los materiales de inicio. Ciertas propiedades de un material compuesto se calculan por medio de la regla de las mezclas, que involucra el cálculo de un promedio ponderado de las propiedades del material constitutivo.

En la figura 4a) modelo de un compuesto de fibra reforzada que muestra la dirección en la que se estima el módulo de elasticidad por medio de la regla de las mezclas. b) relaciones esfuerzo-deformación para el material compuesto y sus constituyentes. La fibra es rígida pero frágil, en tanto que la matriz, (un polímero, por lo común) es suave pero dúctil. El modulo del compuesto es

un promedio ponderado de los módulos de sus componentes. Pero cuando las fibras del refuerzo fallan también lo hace el compuesto.

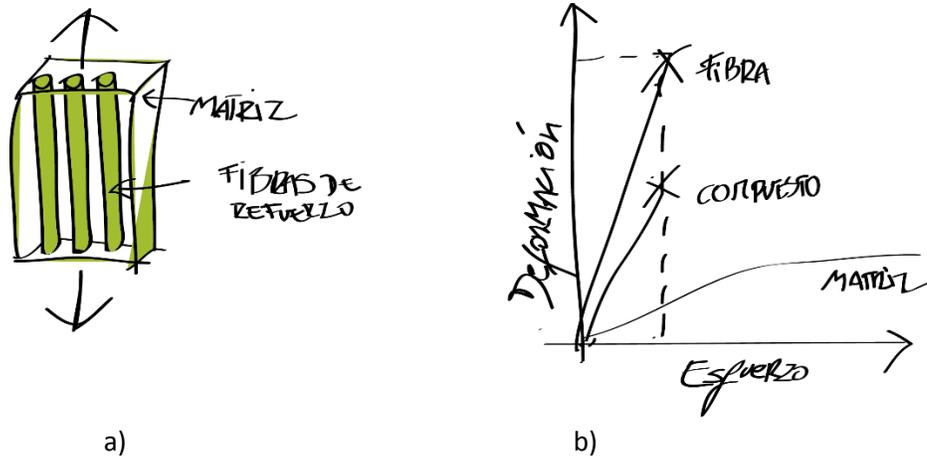


Ilustración 4. Propiedades de los materiales compuestos. Elaboración propia

1.1.3. Otras estructuras compuestas

Se distinguen 3 casos en el tipo de orientación de la fibra, a) en el refuerzo unidimensional, la resistencia y rigidez máximas se obtienen en la dirección de la fibra, b) el refuerzo plano, que en ciertos casos es en forma de tejido bidimensional, y en la imagen c) la orientación es al azar o tridimensional, en la que el material compuesto tiende a poseer propiedades isotrópicas.

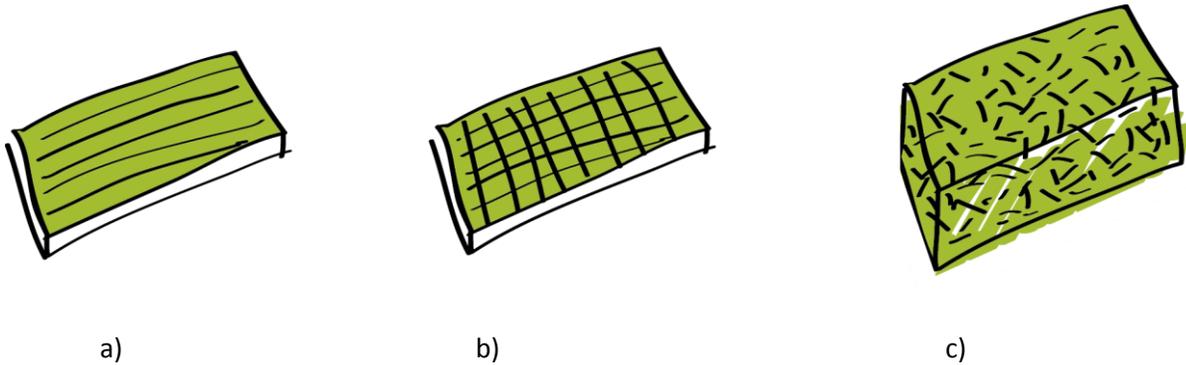


Ilustración 5. Orientación de las fibras. Elaboración propia.

Los compuestos adoptan formas que no se ajustan al modelo de la fase de refuerzo incrustada en una fase matriz, las cuales tienen una importancia comercial y tecnológica considerable.

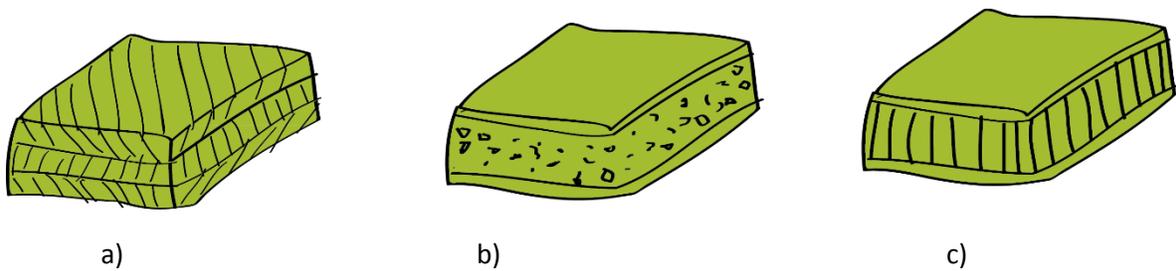


Ilustración 6. Estructuras de compuestos laminares. a) Estructura laminar convencional, b) estructura de emparedado que usa un núcleo de esponja y c) estructura de emparedado de panal.

a) La estructura compuesta laminar consiste en dos o más capas unidas que forman una pieza integral. El triplay es un ejemplo de ello, las capas son de la misma madera, pero los granos están orientados en forma diferente para incrementar la resistencia conjunta de la pieza laminada.

b) La estructura emparedado consiste en un núcleo de baja densidad unido por ambas caras a hojas delgadas de materiales diferentes. c) El material de núcleo es esponjoso en forma de panal. De esta manera se obtiene un material con relaciones altas de resistencia a peso y de rigidez a peso.

1.2. Materiales biocompuestos

1.2.1. Contexto

Considerando las ventajas de los materiales compuestos, se identifica una tendencia mundial que fomenta el desarrollo y uso de biomateriales en remplazo de estos, impulsando alternativas provenientes de fuentes renovables, amigables con el medio ambiente y sustentables en el tiempo. La siguiente investigación evalúa el potencial de algunas fibras vegetales utilizadas como refuerzo de materiales compuestos, de esta manera busca ser un aporte en el desarrollo de biomateriales, evidenciando el potencial de materia prima local.

Por ejemplo cosechar una tonelada de fibra de yute requiere menos de 10% de la energía utilizada en la producción de polipropileno. (Año Internacional de las Fibras Naturales 2009, 2009) Este y otros ejemplos impulsaron el campo de investigación de los materiales compuestos y, mayoritariamente, de los polímeros reforzados con fibra, que es uno de los más favorecidos dentro de esta nueva tendencia; Bastioli y col. , y Mohanty y col (SUBPROGRAMA INNPACTO 2010, 2010) , los que propusieron el diseño de materiales compuestos a partir de matrices y fibras de origen natural, “green-composites”. A estos nuevos materiales se les exige que además de cumplir con las regulaciones medioambientales, consigan sustituir a los composites poliméricos

convencionales, constituidos por matrices sintéticas (compuestos epoxi, fenólicos y poliestirénicos) reforzados con fibras de carbón o vidrio.

En este contexto las fibras naturales son un recurso renovable importante para la generación de estos biocompuestos, ya que tienen una buena resistencia mecánica, poco peso y bajo costo.

Tradicionalmente, Norte América ha sido pionera en el uso de composites con refuerzos vegetales como material sustituto de la madera en todo tipo de aplicaciones no-estructurales. También en Europa, los fabricantes de automóviles están utilizando un estimado de 80 000 toneladas de fibras naturales al año para reforzar los paneles termoplásticos.

1.2.2. Tecnologías y procesos

Los materiales de origen vegetal pueden ser usados en forma de serrín (sistemas particulados) o bien, en forma de fibras cortas o filamentos. Cuando son usados como serrín, estos tipos de materiales pueden ser aplicados como carga o refuerzo de matrices termoplásticas (habitualmente poliolefinas) para la obtención de composites.

Estos composites se preparan con unos porcentajes de material vegetal que se encuentra alrededor del 40-50% en peso (en granzas destinadas a la preparación de materiales por inyección-moldeo) o hasta el 70% en peso (para la preparación de productos por extrusión). En cada caso, las solicitaciones técnicas del producto final condicionarán el tipo de carga / refuerzo a utilizar, la necesidad de agentes compatibilizantes, de aditivos y el tipo de matriz.

En el caso de ser usadas como fibras cortas o largas, estos nuevos “green-composites” deben ser capaces de satisfacer un buen equilibrio de propiedades (mecánicas y térmicas fundamentalmente) junto a un procesado sencillo mediante técnicas de transformación de materiales compuestos convencionales como infusión de resina (VIP), moldeo por transferencia de resina (RTM), termocompresión y aplicación manual.

1.2.3. Tipos de bio- fibra

En función de su origen existen distintos tipos de refuerzos o cargas vegetales, como son los filamentos de plantas anuales, las fibras madereras, las fibras procedentes de residuos agrícolas y forestales, y los serrines de madera (clasificados o sin clasificar) o bien procedentes de residuos agroforestales. También se encuentran las fibras de aramida procedentes del reciclado de neumáticos, las fibras de basalto que se presentan como una alternativa económica a la fibra de vidrio y/o carbono.

El uso de fibras naturales de origen vegetal principalmente, dotan a los refuerzos textiles de un carácter ecológico por su origen renovable y biodegradabilidad.

1.2.4. Tipos de matriz

Los polímeros susceptibles de ser utilizados como matrices en este tipo de composites, son compuestos químicos derivados de la modificación química de los ácidos triglicéridos de aceites vegetales: aceite de soja, aceite de cáscara de nuez, aceite de linaza, etc. Igualmente, se podrá hacer uso de biomateriales termoplásticos tipo PLA, PHA o TPS como matrices de materiales compuestos.

1.2.5. Referentes

Compuestos con refuerzo textil vegetal



Compuestos con refuerzo vegetal



Otros usos de la fibra vegetal



Ilustración 7. Usos y aplicaciones de fibra vegetal como refuerzo de Compuestos. Elaboración propia

Dentro de los biomateriales se destacan:

Biomateriales termoplásticos, materiales biodegradables, resinas termoestables en base a recursos renovables, biomateriales compuestos, empaques convencionales y funcionales, basados en recursos renovables.

Los sectores del mercado donde se encuentran estos productos son principalmente: el sector electromecánico, de la construcción y mobiliario urbano, además del sector del transporte y del embalaje.

1.3. Fibras vegetales en Chile

En Chile, las plantas de fibra han conformado una parte importante en la cultura material de múltiples sociedades en el mundo, ya que han sido la materia prima básica para construir diversos utensilios de uso doméstico, herramientas de caza y pesca, fabricación de papel, materiales para cordelería, trenzado y tejido artesanal, así como fibras para relleno de colchones, almohadas y otros productos. (Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006)

Chile es uno de los principales productores de cáñamo (Año Internacional de las Fibras Naturales 2009, 2009), luego de China constituyen los líderes en esta materia prima. Sin embargo el material es exportado en bruto para luego viajar hasta India donde es procesado y vuelve al país en forma de cuerdas, cintas, telas y otros productos.

1.3.1. Potencial de Chile en recursos naturales

Chile posee una gran cantidad de flora nativa y solo un pequeño porcentaje ha sido estudiado con fines productivos. Esto unido a la creciente preocupación por aspectos del medioambiente y la valorización de los materiales ecológicos, y el recién suscrito tratado de libre comercio con Estados Unidos que abre perspectivas a productos vegetales y textiles, nos permite afirmar el gran potencial que poseen hoy en día las fibras vegetales en el país. (Manzi, 2003)

El sur de Chile es una zona asociada a la vegetación natural. La zona comprendida entre la VIII y XII región, es aquella que presenta mayor variedad de material de origen vegetal, debido al clima excesivamente húmedo que favorece su desarrollo, por lo que presenta condiciones naturales muy ventajosas para el cultivo, como puede constatarse con la notable producción agraria que posee, especialmente de cereales típicos de zonas frías (centeno, avena, cebada, trigo, maíz, papas, remolacha, hortalizas, manzanas y lino)

Según datos obtenidos de la F.A.O., la región dispone de 4,6 millones de hectáreas de suelos con aptitud productiva, de las cuales alrededor de un 46% son favorables para la producción agropecuaria, en tanto el 54% restante es aptitud forestal. La región posee actualmente un 47% del bosque nativo nacional, del cual un 72% corresponde a bosque explotable. (Manzi, 2003)

En las últimas dos décadas, la X región ha desarrollado una importante industria forestal, basada en especies madereras introducidas de rápido crecimiento (pino insigne y eucalipto). Esta industria ha tendido al establecimiento de las plantaciones en muchas áreas desforestadas; sin embargo una proporción importante de las plantaciones han ocupado áreas originalmente cubiertas por bosques nativos.

La tala del bosque nativo ha significado la eliminación del 100% de la cobertura herbórea, lo que ha originado una alteración de la composición del bosque de la X región. Ello ha causado la

drástica reducción de especies nativas como la sinusias epifíticas, cuya regeneración se hace muy difícil al cambiar su hábitat (disminución de la humedad y aumento de la luz)

A su vez, el mismo fenómeno ha dado origen a la proliferación de malezas¹¹ como los arbustos trepadores o lianas, la quila (chusquea quila), el junquillo (juncus procerus) y el Boqui (boquilla trifoliolata), que se multiplican en exceso y son de difícil erradicación. Esta situación estaría afectando incluso a la vegetación arbórea.

En talas selectivas, este tipo de especies son utilizadas como materia prima para fabricar canastos y otros elementos de cestería, aprovechando la estructura flexible de sus tallos, que están conformados por conjuntos de células largas y paredes lignificadas (pared de celulosa impregnada con lignina) que se conocen como fibras esclerenquimáticas, que se ubican en posición concéntrica al eje principal.

1.3.2. Clasificación de fibras vegetales en Chile

Esta investigación se realizó en gran medida gracias a estudios de bibliografía relacionada a plantas de fibra, principalmente a los relacionados a la cestería, ya desde tiempos muy primitivos.

Muchos siglos antes de la introducción del hilado y tejido de lana, las tribus utilizaban fibras vegetales para fabricar una diversidad de objetos que después se han hecho de otros materiales. Se han encontrado numerosas sepulturas muy antiguas con restos de prendas hechas de totora, de junco sobre cortadera, u otras fibras. Por lo tanto este es el registro más antiguo del uso que se le daba a las fibras vegetales.

El catastro de fibras se realiza de acuerdo al origen, características y usos de las fibras vegetales a lo largo del país. De esta manera se determina una taxonomía de las zonas norte, media sur y austral de Chile.

¹¹ En términos generales, una maleza es una planta en un lugar indeseado. Las malezas son 8000 de las 250000 especies de plantas que existen, representando el 0,1% de la flora mundial. Su aspecto negativo está representado por su capacidad de competencia con aquellos cultivos de exportación principalmente, sin embargo los conocimientos de las poblaciones campesinas indican sus ventajas respecto al control de plagas, alimentación de animales domesticados, y la alimentación humana. (Pérez, 1984)

1.3.2.1. Zona norte

La zona norte del país se caracteriza por su escasa vegetación debido a la extrema aridez del desierto de Atacama y la ausencia de precipitaciones. Sin embargo a medida que se avanza hacia el sur, va aumentando la vegetación.

Entre el sur de la Región de Atacama y la Región de Coquimbo se produce un lento proceso de transición hacia una vegetación más abundante, caracterizándose especies como la cortadera o cola de zorro, curahuilla, boqui y manila.

Además de acuerdo a los estudios realizados en torno a la cestería, antiguamente existió en esta zona abundante cestería correspondiente a la tradición atacameña. Sin embargo, actualmente casi no hay una gran producción en este rubro artesanal. La fibra más representativa es la totora, que se trabaja con diferentes técnicas

ZONA NORTE

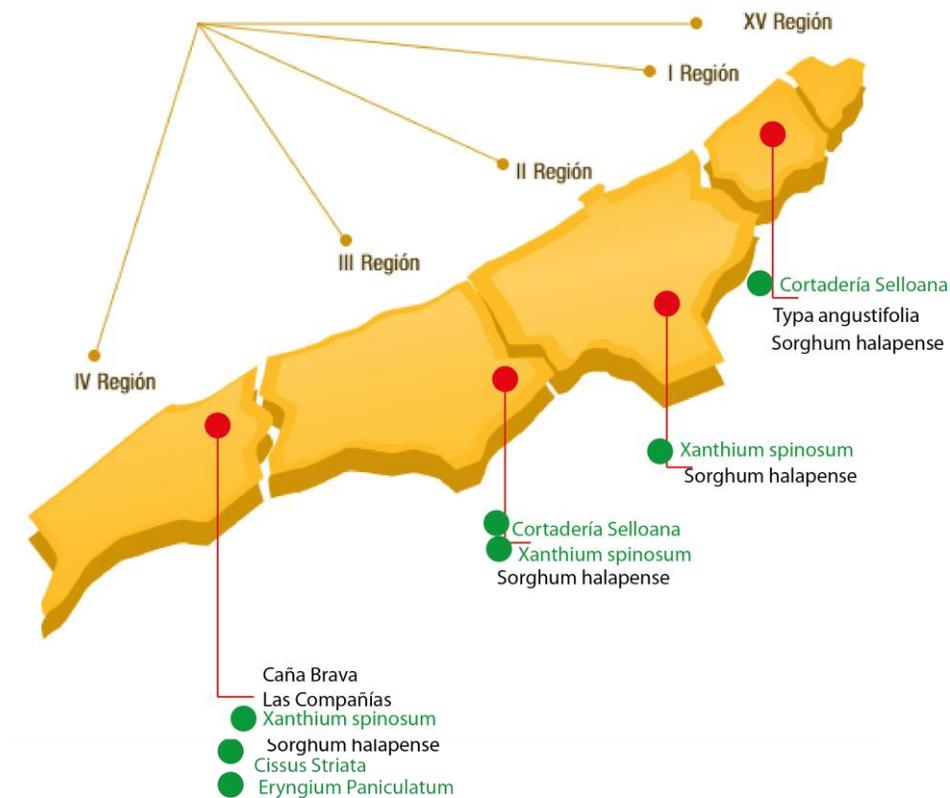


Ilustración 8. Fibras vegetales en la Zona Norte. Elaboración propia

1.3.2.2. Zona media

En la zona central del país predomina el clima mediterráneo, lo que obliga a la flora a soportar un periodo de sequía que se extiende desde primavera hasta otoño mediante cambios morfológicos o de evasión.

Esta es la zona con mayor registro del uso de fibras en relación a las artesanías y cestería en general. El más conocido es el mimbre para la creación de objetos utilitarios y decorativos. En San Felipe se usa mucho la curaguilla. En San Fernando se utiliza el boqui, el coligue y la totora principalmente.

ZONA MEDIA

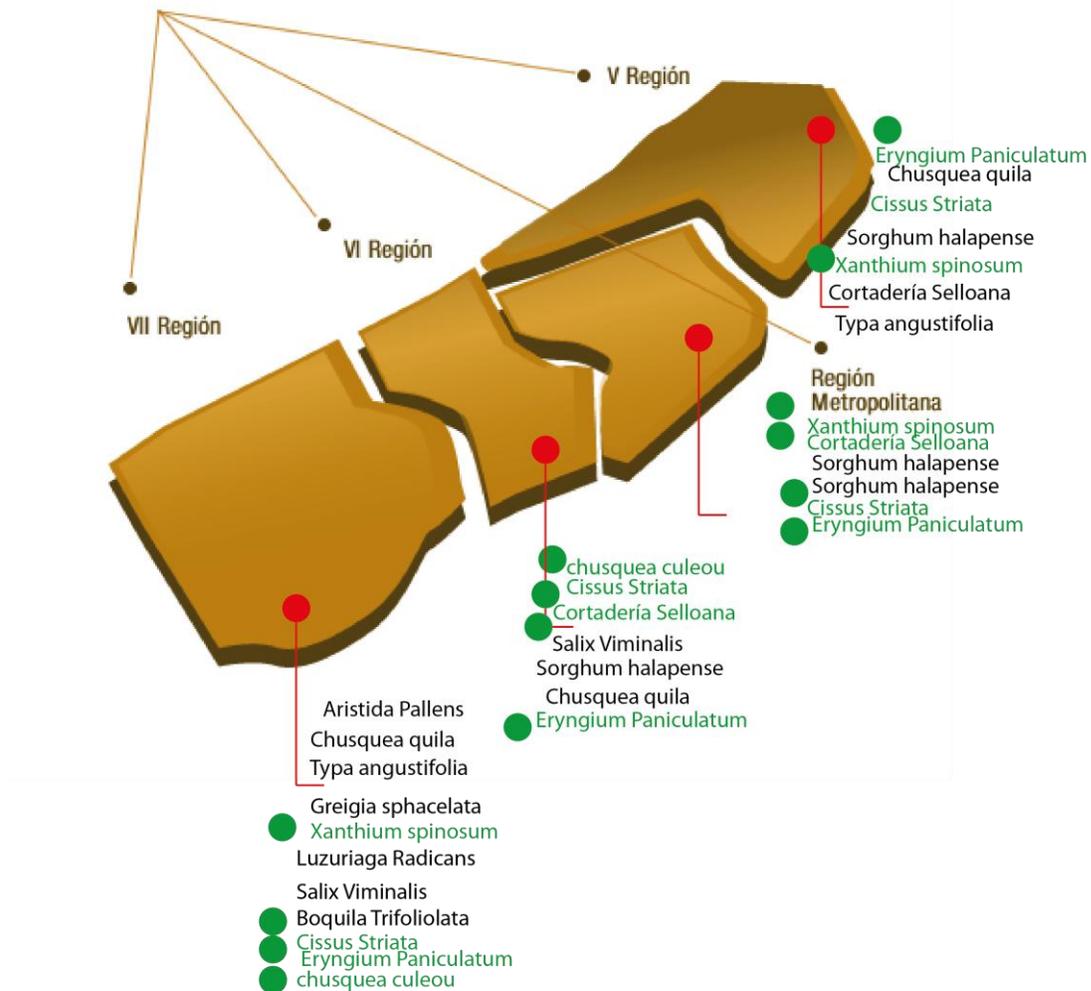


Ilustración 9. Fibras vegetales en la Zona Centro. Elaboración Propia

1.3.2.3. Zona sur

El aumento de las precipitaciones condicionan un cambio vegetacional, con respecto a las regiones de más al norte. En este clima se destaca la vegetación higrófila, la cual va poco a poco cubriendo el paisaje con bosques relativamente densos; ello ocurre preferentemente en las Cordilleras de los Andes y de la Costa.

La diversidad biológica de la zona sur nos entrega una variada y rica gama de fibras vegetales, originando múltiples tradiciones cesteras. Sobresalen las tradiciones desarrolladas por la cultura indígena esencialmente mapuche y kawashkar en el extremo sur. Otro referente para esta zona es la cestería chilota, producto del sincretismo indígena- hispano. En Chiloé abundan los canastos de todos los tamaños, tejidos y de diferentes fibras; que se utilizan como ayuda en las tareas cotidianas tanto en el campo, como en el mar. Existe mayor cantidad de junquillo y la quilineja.

ZONA SUR



Ilustración 10. Fibras vegetales Zona Sur. Elaboración Propia

1.3.2.4. Zona austral

Finalmente, en el extremo sur del país, la vegetación se reduce a ciertas especies como la cortadera y el coligue.

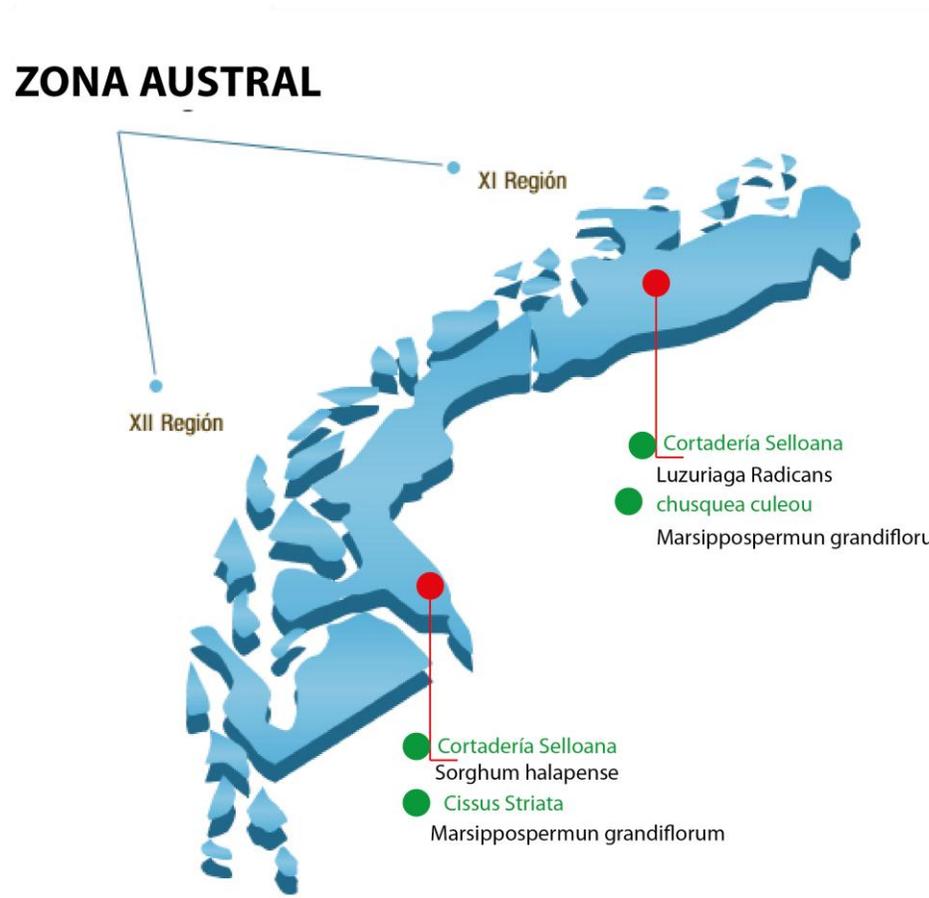


Ilustración 11. Fibras vegetales Zona Austral. Elaboración propia

1.4. Descripción formal de las fibras

Las fibras vegetales propiamente dichas se componen de células largas y delgadas de esclerénquima. Estas células tienen la característica de desarrollar una segunda pared vegetal, dentro de la primera, cuando la célula ha completado su crecimiento, con lo que finalmente se conforman paredes celulares mucho más gruesas que en otro tipo de células. Su función es la de dar soporte, dureza y rigidez a los tejidos vegetales. La composición de la pared celular de las fibras vegetales es principalmente de celulosa y en segundo término de lignina, pero también se pueden encontrar taninos, gomas, pectinas y otros polisacáridos. Las fibras se encuentran en varias partes de la planta, corteza, tallo o tronco, ramas, hojas, pero son más frecuentes en los tejidos vasculares. En función de la localización de la fibra en la planta, se las clasifica en tres grupos:

- 1) fibras blandas, cuando la fibra se encuentra en el floema¹² de los tallos; se presenta en las dicotiledóneas, por ejemplo en el lino, yute o cáñamo (*Cannabis sativa*),
- 2) fibras duras, cuando las fibras se encuentran en el floema de las hojas en forma de haces que se superponen unos con otros, lo que los hace más fuertes por su mayor lignificación; se presenta en las monocotiledóneas, por ejemplo maguey, cabuya (*Furcraea andina*) o abacá (*Musa textilis*). Y
- 3) fibras de superficie, que corresponde a los pelos de la epidermis de la semilla, por ejemplo en el algodón.



Figure 3. Tipos de fibra. <http://www.um.es/eubacteria/plantae.html>

Muchos materiales pueden desprenderse sin dañar la planta: algunos se adquieren mediante poda, las raíces pueden tomarse de los tramos expuestos que abundan en las orillas de los arroyos y aguas estancadas, y las cortezas pueden cortarse de los árboles y arbustos secos y semi secos.

¹² El floema es un tejido vascular que conduce azúcares y otros nutrientes sintetizados desde los órganos que los producen hacia aquellos en que se consumen y almacenan (en forma ascendente y descendente). <http://www.botanica.cnba.uba.ar/Pakete/3er/LaPlantas/7777/ElXilemayElFloema.html>

1.4.1. Usos y aplicaciones

Extracción de la fibra

En los casos en que solamente se desea obtener la fibra de la planta, se la extrae principalmente por dos métodos.

El primero de ellos se emplea para extraer las fibras blandas y se denomina *enriado*. Consiste en poner la materia prima a remojo en unas balsas con agua estancada, o bien directamente en el curso de ríos con poca corriente (Manzi, 2003) El proceso suele durar entre 1 a 3 semanas, dependiendo de la cantidad de materia prima y de la dureza de la fibra a extraer. Con ello se consigue que los tejidos blandos se descompongan por efecto de la degradación microbiana, dejando las hebras o hilos de fibra libres. Posteriormente se sacan del agua, se limpian y se lavan las fibras obtenidas y se dejan secar al sol.



Figure 4. Desfibración y descortezación. www.finagro.com.

El segundo método se emplea normalmente para extraer las fibras duras y se denomina descortezación¹³ (Manzi, 2003). Para ello, se separan mecánicamente la corteza de los tejidos vegetales que contienen las fibras a mano, o bien industrialmente con el uso de maquinaria. Posteriormente se secan al sol y finalmente la fibra suele extraerse mediante un proceso químico. Para ello se meten las fibras en agua con soda cáustica, fosfatos u otros químicos para eliminar las gomas y pectinas que contienen los tejidos de la propia fibra. Después se sacan del agua, se lavan y se dejan secar al sol.

¹³ Maiti 1995, Levetin & McMahon 1999).

Clasificación en categorías de uso

Los usos de las plantas de fibra registradas en la investigación “ Las Plantas de fibra” (Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, 2006) se han agrupado en ocho categorías: Cestería, es la confección de productos tejidos con fibras vegetales, por ejemplo canastas, esteras, sombreros, ramos para Semana Santa o trampas para pesca; Cordelería, es el trenzado de fibras vegetales para elaborar cuerdas, sogas y otros materiales para ataduras y amarres; Techado de casas; Fabricación de escobas; Material para el relleno de colchones, almohadas y utensilios para montar caballerías; Textil, es la confección de productos, a partir de la extracción de la fibra, mediante un proceso de hilado, entrelazado y/o tejido, por ejemplo para elaborar bolsos o shigras, ropa, calzado, telas o alfombras; Construcción de embarcaciones; y Comercial, cualquier producto de fibra que se venden en los mercados locales.

CAPÍTULO 2

ANTECEDENTES

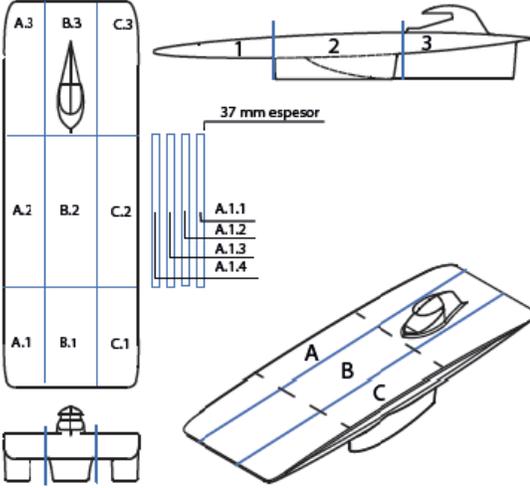
2.1. Antecedentes

En este capítulo se expone de manera acotada la experiencia vivida durante el año 2011, con el vehículo Solar eolian2.

Se detalla el área de materiales compuestos, ya que corresponde a las bases de aprendizaje, y aplicación de esta investigación. Este antecedente se define de manera expositiva para demostrar el conocimiento adquirido durante este proceso; su profundización se encuentra en el marco teórico.

2.1.1. Desarrollo del master

ORGANIZACIÓN Y OPTIMIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN DEL MASTER



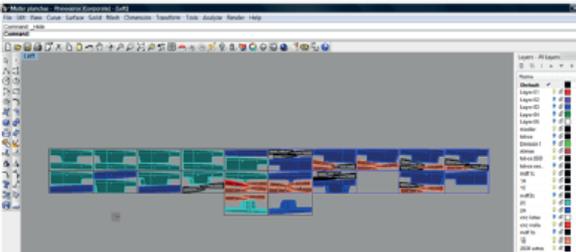
Para el diseño de master se utilizó mayoritariamente poliestireno expandido de alta densidad de 2000 * 1000 * 40 mm, por lo tanto el el modelo 3D se dividió en partes iguales de éste tamaño. Luego hubo que pensar en una forma ordenada de corte y distribución de planchas para trabajar en el Laboratorio CNC fau.

Como se puede apreciar en la imagen izquierda el modelo se dividió en 9 módulos enumerados de izquierda a derecha (A.1.1, A.1.2, A.1.3.... ETC) Luego se realiza un trabajo de optimización de piezas sobre las planchas para establecer la cantidad necesaria (60 planchas=144 piezas) Finalmente se establecen las capas de trabajo a utilizar durante el corte de piezas con el objetivo de no cometer errores por confusión. (modulo A1, módulo B1, planchas cortadas y errores)

DIVISIÓN DE PARTES

OPTIMIZACIÓN DE PLANCHAS

Esta forma de trabajo se mantuvo durante la construcción del Auto en los espacios de ENAER.



CONSTRUCCIÓN DELMASTER



Parte B



Parte A y C



Parte A, B y C.



En las imágenes se muestra el desarrollo de moldes que no consideran los alcances del usuario, Provocando malas posturas de trabajo y mayor tiempo de producción.



Moldes.



Las piezas del carenado se separan de los moldes, y se preparan con lija 80 a 220 en la superficie de Gelcoat, la cual sufre fracturas durante el proceso de desmolde, el tratamiento superficial en las piezas de compuestos se compone de una aplicación de masillas livianas de terminación con carga de microballons, para luego pasar a primer poliuretano y finalmente la pintura poliuretano.

Piezas: carenado completo.



Eolian 2 en ASC Chile y WSC Australia.

CAPÍTULO 3

EXPERIMENTACIÓN

3.1. Criterios de selección

Para el desarrollo de la presente tesis hubo una búsqueda de plantas que permitieran obtener materiales fibrosos como elemento para la construcción de superficies textiles con buenas resistencias mecánicas, basada en plantas de fibras existentes a lo largo del país, ya sean nativas, endémicas o introducidas¹⁴.

Se encontraron alrededor de 23 especies de plantas de fibra pertenecientes a 15 familias. La familia con un mayor número de especies fue Poaceae (6), monocotiledonia¹⁵, seguidas por bromeliaceae (2), Juncaceae (2) y Gramíneas (2), todas ellas monocotiledóneas.

El primer filtro de búsqueda consiste en investigar aquellas especies **propias del territorio chileno**, ya que están bien adaptadas entre sí y constituyen la flora autóctona. Entre ellas se encuentran quila, coirón, coligue, cortadera o cola de zorro, ñocha, chupón, cadillo, quilineja, boqui, manila, junco, mahute, copihue y palma chilena.¹⁶

El segundo filtro de búsqueda, la búsqueda se centró en aquellos materiales vegetales que existieran **en más de 5 regiones del país**, privilegiando la zona central, de esta manera la investigación tiene un mayor alcance a lo largo del país. Durante visitas en terreno a las ciudades de Iquique, Algarrobo y Linares, se pudo observar que plantas como la totora y la pita, se encontraban ampliamente difundidas y dispersas en innumerables lugares de la zona, la primera como planta de jardín y la segunda como maleza.

Según los datos entregados por la tabla resumen de Fibras Vegetales de Chile, prevalecen las plantas de fibra dura (18 especies) que las de fibra blanda dicotiledonias (5 especies).¹⁷ Las fibras dicotiledoneas existentes¹⁸ en Chile son apenas 5: el cadillo, mimbre, boqui pifukco, mahute y el boqui quilo, y no todas son endémicas.

Éste es el tercer criterio de selección, el tipo de fibra. Se clasifican las fibras monocotiledonias, es decir, que las fibras se encuentran en las hojas y son blandas.

A modo de resumen, la selección de las fibras frente a la gran variedad existente en las distintas zonas de Chile, dependió de múltiples factores:

¹⁴ a) En biogeografía, una especie nativa, especie indígena o autóctona es una especie que pertenece a una región o ecosistema determinados. Su presencia en esa región es el resultado de fenómenos naturales sin intervención humana. b) Endemismo es un término utilizado en biología para indicar que la distribución de un taxón está limitado a un ámbito geográfico reducido, no encontrándose de forma natural en ninguna otra parte del mundo. c) Una especie introducida, especie foránea o especie exótica es una especie de organismos no nativos del lugar o del área en que se los considera introducidos, y han sido accidental o deliberadamente transportados a una nueva ubicación por las actividades humanas

¹⁵ Estos tipo de conceptos está definido en el marco teórico, Fibras vegetales de Chile.

¹⁶ Ver tabla de fibras vegetales anexo.

¹⁷ Ver anexo 1: fibras vegetales de Chile

¹⁸ Según la tabla de taxonomía Fibras vegetales de Chile, en anexo 1.

- Se privilegió las que se pudiesen encontrar en la región central, y que fueran endémicas.
- Su suministro fuese constante y que no altere la estructura del bosque, sostenible en el tiempo.
- Lograr, dentro de las posibilidades, obtener una buena calidad de fibra, que dice relación con sus resistencia, longitud, finura y cohesión para ser refinada. (observación)
- Por el tipo de fibra-. Blanda o dura, ya que la mayoría de las estudiadas en Chile, son monocotiledóneas.

3.2.Experimentación con fibras endémicas

Para una primera experimentación se seleccionaron 3 fibras: totora, pita y hojas de palma, se trabajó con ellas, observando sus características y cualidades.



Ilustración 12. a) Fibra de Palma. b) Fibra de Pita. c) Fibra de Totora. Elaboración propia

Luego de revisar documentación bibliográfica acerca de estas fibras, se procedió a manipularlas y observar las características de estas con sus distintos procesos: en seco, húmedas y cocidas.

Se realizaron tejidos sobre un telar de mesa, diseñado y construido por alumnos del taller vertical de 3° y 4° año de la carrera de Diseño industrial, de la presente Facultad¹⁹.

¹⁹ Facultad de Arquitectura y Urbanismo. Universidad de Chile

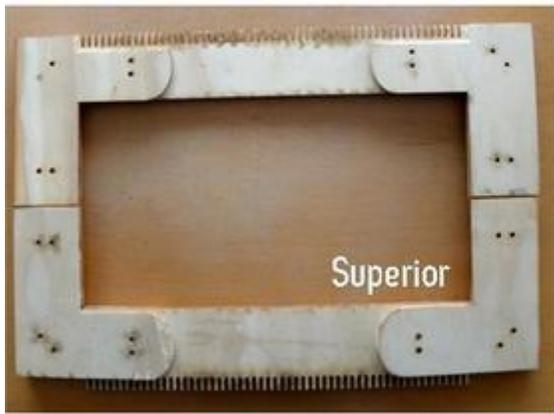
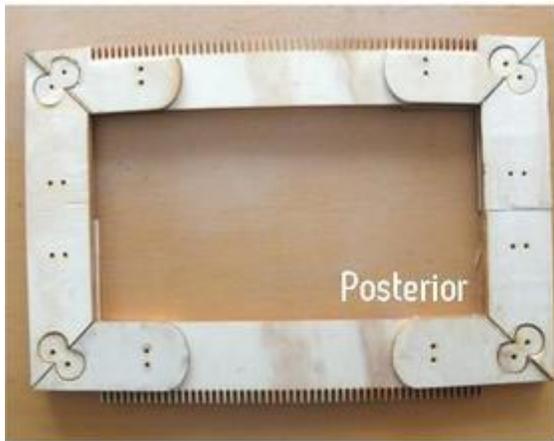


Ilustración 13. Bastidor de telar manual. Taller de diseño IV Tapia y Díaz 2012

3.2.1. Pita

En el caso de la Pita, esta fue recolectada en la ciudad de Algarrobo. Se privilegiaron fibras secas de la planta, ya que la fibra contiene menos cantidad de agua, lo cual es mejor para su manipulación.



Ilustración 14. Cosecha de Hoja de Pita. Elaboración propia

La fibra se caracteriza por ser muy rígida y quebradiza en estado seco, sin embargo al humedecerla ésta adquiere una mayor flexibilidad para trabajarla.

A pesar de que la fibra este seca, posee una cutícula externa que impide desfibrar las hojas. Su fibra parece ser muy gruesa.

3.2.2. Totora

Para conocer acerca de la manipulación y trabajo con la fibra de totora se entrevista al artesano, Francisco Pérez. De esta manera cuenta que la fibra debe mantenerse a lo menos 4 horas en agua para poder trabajarla, de otra forma es muy quebradiza y dura. Antes de mojarla se procede a abrir la fibra, ya que en su interior posee una estructura esponjosa que absorbe mucho más rápidamente el agua.

La fibra, de manera individual es muy delgada y flexible. La aplicación artesanal de totora, se realiza uniendo 2 cabos y enrollándolos con los dedos para ir tejiendo a modo de embarrilado²⁰ a los marcos de diferentes sillas muebles u otras cosas. También se trabaja en telar, para usarlo como alfombras, cortinas u otros, de hecho es una de las pocas fibras que se trabaja en telar industrial.



Ilustración 15. Desfibrado de Totora. Elaboración propia

A modo de una primera aproximación para formar un textil de fibras se procede a utilizar un telar de mesa, y hacer un ligamento.²¹



Ilustración 16. Tejido de totora. Elaboración propia

Para utilizar la fibra como refuerzo de telar, el Ingeniero Enrique Muñoz sugiere privilegiar un mayor número de capas delgadas, en vez de menos tejidos gruesos (comunicación personal, Junio, 2011), ya que son menos resistentes mecánicamente.

Al intentar enlazar fibras delgadas, de al menos 5 mm de ancho, estas se cortan, lo que hace necesario la añadidura de más fibras, acción que dificulta el tejido experimental.

²⁰ Doblar la fibra sobre sí misma y luego ir envolviendo una pieza o zona específica. (Manzi, 2003)

²¹ Ver en marco teórico, b.1 fibras.



Ilustración 17. Urdimbre y Trama con fibra de totora. Elaboración propia

3.2.3. Hoja de Palma:

Luego de separar las hojas del tallo principal, se procede a manipularlas, desfibrarlas. Cada hoja tiene un largo de 130 cm aproximadamente, sin embargo, al desfibrarlas, de manera individual, tienen un largo de 50 cm aprox.



Ilustración 18. Secado de Fibras. Elaboración propia

Luego de separar las fibras, se procede a cocinarlas por al menos una hora y media, para separar la lignina y dejar la fibra individualmente. De esta manera, la fibra se hace más blanda y fácil para trabajar.



Ilustración 19. Cocción de fibra de Palma. Elaboración propia

Para comenzar el telar, es necesario hacer un entramado previo, llamado urdimbre.²² La fibra de palma es cortada en fibras de 2 a 3 mm de ancho. Se seleccionan las fibras más largas, dejando las uniones en los extremos.

²² Conjunto de hilos que se colocan en el telar paralelamente unos a otros para formar una tela. (Real Academia Española, 2010)

Luego de completar la urdimbre se comienza con el tejido de trama, utilizando regletas para separar las capas.



Ilustración 20. Trama con fibra de Palma. Elaboración Propia

Se teje la fibra hasta completar un tejido de 30 * 30 cm.



Ilustración 21. Proceso de tejido con Fibra de Palma. Elaboración propia

Como resultado es posible observar una superficie irregular, suave en el sentido de la trama, con diferencias de espesor y ancho de la fibra. En cuanto a percepción visual, el tejido deja pasar la luz.

Resultados

Si bien el proceso de obtención de un tejido de fibra vegetal requiere de un mayor número de pasos, esta primera fase da como resultado un tejido con variaciones de diámetro e irregularidad en la trama. La superficie textil está compuesta completamente hecha de fibra de palma en urdimbre y trama; la calidad de sus fibras y la forma de entrelazar permite a la superficie plegarse en sentido horizontal. El desarrollo productivo en este caso, se realiza a nivel artesanal, ya que no es posible conseguir un tejido de mayor precisión en el tiempo destinado para esta tesis.

Es necesario aclarar, que si bien las fibras utilizadas no cumplen con todos los requerimientos necesarios para ser competitivas con otras ya comerciales como el yute, cáñamo y lino, esta experimentación entrega resultados respecto al comportamiento del tipo de fibra en el tejido en seco y durante la laminación, así como también observaciones subjetivas respecto al color, apariencia y textura del material. Si bien la fibra de Palma es seleccionada según los criterios descritos anteriormente, el crecimiento de ésta es lento, llega al estado de madurez recién a los sesenta años (Palma Chilena, 2012), por lo tanto su aplicación como refuerzo no sería sostenible en el tiempo.

3.2.4. Observaciones

Luego de esta experimentación se decide trabajar con fibras comerciales ya procesadas, como es el caso del yute, el cáñamo, el lino y el junco²³. Esto debido a que en Chile, a pesar de tener una gran variedad de fibras con propiedades estructurales y de geometría parecidas a lo que son las fibras comerciales, mencionadas anteriormente, estos productos no están desarrollados, solo se trabajan las fibras a nivel artesanal y en bruto, sin ningún proceso mayor.

²³ Todas estas corresponde a plantas de fibra dura, es decir dicotiledóneas.

3.3. Experimentación de tejidos de fibra Vegetal

Esta etapa de experimentación, consiste en la aplicación de tejidos de fibra vegetal como refuerzo de compuestos FRP. Como matriz polimérica termoestable, se utiliza una resina epóxica 1685, con su respectivo catalizador.

En primer lugar se realiza una probeta a modo de prueba, sin aplicación de vacío para conocer la fibra, el tipo de impregnación que requiere, las cantidades, etc. El resto de las probetas son realizadas en los talleres de materiales compuestos de Enaer²⁴, con la supervisión de Enrique Muñoz, encargado del área de materiales compuestos.

Finalmente, las probetas son llevadas a Idiem, Instituto de Investigaciones y Ensayos de Materiales. Aquí, junto a los expertos Carolina Montero Muñoz, Jefe de la Unidad de Ensayos y Marco Jorquera Aguilar, (ambos pertenecientes a la División de Estructuras y Materiales Tipo de probeta), se define el tipo de prueba a realizar y la normativa correspondiente.

De acuerdo a las características de los compuestos, las pruebas son realizadas bajo la norma ASTM D 638²⁵, la cual especifica las siguientes medidas de la probeta de estudio:



Ilustración 22. Dimensiones de las probetas. Elaboración propia

Si bien existen variados estudios²⁶ respecto de la aplicación de fibras vegetales utilizadas como refuerzo de compuestos FRP, la mayor parte de estos, utiliza la fibra no tejida, es decir como serrín de refuerzo en procesos de inyección de plásticos. En cuanto al uso de la fibra tejida, los datos encontrados son más bien técnicos (arrojan resultados numéricos) y no incorporan observaciones de uso ni detalles constructivos como los que se verán más adelante.

Cabe mencionar además que el trabajo de compuestos está expuesto a muchas variables, como por ejemplo: tipo de fibra, tipo de resina, tipo de proceso, expertis del laminador, (en caso de ser laminado manual), presión del vacío, temperatura ambiente, temperatura de curado y

²⁴ Empresa Nacional de Aeronáutica de Chile.

²⁵ Standard Test Method for Tensile Properties of Plastics.

²⁶ Ver anexos

postcurado²⁷, entre otros. Por lo tanto los resultados de estas pruebas son válidos bajo las siguientes variables:

Presión de vacío: 1 ton/m²

Temperatura ambiente: 20° C a 25° C

Tipo de resina: epoxi 1685 (100% de resina + 50% de catalizador)

Tiempo de curado: 24 horas a 80°C

Tipo de corte: dremel con disco diamante

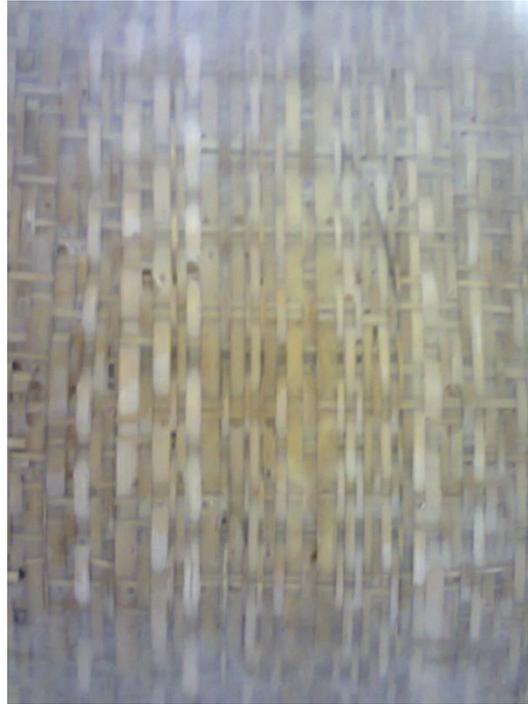
Laminación manual con brocha

Laminadora: Patricia Campos

²⁷ Estos términos se encuentran descritos en el marco teórico

3.3.1. Fibra de Palma

La única probeta realizada con fibra textil endémica, es la fibra de Palma. Durante el proceso de laminación, se observa como la fibra repele a la resina, haciendo muy difícil el proceso de impregnación. El resultado es un compuesto irregular con burbujas en la superficie y entre fibras.



TENSIÓN PROBETA M-1: PALMA					
Probeta [N°]	Ancho mm.	Espesor mm.	Área [mm ²]	Carga máxima N	Tensión máxima [N/mm ²]
1	25,5	1,7	43,4	804	18,54
2	25,1	1,5	37,7	528,2	14,03
3	25,5	1,5	38,3	845,0	22,09
4	25,5	1,7	43,4	1014,0	23,39
5	25,5	1,7	43	956,5	22,06
Promedio Tensión					20,02
Variación de Tensión					3,81

Tabla 1. Tensión probeta M-1: Palma. Elaboración Propia

ELONGACION PROBETA M-1: PALMA			
Probeta	Inicio (mm)	Final (mm)	%
1	185	189	2,2
2	184	187	1,6
3	189	193	2,1
4	187	192	2,7
Promedio Elongación			2,1
Variación de Elongación			0,4

Tabla 2.Elongación probeta M-1: Palma. Elaboración propia

3.2.2. Fibra de Yute

Comportamiento en seco



Ilustración 23. Fibra de yute en seco. Elaboración propia

El tejido en ligamento tela, es muy poco flexible en dirección diagonal a las fibras; crece aproximadamente 5 mm en dirección diagonal. Al tratarse de una tela de yute procesada, (ya que las fibras están blanqueadas) el material no se adapta bien a las curvas, ya que el tejido está apretado y rígido en comparación con una tela de yute con fibras no procesadas, es decir, en bruto.

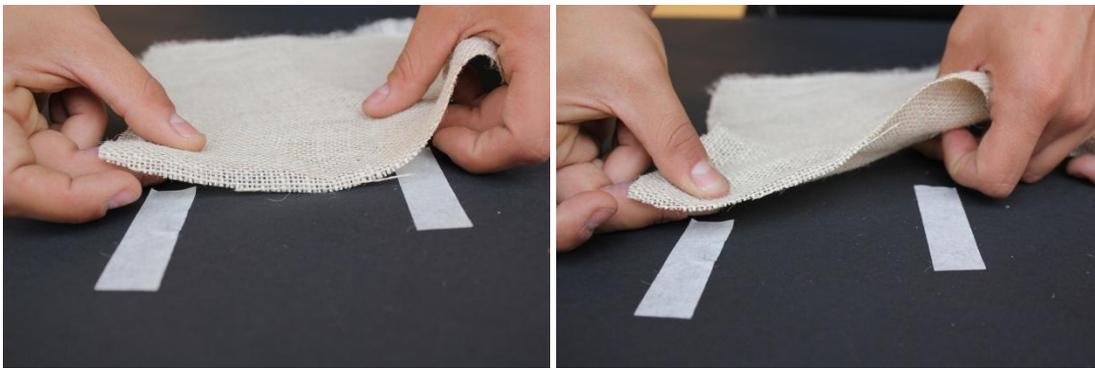


Ilustración 24. Elasticidad de la tea en seco. Elaboración propia

En doble curvatura: el material se comporta como una tela semirígida, por lo que es necesario estirarla demasiado para que se adapte completamente a la curva.



Ilustración 25. Adaptación a doble curvatura. Elaboración propia

La impregnación se realiza manualmente con una brocha y movimientos de ponceo, es decir, con movimientos hacia abajo, que presionen la fibra con la superficie.

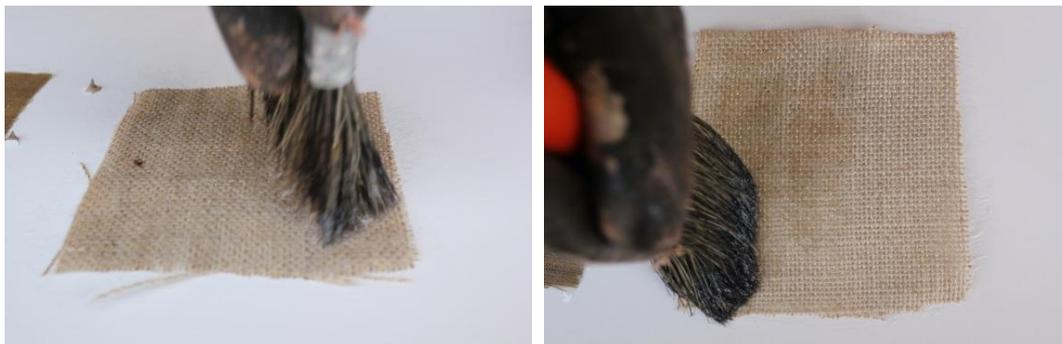


Ilustración 26. Impregnación de la fibra. Elaboración Propia

Resultados de tracción

TENSIÓN PROBETA M-3: YUTE					
Probeta [N°]	Ancho mm.	Espesor mm.	Área [mm ²]	Carga máxima N	Tensión máxima [N/mm ²]
1	25,5	1,5	38,3	1346	35,20
2	25,5	1,5	38,3	1472,5	38,50
3	24	1,5	36,0	1157,7	32,16
4	24	1,5	36,0	1284,7	35,69
5	25	1,5	38	1389,5	37,05
Promedio Tensión					35,72
Variación Tensión					2,37

Tabla 3. Tensión probeta M-3: Yute. Elaboración propia

TENSIÓN PROBETA M-3: YUTE					
Probeta [N°]	Ancho mm.	Espesor mm.	Área [mm²]	Carga máxima N	Tensión máxima [N/mm²]
1	25,5	2,5	38,3	1346	35,20
2	25,5	2,8	38,3	1472,5	38,50
3	24	2,5	36,0	1157,7	32,16
4	24	2,4	36,0	1284,7	35,69
5	25	1,5	38	1389,5	37,05
Promedio Tensión					35,72
Variación Tensión					2,37

Tabla 4. Elongación Probeta M-3: Yute. Elaboración propia

Observaciones: Se comporta muy bien en cuanto a la impregnación de resina, ya que la probeta no presenta burbujas. La fibra se adapta a superficies de doble curvatura, siempre y cuando esté a 45° respecto a la curvatura, sin embargo, podría tener mejores resultados si se utilizara un tejido de menor gramaje, 8 onzas.

3.2.3. Cáñamo



Ilustración 27. Fibra de cáñamo. Elaboración Propia

Al igual que el yute, la arpillera de estopa de cáñamo, viene en distintos gramajes y se privilegia el más fino.

Comportamiento en seco:

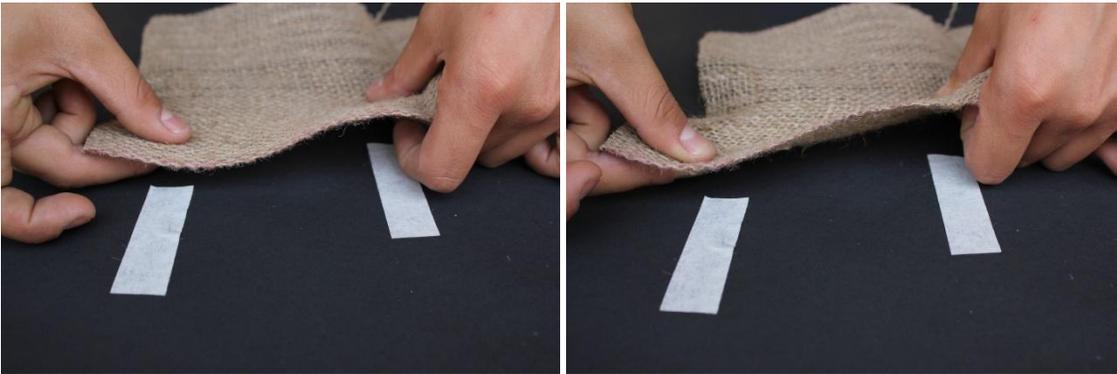


Ilustración 28. Elasticidad de la fibra en seco. Elaboración propia

La fibra se estira 2 cm aproximadamente en dirección diagonal a las fibras



Ilustración 29. Adaptación a doble curvatura. Elaboración propia

La fibra se adapta muy bien a las curvaturas, sin necesidad de extenderla exageradamente, ya que el tejido es más abierto, es decir, tiene menos cantidad de fibra por cm cuadrado.



Ilustración 30. Impregnación fibra de cáñamo. Elaboración propia

Impregnación: la fibra absorbe mas resina que el yute, el ponceo de la brocha es intenso.

TENSIÓN PROBETA M-4: CÁÑAMO					
Probeta [N°]	Ancho mm.	Espesor mm.	Área [mm ²]	Carga máxima N	Tensión máxima [N/mm ²]
1	24,8	1,8	44,6	1283	28,75
2	24,2	1,8	43,6	1445,5	33,18
3	24,9	1,8	44,8	1397,7	31,18
4	24,6	1,8	44,3	1319,3	29,80
Promedio Tensión					30,73
Variación Tensión					1,92

Tabla 5. Tensión probeta M-4: Cáñamo. Elaboración propia

ELONGACION PROBETA M-4: CÁÑAMO			
Probeta	Inicio (mm)	Final (mm)	%
1	209	214	2,4
2	209	213	1,9
3	208	214	2,9
4	208	213	2,4
Promedio elongación			2,4
Variación elongación			0,4

Tabla 6. Elongación probeta M-4: Cáñamo. Elaboración propia

Observaciones:

El cáñamo presenta una buena resistencia de tensión y adaptación a las superficies curvas, sin embargo es una de las fibras que absorbe mayor cantidad de resina.

3.2.4. Junco

La fibra está en tramas de 5 mm de ancho, por lo tanto es difícil de mantener plana. Es un tejido ligamento tela que presenta muy poca flexibilidad en diagonal a la dirección de sus fibras.

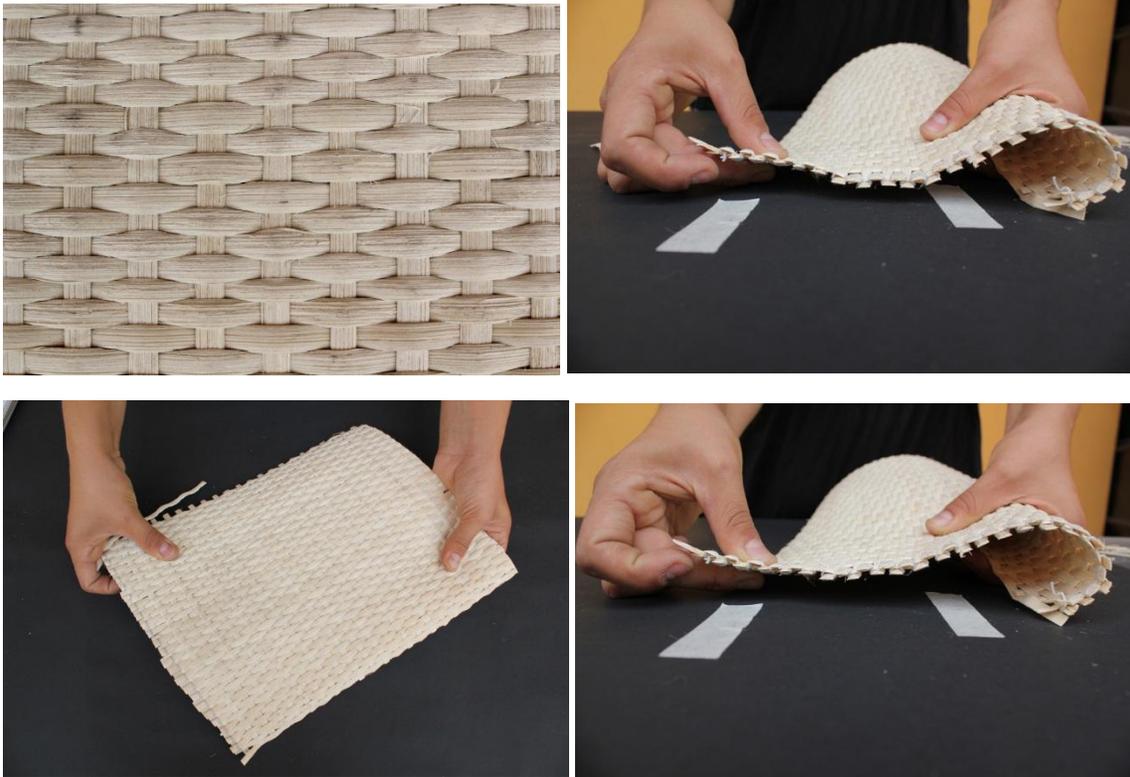


Ilustración 31. Elasticidad de la Fibra de Junco. Elaboración propia

Al cortar la fibra en la dirección de ésta, se desprenden trozos del material, ya que las tramas utilizadas son muy anchas, por lo tanto al cortar en diagonal, el tejido tiende a perder parte importante de las fibras.

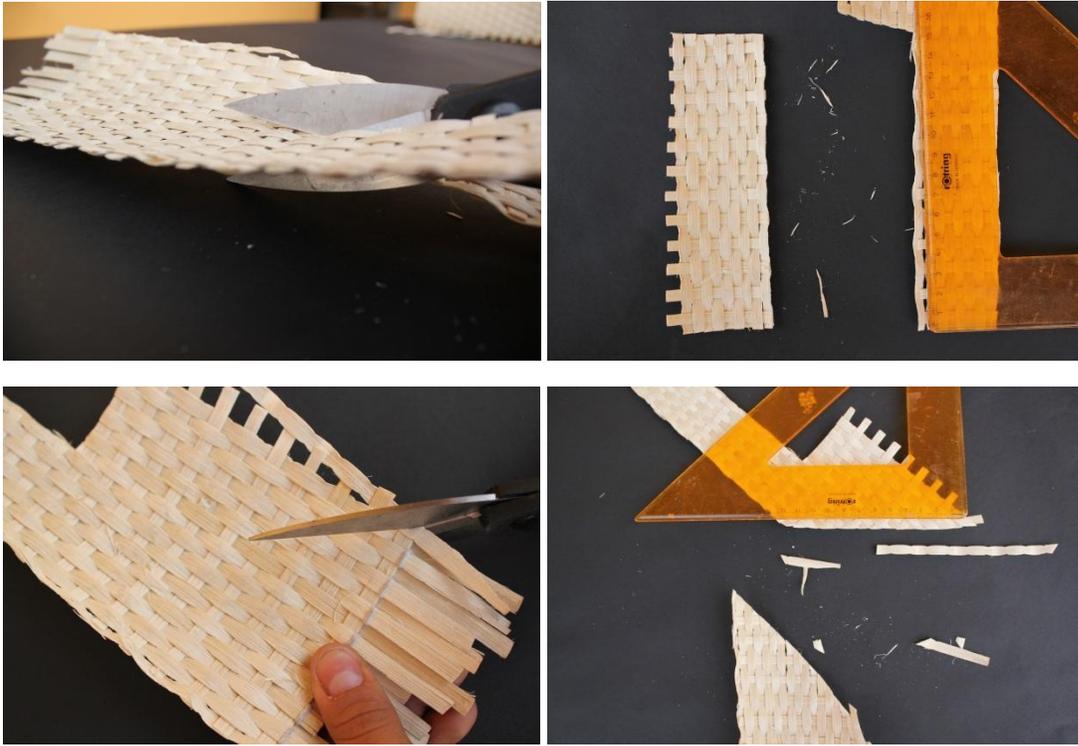


Ilustración 32. Tipos de Corte y desprendimiento de fibra. Elaboración propia

Impregnación:

Al tratarse de fibras en bruto y mas gruesas, es decir, no procesadas y con parte de la cáscara de la planta incluidas²⁸, la fibra no se encuentra de manera individual, por lo tanto es mas difícil de impregnar con resina, incluso se hace necesario impregnarlo por ambos lados.



Ilustración 33. Impregnación de la Fibra de Junco. Elaboración Propia

²⁸ Lignina: es un polímero presente en las paredes celulares de organismos del reino Plantae, mantiene unidas las fibras del tallo u hojas.

TENSIÓN PROBETA M-5: JUNCO					
Probeta [N°]	Ancho mm.	Espesor mm.	Área [mm ²]	Carga máxima N	Tensión máxima [N/mm ²]
1	25	2,8	70,0	909	12,99
2	26,7	2,8	74,8	1014,3	13,57
3	25	2,6	65,0	968,8	14,91
4	23,7	2,6	61,6	696,5	11,30
Promedio Tensión					13,19
Variación de Tensión					1,49

Tabla 7. Tensión probeta M-5: Junco

ELONGACION PROBETA M-5: JUNCO			
Probeta	Inicio (mm)	Final (mm)	%
1	216	220	1,9
2	216	221	2,3
3	211	215	1,9
4	215	218	1,4
Elongación máxima			1,9
Variación de Elongación			0,4

Tabla 8. Elongación probeta M-5: Junco. Elaboración propia

Observaciones:

La fibra con buena impregnación queda impermeabilizada, es quebradiza, y con mucha resistencia a la tracción; podría utilizarse para exteriores y a modo de paneles decorativos o separador de ambientes.

El junco debe impregnarse por ambos lados y utiliza hasta tres veces el peso de la fibra en resina. Si se disminuye la cantidad de resina, no se consigue una impregnación total de la fibra.

3.2.5. Lino



Ilustración 34. Fibra de Lino. Elaboración propia

El tejido se estira 4 cm aproximadamente en el sentido diagonal a las fibras.

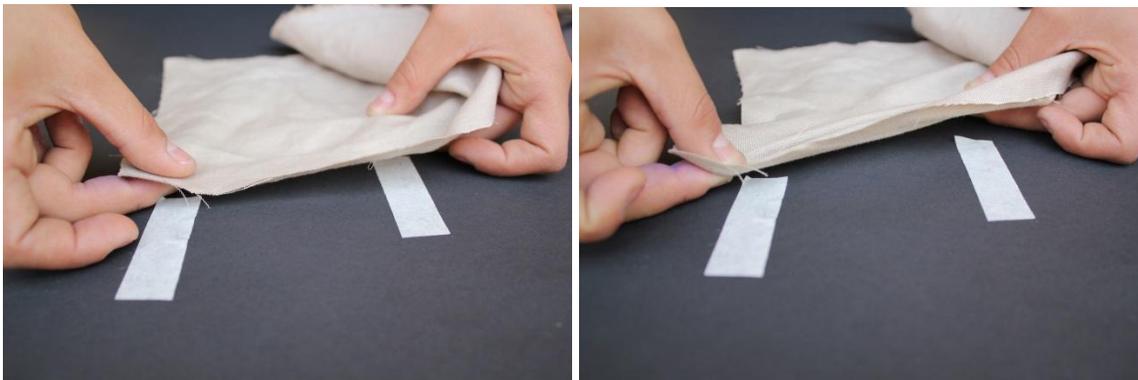


Ilustración 35. Elasticidad de la fibra en seco. Elaboración propia

En corte, la fibra casi no desprende residuos, solo en diagonal desprende fibra muy fina.

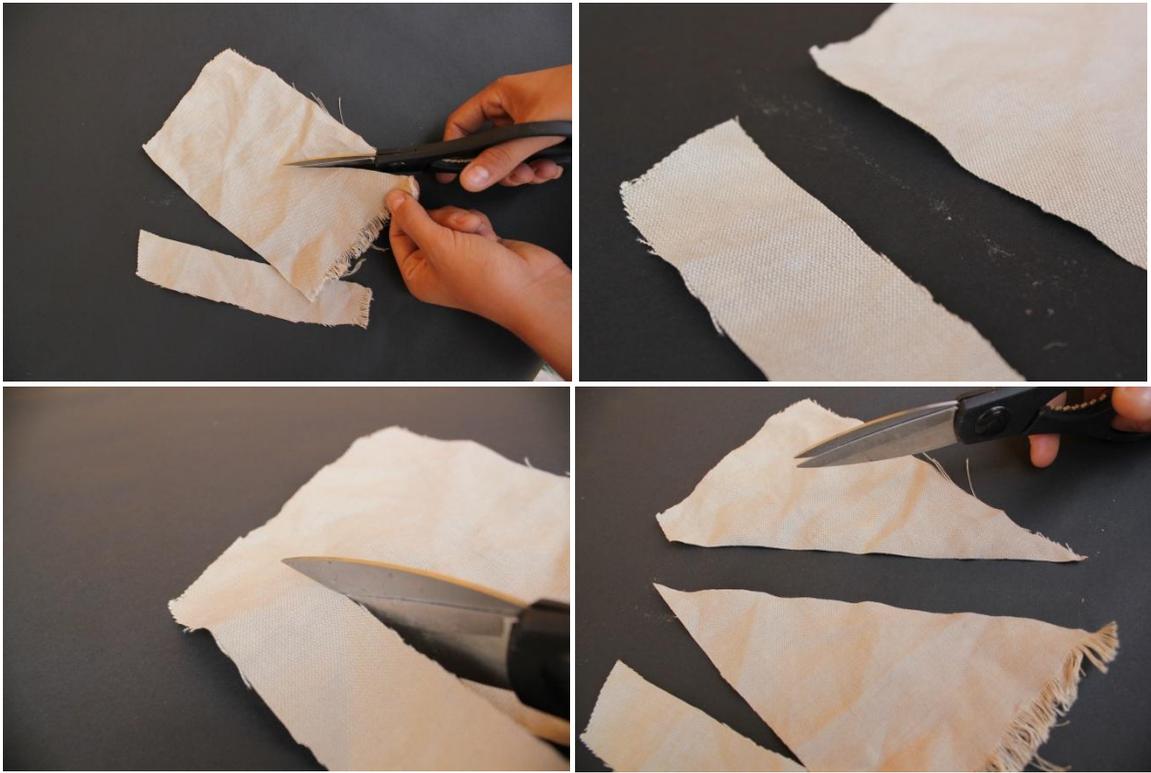


Ilustración 36. Tipos de corte y desprendimiento de fibra. Elaboración propia

Impregnación: el lino se comporta muy bien con la resina, de hecho los resultados de las probetas no presentan burbujas de aire, y obtiene una buena impregnación.

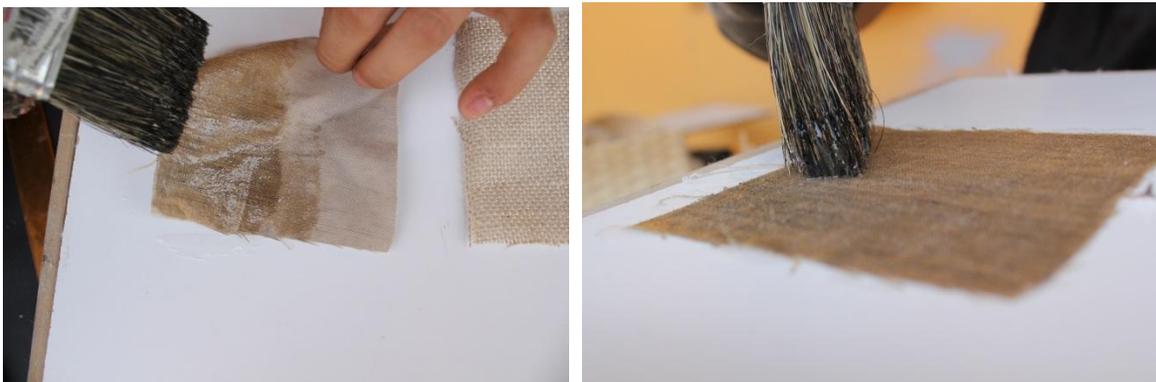


Ilustración 37. Impregnación de la fibra de lino. Elaboración propia

Resultados: el lino presenta la mayor elongación.

TENSIÓN PROBETA M-6: LINO					
Probeta [N°]	Ancho mm.	Espesor mm.	Area [mm ²]	Carga máxima N	Tensión máxima [N/mm ²]
1	25	1.5	62,5	1584	25,34
2	25,6	1.5	71,7	1656,5	23,11
3	25	1.5	62,5	1498,5	23,98
4	24,5	1.5	58,8	1358,0	23,10
Promedio Tensión					23,88
Variación Tensión					1,06

Tabla 9. Tensión Probeta M-6: Lino. Elaboración Propia

ELONGACION M-: LINO			
Probeta	Inicio (mm)	Final (mm)	%
1	170	179	5,3
2	175	184	5,1
3	170	179	5,3
4	175	184	5,1
Promedio Elongación			5,2
Variación elongación			0,1

Tabla 10. Elongación Probeta M-6: Lino. Elaboración propia

Observaciones:

El lino presenta el mejor peso en comparación con las demás fibras, sin embargo, como compuesto, tiende a flectarse y no volver a la forma original.

3.4. Resumen de resultados

Cuadro resumen						
tipos	Compuesto			Fibra en bruto		
Fibra	Espesor	Tensión	Elongación	Flexibilidad en seco	Costos	Peso
yute	2,4	35,72	2,7	2 cm	725 a 2230	220
cáñamo	1,8	30,73	2,4	4 cm	600	277
lino	1,5	23,8	5,2	4 cm	2990	220
junco	2,8	13,19	1,9	1 cm	7000	479
palma	1,7	20,02	2,1	2	0	350

Tabla 11. Cuadro resumen d resultados. Elaboración propia

Conclusiones del trabajo con fibras vegetales:



Cada fibra se comporta de manera diferente frente al proceso de laminación con resinas epoxica. Claramente la fibra de Palma y Junco obtienen los resultados mínimos Tensión y peso. Esto se debe al elevado porcentaje de lignina que poseen sus fibras en bruto (cáscara exterior que envuelve a la fibra). Esto hace que la resina impregne la parte visible del tejido, dejando burbujas de aire entre las tramas y urdimbres. Los puntos de fractura durante las pruebas de tracción en laboratorio, coinciden con los puntos de impregnación insuficiente, las zonas de burbujas.

En cuanto a su manipulación, este tipo de fibra se aplica a zonas planas, ya que es muy poco flexible para su uso en curvaturas.

La fibra de lino es un tejido fino, con un mayor número de procesos de terminación en la tela (blanqueado, planchado industrial, etc) ésta resulta ser la más liviana como compuesto, además presenta un aspecto suave en la superficie y el menor espesor de fibras a pesar de tener 3 capas laminares.

El yute y el cáñamo obtienen resultados muy similares en cuanto a tensión y elongación. La fibra de cáñamo es menos procesada, por consiguiente absorbe una mayor cantidad de resina, aumentando el peso total. El yute en cambio, es la fibra más competitiva en cuanto a espesor, peso, resistencia de tención, y adaptabilidad en curvaturas.

De acuerdo al proceso de experimentación anteriormente desarrollado con 25 probetas, se establecieron determinadas características de usabilidad, propiedades mecánicas y criterio de manipulación que permiten determinar una primera aplicación dinámica, con el objetivo de poner a prueba esos resultados e identificar conclusiones que permitan dar nuevos usos a las fibras vegetales.

CAPÍTULO 4

PROPUESTA DE APLICACIÓN

4.1. Área de aplicación

El prototipo funcional, corresponde a Protean, un velomóvil solar, el cual pretende ser una plataforma de aplicación, para evaluar los puntos críticos en el desarrollo de dos áreas: carenado y panelería estructural del vehículo. Para esto se definen tres usuarios

Usuario primario: piloto quien debe manejar y decidir movimientos espontáneos en ruta, así como seguir las instrucciones del equipo de monitoreo del vehículo.

Usuarios secundarios o asistentes: se definen por las tareas de mantención del vehículo, tales como cambio de neumáticos, regulación de suspensión, revisión eléctrica y de electrónica, sistema de celdas y tracking, controlador y motor, ya asistencia al piloto en ruta.

Usuario fabricante: es la persona que realiza las tareas relacionadas a la construcción del vehículo, por lo tanto manipula los materiales y está expuesto a ellos.

4.2. Desarrollo del Carenado

La estrategia de trabajo se divide en 3 etapas: master, desarrollo de moldes y laminación (en el caso del panel, no se incluyen el master ni moldes, ya que se trabaja sobre una superficie plana)

Antes de comenzar a construir, es necesario evaluar los puntos críticos del modelo 3D, de acuerdo a criterios técnicos, de manipulación y uso.

- Puntos críticos según el tipo de tecnología a utilizar, en este caso corresponde al desarrollo de moldes para laminación de bio-compuesto²⁹ FRP.

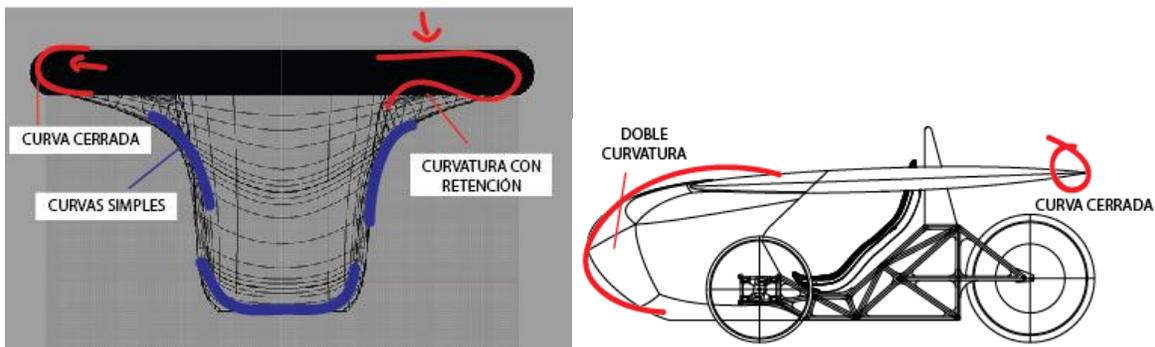


Figure 5. Curvas cerradas y ángulos de salida. Elaboración propia

²⁹ Ver definición en el marco teórico

- Evaluación del diseño según la manipulación y uso

Para el desarrollo de moldes es importante considerar a los usuarios presentes en el uso del vehículo, es decir el piloto, y también al usuario encargado de la fabricación del producto. En este caso se definen 3 áreas de difícil acceso: laterales superiores y la punta delantera.

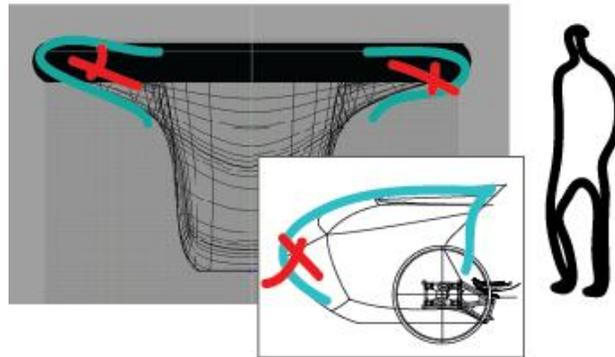


Figure 6. Zonas de difícil alcance. Elaboración propia

4.2.1. Master

El proceso de construcción es el mismo que se realizó en Eolian 2. En primer lugar se divide el modelo en planos verticales con un espesor de 40 mm (depende del espesor del material a utilizar, en este caso, poliestireno de alta densidad 40 mm). El corte es realizado con maquinaria cnc.

- Maquinado CNC

El tiempo de producción es de aproximadamente 20 horas (fresa recta de 12 mm). El maquinado se realiza en 2 pasos: Primero se cortan las superficies, previamente agrupadas (rebaje) y luego un corte perimetral de cada pieza con un proceso de parallelfinishing.³⁰

³⁰ Es un tipo de trayectoria que define la fresa, ideal para realizar desbastes, acabados de radio,



Figura 7. Maquinado Cnc del master. Elaboración propia

- Unión de piezas: Luego de pegar módulos de 3 a 4 piezas (como adhesivo se utiliza acetato de polivinilo o también conocida como cola-fría) se unen los módulos, previamente enumeradas y en orden; además, se utiliza como guía estructural perfiles tubulares de acero.



Figure 7. Unión de piezas. Elaboración propia

- Terminaciones del poliestireno: Luego de terminar de pegar y prensar todas las piezas, se sellan las imperfecciones (orificos y desniveles) con poliuretano expandido.



Figure 8. Sellado de imperfecciones. Elaboración propia

- Lijado: Esta etapa es clave para lograr un buen resultado de laminado. El modelo se desbasta desde un grano 80 hasta un grano de 220 con lija madera.



Figure 9. Etapa de lijado. Elaboración propia

Tiempo de lijado: 2 días

- Terminaciones: Para comenzar el trabajo de enmasillado es necesario sellar el material, ya que los componentes de la masilla no son compatibles con el poliestireno; para ello se aplica la siguiente mezcla: 70 % cola fría, 30% de agua, para evidenciar las zonas selladas se agrega un color a la mezcla. El proceso se lleva a cabo en dos etapas: La primera capa cubriente se realiza con espátulas, la segunda capa se aplica con pistola y con una mezcla más acuosa para realizar un sellado más pulcro.



Figure 10. Etapa de sellado del master. Elaboración propia

A continuación se aplica masilla magica en toda la superficie del master. Primero se utiliza una masilla gruesa, tratando de dejar la superficie lo mas pulcra posible, se utiliza una regleta metalica lisa. Una vez realizado un primer lijado sobre la capa de masilla, se aplica una segunda capa de terminacion, que no es otra cosa que una masilla mas fina y blanda, que permite lijar con lijas mas finas. Para terminar se aplican 2 capas de primer gris, al secarse se utiliza de manera manual un scocht brihg, para eliminar aspersiones de la pintura, e incluso sacar un poco de brillo.



Figure 11. Enmasillado del master. Elaboración propia

El proceso completo del master fue realizado en una semana. Para lograr un acabado perfecto es necesario incluir mas tiempo en cada una de las etapas descritas.

4.2.2. Desarrollo de moldes

En el desarrollo de los moldes, el factor tiempo fue uno de las variables en la toma de decisiones, ya que el número de moldes influye de manera importante en la carta gant (1 molde = 1 día de trabajo)

Evaluando los aspectos técnicos, de uso, tiempo y costo, se decide realizar 4 moldes abiertos. Se utiliza una luz para definir la línea de división de los moldes, demarcando las curvas simples en el efecto claro-oscuro a las superficie a trabajar.

Antes de comenzar su construcción se aplican 10 capas de cera, puliendola entre cada una.



Figure 12. Desarrollo de moldes. Elaboración propia

Por lo tanto se hacen las divisiones necesarias, con cartón, mdf o trozos de pai, pegados con masilla. Este borde permitirá realizar el vacío de las piezas.



Ilustración 38. Construcción de moldes. Elaboración propia

Para la fabricación de los moldes se utiliza resina poliéster y 4 capas de fibra mat.

El proceso es llevado de manera alterna y cruzada, es decir, se laminan 2 moldes intercaladamente.

Luego de cortar el excedente y perforar los bordes, se procede al desmolde de las 4 piezas; se unen en par para comenzar la laminación. Los moldes se lavan con agua para eliminar el desmoldante y se aplican 10 capas de cera en cada uno de los moldes.



Ilustración 39. Moldes inferior y superior. Elaboración propia

Durante el proceso de laminación del molde superior se identificaron varias observaciones:

Al tratarse de un tejido de fibras más gruesas que las convencionales, las zonas donde el molde tiene curvas cerradas la tela tiende a caer.

Curvas cerradas en la estructura del molde, dificulta el proceso de laminación

Por tanto se opta por eliminar la fibra de Yute y realizar la parte superior con fibra de vidrio tejida de menor gramaje 140 gr-/m².

Otro factor importante a considerar, es que las celdas solares se montaron sobre la superficie del modelo, por tanto es requisito mantener una superficie rígida y plana, para evitar que las celdas se quiebren al montarlas.



Ilustración 40. Problemas de laminación. Elaboración Propia

PREPARACIÓN DEL MATERIAL

Dimensionado y planchado de fibra de yute

Antes de comenzar con el laminado, es recomendable, hacer el desarrollo de las piezas, para optimizar el tiempo de aplicación durante la laminación. Las fibras de yute son reutilizadas desde sacos de café, importados desde Brasil y comprados donados por la empresa “Sacos del Porte”, a modo de experimentar con este tipo de materiales, para darles un nuevo uso.



Ilustración 41. Desarrollo de Moldes y piezas en textil de yute. Elaboración propia

A continuación de limpiar la fibra y eliminar los granos de café restantes, esta es planchada, ya que además de eliminar los quiebres de la fibra y proporcionará mejor presentación, este paso constituye una etapa más del proceso de terminación en confección de telas, estabilizando el ancho, se da rigidez y homogeneidad.³¹

³¹ Paulina meya, conversaciones.



Ilustración 42. Planchado de la tela. Elaboración propia

4.2.3. Laminación

Durante el proceso de laminación del carenado inferior, la fibra se comporta muy bien, ya que se adapta a todas las curvas, y no cae. Se utiliza una resina con carga al 7% de aerosil, para evitar que esta escurra hasta la base del molde debido a su morfología.

Se utiliza solo una capa de fibra, sin embargo el vacío no funciona de buena manera.

La decisión de utilizar una menor cantidad de capas, incidió directamente en la pieza final, ya que hubo filtraciones intralaminares, y un borde irregular que no permitieron relizar un proceso de vacío como corresponde.



Ilustración 43. Laminación molde inferior. Elaboración propia



Ilustración 44. Ángulos adecuados de laminación. Elaboración propia

Luego de laminar ambos moldes por separado, se procede a unirlos todos nuevamente y laminar una cinta de 10 cm para unir ambas partes; en estos procesos no se utiliza vacío, y el proceso de laminación es muy complejo debido al mínimo alcance que se tiene, desde dentro hasta la punta interna, por la forma del molde.

4.2.4. Desmolde



Durante el desmolde, no se producen retenciones, y el resultado es una fibra mixta que presenta variadas burbujas de aire en su superficie.

4.3. Desarrollo del panel estructural

4.3.1. Preparación del material

Se utiliza klegecell, como núcleo de los paneles estructurantes, los cuales se dimensionan y perforan; de esta manera, se forman clavos conductores de resinas y las capas quedan unidas mecánicamente.

La perforación se realiza con una máquina con clavos de 2mm de espesor y una separación de 2 cm entre sí.

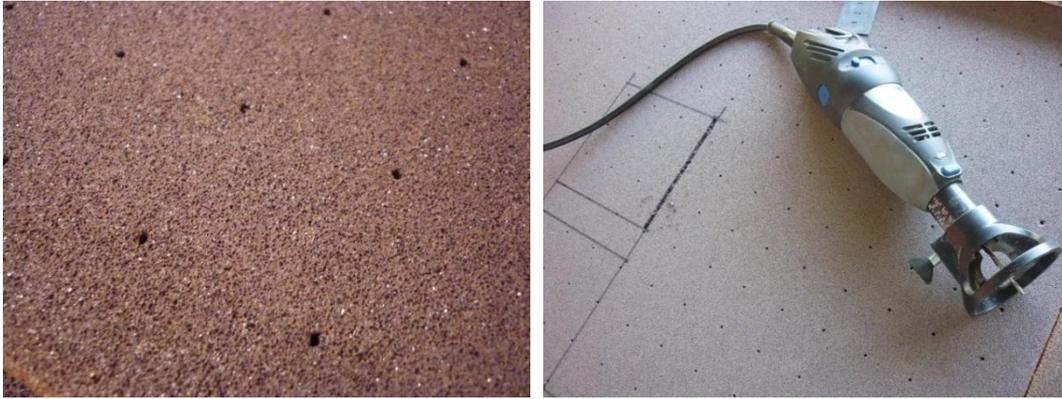


Figure 13. Perforación en klegecell

Se dimensionan los insertos de terciado, los cuales son necesario para utilizarlos como soporte de fuerzas puntuales.

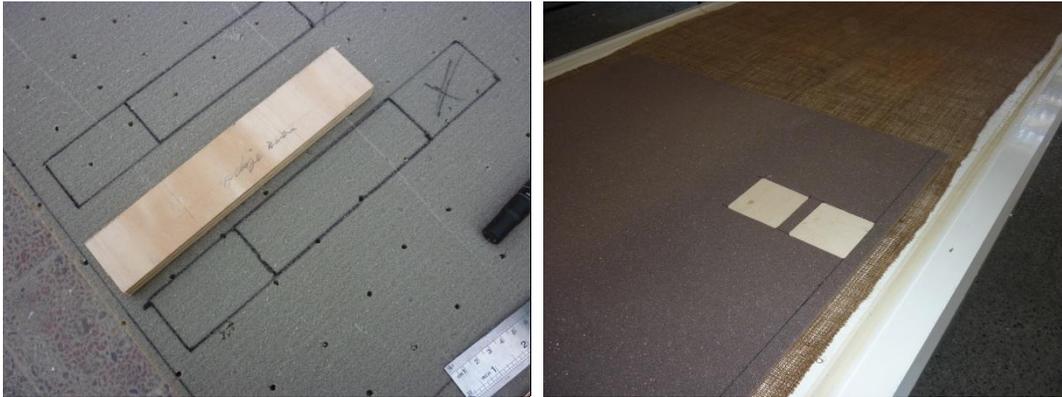


Ilustración 45. Corte de insertos. Elaboración propia

4.3.2. Laminación



Figure 14. Laminación de Yute con Núcleo de klegecell. Elaboración propia

Materiales utilizados: Resina 324 P-C

Total de resina: 3 kilos 120 gr

La impregnación se realiza con rodillos. El equipo de trabajo está constituido por 4 personas, 3 en laminación + 1 persona encargada de la preparación de resinas y la entrega de material (fibra cortada, espuma, rodillos limpios, etc)



Figure 15. Preparación del vacío. Elaboración propia

Luego de aplicar 1 capa de fibra de yute por lado, y poner el núcleo con los insertos, se procede a incorporar una capa de peel play³², y luego napa, la cual absorberá toda la resina excedente.

³² Corresponde a un tipo tejido que permite eliminar los excesos de resina durante el vacío, dar una terminación porosa al compuesto y ser antiadherente.



Figure 16. Válvula de vacío. Elaboración propia

Finalmente se aplica el vacío, manteniéndolo por 12 horas a 35 ° C aproximadamente³³.

4.3.3. Desmoldar y dimensionar

Al desmoldar el panel estructural hubo retenciones, es decir, adherencia del compuesto a la superficie utilizada como molde. Parte de la fibra y el inserto son fracturados. Esto se debe generalmente a un procedimiento mal hecho en la aplicación de cera desmoldante, la cual debe estar muy seca antes de comenzar el laminado.



Figure 17. Retención de la pieza. Elaboración propia

³³ Para un mejor control de la temperatura, se realiza un horno de polietileno, el cual es calentado por calefactores constantemente.

4.3.4. Corte de piezas

Para cortar las piezas se imprime un plano a escala 1:1 de las piezas dispuestas en orden de optimizar espacio. Se utiliza una router manual y una caladora. La fibra se adhiere muy fuertemente a la espuma y no presenta delaminaciones. Es quebradiza y se puede lijar con facilidad.

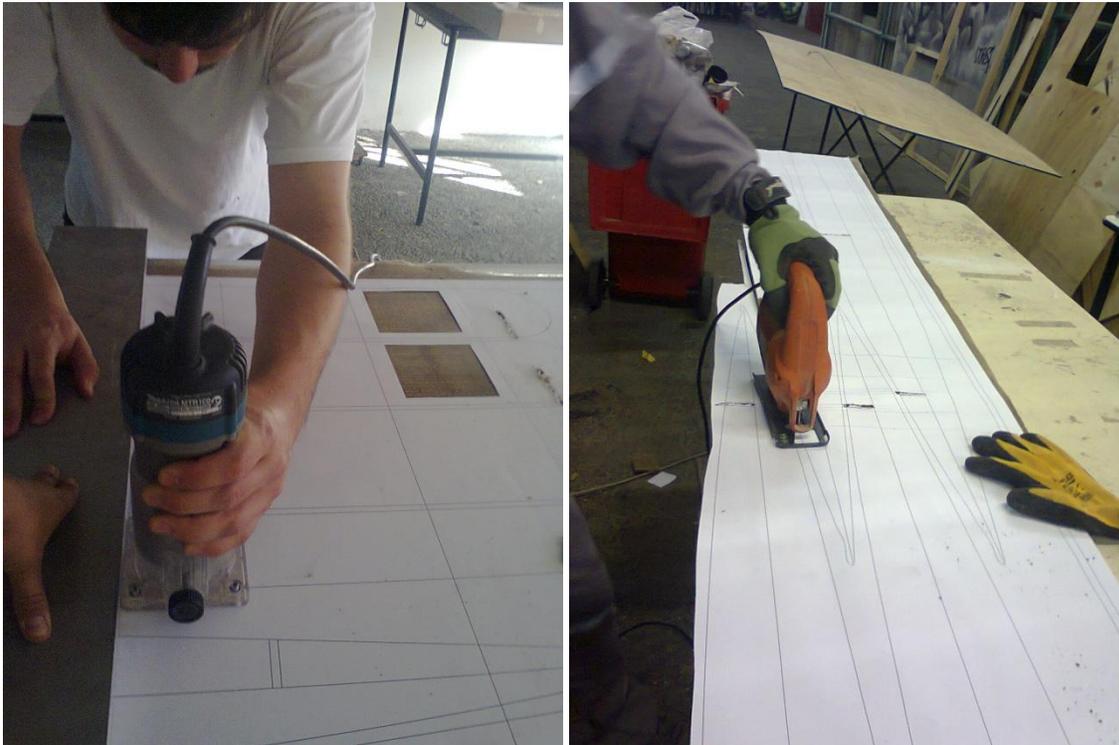


Figure 18. Dimensionado de piezas. Elaboración propia

Luego de cortar todas piezas, y ensamblarlas, se procede a pegarlas con un adhesivo de poliuretano; de esta manera las uniones no quedan rígidas y absorben parte de las vibraciones.

4.4. Resultados en terreno

Durante la competencia, la estructura soportante del carenado superior, se comporto bien, incluso recibiendo grandes esfuerzos puntuales como el amarre de una fijacion elástica que permitiera tener el carenado superior fijo, debido al viento.



Figure 19. Resultados en terreno. Elaboración propia

El resultado del carenado inferior en conjunto con la fibra de vidior del carenado superior, presenta cualidades muy favorables, ya que si bien se utiliza solo una capa de fibra de yute, el material tiende a ser mas flexible y poco quebradizo.



Figure 20. Carenado Mixto. Elaboración Propio

En cuanto a las condiciones climatológicas a las que estuvo expuesto, la fibra de yute no absorbe mayor temperatura que la fibra de vidrio, y perceptualmente deja pasar mas luz a través del tejido que es mas abierto.



Figure 21. Resultados en fibra de yute. Elaboración propia



Figure 22. Aplicación en terreno. Elaboración propia

CONCLUSIONES

Se establecen 7 zonas de análisis, de acuerdo a las observaciones hechas durante la carrera y el proceso experimental.

Las zonas se encuentran clasificadas de acuerdo a requerimientos de los usuarios y aspectos técnicos del proceso de laminación.

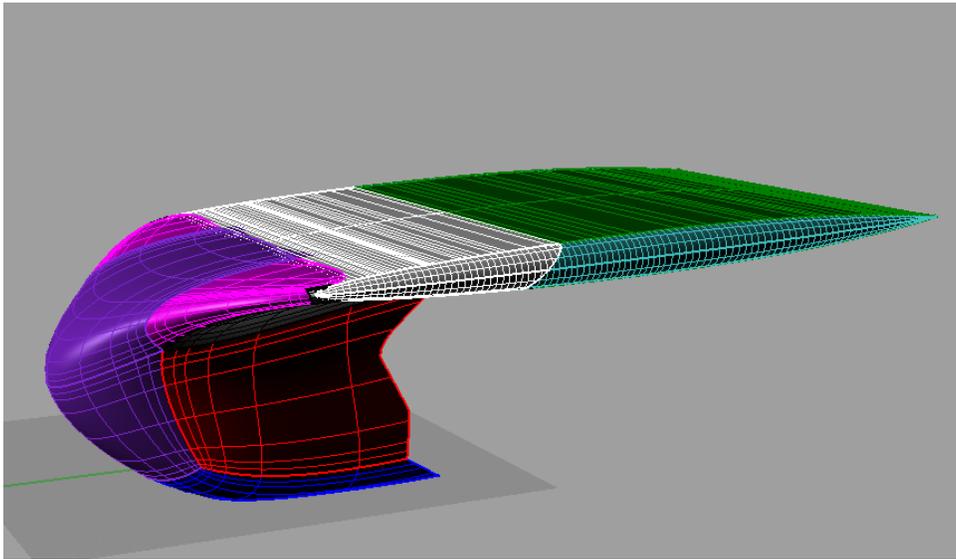


Figure 23. Zonas de análisis del modelo digital. Elaboración propia

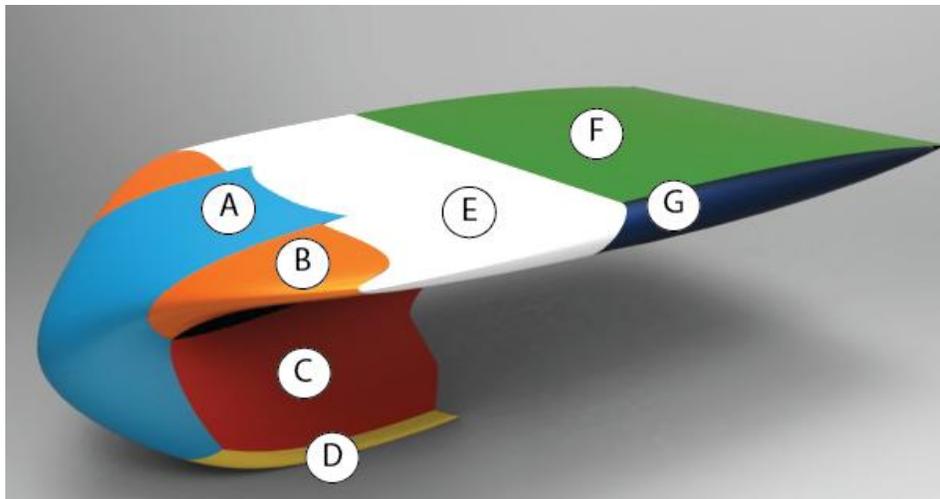


Figure 24. Clasificación de las zonas de análisis. Elaboración propia

zona de análisis	alcance por laminación	alcance para mantenimiento eléctrica y mecánica	autosoporte	impacto del sol y viento	materiales	numero de capas	consideraciones de diseño
A	unión de partes, mala	apenas loggable	buen comportamiento, por el tipo de curva	no se observan cambios	mixto	2 de vidrio 1 de yute	por seguridad debe incorporarse núcleo al diseño, ya que es la punta de ataque del vehículo.
B	imposible de llegar, ni siquiera contempla las medidas de una mano, zona de unión	imposible de llegar, ni siquiera contempla las medidas de una mano, zona de unión	se evidencia 2 puntos de rotura, debido a la falta de nervaduras en la zona	el quiebre hace que tienda descascararse las zonas	vidrio	1 yute	el diseño de esta zona debe ser de curvas con mayor radio, mínimo el ancho de la mano, además de poseer paneles internos que ayuden a estructurar el diseño
C	muy buena, molde abierto	zona de caja de suspensión, interviene en el acceso al piloto	tiene de a separarse del centro, no hay nervaduras ni estructura interna de soporte	esta más expuesto al peso del lastre y fijación al carenado, y se comporta bien,	yute	1 yute	zona plana debe ser con un núcleo, y poseer una estructura que limite el diámetro de la forma cerrada
D	tiende a acumular mas resina, por la forma del molde y su laminación	zona de fijación al chasis, no esta considerada y las cintas plasticas no resisten	tiende a caer, a flexarse, no tiene memoria, pero el material no se quiebra.		yute	1 yute	definir previamente las zonas de unión al chasis, para incorporarlo como nervaduras de la piel
G	doble curvatura, no se adhiere la fibra	zona de mayor manipulación por acceso al piloto y componentes	buen auto soporte por el tipo de curvatura	no se registraron cambios	vidrio	2 de vidrio	establecer zonas de manipulación con un apoyo de núcleo, y connotación de color
F	incorporación de núcleo solo e partes planas	no hay problemas de alcances, y lleva panelería estructural	la superficie tiende a torcerse de manera diagonal y en todo el vehículo, en conjunto funciona rígido	la pintura tiende a descascararse, sin embargo la fibra no presenta mayores complicaciones, buena fijación al chasis por el viento	vidrio	2 vidrio mas núcleo	albergar la superficie de celdas solares, a través de un bajo relieve que además aporta a modo de nervadura interior.
E	solo los bordes de doble curvatura presnetan problemas	zona sin problemas	zona con incorporación de núcleo en las partes planas	no presenta problemas de flexion	vidrio	2 vidrio mas núcleo	además de albergar a las celdas solares a través de un bajo relieve, se debe considerar al usuario que laminara el producto.

Tabla 12. Tabla de Observaciones. Elaboración propia

*Zona de panelería (zona E y F): la superficie trasera, verde, fue realizada en un molde extra, realizado sin master, de manera paralela a la construcción del master. Las medidas de ancho del vehículo no calzaron, ya que no se consideró el espesor del adhesivo, el cual aumento 34 mm, en dirección horizontal.

Al terminar la fabricación del master se comprueban las medidas del master, y al corroborar el aumento del ancho del vehículo, se decide intervenir el molde de la parte trasera, y aumentar su ancho en 34 mm, para que las medidas coincidan.

Análisis en el desarrollo de moldes

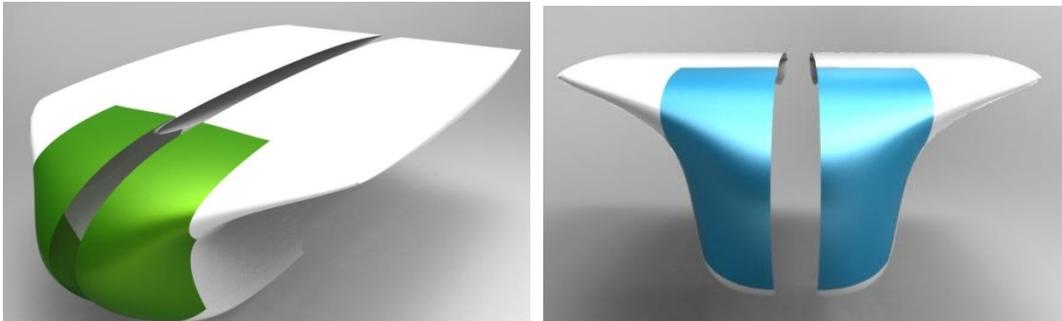


Ilustración 46. Corte vertical del carenado. Vista en perspectiva y frontal. Elaboración propia

Existen dos líneas de trabajo como límites del desarrollo de moldes, y se vinculan directamente con las curvas cerradas que posee el modelo.

En la figura se muestra de qué manera se divide la curva delantera en el sentido vertical.

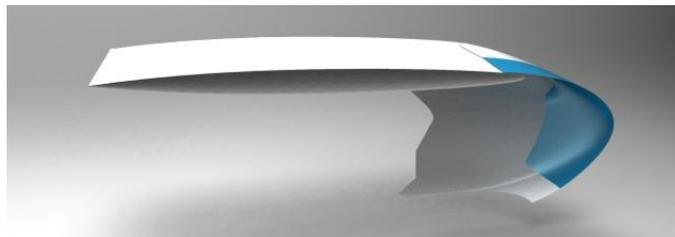


Ilustración 47. Vista Lateral, sección derecha del vehículo. Elaboración propia

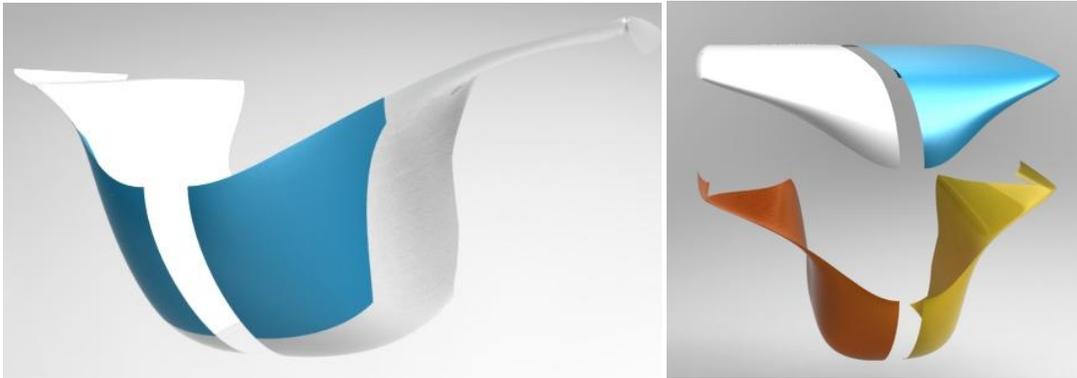


Ilustración 48. Molde inferior. Elaboración propia

Filosofía del protean: Proyectarse a otros usos y aplicaciones

Se podrían profundizar diferentes temáticas para evidenciar el potencial de Chile en el trabajo con fibras vegetales.

Una fibra de yute de tejido twill, podría ayudar en la adaptación de curvas difíciles y de menor radio al ser un tejido más flexible en su estructura.

Por otra parte al preferir una fibra de menor gramaje se otorga la posibilidad de aplicar mayor número de capas sin aumentar de manera considerable el peso total

En cuanto a la manipulación y el desarrollo de moldes, se debe considerar el peso de la fibra, ya que tiende a caer por la gravedad y demorar más tiempo en impregnarse que la fibra de vidrio, por lo tanto los moldes deben realizarse de manera abierta, poniendo un límite de curvatura simple; en caso de ser vertical, se recomienda tener un apoyo superior o bien, disponer el molde en manera diagonal.

Al tratarse de una fibra natural, vegetal, su manipulación no es toxica para el ser humano, permitiendo hacer un trabajo previo aportando experiencia en la práctica manual. Sin embargo se recomienda utilizar mascarilla y guantes para evitar el traspaso de grasitud a la fibra planchada y prevenir las inhalaciones de fibras que podrían irritar los pulmones.

Bibliografía

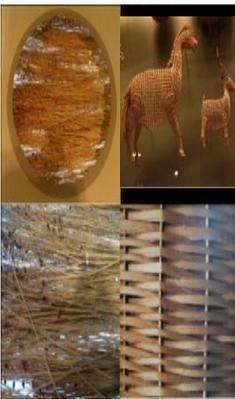
- sireg*. (1936). Recuperado el 30 de noviembre de 2012, de <http://www.sireg.it>
- Año Internacional de las Fibras Naturales 2009*. (Septiembre de 2009). Recuperado el 13 de Abril de 2012, de <http://www.naturalfibras2009.org>
- Palma Chilena*. (2012). Recuperado el 12 de noviembre de 2012, de <http://www.palmachilena.cl/>
- Anaiz, I. (2011). *Informe Base Memoria*. Santiago.
- anonimo. (s.f.). *Profesor en línea*. Recuperado el 10 de julio de 2012, de <http://www.profesorenlinea.cl>
- Caballero, M. C. (s.f.). *intranet del ciidir oaxaca*. Recuperado el 2012, de <http://intranet.ciidiroaxaca.ipn.mx>
- FAO (Dirección). (2009). *Año Internacional de las Fibras Naturales* [Película].
- Foro Chile Bosque. (junio de 2010). *Chile Bosque*. Recuperado el 2011, de <http://www.chilebosque.cl/foro/viewtopic.php?t=2686>
- Goroover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna*. México, Df.: mc. Graww.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna. tercera edición*. Df. México: Mc Graw Hil.
- Groover, M. P. (2007). *Fundamentos de manufactura moderna. Tercera edición*. Df. México: Mc Graw Hil.
- Manzi, E. V. (2003). *Diseño de superficies textiles con fibras vegetales*. Santiago.
- ONG La Ruta Solar. (2011). *Carrera Solar Atacama*. Recuperado el 8 de enero de 2013, de <http://carrerasolar.com/carrera/>
- Pérez, C. A. (1984). La otra cara de las malezas. *Tikalía. Revista de la Facultad de Agronomía*, 6.
- Real Academia Española. (2010). *Diccionario de la Lengua Española*. Recuperado el 10 de octubre de 2012, de ema.rae.es
- Real Jardín Botánico de Madrid, Consejo Superior de Investigaciones Científicas. (2006). Plantas de fibra. En M. J. Macía. Madrid: M. Moraes R., B. Øllgaard, L. P. Kvist, F. Borchsenius & H. Balslev.
- Ríos, O. P. (1967). *La Cestería chilena*. Santiago.
- SUBPROGRAMA INNPACTO 2010. (2 de Mayo de 2010). *Observatorio Tecnológico*. Recuperado el 30 de diciembre de 2012, de <http://www.observatoriotextil.com>

Vieytes, R. (2004). *Metodología de la investigación en organizaciones, mercado y sociedad. Epistemología y técnicas*. Buenos Aires: Editorial De las Ciencias.

ANEXOS

Anexo 1

(Foro Chile Bosque, 2010)

Fibras vegetales en Chile						
	Imagen	Familia	Nombre científico	Procedencia	Status	Método de hilado
Norte		Typhaceae	Totora, Typha angustifolia, totora reed.	Región I, Región V, Región VII, Región IX	Cosmopolita /nativa	Mono
		Poaceae	Holcus Halapensis. Curagüilla, Sorghum halapense	Región I, Región II, Región III, Región IV, Región V, Región VI, Región VIII, Región IX, Región XII, Isla de Pascua, Región Metropolitana de Santiago	Introducida	Mono
		Poaceae	Quila, Chusquea quila	Región V, Región VI, Región VII, Región VIII, Región IX	Endémica-7 nativa	Mono
		Poaceae	Aristida Pallens. Coiron	Región VII, Región VIII, Región IX	Endémica/nativa	Mono

Fibras vegetales en Chile				
	Familia	Imagen	Características	Usos
Norte	Typhaceae		Hierba Perenne	Se emplea para protector del colchón o cama, como mantel, asiento, alfombra o felpudo, para dividir las habitaciones en las viviendas, como paredes, techos (tumbados), puertas, ventanas y cortinas, esteras, aventadores, pequeñas embarcaciones (caballitos), sombreros, camisas, bolsos y juguete.
	Poaceae		Hierba perenne	Sus parojas florales se utilizan para la fabricación de escobas.
	Poaceae		Hierba subleñosa Perenne	Planta de valor ornamental
	Poaceae		Hierba perenne	Se utiliza para la fabricación de techumbres en casas de playas y Quitasoles.

Fibras vegetales en Chile						
	Imagen	Familia	Nombre científico	Procedencia	Status	Método de hilado
Norte		Poaceae	Coligüe, chusquea cule	Región IV, Región VII, Región VIII, Región IX, Región X, Región XI	Endémica	Mono
		Poaceae	Cañas brava, gynerium Sagittatum (Aubl) P.Beauv	Región IV,		Mono
		Poaceae	Cortadera, Cortaderia selloana	Región I, Región III, Región V, Región VI, Región VIII, Región IX, Región X, Región XI, Región XII, Región Metropolitana de Santiago	Nativa	Mono
		Bromeliaceae	Greigia landbeckii. Ñocha	Región VIII, Región X	Endémica	Mono

Fibras vegetales en Chile				
	Familia	Imagen	Características	Usos
Norte	Poaceae		Hierba subleñosa Perenne	Los tallos secos se tejen para elaborar esteras (sackas), canastas de uso doméstico, juguetes, cunas, sombreros o trampas para pescar peces.
	Poaceae		Herbacea	Se utiliza para la fabricación de flechas, arpones y dardos, para la construcción de la vivienda, y en la elaboración artesanal; cestas y sombreros. Para la fabricación de cercos, jaulas. Tiene propiedades medicinales: diurético, antianemico, antiinflamatorio, reuma, gota, y es depurador de la sangre.
	Poaceae		Hierba Perenne	Planta de valoración ornamental
	Bromeliaceae		Hierba perenne	Planta de valor ornamental y comestible.

Fibras vegetales en Chile						
	Imagen	Familia	Nombre científico	Procedencia	Status	Método de hilado
Norte		Bromeliaceae	Greigia sphacelata, Chupón	Región VII, Región VIII, Región IX, Región X	Endémica	Mono
		Asteraceae	cadillo, Xanthium spinosum	Región II, Región III, Región IV, Región V, Región VII, Región VIII, Región IX,	Nativa	Dico
		Luzuriagaceae	Raíz de quilineja, Luzuriaga Radicans	Región VII, Región VIII, Región IX, Región X, Región XI	Endémica	Mono
		gramineas	Zea Mays - Hoja de Choclo - corn leaf	Valle Central. Pichidegua, región de Libertador Bernardo O'Higgins		Mono
		Gramíneas	Triticum Vulgaris. paja de trigo - Wheat straw	Valle Central, La Lajuela, Región Librtador Bernado O'Higgins. Liucura, Región del Bío-Bío		Mono

Fibras vegetales en Chile				
	Familia	Imagen	Características	Usos
Norte	Bromeliaceae		Hierba Perenne	Se hacen chaywes (canastos) resistentes para la cosecha de las papas, así como chaywes de tejido muy apretado y con tapa para guardar harina tostada, o chaywes con un tejido abierto formando una maya flexible y resistente para salir a recoger mariscos.
	Asteraceae		Hierba anual	La corteza se emplea ocasionalmente para amarrar cargas de leña y paja, también para la cestería.
	Luzuriagaceae		Subarbusto (Perenne)	Materia prima utilizada para la fabricación de cestería : canastos, teteras, paños de mesa y lámparas de gran delicadeza; además de escobas y canastos chicheros
	gramineas			Artesanías
	Gramíneas			Se producen principalmente sombreros o chupallas, canastos, bolsos y carteras.

Fibras vegetales en Chile						
	Imagen	Familia	Nombre científico	Procedencia	Status	Método de hilado
Norte		Salicaceae	Salix Viminalis. Mimbre, Wicker	Región VI, Región VII, Región VIII, Región X	Adventicia	Dico
		Lardizabalaceae	Voqui Pil Pil, Boquila Trifoliolata	Región VII, Región VIII, Región IX, Región X	Endémica	
Centro		Vitaceae	Voqui Pil fuco, Cissus Striata	Región IV, Región V, Región VI, Región VII, Región VIII, Región IX, Región X, Región XII, Región Metropolitana de Santiago	Endémica	Dico
			Avena de hirsuta o avena barbata, Teatina, oat straw	Valle Central, La Lajuela, Región Librtador Bernado O'Higgins.		Mono

Fibras vegetales en Chile				
	Familia	Imagen	Características	Usos
Norte	Salicaceae		Arbusto o árbol (Perenne)	Las raíces aéreas de esta planta hemiepífita se emplean en cestería para la elaboración de muebles, esteras, aventadores, escobas y en cordelería para todo tipo de amarres.
	Lardizabalaceae		Liana perenne	Las lianas y vástagos se usan para diversos fines: presentan un bellissimo uso tradicional en cestería fina, elaborándose además con sus tallos, sogas y amarras para cercos, cerchas y techos, y también se han usado para amarras de quinchos, sogas de botes, canastos para prensar
	Vitaceae		Liana perenne	Cestería y decoración
Centro				Sin antecedentes

Fibras vegetales en Chile						
	Imagen	Familia	Nombre científico	Procedencia	Status	Método de hilado
Sur		Pinaceae	Manila, Eryngium Paniculatum, Manila Hemp	Región IV, Región V, Región VI, Región VII, Región VIII, Región IX, Región X, Región Metropolitana de Santiago	Nativa	Mono
		Juncaceae	Junquillo, cunquilla, junco, ñapo, juncus sp	Región XI, Región XII	Incierto	Mono
		Juncaceae	Marsippospermun grandiflorum. Junco.	Región VIII, Región IX, Región X, Región XI, Región XII	Endémica	Mono
		Agavaceae	Pita, Agave americana		Introducida	Mono
		moraceae	Mahute , brossonetia papyfera	Región V	Nativo	Dico

Fibras vegetales en Chile				
	Familia	Imagen	Características	Usos
Sur	Pinaceae		Hierba perenne	Planta de propiedades medicinales y baja utilidad ornamental
	Juncaceae			Es utilizado en la artesanía tradicional desde tiempos prehistóricos. La cestería en junquillo tiene antecedentes indígenas mezclada con influencia de los jesuitas.
	Juncaceae		Hierba perenne	Con los tallos se confeccionan canastos, petacas y maceteros de distintos tamaños y otros más modernos, en los que la totorilla se emplea para forrar diversas piezas de cerámica y botellas de cristal. También se tejen los llamados joyeros.
	Agavaceae		La fibra que se extrae de las hojas se emplea para hacer shigras o bolsos, cuerdas para distinto tipo de amarres, especialmente	Con la fibra que se extrae de las hojas se elaboran sogas y costales resistentes.
	moraceae		Árbol, arbusto	Las fibras vegetales de rapa nui se han utilizado desde tiempos ancestrales, principalmente para la elaboración de vestuario ritual y cotidiano.

Fibras vegetales en Chile						
	Imagen	Familia	Nombre científico	Procedencia	Status	Método de hilado
Sur		filesiaceas	Copihue, lapageria rosea	Región VIII	Endémica	Mono
		Polygonaceae	Voqui, quilo, voqui quilo, muehlenbeckia hastulata (j.e.s.)johnst.	Región X	Endémica	Dico
		Palmae	Jubaea chilensis, Palma chilena, Palma de coquitos, Palma de miel.	Región VI, Región VII	Endémica / nativa	

Fibras vegetales en Chile				
	Familia	Imagen	Características	Usos
Sur				Su uso en artesanías es de origen indígena. Se produce especialmente contenedores de diferentes dimensiones, para lo que se usa los tallos de la planta.
		 <small>www.chileflora.com © 2003 M. Belov</small>	Planta trepadora, perenne	Se realizan canastos chilotes que pueden dividirse entre, los de tierra, los de mar y los de aire.
				La Palma chilena se emplea tradicionalmente en la fabricación de la llamada "miel de palma" Las semillas o coquitos de palma son comestibles y empleados en confitería. Uso ornamental

