

**UNIVERSIDAD DEL PAPALOAPAN**

**UTILIZACIÓN DE FIBRA DE PIÑA COMO REEMPLAZO DE MADERA COMPRIMIDA  
EN EL DISEÑO DE MUEBLES**

Tesis profesional para la obtención del Título de Ingeniero en Diseño

Presenta:

Carol Castro Reyes

Con la Dirección de:

Dr. Roberto Suárez Orduña

LOMA BONITA, OAXACA, (Diciembre 2009)

# Agradecimientos

*Gracias a Dios por darme la fortaleza, la paciencia y sobre todo la capacidad para terminar mi licenciatura así como la culminación de este proyecto.*

*Gracias a mis padres y hermanos por confiar en mí, alentándome cada día para lograr este propósito, así como el gran esfuerzo que han hecho para darme lo necesario para finalizar la tesis.*

*Gracias a mis amigos Eliza, Gladys, Armando, quienes siempre confiaron en mí demostrándome su apoyo, comprensión y sobre todo su cariño.*

*Gracias a mis amigos y compañeros de universidad, Eloina, Flor, Iván, Gerardo, Luz, María José, de quienes siempre recibí su amistad y apoyo para cada una de mis necesidades y dificultades en el transcurso de carrera.*

*Gracias al Dr. Roberto Suárez Orduña por depositar su confianza en mí y sobre todo por comprenderme y darme ánimos cuando más los necesitaba, así como brindarme su tiempo y esfuerzo para terminar este proyecto que es muy importante en mi nivel profesional.*

*Gracias a Félix Omar Saldívar Martínez y Roberto Castañeda Ramos (auxiliares técnico) quienes me auxiliaron cuando necesitaba de su ayuda.*

*Gracias a Eliaquin Aulís Sánchez sobre todo por ser un buen amigo y facilitarme su apoyo, el espacio y la maquinaria que se solicitaba.*

*Gracias a mis revisores el M.D.I. Alejandro Dávila Palmieri, M.A.V. Alejandro Alberto Bravo Guzmán, M.C. Ricardo Acevedo Gómez, M.A. Hugo Tlachi García.*

*Especialmente, gracias a la Universidad del Papaloapan de la cual me siento orgullosa de haber sido parte del alumnado y tener los conocimientos de los cuales a hora soy capaz de desarrollar profesionalmente así como de haberme brindado su confianza.*

# Indice

**Indice de tablas**

**Indice de Figuras**

**Resumen**

**Abstract**

## **1 Introducción**

## **2 Marco Teórico**

2.1. Producción de piña . . . . .	3
2.2. Aplicaciones Alternativas de la fibra de piña. . . . .	4
2.3. Procesamiento de materiales aglomerados a base de madera	5
2.4. Muebles hechos con materiales reutilizados . . . . .	6
2.5. Mobiliario no convencional . . . . .	8
2.6. Obtención de la materia prima . . . . .	10

## **3 Metodología**

3.1. Desarrollo Experimental . . . . .	13
3.1.1. El problema . . . . .	13
3.1.2. Materiales y Tecnología . . . . .	17
3.1.3. Métodos de procesamiento de la piña . . . . .	18
3.1.4. Recopilación de datos . . . . .	18
3.1.5. Diseño de muebles a partir de tableros de aglomerado de piña . . . . .	19

---

3.1.5.1. Diseño no convencional . . . . .	20
3.1.5.2. Diseño de mueble multifuncional . . . . .	21
3.1.5.3. Diseño de porta vasos . . . . .	21
<b>4 Análisis y Resultados</b>	
4.1. Matriz de Correlación . . . . .	22
4.2. Delimitación del problema: Variables sociales . . . . .	23
4.2.1. Aceptación del producto . . . . .	24
4.2.2. Diseño del mueble . . . . .	24
4.2.3. Colores a utilizar . . . . .	25
4.3. Métodos de procesamiento de tableros a partir de cáscara de piña . . . . .	27
4.3.1. Preparación de la fibra . . . . .	27
4.3.2. Preparación de tableros de aglomerados a partir de cáscara de piña . . . . .	33
4.4. Estudio de tableros aglomerados . . . . .	35
4.4.1. Intemperismo . . . . .	35
4.4.2. Acabado . . . . .	36
4.4.3. Resistencia Mecánica . . . . .	39
4.4.4. Características de Tableros Aglomerados con Fibra de Cáscara de Piña . . . . .	42
4.5. Diseño de productos a partir de fibra de piña . . . . .	43
4.5.1. Desarrollo del mueble no convencional . . . . .	43
4.5.1.1. Bocetos del mueble no convencional . . . . .	43
4.5.1.2. Propuesta de diseño . . . . .	46
4.5.1.3. Validación del diseño propuesto . . . . .	48
4.5.1.4. El molde . . . . .	50
4.5.1.5. Elementos de unión . . . . .	51
4.5.1.6. Sujeción del mueble no convencional a la pared	52
4.5.1.7. Elemento para soporte de libros . . . . .	53

4.5.1.8. Mueble no convencional realizado con la cáscara de la piña . . . . .	54
4.5.2. Desarrollo del mueble Multifuncional . . . . .	55
4.5.2.1. Boceto . . . . .	55
4.5.3. Diseño de elementos complementarios: Porta vasos . . . . .	59
4.5.3.1. Propuestas de porta vasos . . . . .	59
4.5.3.2. Diseño definitivo . . . . .	62

**Conclusiones**

**Bibliografía**

**Apendice I**

**Apendice II (Planos)**

# Índice de Tablas

3.1. Comparativo de metodologías propuestas por diferentes autores . . . . .	11
3.2. Variables comunes dentro del desarrollo de un proyecto (17) . . . . .	13
4.1. Matriz de correlación . . . . .	23

# Índice de Figuras

2.1. Hilo a partir de la planta de la piña . . . . .	4
2.2. Proceso para la producción de madera aglomerada (9) . . . . .	6
2.3. Silla realizada con el corcho de botellas de vino . . . . .	7
2.4. Mueble realizado con residuos de plantas de jardín . . . . .	7
2.5. Librero "Bookworm" del diseñador Ron Arad (12) . . . . .	9
2.6. Librero "Opus", del diseñador Sean Yoo (12) . . . . .	9
3.1. Metodología . . . . .	12
3.2. matriz de correlación . . . . .	17
4.1. Diagrama representativo de las preferencias respecto a la adquisición de muebles u objetos con material reciclado. . . . .	25
4.2. Características que debe tener un mueble. . . . .	25
4.3. Preferencia de Colores . . . . .	26
4.4. Alimentación de fibra de piña en la desintegradora de forraje . . . . .	28
4.5. Recolección de fibra triturada . . . . .	28
4.6. Secado de las fibras procedentes de la cáscara de piña . . . . .	29
4.7. Cáscara de piña sometida a un proceso de convección natural por un in- tervalo de 1 semana . . . . .	29
4.8. Cáscara de piña sometida a un proceso de convección natural por un in- tervalo de 2 semanas . . . . .	30
4.9. Cáscara de piña sometida a un proceso de convección natural por un in- tervalo de 3 semanas . . . . .	30

4.10. Fibras de la cáscara de piña obtenidas después de un proceso de secado de 20 días. (a) Con un proceso inicial de trituración y (b) después de 2 procesos de trituración. . . . .	31
4.11. Determinación de tamaño de fibras de cáscara de piña . . . . .	31
4.12. Determinación de humedad relativa de las muestras de cáscara deshidratada. . . . .	32
4.13. Colocación de fibra de cáscara de piña en molde de acero al carbono . . . . .	33
4.14. Prensado de tableros aglomerados de cáscara de piña . . . . .	33
4.15. Fibra triturada solo antes del secado, con resina natural (brea) y polivinílica. . . . .	34
4.16. Muestra aglomerada con resina polivinílica . . . . .	35
4.17. Tablero aglomerado de piña con un acabado de Catalizador Sayer Lack Barniz Poliuretano n0050 fondo AB . . . . .	37
4.18. Tablero aglomerado de piña con un acabado de Tinte color Caoba . . . . .	37
4.19. Tablero aglomerado de piña con un acabado de tinte color nogal . . . . .	37
4.20. Tablero aglomerado de piña con un acabado de Poliuretano T-0028 . . . . .	38
4.21. Tablero aglomerado de piña con un acabado de Tinte color cedro . . . . .	38
4.22. Tablero aglomerado de piña recubierto con Barniz 610 Spar marino fenólic . . . . .	38
4.23. Tablero aglomerado de piña con un acabado de Vinílica color blanco . . . . .	39
4.24. Gráfica de esfuerzo de flexión contra % de desplazamiento de una muestra con 20% de resina natural. . . . .	40
4.25. Esfuerzo de Flexión contra % de resina natural en tableros aglomerados a partir de cáscara de piña. . . . .	41
4.26. Comparativo de resistencia a la flexión de muestras sometidas a procesos de compresión uniaxial mediante gato hidráulico (●) o mediante prensado manual (■). . . . .	42
4.27. Primer boceto el cual son tres módulos rectangulares . . . . .	44
4.28. Diseño que esta constituido por nueve módulos cúbicos . . . . .	45
4.29. a) Vista frontal del cual se observa la altura y ancho, b) Vista superior . . . . .	45
4.30. Boceto de tres módulos siendo su forma el líneas curvas . . . . .	46
4.31. Boceto final del cual se partió para desarrollar el mueble . . . . .	47

4.32. Vista superior del mueble . . . . .	47
4.33. Vista frontal del mueble no convencional . . . . .	47
4.34. Simulación de esfuerzos, utilizando la técnica de análisis de elemento finito.	49
4.35. Molde de madera rígida, triplay y lámina galvanizada . . . . .	50
4.36. laterales realizados con la cáscara de la piña . . . . .	51
4.37. Piezas utilizadas para el ensamble (20) . . . . .	52
4.38. Soporte que ira sujetado al mueble y a la pared . . . . .	52
4.39. Accesorio para la sujeción de libros . . . . .	53
4.40. mueble no convencional realizado con la cáscara de la piña . . . . .	54
4.41. Boceto 1 . . . . .	55
4.42. Diseño del mueble multifuncional . . . . .	56
4.43. a) Vista superior se muestra lo ancho y el grosor del mueble multifuncional, b) Vista frontal en la cual se observan la altura y ancho del mueble (Cotas en centímetros). . . . .	57
4.44. Regatón clavo 1 1/8" B&N (21) . . . . .	58
4.45. Dimensión de la propuesta de un tablero para desarrollar muebles multifun- cionales (Cotas en centímetros). . . . .	59
4.46. Porta vasos: propuesta 1 . . . . .	60
4.47. a) Vista superior el cual se muestra las medidas de los lados y el radio de la sección circular b) Vista frontal muestra el grosor (Cotas en centímetros). . .	60
4.48. Porta vasos: propuesta 2 . . . . .	61
4.49. diámetro de la sección circular (Cotas en centímetros). . . . .	61
4.50. Porta vasos: propuesta 3 . . . . .	62
4.51. Vista superior del portavasos (Cotas en centímetros) . . . . .	62
4.52. Propuesta definitiva de portavasos . . . . .	63

# Resumen

En la región de la Cuenca del Papaloapan específicamente en el municipio de Loma Bonita, Oaxaca se encuentra la principal región productora de piña a nivel nacional; durante el procesamiento de este fruto se obtiene una enorme cantidad de desperdicios los cuales representan un gran problema de índole ambiental.

Con base en diferentes estudios, del total del fruto apenas es utilizado el 30% en consumo humano y el restante es considerado como desecho (3)(incluida la cáscara, corona, bagazo, etc...).

En este sentido, en el presente proyecto, se visualizó una propuesta de utilización de estos desechos agroindustriales. Contempla el diseño de muebles a partir de la cáscara de la piña. Con esto, se pretende dar una opción para la transformación de los desperdicios, planteando una alternativa para mejorar los ingresos de los pequeños productores de la región.

En este proyecto se ha verificado que existen aplicaciones con la fibra de la piña en la realización de textil y de papel pero no hay indicios de tableros aglomerados con esta materia prima, por tal motivo se pretende ser parte aguas al diseñar productos con la fibra de la piña. Se realizó un sondeo con la finalidad de determinar cualitativamente aspectos relacionados con las preferencias en cuanto a muebles manufacturados a partir de fibras naturales. Los encuestados mencionaron las principales características que deberían poseer dichos muebles considerando sus necesidades particulares; así mismo, indicaron que una de las principales razones para adquirir un mueble fabricado con este material sería para cuidar el medio ambiente.

La siguiente etapa consistió en la recolección de la cáscara de la piña con los micro empresarios (principalmente, productores de jugo de la región), los cuales facilitaron la obtención de esta materia prima. Se inició a triturar la cáscara de la piña utilizando una trituradora de forraje. La fibra fue sometida a un proceso de secado por convección natural por un periodo de tiempo de 20 días. Después de este intervalo, se observó que las fibras deshidratadas estaban aglomeradas, por lo cual fueron sometidas a un nuevo proceso de trituración para eliminar dichos aglomerados.

Para formar los tableros aglomerados se utilizaron tres resinas diferentes: resina natural, resina polivinílica y resina fenólica; en estas pruebas se obtuvieron tableros aglomerados en los cuales las resinas cubrieron completamente la fibra. Los tableros de aglomerado obtenidos fueron sometidos a diferentes pruebas para determinar sus propiedades. Se verificó la resistencia mecánica a la flexión (ensayos realizados en la Universidad Autónoma Metropolitana plantel Azcapotzalco), además se realizaron ensayos de intemperismo para observar el comportamiento del material a condiciones ambientales y finalmente se realizaron diferentes pruebas de acabados superficiales (utilizando diferentes esmaltes y resinas). Estas pruebas indicaron en primer lugar que aunque la resistencia a la compresión era ligeramente inferior a la que presenta un tablero aglomerado a base de madera, la resistencia es más que suficiente para diseñar y desarrollar una línea de muebles con este material. La resistencia limitada se debió a que el prensado fue realizado de forma manual (utilizando un gato hidráulico de 2 toneladas, o en diferentes pruebas utilizando un sistema sin presión), esto se confirmó posteriormente al realizar un ensayo con una prensa hidráulica (se utilizaron 15 toneladas) observando que la resistencia prácticamente se duplicó.

Las pruebas de intemperismo demostraron que este material es muy sensible a la humedad, debido a la elevada pérdida de la misma que presenta durante el secado, lo que deja una estructura repleta de poros, los cuales tienen una elevada capacidad de absorción de agua. Por tal motivo se

estableció que la línea de muebles tendría que ser para usos en interiores (aunque este resultado es esperado y es similar al que cabría esperar de tableros aglomerados basados en madera).

Las pruebas de acabados superficiales, en conjunto con el sondeo realizado a posibles usuarios, indicaron que lo adecuado para realizar el diseño era utilizar resinas transparentes, con la finalidad de resaltar la textura del material. La utilización del recubrimiento además tiene por objeto el cerrar porosidad y disminuir el nivel de absorción de agua.

Posterior a la etapa de desarrollo del material se procedió a realizar el diseño de la línea de muebles; para lo cual, como etapa previa se desarrollaron diferentes bosquejos de entre los cuales se seleccionaron aquellos que serían realizados en las etapas posteriores de diseño. Los diferentes objetos a ser diseñados se clasificaron en tres: mueble no convencional, mueble multifuncional y accesorios (aunque estos últimos no son propiamente muebles a considerar una línea de elementos complementarios que puedan ser utilizados en conjunto con los muebles). Después de esta etapa y seleccionando aquellos elementos que se consideraron representativos de la línea de muebles, se procedió a la realización de planos de presentación en los cuales ya se especifican las dimensiones de los diferentes objetos.

La siguiente etapa consistió en la elaboración de un prototipo, para lo cual se escogió el diseño de mueble no convencional. Esta selección fue debida a que en este mueble se consideran elementos rectos y curvos, por lo cual se puede mostrar la manejabilidad de este material para adaptarse a cualquier clase de diseño. Para realizar este prototipo se utilizó un molde de lámina galvanizada, madera rígida y triplay. El moldeo de la pieza fue manual, ya que se observó que con base en las pruebas de resistencia, no existía diferencia considerable entre utilizar prensado manual o prensado mediante gato hidráulico. La forma de unión que se propone utilizar para el proceso es mediante el ensamble por excéntrica y tensor, y finalmente se dio el acabado utilizando una resina transparente para resaltar la textura.

# Abstract

In the region known as Papaloapan watershed specifically in the town of Loma Bonita, Oaxaca is the largest pineapple producing region nationwide. However, with this high production of pineapple in the region, there will be a big problem: the enormous amounts of waste that are obtained during the processing of pineapple. Based on different studies, it is known that the total occupied pineapple is a single fruit, hardly reaches 30%, with the remaining pineapple waste (including the shell, crown, bagasse, etc ...).

In this sense, the present project, envisioned a proposal to use part of this debris. This proposal provides furniture design from the pineapple peel. This studies will also give an option to help eliminate some extent pineapple waste also arises as an alternative to help improve income for smallholder farmers in the region.

In this project has been verified that there are applications with the fiber of the pineapple in making textiles and paper but there are no evidence of particleboard manufacture with this raw material, for that reason is to be the turning point to design and create innovations with pineapple fiber. A survey was conducted in order to determine qualitative aspects related to preferences for furniture manufactured from natural fibers. Those polled cited the main characteristics that have these furniture considering that these characteristics should deal with their particular needs. On the other hand, mentioned that one of the main reasons for buying furniture made from the rind of the pineapple would be to care for the environment.

After this, pineapple shell collection was carried out with micro entrepreneurs (mainly juice producers in the region), which facilitated the production of this raw material. The next stage was the crushing of the pineapple shell using a blender forage. The chopped fiber was subjected to a process of natural convection drying for a period of 20 days. After this interval, it was observed that the dried fibers were agglomerated, for this reason, the fibers were undergone to a new grinding process to eliminate these agglomerates.

To manufacture the particleboard were used three different resins: natural resin, polyvinyl resin and phenolic resin. In these tests were obtained particleboards in which resins covered the entire fiber. The particleboards obtained were subjected to various tests to determine their properties. We checked the mechanical resistance to bending (tests performed at the Universidad Autónoma Metropolitana campus Azcapotzalco) plus weathering tests were performed to observe the behavior of the material to ambient conditions and finally tests with different surface finishes (using different glazes and resin). These first tests showed that although the compressive strength was slightly lower than the chipboard that has a wood-based, resistance is more than enough to design and develop a furniture line with this material. Resistance of the material was limited due to the pressing was done manually (using a 2-ton hydraulic jack, or in different tests using a system without pressure), this was subsequently confirmed to perform a test with a hydraulic press (Using 15 tons), noting that resistance almost doubled.

Weathering tests showed that this material is very sensitive to moisture due to high moisture loss that occurs during drying, leaving a structure full of pores which have a high water absorption capacity. For this reason it was established that the furniture line would have to be designed for indoor use.

The surface finishing, in conjunction with the survey of potential users indicated that the right thing to do was design using transparent resin, in order to highlight the texture of the material. The use of the coating also aims to close porosity, and for that decrease the level of water absorption.

After the material development stage we proceeded to design the furniture line, for which it proceeded to make a series of sketches from which we select those that would be made in the later stages of design. The various objects to be designed were classified into three: unconventional furniture, multifunctional furniture and accessories (although the latter are not properly furniture line considerer complementary elements that can be used in conjunction with the furniture).

After this stage, were selected those elements that were considered representative of the furniture line, we proceeded to the completion of construction drawings in which where specified the dimensions of different objects to manufacture

The next step was to develop a prototype, which was chosen for the design of unconventional furniture. This selection was due to the fact that this furniture is considered straight and curved elements, so you can display the handling of this material to suit any kind of design. For this prototype we used a mold of galvanized sheet, rigid timber and plywood. The molding of the piece was manual, because it was observed that, based on resistance testing, there was no significant difference between using manual pressing or pressed by hydraulic jack. The assembly process was done by eccentric and tensioning assembly, and finally, the finishing of furniture was made using a transparent resin to highlight the texture of pineapple fiber.

# Capítulo 1

## Introducción

La región del Papaloapan es el centro productor de piña más importante a nivel nacional, abarca parte de los estados de Veracruz y Oaxaca. Delimitando a nivel municipal la ciudad de Loma Bonita, Oaxaca, la producción de los agricultores es elevada cosechando gran cantidad de producto, sin embargo debido a la saturación de mercado el precio del fruto baja y los agricultores tienen pérdidas monetarias. Cabe mencionar que las empacadoras utilizan el fruto y desechan la cáscara desaprovechando la mayoría de la cantidad del fruto que es comprado. Debido a este elevado desperdicio se pretende dar propuestas a los agricultores y personas involucradas en el cultivo de este fruto que se beneficien con el aprovechamiento de la fibra de la piña realizando técnicas de producción de muebles a bajo costo a partir de los desechos de la piña.

En este proyecto de tesis se presenta la propuesta para desarrollar materiales utilizados en mobiliario a partir de desechos provenientes del procesamiento piña, principalmente la cáscara de este fruto. El diseño de objetos a partir de nuevos materiales, implica además de conocer aspectos relevantes del diseño de productos, relaciona estrechamente conocimientos de ingeniería. Así pues, en esta tesis se intenta dar el punto de vista de ingeniería en diseño, considerando diferentes aspectos de un mismo problema: el análisis por parte de la ingeniería y el desarrollo de diseño de producto.

Este trabajo inicia con la presentación del marco teórico en el cual se mencionan las principales aplicaciones de los desechos de fibra de piña. Además se da un recuento de algunos procesamientos convencionales para la obtención de tableros aglomerados y se finaliza con algunos ejemplos de muebles no convencionales que muestran que es posible visualizar objetos o muebles tales como libreros que se salen del esquema tradicional.

Posteriormente se indica cual fue la metodología utilizada en este proyecto de tesis. Aunque la metodología utilizada fue obtenida del autor proyectual Bruno Munari, se hicieron algunas adecuaciones, esto debido a que este trabajo no es únicamente de diseño, sino que adapta algunas herramientas útiles de ingeniería que apoyaron en la resolución del problema y que complementaron el proceso de desarrollo del proyecto.

En la etapa de análisis y resultados, se procedió en primer lugar a realizar el proceso de transformación de la cáscara de la piña, a partir de la trituración, el secado y la formación de los tableros. A dichos tableros aglomerados se les realizaron diferentes pruebas para caracterizarlos tales como ensayos de flexión, intemperismo y acabado. Posteriormente se explica como se procedió al diseño de producto, a partir de algunas ideas básicas y la preparación de un prototipo de mueble.

Con este proyecto de tesis se pretende dar posibles propuestas para poder disponer de los desechos de cáscara de piña, obtenidos como subproducto de la actividad industrial de la región. Por otro lado, se prevé como una posible alternativa para que los pequeños productores además de que dispongan adecuadamente de los desechos, puedan darles un valor agregado al producir muebles a través de técnicas económicas y accesibles. En este sentido, se plantearon procesos de manufactura muy fáciles de realizar y con materiales que se pueden conseguir en la región, así como económicos. De esta forma, se plantea esta propuesta como un posible beneficio para los agricultores de la región los cuales puedan generar una industria nueva y por consiguiente crear nuevas fuentes de trabajo.

# Capítulo 2

## Marco Teórico

### 2.1. Producción de piña

La región de la cuenca del Papaloapan, dentro de la cual se encuentra el municipio de Loma Bonita, Oaxaca, con latitud 18° 04', longitud 95° 58', altitud 7 m sobre el nivel del mar (1), es considerada como la principal productora de piña a nivel nacional (2). Dicho producto es principalmente utilizado por las industrias empacadoras de la zona, sin embargo, sólo un pequeño porcentaje del fruto es procesado para la obtención de productos útiles (cerca del 30%), desechando como "desperdicio" los constituyentes restantes de la planta de piña (cáscara, corona, corazón, etc. . . ) (3). En este sentido, se considera, que el principal problema a solucionar, es la forma de manejar los residuos de la piña para su transformación de muebles útiles y funcionales.

La principal zona productora de piña, abarca parte de los estados de Veracruz y Oaxaca. Esta región se conoce como la cuenca del Papaloapan. En dicha zona se encuentran los principales municipios piñeros que pertenecen a los estados ya mencionados y que presentan una gran similitud de factores climatológicos, topográficos e hidrográficos, además de que tienen homogeneidad en aspectos relacionados con las modalidades de cultivo, producción y comercialización. Los municipios que forman parte de esta re-

gión son: Medellín, Alvarado y Tlaxicoyan, pertenecientes al Distrito de Desarrollo Rural de Veracruz. Así como Villa Isla, Juan Rodríguez Clara, Villa Azueta y Chacaltianguis, que pertenecen al Distrito de Desarrollo Rural de Los Tuxtlas, en el estado de Veracruz; y Loma Bonita y Tuxtepec, que se ubican en el Distrito de Desarrollo Rural de Tuxtepec, en el estado de Oaxaca.

## 2.2. Aplicaciones Alternativas de la fibra de piña.

En la actualidad, existen algunas cuantas aplicaciones que se le han dado a las fibras de piña, entre las cuales podemos mencionar algunos ejemplos. En Aklan Filipinas (Sureste de Asia) se realiza la fabricación de textiles, manufacturando artículos valiosos como kimonos, pañuelos, vestidos, mantel individual, servilletas, manteles, fundas para almohadas. Estos artículos son hechos a base de la planta de la piña siendo la variedad española roja la más utilizada debido a que sus hojas pueden medir hasta 2 metros de largo y 1.5 metros de ancho (4,5)



**Figura 2.1.** Hilo a partir de la planta de la piña

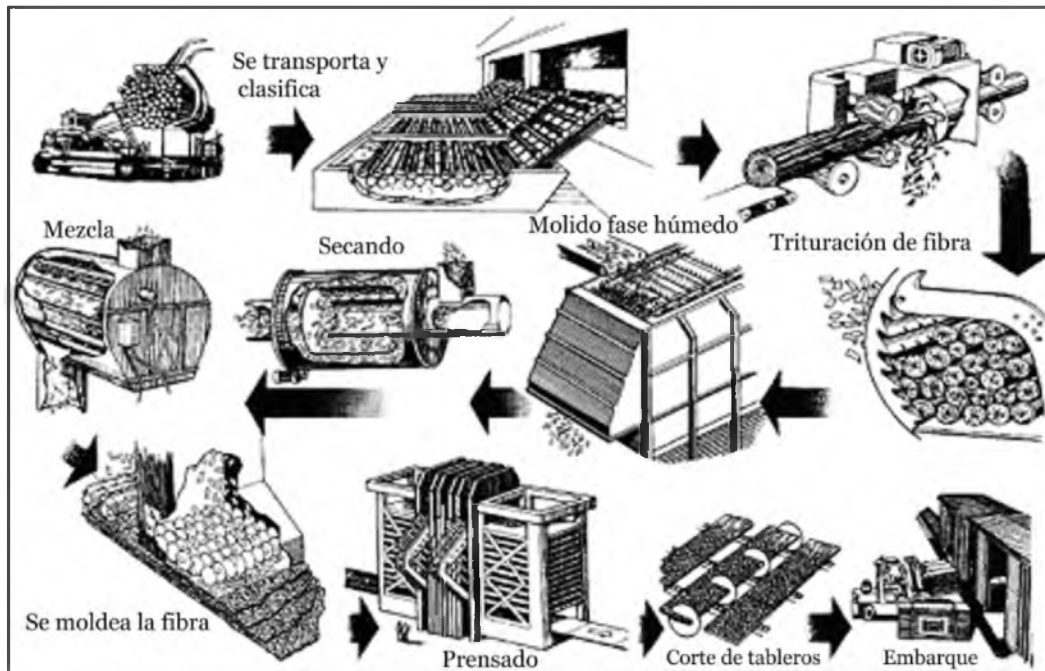
Otra aplicación importante, es la obtención del papel, mediante la inmersión en la suspensión de fibra de un marco de madera, el cual tiene un tamiz fino. Después de realizar esta etapa, las fibras depositadas en el tamiz, son colocadas en un trapo húmedo. La última etapa de este proceso es el secado de la hoja de papel obtenida (6).

## 2.3. Procesamiento de materiales aglomerados a base de madera

La madera es un recurso natural que presenta características como resistencia mecánica, durabilidad, textura (7), lo que hace que este material sea utilizado principalmente como elemento estructural en edificaciones, además de su utilización en la elaboración de muebles, vehículos etc. La elevada demanda de este material y los productos que es posible obtener de él han hecho que este recurso natural sea sobre explotado, creando un elevado número de árboles destruidos por la tala inmoderada con la finalidad de obtener la materia prima.

Existen diferentes procesos para obtener tableros con madera comprimida, uno de ellos se refiere a la impregnación de las partículas de madera con amoníaco, estas son colocadas sobre una banda transportadora y son pasadas por pares de rodillos, con la finalidad de comprimir las partículas (8), obteniendo como producto final madera comprimida (madera aglomerada). Otro método para la obtención de este tipo de tableros es la utilización de algún ligante a base de formaldehído, los cuales, durante el proceso de obtención de aglomerados generan emisiones de tipo contaminante. En una etapa inicial la madera es triturada pasando por varios procesos, hasta que se obtiene un material fino, usualmente este molido es en fase húmeda, se realiza en fase húmeda, por lo que es necesario llevar a un proceso de secado, para eliminar esta humedad, incluyendo la humedad propia de la madera. Posteriormente se pasa esta madera seca a una última etapa de trituración en la que se obtiene el tamaño final de las partículas de madera, las cuales son colocadas en bandas transportadoras mediante sistemas de acomodo de partículas que las colocan en forma ordenada para que se asemejen a placas de madera (sin comprimir). Una de las últimas etapas consiste en comprimir la madera mediante prensas (presión mayor a 20 MPa) a temperaturas mayores a 100 °C, con la finalidad de fundir el ligante que

generalmente se encuentra en estado sólido. La última etapa consiste en cortar los tableros a las dimensiones requeridas para su venta comercial (9). Este proceso se puede observar en la figura 2.2.



**Figura 2.2.** Proceso para la producción de madera aglomerada (9)

## 2.4. Muebles hechos con materiales reutilizados

Por otro lado, existen diversos ejemplos de mobiliario diseñado y manufacturado a partir de la reutilización de materiales de desecho. Un ejemplo de este tipo de usos es el que presenta el diseñador Jasper Morrison, el cual utilizó corcho, como materia prima para la elaboración de muebles. El corcho que este diseñador empleó fue obtenido de botellas de vino. Figura 2.3 (10)



**Figura 2.3.** Silla realizada con el corcho de botellas de vino

Por otro lado, el diseñador Jurgen Bey realizó el diseño de diferentes mobiliarios, utilizando como materia prima residuos de plantas de jardín, como por ejemplo, utilizando el césped seco, hojas y podas de madera, dicho mueble se realiza mediante el uso de contenedores de extracción de alta presión (Figura 2.4) (11)



**Figura 2.4.** Mueble realizado con residuos de plantas de jardín

Con base en trabajos previos, se considera que es factible el realizar diferentes propuestas para el diseño de muebles, utilizando diferentes tipos de desechos de origen natural.

Así mismo, no se ha encontrado, en la bibliografía ni en las fuentes consultadas, ninguna referencia relacionada con la utilización de desechos de fibra de piña para la elaboración de mobiliario.

## 2.5. Mobiliario no convencional

Para desarrollar el diseño de mobiliario durante el presente proyecto, se busco referencia sobre cual sería el tipo de mobiliario más adecuado para representar la funcionalidad del nuevo material que se planteó desarrollar. En este sentido durante la investigación de antecedentes se encontraron diferentes mobiliarios, específicamente libreros, que se salen del contexto típico al cual estamos acostumbrados: una superficie horizontal en la cual se apoyan los libros y/o diferentes objetos.

A continuación se presentan algunos ejemplos de libreros, de los cuales se concluyó que era factible el trabajar con formas curvas para el desarrollo de un mueble funcional, tal como un librero, pues, aunque no es la forma tradicional, es posible darles la función para la cual fueron diseñados.

La figura 2.5 muestra una idea "innovadora", el librero denominado "Bookworm" diseñado por Ron Arad (12). Este librero fue diseñado para almacenar libros, revistas y DVD. El "Bookworm" esta hecho de plástico el cual puede adquirir la forma que uno quiera darle. Cada división soporta hasta 10 Kg, y se sugiere que el "Bookworm" sea montado en una forma curva para incrementar su capacidad de carga.

Este librero es útil en lugares pequeños en los cuales no es posible colocar un gran librero. Además, es un buen ejemplo de la utilización de superficies curvas en aplicaciones en las que estamos acostumbrados a ver únicamente superficies rectas, sin afectar la funcionalidad.



**Figura 2.5.** Librero "Bookworm" del diseñador Ron Arad (12)

En la figura 2.6 se muestra un librero "Opus" con formas cuasi-hexagonales, diseñado por Sean Yoo. Este librero está hecho con polietileno expandido (el mismo material del cual se hace un casco para motocicletas). Es ligero, pero resistente, además de ser 100% reciclable.



**Figura 2.6.** Librero "Opus", del diseñador Sean Yoo (12)

## 2.6. Obtención de la materia prima

La obtención de las fibras de piña se inicia mediante la colaboración de micro industrias de la región entre las que se pueden encontrar:

- Productores de jugo (micro empresarios) es la fuente principal para la obtención de la materia prima en un inicio, principalmente como consecuencia de la facilidad con la que se obtiene la fibra de piña en estos lugares.
- Las empacadoras (empresas medianas) como segunda fuente de obtención de materias primas, en la cual se considera cuando se requiere grandes volúmenes de materia prima.

El presente proyecto, plantea la utilización de la cáscara de piña en la elaboración y diseño de muebles prefabricados, ya que se ha comprobado, con base en experimentos preliminares, que después de secarse, la cáscara adquiere una dureza y una resistencia comparable a la madera (13). El desarrollo de muebles con materiales originarios de la región podría servir para el desarrollo de potenciales fuentes de trabajo y la creación de nuevas industrias para la región.

Este proyecto se sustenta en que en la actualidad, no existe ningún reporte o trabajo relacionado con la reutilización de la fibra de la piña para la realización de muebles. En este sentido, solamente existe evidencia del uso de dicha fibra en la elaboración de papel, sin embargo, en este caso se utilizan las fibras más blandas provenientes del fruto y no las fibras más duras de la cáscara. Por otro lado, es importante mencionar que la utilización de la fibra de piña traerá beneficios para la región del Papaloapan, ya que esta, no es aprovechada en su totalidad, con lo cual se prevé sentar las bases para la posible creación de una pequeña o mediana empresa donde los agricultores obtengan un mayor provecho.

# Capítulo 3

## Metodología

La metodología utilizada para la realización del presente proyecto fue con base en el análisis realizado a tres diferentes métodos de investigación, los cuales siguen diversos pasos con características muy similares como se muestra en la tabla 3.1.

Bruno Munari (14)	Roberto Hernandez (15)	Juan Castañeda (16)
Problema	Procesos de Investigación	Introducción
Definición del Problema	Idea	Ciencia e Investigación
Elementos del Problema	Planteamiento del Problema	Planteamiento del Problema
Recopilación de Datos	Marco Teórico	Marco Teórico
Análisis de Datos	Alcance de Investigación	Tipos de Investigación
Creatividad	Formulación de Hipótesis	Hipótesis
Materiales y Tecnología	Diseños de Investigación	Diseño de Investigación
Experimentación	Selección de la Muestra	Muestreo y Curva Normal
Modelos	Recopilación de Datos	Técnica de Recolección
Verificación	Análisis de Datos	Análisis e Interpretación de Datos
Dibujos Constructivos	Reporte de Investigación	Reporte de Investigación
Solución		

**Cuadro 3.1.** Comparativo de metodologías propuestas por diferentes autores

Con base en el estudio realizado a estas diferentes metodologías proyectuales, se consideró que el procedimiento más acorde y coherente con el trabajo planteado es la metodología proyectual del autor Bruno Munari. Sin embargo, debido a la naturaleza del proyecto, se adicionaron algunas herramientas necesarias y que no están contempladas originalmente en la

metodología. La metodología a seguir se muestra en el siguiente diagrama de flujo, y se desglosa de la siguiente manera:

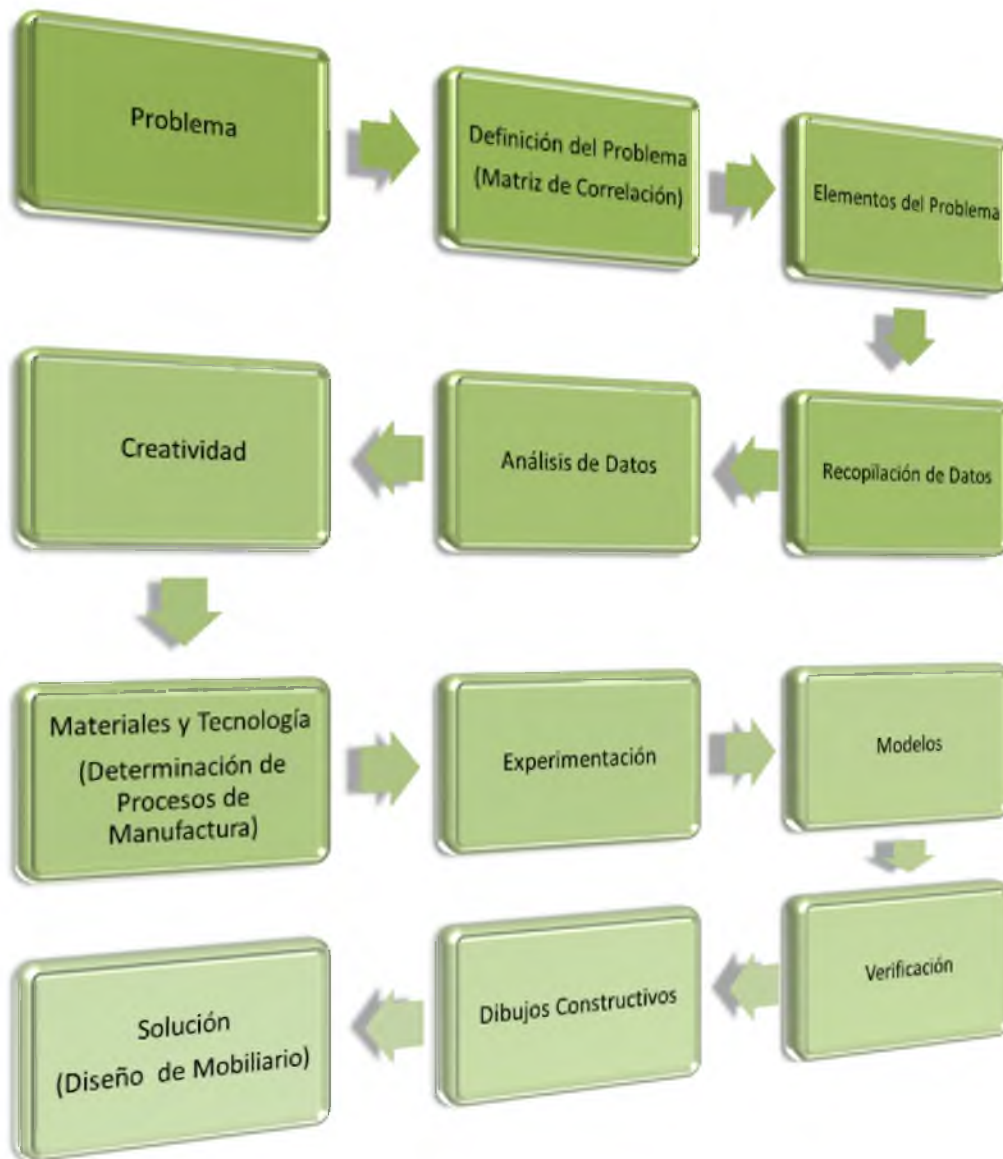


Figura 3.1. Metodología

### 3.1. Desarrollo Experimental

Con base en el diagrama de flujo presentado en la figura 3.1, a continuación se presenta la metodología experimental seguida.

#### 3.1.1. El problema

Con base en el diagrama de flujo presentado en la figura 3.1, a continuación se presenta la metodología experimental seguida:

La primera etapa de este proyecto, consistió en definir el problema en cuestión, a partir de la determinación de los límites de estudio del mismo. Para lo anterior se procedió a identificar las principales variables involucradas. En este sentido, ya existen diferentes trabajos en los que se delimitan que en general, para un proyecto de ingeniería y/o de diseño existen al menos 26 diferentes variables (17) que podrían llegar a afectar el desarrollo de un proyecto. Estas variables se listan en el cuadro 3.2:

**Cuadro 3.2.** Variables comunes dentro del desarrollo de un proyecto (17)

Variables Experimentales		
Esencialidad	Antecedentes	Social
Estético	Laboral	Valor de Uso
Mercado	Funcional	Calidad
Modularización	Normalización	Ergonómico
Valor Social	Valor de Marca	Físico
Sistemas Técnicos	Acabados	Materiales
Seguridad	Economía	Financiero
Embalaje	Transporte	Layout o Distribución
Estabilidad	Sensibilidad	

Para una mejor comprensión de la metodología propuesta, es imprescindible definir cada una de estas variables:

*Esencialidad* (Esc): Es un factor a considerar en las etapas de diseño de detalle y en la resolución de problemas proyectuales que aparecen en los proyectos de mejora. Implica un análisis de componentes y de las partes del sistema para definir que aspectos del mismo son esenciales y cuales no

tienen una función definida o son innecesarios. La importancia de este factor es tal que ha conducido a la aparición de la técnica análisis de valor, cuyo fundamento es la búsqueda de los elementos esenciales y no esenciales de un diseño para, a partir de ahí, eliminar o modificar piezas y componentes no necesarios.

*Antecedentes (An)*: Este factor señala la necesidad de conocer los aspectos que preceden a la elaboración de un proyecto, siendo fundamental en fase de definición de objetos.

*Social (So)*: Esta relacionado básicamente con el factor humano, es una ayuda imprescindible para valorar la importancia social del proyecto, es decir, su utilidad para una comunidad determinada. Cuando un proyecto esta encaminado a resolver un problema de un grupo social, este factor tendrá un carácter positivo. Por el contrario, cuando un proyecto pueda afectar negativamente a un entorno social, deberá tenderse a aminorar esta influencia. En este caso el factor social puede ser sinónimo de factor ecológico y de factor impacto ambiental.

*Estético (Es)*: Este factor recoge los aspectos relacionados con la percepción sensible del proyecto por el hombre. Comprende el estudio de otros tres factores: forma, color y textura.

*Laboral (La)*: Implica el análisis de la relación de los componentes humanos con los procesos a realizar en el proyecto. En todo el proyecto es necesario definir que características debe reunir las personas que participen en los procesos de fabricación, gestión y control. Este factor se denomina también mano de obra.

*Valor de Uso (VU)*: Aplicando en general a los productos industriales, representa una estimación de la importancia de un diseño referida a su utilidad, es decir a las utilidades de tipo social y humano que pretende resolver.

*Mercado (Me)*: Resalta la necesidad de conocer el mercado del producto a fabricar o diseñar para definir el tamaño del proyecto. En este factor cabe incluir aspectos como los de originalidad, competitividad, etc.

*Funcional (Fu)*: Tiene ciertas semejanzas con el factor de uso. Su estudio conduce a la definición de las funciones técnicas que ha de resolver el proyecto.

*Calidad (Ca)*: La calidad suele ser una exigencia que queda definida en los objetivos del proyecto. El factor de calidad esta muy condicionado por los factores económico (coste) y sistemas de fabricación.

*Modularización (Mo)*: Este factor puede tener una importancia muy positiva en diferentes fases del proyecto, principalmente en los relacionados con la distribución de componentes y partes (layout)

*Normalización (No)*: Las normas restringen y condicionan las soluciones del proyecto por lo que este factor es de estudio imprescindible en todos los casos. Además, influye sobre la mayoría de los factores tecnológicos. Existen normas que reducen el trabajo del proyectista al acotar legalmente el problema proyectual entre límites bien definidos.

*Ergonómico (Er)*: La ergonomía es el conjunto de factores humanos en la ingeniería y, básicamente, permite analizar las relaciones hombre-producto-entorno. Comprende, pues, el estudio de la antropometría estática y dinámica, el ruido, la temperatura, la manejabilidad, etc.

*Valor Social (VS)*: Simbolismo o carga simbólica de un objeto o producto (automóvil, televisor video, etc.) relacionado con el factor mercado.

*Valor de Marca (VM)*: Representa la estimación que hacia el usuario ofrece al fabricante. Condiciona, a veces la calidad del diseño.

*Físico (Fi)*: Engloba a factores tales como el peso y las dimensiones.

*Sistemas Técnicos (ST)*: Comprende los sistemas y procesos de fabricación, la maquinaria, etc.

*Acabados (Ac)*: Factor que estudia conjuntamente las condiciones técnicas y las estéticas de un proyecto.

*Materiales (Ma)*: Implica el estudio de las materias primas más adecuadas a un proceso o diseño.

*Seguridad (Se)*: Relacionada con la legislación de los medios económicos para llevar a cabo la inversión que implica el proyecto.

*Embalaje (Em)*: Dependiente de factores tales como transporte, materiales, destino, tiempo, etc.

*Transporte (Tr)*: Interior y exterior, implica también el factor manutención (transporte interior)

*Layout o Distribución (LD)*: Aunque es una etapa del proceso proyectual, actúa como factor de los demás procesos.

*Estabilidad (Est)*: Representa el estudio del comportamiento de un sistema o subsistema frente a la variación de los factores que afectan, permitiendo determinar los límites del funcionamiento.

*Sensibilidad (Se)*: Determina el comportamiento del sistema frente a la variación de los factores que afectan permitiendo definir cuáles de ellos influyen más negativamente y positivamente sobre él.

Por otro lado, debido al considerable número de variables involucradas, se consideró pertinente reducirlas a un número más manejable (Delimitación del problema). Para esto, se utilizó una herramienta utilizada comúnmente para permitir establecer cuál es el problema principal y cuáles son sus límites, cuáles son los "sub problemas" y cuáles son los principales factores involucrados en el problema. Dicha herramienta se conoce como "matriz de correlación" (17)(Figura 3.2), la cual es un instrumento cualitativo y permite relacionar las diferentes variables involucradas en el problema. Una matriz de correlación es una relación de factores cuadrática (arreglo matricial de variables  $n \times n$ ) para determinar cuáles son los factores que más afectan al problema y nos ayuda a lograr la delimitación del problema.

$$\begin{array}{cccccc}
 & f_1 & f_2 & f_3 & f_4 & f_5 & f_n \\
 f_1 & 1 & a_{12} & a_{13} & a_{14} & a_{15} & a_{1n} \\
 f_2 & a_{21} & 1 & a_{23} & a_{24} & a_{25} & a_{2n} \\
 f_3 & a_{31} & a_{32} & 1 & a_{34} & a_{35} & a_{3n} \\
 f_4 & a_{41} & a_{42} & a_{43} & 1 & a_{45} & a_{4n} \\
 f_5 & a_{51} & a_{52} & a_{53} & a_{54} & 1 & a_{5n} \\
 f_n & a_{n1} & a_{n2} & a_{n3} & a_{n4} & a_{n5} & 1
 \end{array}$$

**Figura 3.2.** matriz de correlación

En la matriz de correlación se califica la relación existente entre dos diferentes factores (variables). La calificación asignada es cualitativa y depende del tipo de problema y de la experiencia del proyectista. Los valores que se asignan a la relación de 2 variables van desde 0 (variables sin ninguna relación) hasta 1 (variables muy relacionadas). Al final se realiza una sumatoria de los factores por columna y se estima con base en número más alto, cuales son los factores que están más relacionados y por lo tanto los más importantes que es posible abordar en el problema. Este tipo de técnicas nos facilita la delimitación del problema.

Para el presente proyecto, se consideró una matriz de correlación de 26 x 26 (26 es el número total de variables que podrían estar relacionadas directamente en el problema). De todas las variables se determinó que para realizar el trabajo en tiempo y forma, era factible trabajar con 15 variables con lo cual se establecerían los límites del problema.

### 3.1.2. Materiales y Tecnología

Los equipos que se utilizaron durante la manufactura de los diferentes tabloncillos de cáscara de piña fue una desintegradora de forraje y granos marca "Espinosa" de 2500 rpm MD 2 estribos de orificio pequeño y grande con

motor modelo M13 (13hp) MAGNUM, de igual modo se utilizó una termobalanza marca Electronic moisture balance MOC-120H SHIMADZU CORPORATION Analytically Measuring Instruments Division Kyoto, Japan para calcular la humedad relativa de la cáscara de la piña. Así mismo, se desarrollo un molde rectangular de 20 x 31 cm., para realizar las pruebas preliminares de compactación de las fibras.

### **3.1.3. Métodos de procesamiento de la piña**

En una primera etapa, la cáscara fue triturada con una desintegradora de forraje y granos. Posteriormente, la cáscara fue sometida a un proceso de secado por convección natural por un periodo de tiempo de 20 días. La humedad de la cáscara deshidratada fue determinada mediante una termo balanza. Estas mediciones fueron realizadas a una temperatura de 393 K, el tiempo fue variable, ya que dependió de la precisión de secado solicitada al equipo, en este caso, se programó que el ensayo terminará cuando la diferencia de humedad entre un dato y el siguiente fuera menor a 0.05 g. Posteriormente a la etapa de secado, la cáscara de piña fue triturada de nuevo con la desintegradora de forraje, con la finalidad de eliminar aglomerados presentes.

### **3.1.4. Recopilación de datos**

Con base en las diferentes variables seleccionadas para el estudio del problema, se inició con la etapa de recopilación de datos. En esta etapa se consideraron, por ejemplo, factores sociales, ambientales, económicos, materiales, antecedentes entre otros. Para la recopilación de dichos datos se utilizaron diferentes tipos de herramientas, dependiendo del tipo de variable a investigar (sondeos, pruebas físicas, búsqueda documental).

Como primera etapa de la elaboración de diseños con fibra de piña, se procedió a realizar un sondeo a 100 personas de la localidad de Loma Bonita, Oaxaca. La finalidad de dicho sondeo, fue determinar cualitativamente aspectos relacionados con las preferencias en cuanto a muebles manufacturados a partir de fibras naturales. El sondeo se llevó a cabo considerando diferentes niveles socio económico, profesiones, género y edades.

El grupo de personas a las cuales se les realizó el sondeo estaba compuesto por 50 hombres y 50 mujeres los cuales fueron seleccionados entre profesores, estudiantes, empleado y personas dedicadas a labores del hogar. El rango de edad fue de 22 a 60 años.

La aplicación de este sondeo permitió obtener algunos datos necesarios para la resolución del problema planteado, además de que estableció los límites del problema para la realización del diseño de muebles a partir de aglomerados de fibra de piña.

### **3.1.5. Diseño de muebles a partir de tableros de aglomerado de piña**

Uno de los primeros objetivos planteados consistió en el desarrollo de una propuesta para la creación de una línea de muebles en la cual sea posible utilizar el material propuesto (tableros de aglomerado a partir de cáscara de piña). Para alcanzar este objetivo se realizaron diferentes tipos de propuestas de las cuales se seleccionaron las que se consideraron más representativas y que podrían llegar a resaltar las características del material, así como la facilidad de manejo de dicho material. Se determinó que en primera instancia se trabajaría con tres propuestas diferentes: Diseños de mobiliarios no convencionales, muebles multifunciones y accesorios.

### 3.1.5.1. Diseño no convencional

Como primera etapa de la realización del diseño de mobiliario, se optó por el desarrollo de un diseño no convencional, para demostrar las características de este nuevo material y como pueden ser implementadas para desarrollar cualquier tipo de diseño.

La metodología a utilizar para la realización del mueble no convencional, consistió en la propuesta proyectual del autor Bruno Munari, la cual, fue utilizada durante todo el proyecto en las diferentes etapas.

Inicialmente, se determinó cual era el problema a resolver, el cual consistió en la realización del prototipo de mueble a elaborar con fibra proveniente de cáscara de la piña. Para la realización de dicho prototipo, se delimitaron como principales elementos las dimensiones del mueble, la forma y el ensamblado.

A partir de este punto se realizó la recopilación de datos, los cuales se analizaron para llegar a elaborar un diseño que cumpla con las especificaciones determinadas por el proceso de análisis de los resultados.

Este análisis sirvió para desarrollar diferentes propuestas de diseño, de entre las cuales se seleccionó una, que podría llegar a representar más adecuadamente al material y su capacidad de ser trabajado. Después de la selección del diseño adecuado, se procedió a la elaboración del molde, para lo cual, se utilizaron los siguientes materiales: hojas de lámina galvanizada calibre 20, madera para el bastidor, gato hidráulico para aplicar la presión adecuada. Utilizando las especificaciones del diseño (dimensiones) se hizo el molde, con el cual se procedió a realizar las piezas de tableros de aglomerado, utilizando como materia prima fibra de la cáscara de la piña y resina natural como medio ligante.

### **3.1.5.2. Diseño de mueble multifuncional**

Otra opción para la elaboración de diseños a partir de fibra de piña es la creación de muebles multifuncionales. El objeto que se desea desarrollar como propuesta es la creación de un mueble que no tenga una función específica y que pueda adaptarse a las necesidades del usuario del producto, pero que tenga las características básicas de la línea de muebles propuesta. El proceso de diseño fue similar al seguido para el diseño del mueble no convencional, considerando como puntos importantes las dimensiones, forma, ensamble y acabados, se realizaron diferentes alternativas para este tipo de muebles, se seleccionó el que reunía las características deseadas (con base en la recopilación de datos, sondeos, etc). Después del boceto de la propuesta, se llegó a la etapa de diseño, utilizando la herramienta de diseño el software AUTOCAD.

### **3.1.5.3. Diseño de porta vasos**

Adicionalmente a la línea de muebles a partir de fibras provenientes de la cáscara de piña, se optó por el diseño de un porta vasos por considerar como un objeto sencillo, ligero y que podía llegar a ser un complemento ideal para la línea de muebles propuesta.

De la misma forma que en los casos anteriores, se determinaron como principales variables, tamaño, geometría, acabados. Se realizaron diferentes bosquejos hasta que se llegó a tener la idea del producto a diseñar. Como primer punto es la identificación del problema. La etapa final consistió en la realización del diseño utilizando la herramienta de diseño el software AUTOCAD.

# Capítulo 4

## Análisis y Resultados

### 4.1. Matriz de Correlación

La primera etapa del presente trabajo de tesis, consistió en la delimitación del problema, para lo cual se seleccionaron entre 26 variables que afectan directamente a la mayoría de los proyectos de diseño en ingeniería. Dichas variables fueron previamente definidas en el desarrollo experimental. Para lograr la delimitación del problema planteado, se utilizó una herramienta conocida como "Matriz de Correlación", la cual relaciona a 2 variables o factores diferentes y se da un peso específico de entre 0 y 1 que pondera la relación existente entre ambas variables. Para finalizar, después de determinar un valor para cada par de variables, se realizó la suma por columnas para establecer aquellas variables con los valores más altos como aquellas variables que tienen más relación. Para el análisis realizado, se estableció como límite mínimo que la suma de cada columna debía ser de al menos 14 puntos. Con este límite se estableció que solamente 15 variables o factores estaban dentro de este valor mínimo.

En la tabla 4.1 se presenta la matriz de correlación para el presente problema, cabe mencionar que la asignación de valores depende principalmente del criterio y la experiencia del proyectista, así como del proyecto en particular.

	Esc	An	So	Es	Lab	VU	Me	Fu	Ca	Mo	No	Er	VS	VM	Fj	ST	Ac	Ma	Se	Ec	Fin	Em	Tr	Na	LD	Es	
Esc	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	
An	1	1	1	1	0	0.5	1	0	0	0.5	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5	1	0.5	1	0.5	0.5
So	1	1	1	1	0.5	1	1	1	0.5	0	1	1	1	1	1	0	1	0.5	1	1	1	1	0.5	1	0.5	0.5	
Es	1	1	1	1	0	0	1	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	0	1	1	0.5	0	0	1	0	1	0.5	0	
Lab	1	0	0.5	0	1	0.5	0	0	0.5	0	1	0.5	0	0	0.5	1	1	0.5	1	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0.5	0	
VU	1	0.5	1	0	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0.5	0	0.5	0.5	0.5	
Me	1	1	1	1	0	1	1	0.5	1	0	0.5	1	1	1	1	0.5	1	0.5	0.5	1	1	1	1	1	1	0.5	0.5
Fu	1	0	1	0.5	0	1	0.5	1	0.5	1	1	1	0.5	0	1	1	0	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	
Ca	1	0	0.5	0.5	0.5	0.5	1	0.5	1	0	0.5	1	0	1	0.5	1	1	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0.5	0	0	
Mo	1	0.5	0	1	0	0.5	0	1	0	1	0.5	0.5	0	0	0.5	0	0	0	1	0	0	1	1	0.5	1	0	
No	1	1	1	1	1	1	0.5	1	0.5	0.5	1	1	0	0.5	0.5	1	0	0.5	1	0	0.5	0.5	0.5	0	0	0	
Er	1	1	1	1	0.5	1	1	1	1	0.5	1	1	0.5	0	1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0.5	
VS	1	1	1	1	0	1	1	0.5	0	0	0	0.5	1	0	0.5	0	0.5	0.5	0	0	0	0	0	1	0	0	
VM	1	1	1	1	0	0.5	1	0	1	0	0.5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	
Fj	1	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0.5	1	0.5	0	1	0.5	1	1	0	0	0	1	1	0	0	0	
ST	1	1	0	0	1	0	0.5	1	1	0	1	0	0	0	0.5	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	
Ac	1	1	1	1	1	0.5	1	0	1	0	0	0	0.5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
Ma	1	1	0.5	1	0.5	0.5	0.5	1	1	0	0	0	0.5	0	1	0	1	1	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	0	
Se	1	1	1	0.5	1	0	0.5	1	0.5	1	1	0.5	0	0	0	1	0	0.5	1	0	0	1	1	0	0	0	
Ec	0.5	0.5	1	0	0.5	0	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0.5	0	0	1	0.5	0	1	1	1	1	1	0.5	0	
Fin	0.5	0.5	1	0	0.5	0	1	0.5	0.5	0	0	0	0	0	0	0	1	0.5	0	1	1	1	1	0.5	0.5	0.5	
Em	1	1	1	1	0	0.5	1	0.5	1	1	0.5	0	0	0	1	0	0	0.5	1	1	1	1	1	1	0.5	0	
Tr	1	1	0.5	0.5	0	1	0.5	1	1	0.5	0	0	0	0	1	0	0	0.5	1	1	1	1	1	0.5	0	0	
Na	0.5	1	1	1	0.5	0.5	1	1	0.5	0.5	0	0.5	1	0	0	0	1	0.5	0	0.5	0.5	1	0.5	1	0	0	
LD	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0.5	0	0	1	0.5	
Ac	1	1	1	1	1	0.5	1	0	1	0	0	0	0.5	0	1	0	1	1	0	1	1	0	0	1	0	0	
Es	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	0.5	1	0	0	0	0.5	0	0	0	0	0	0	0	0	0.5	0	0	0	0.5	1	
Se	0.5	0.5	0.5	0	0	0.5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
	24	20.5	21.5	17.5	11.5	14.5	21.5	17.5	15.5	11	14.5	14	10.5	8.5	15.5	9	14	14	13.5	11	12	16.5	13.5	14	7.5	6	

Cuadro 4.1. Matriz de correlación

Los factores que están más relacionados y en los que se obtuvo el mayor puntaje fueron: antecedentes, estético, funcional, ergonómico, materiales, esencialidad, valor de uso, calidad, físico, social, mercado, normalización, acabados, embalaje, naturaleza.

La asignación de valores reportó variables que involucran diferentes campos en la ingeniería (materiales y calidad principalmente), en el diseño (estético, ergonómico, etc.), además de variables dentro del campo de ciencias sociales y humanidades (mercado, social, etc).. y otras variables tendientes a dirigir el proyecto, tales como los antecedentes y la normalización.

Con base en el análisis de las variables que pueden afectar aun proyecto, se logró delimitar el problema. La descripción de los puntos que se obtuvieron como consecuencia de dicho análisis se detalla en el apéndice 1.

## 4.2. Delimitación del problema: Variables sociales

Como etapa posterior a la matriz de correlación, se procedió a delimitar más el estudio, realizando un sondeo entre habitantes de la comunidad de Loma Bonita, Oaxaca. El objetivo de dicho sondeo era determinar que

pensaba la comunidad sobre algunos aspectos del proyecto, para delimitar nuestro campo acción, seleccionar nuestro posible mercado que podría llegar a adquirir el producto obtenido, y principalmente cual tipo de artículo sería el más adecuado para producir y que características podría llegar a tener. Este estudio, sirvió principalmente para centrar las ideas que se tenían, ya que la propuesta de una línea de muebles podría dirigirse hacia cualquier tipo de mercado. Así mismo, su finalidad no fue cuantificar las preferencias de toda la comunidad, sino más bien para delimitarlo.

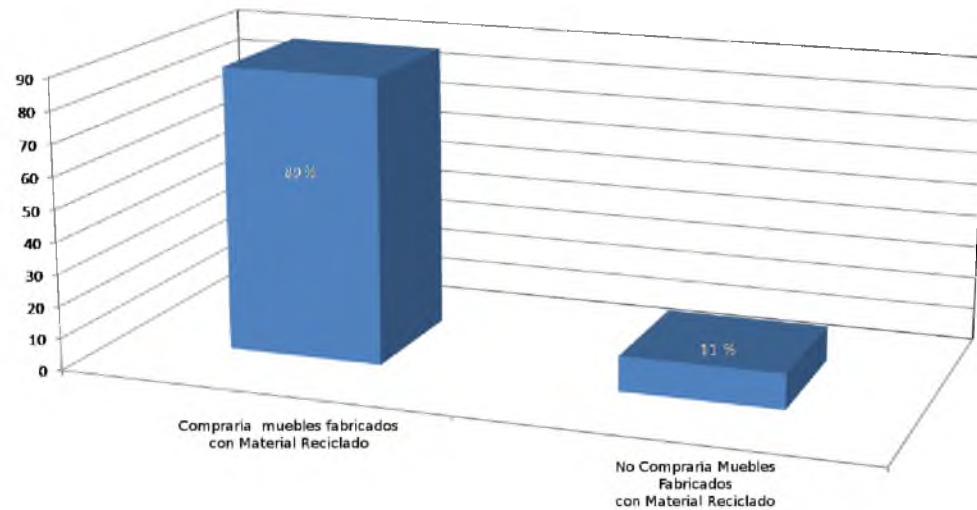
Este sondeo se realizó a 100 personas, hombres y mujeres de la comunidad de Loma Bonita, Oaxaca de entre los 22 y 60 años.

### **4.2.1. Aceptación del producto**

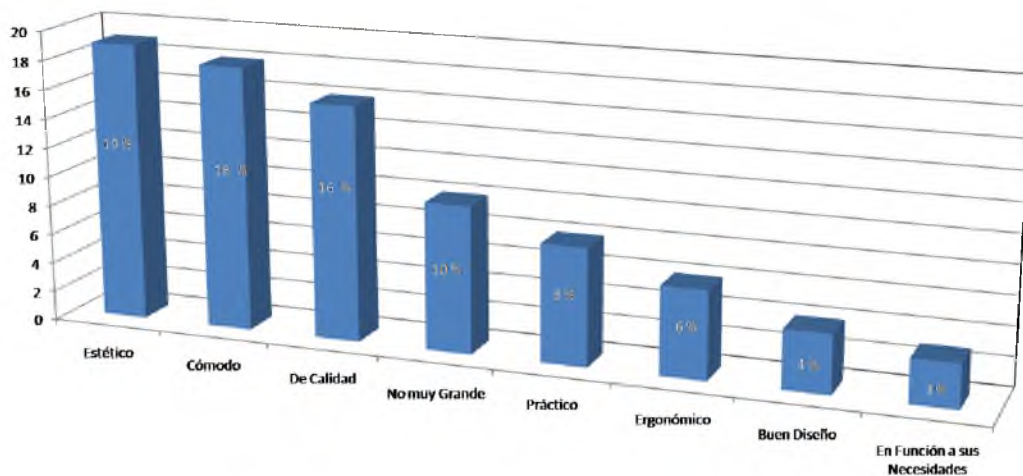
En el sondeo realizado, se les pregunto a las personas si comprarían muebles fabricados con los desechos de la piña, el 89% de las personas indicaron que si lo comprarían y el 11% que no lo comprarían. De las personas que indicaron que era posible comprar un mueble con estas características, el 46% respondió que si lo comprarían para ayudar al medio ambiente. En cuanto a las respuestas negativas, el mayor porcentaje de personas indico su preocupación acerca de la calidad de dichos muebles. En la figura 4.1 se muestran estos resultados.

### **4.2.2. Diseño del mueble**

En el sondeo realizado, una de las preguntas estuvo relacionada con las características que debe tener un mueble para que sea de su agrado. Las personas entrevistadas contestaron que las características de un mueble deben de ser estéticas (19%), cómodo (18%), de calidad (16%), no muy grande (10%), debe ser práctico (8%), ergonómico (6%), de un buen diseño (4%) y finalmente, que esté de acuerdo a sus necesidades (3%). En la figura 4.2 se presentan estos resultados.



**Figura 4.1.** Diagrama representativo de las preferencias respecto a la adquisición de muebles u objetos con material reciclado.

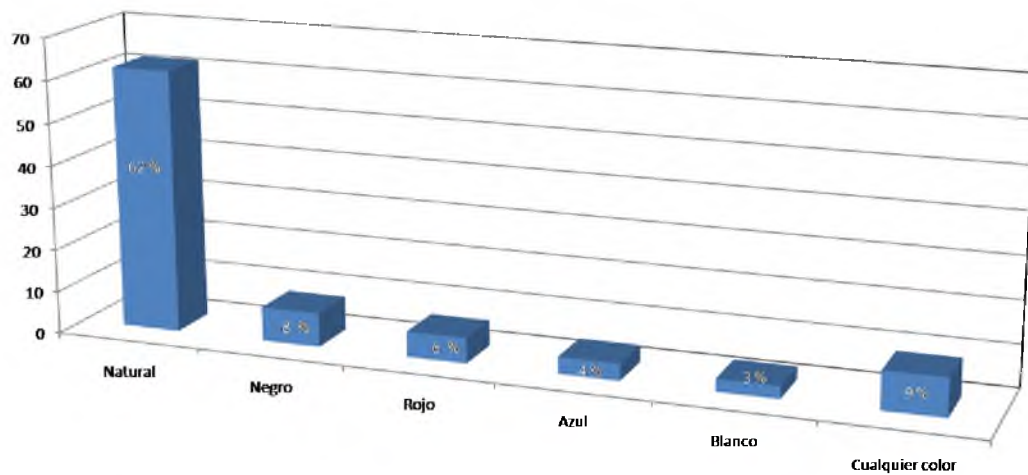


**Figura 4.2.** Características que debe tener un mueble.

### 4.2.3. Colores a utilizar

Por otro lado, interesaba conocer las preferencias de las personas en cuanto al acabado de muebles. Por lo que se preguntó respecto al color que podrían tener (Es necesario indicar que esta parte de la encuesta se

efectuó contando con un muestrario de acabados realizado al obtener las muestras del material). A esta pregunta, el 62 % de la personas prefieren que el mueble sea de color natural, mientras que los demás encuestados prefieren colores diversos entre los que se encuentran en negro (8%), rojo (6%), azul (4%), blanco (3%), mientras que un 9% de los entrevistados no tienen ninguna preferencia en particular (Figura 4.3).



**Figura 4.3.** Preferencia de Colores

El sondeo realizado permitió delimitar las preferencias de las personas encuestadas, y que como ya se mencionó anteriormente, el objetivo no es cuantificar, sino más bien determinar características viables para el desarrollo de un mueble a partir de fibra de piña. Así podemos concluir que las preferencias son el de un mueble fabricado a partir de material reciclado, para este caso utilizando fibras de cáscara de piña, este aspecto es muy general, ya que implica funcionalidad, estética, de calidad, entre otros.

## **4.3. Métodos de procesamiento de tableros a partir de cáscara de piña**

### **4.3.1. Preparación de la fibra**

En una primera etapa, la cáscara de piña fue recolectada de microempresarios de la zona (productores de jugo), dicho material no tiene ningún costo, ya que después de que obtienen el jugo, la cáscara es desechada, o en el mejor de los casos es utilizada como alimento para el ganado. Después de la recolección, la cáscara fue triturada con una desintegradora de forraje para granos marca "Espinosa" de 2500 rpm MD 2 estribos, utilizando dos tipos diferentes de tamices de orificio pequeño (1 mm) y grande (5 mm) equipada con un motor modelo M13 (13hp) MAGNUM (figura 4.4 y 4.5).

Posteriormente, la cáscara fue sometida a un proceso de secado por convección natural por un periodo de tiempo de 20 días. Para realizar esta etapa, se hizo un secador de fibra que consistió en un bastidor de madera el cual tiene una malla de acero inoxidable. El dispositivo empleado para realizar la operación de secado de la fibra de piña triturada (figura 4.6), permitió acelerar el proceso de secado, ya que eliminó casi todo el líquido y jugo remanente. Para evitar que durante el secado se presentara la descomposición de las fibras, así como la proliferación de insectos (como moscas y hormigas), la fibra fue recubierta con una capa de sal, que también ayudó a acelerar el proceso de secado, evitando de la misma manera, el daño de las fibras.



**Figura 4.4.** Alimentación de fibra de piña en la desintegradora de forraje



**Figura 4.5.** Recolección de fibra triturada

En las figuras 4.7 a la 4.9, se observa la secuencia en el proceso de secado en relación al tiempo. Después de 1 semana (figura 4.7) la fibra se ha empezado a aglomerar, aunque aun presenta un elevado contenido de humedad, la fibra ya no tiene su color amarillo, sino más bien un color verde oscuro. Después de dos semanas de secado (Figura 4.8), se observa una coloración amarillenta oscura, además se siente seca al tacto, pero aun conserva una elevada proporción de humedad residual.

La fibra seca se obtiene después de un periodo de 3 semanas (figura 4.9), observándose que se han formado aglomerados muy duros, la coloración es más oscura, y se tienen tonos cafés claros, correspondientes a pequeños filamentos de fibra. Como consecuencia de la presencia de dichos aglomerados, fue necesario realizar otro proceso de trituración para obtener fibras más finas que pudieran ser utilizadas en la manufactura de tableros.



**Figura 4.6.** Secado de las fibras procedentes de la cáscara de piña



**Figura 4.7.** Cáscara de piña sometida a un proceso de convección natural por un intervalo de 1 semana

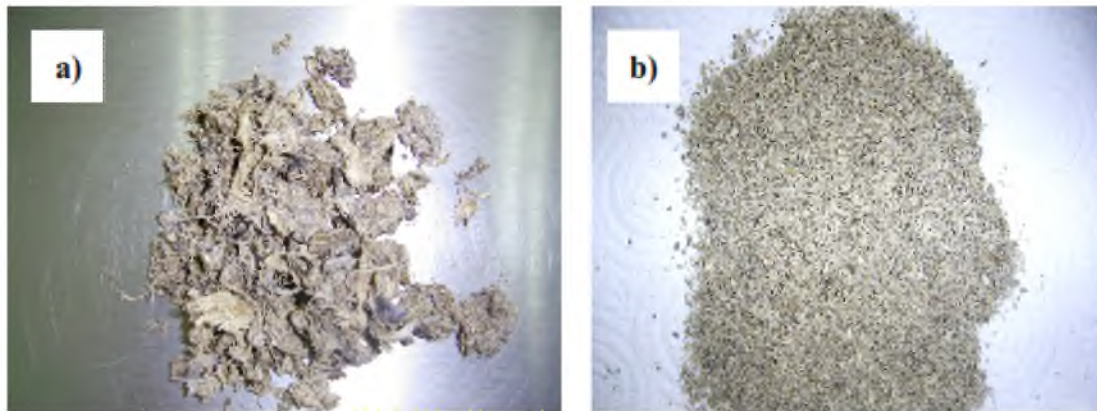


**Figura 4.8.** Cáscara de piña sometida a un proceso de convección natural por un intervalo de 2 semanas



**Figura 4.9.** Cáscara de piña sometida a un proceso de convección natural por un intervalo de 3 semanas

En la figura 4.10 se muestran la fibra sometida a un proceso de secado por convección natural por 20 días, así como las muestras obtenidas después de un segundo proceso de trituración. Después de todo este procedimiento se obtuvieron fibras color café con longitudes promedio de entre 5 y 10 mm de longitud, tal y como se observa en la figura 4.11.



**Figura 4.10.** Fibras de la cáscara de piña obtenidas después de un proceso de secado de 20 días. (a) Con un proceso inicial de trituración y (b) después de 2 procesos de trituración.



**Figura 4.11.** Determinación de tamaño de fibras de cáscara de piña

La humedad de la cáscara deshidratada fue determinada mediante una termo balanza Electronic moisture balance MOC-120H SHIMADZU CORPORATION Analytically measuring instruments division Kyoto, Japan (Figura 4.12).

Este equipo está provisto con lámparas de cuarzo, estas tienen como función principal, generar un calentamiento moderado, mediante el cual, el agua remanente dentro de un sólido es evaporada. La pérdida de líquido es registrada por una balanza incorporada en el dispositivo, registrándose la pérdida de peso de agua y con lo cual se puede calcular la humedad relativa. Las mediciones fueron realizadas a una temperatura de 120 °C por

un intervalo de tiempo de 13 min. dieron como resultado una humedad de 17.38%. Este resultado es comparable al procedimiento de secado a fuego directo el cual indica que la muestra tiene una humedad de 12% (18). Por otro lado cabe mencionar que la cáscara antes de ser colocada a secado por convección natural se calculó la humedad dando como resultado que esta muestra tiene un 88.92% de humedad.

Por otro lado, se determinó, con base en la observación de las pruebas de secado, que a consecuencia de que dicho proceso se lleva a cabo por convección natural (secado natural), algunas variables como la coloración de la fibra deshidratada dependía de las condiciones metereológicas. En este sentido, con incrementos de temperatura ambiente y de humedad atmosférica, las muestras secaban más rápido, pero la coloración era más oscura.



**Figura 4.12.** Determinación de humedad relativa de las muestras de cáscara deshidratada.

### 4.3.2. Preparación de tableros de aglomerados a partir de cáscara de piña

Después de que se obtuvo la cáscara deshidratada, se procedió a la realización de pruebas para la elaboración de tableros de aglomerado, para eso, se utilizó un molde de acero al carbono de 20 cm x 31 cm de dimensiones. Para obtener la consolidación de los tableros, se utilizó un gato hidráulico de 2 toneladas y 2 placas de lámina de acero galvanizado (figuras 4.13 y 4.14), además de que se utilizaron diferentes resinas (sintéticas y naturales).



**Figura 4.13.** Colocación de fibra de cáscara de piña en molde de acero al carbono



**Figura 4.14.** Prensado de tableros aglomerados de cáscara de piña

Para las pruebas se realizaron dos tipos de tableros: con fibra de piña triturada una sola vez (muestras de fibra aglomerada durante el secado) y a partir de fibra triturada antes y después del secado. Para la primera serie de muestras (fibra triturada solo antes del secado) se utilizaron como ligantes resina natural (brea) y resina polivinílica. Como una primera observación se determinó que, como consecuencia de que la fibra se aglomeró, la resina no cubrió la mayoría de la fibra picada, obteniéndose tableros poco densos, muy suaves al tacto y que fácilmente se doblan y pueden llegar a desmoronarse al contacto (figura 4.15).

Por otro lado, los tableros que utilizaron cáscara de piña triturada antes y después del secado, fue aglomerada utilizando como ligantes tres resinas diferentes: resina natural, resina polivinílica y resina fenólica. En dichas muestras se obtuvieron mejores resultados de adherencia, ya que las resinas cubrieron completamente la fibra (figura 4.16).

La textura, apariencia y calidad de las muestras fue muy similar independientemente del tipo de ligante, sin embargo, se observó que las muestras que presentaron la mayor resistencia fueron las muestras en las que se utilizó resina natural, esto se determinó pues las demás resinas presentaban un comportamiento elástico muy marcado, e incluso llegaban a romperse únicamente con la presión de las manos.



**Figura 4.15.** Fibra triturada solo antes del secado, con resina natural (brea) y polivinílica.



**Figura 4.16.** Muestra aglomerada con resina polivinílica

Las muestras obtenidas fueron cortadas en secciones de 1 cm de espesor por 1 cm de ancho y 7 cm de longitud, para realizar diferentes pruebas físicas (resistencia mecánica, aplicación de esmaltes e intemperismo). La determinación de las dimensiones de las muestras de ensayo fue tomada de la norma ASTM D 3043 – 00 (19) para resistencia por flexión de paneles formados de aglomerado. Las pruebas de resistencia mecánica fueron enviadas a los laboratorios de la Universidad Autónoma Metropolitana para su caracterización.

## **4.4. Estudio de tableros aglomerados**

### **4.4.1. Intemperismo**

Las pruebas realizadas para la determinación del efecto de las condiciones ambientales en el material (intemperismo) fueron llevadas a cabo en tres series diferentes en cuanto a las condiciones ambientales presentes.

La primer serie consistió en la inmersión de las muestras en agua por un periodo de tiempo de 24 h, determinándose que la humedad relativa promedio de las muestras al inicio de la prueba fue de 17.4%. Después de la

prueba, la muestra fue secada superficialmente, se trituró y fue determinada la proporción de humedad absorbida por la muestra. El resultado reportado por la termobalanza fue una humedad relativa de 38.97%. Este resultado era de esperarse, debido a que la muestra al ser proveniente de cáscara de piña deshidratada, tiene una elevada proporción de poros, a través de los cuales las muestras absorbieron agua.

Las otras dos series fueron colocadas a la intemperie, con la finalidad de determinar el efecto de las condiciones ambientales a este material. La temperatura ambiental (35 °C) y la baja humedad ambiental (15% respecto a 30% que es la humedad común en casi todo el año) estas muestras presentaron una pérdida de humedad, reportando valores de 12.13 y 13.46%, respectivamente. Por otro lado, todas las series presentaron deformaciones en sus dimensiones como consecuencia de incremento o disminución de la humedad del material.

Estos resultados indican claramente que la estabilidad del material depende de las condiciones ambientales en las cuales se procesa el material. Así mismo, para evitar que este tipo de problemas se presente, es necesario aplicar varias capas de recubrimiento y/o sellador para tapar todos los poros del material.

### **4.4.2. Acabado**

Después de realizar la manufactura de los tablones de aglomerado de piña, se procedió a evaluar diferentes tipos de acabados del material. Dichos acabados fueron preparados y se realizó un muestrario para que complementar el sondeo realizado, indicando cuales podrían ser los diferentes recubrimientos a utilizar para una propuesta de línea de muebles.

En la figura 4.17, se presenta la textura de un tablero de aglomerado recubierto con Catalizador Sayer Lack Barniz Poliuretano n0050 fondo AB. Dicho barniz es transparente y se aprecia la textura original del material. El color

del tablero resalta un café oscuro con fibras resaltadas más claras. El barniz aplicado confiere al material cierto brillo que hace resaltar los contrastes de la textura del material.



**Figura 4.17.** Tablero aglomerado de piña con un acabado de Catalizador Sayer Lack Barniz Poliuretano n0050 fondo AB

En la figura 4.18, se observa un tablero recubierto con un tinte color caoba, se observa inmediatamente las tonalidades rojizas que este tinte confiere al material, sin embargo oscurece algunos detalles propios del material como las fibras, no se presenta el brillo del barniz utilizado anteriormente. Adicionalmente, para que se aprecie el tinte, fue necesario aplicar varias capas, ya que el tinte fue absorbido por el material.



**Figura 4.18.** Tablero aglomerado de piña con un acabado de Tinte color Caoba

En la figura 4.19, se observa un tablón recubierto con un tinte color nogal, se observa una coloración muy oscura, la cual oculta los detalles principales de la textura del material, se observan muy pocos brillos al utilizar este tinte. Adicionalmente, para que se apreciara el acabado, fue necesario aplicar varias capas, ya que el tinte fue absorbido por el material.



**Figura 4.19.** Tablero aglomerado de piña con un acabado de tinte color nogal

En la figura 4.20, se presenta la textura de un tablero de aglomerado recubierto con Poliuretano T-0028. Dicho barniz es transparente y se aprecia la textura original del material. El color del tablero resalta un café oscuro con

fibras más claras que recorren todo el material. El barniz aplicado no confiere un brillo al material tal y como lo hacen otros barnices, sin embargo la textura del material es observada claramente.



**Figura 4.20.** Tablero aglomerado de piña con un acabado de Poliuretano T-0028

En la figura 4.21, se observa un tablón recubierto con un tinte color cedro, se observa inmediatamente las tonalidades rojizas que este tinte confiere al material, sin embargo oscurece algunos detalles propios del material como las fibras, no se presenta el brillo del barniz. Adicionalmente, para que se aprecie el tinte, fue necesario aplicar varias capas, ya que el tinte fue absorbido por el material.



**Figura 4.21.** Tablero aglomerado de piña con un acabado de Tinte color cedro

En la figura 4.22, se presenta la textura de un tablero de aglomerado recubierto con barniz 610 Spar marino fenólico. Dicho barniz es transparente y se aprecia la textura original del material. El color del tablero resalta un café oscuro con fibras resaltadas más claras. El barniz aplicado confiere al material cierto brillo que hace resaltar los contrastes de la textura del material, así mismo, se estima que este tipo de recubrimiento es adecuado en condiciones de elevada humedad.



**Figura 4.22.** Tablero aglomerado de piña recubierto con Barniz 610 Spar marino fenólico

En la figura 4.23, se muestra un acabado con esmalte vinílico color blanco, este fue realizado como un ejemplo de un acabado diferente al natural, el cual oculta todo rasgo característico del material, y lo único que se logra apreciar, es la rugosidad superficial del material.



**Figura 4.23.** Tablero aglomerado de piña con un acabado de Vinílica color blanco

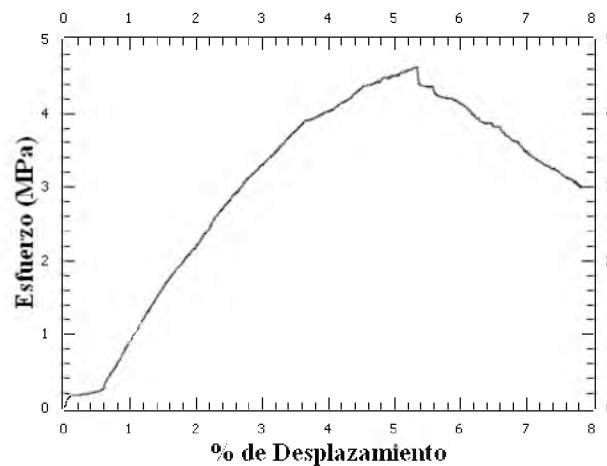
Después de realizar diferentes pruebas con diversos acabados, se realizó un muestrario el cual se mostró a las personas para confirmar el tipo de texturas que podrían ser de interés de todos, o al menos de la mayoría.

En general, los acabados que más llamaron la atención fueron aquellos que presentaron los mayores detalles de la textura original del material, como los filamentos de fibra. Por otro lado, las muestras que presentaron cierto brillo tales como el Spar marino o el de catalizador Sayer Lack Barniz Poliuretano n0050 fondo AB fueron los que más agradaron a los encuestados. Los acabados que utilizaron un tinte no fueron del agrado de la mayoría, debido a que por las características propias de la fibra, los tintes hacían ver al material demasiado oscuro.

### 4.4.3. Resistencia Mecánica

Para la realización de los ensayos de flexión y determinación de las propiedades mecánicas se prepararon muestras de 1 cm de espesor y de 1 cm x 7 cm (ancho x longitud), las cuales se enviaron a los laboratorios de la Universidad Autónoma Metropolitana, plantel Azcapotzalco (México, D.F.). El equipo que se utilizó es una maquina para ensayos universales marca UNITED, equipado con una celda de carga con una capacidad máxima de 20,000 lb/pulgada. La prueba de flexión se realizó con base en la metodología de 3 puntos, utilizando una velocidad del cabezal de 0.05 mm/min.

Durante un ensayo de flexión, se determina el desplazamiento que sufre una muestra al ser sometida a una flexión, en presencia de diferentes cargas. En la figura 4.24 se observa una gráfica típica de esfuerzo de flexión contra desplazamiento (respecto a una horizontal), el punto máximo es la resistencia máxima a la flexión (el máximo de carga que soporta el material). Para esta muestra, la resistencia máxima es de aproximadamente 4.8 MPa (en términos generales, un esfuerzo de 4.8 MPa, implica que el material podría soportar un máximo de 49 Kg en un área de 1 cm<sup>2</sup>). Así mismo, el % de deformación (% de desplazamiento por flexión) es ligeramente superior a 5%.

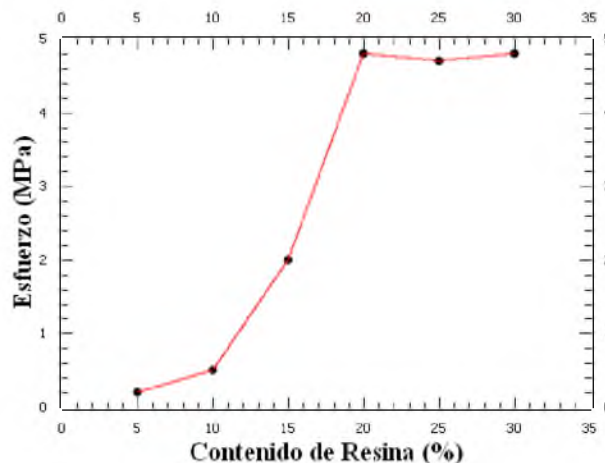


**Figura 4.24.** Gráfica de esfuerzo de flexión contra % de desplazamiento de una muestra con 20% de resina natural.

En la figura 4.25 se muestra la gráfica de resultados de la resistencia máxima a la flexión de tableros de aglomerado de fibra de piña utilizando diferentes proporciones de resina natural. De la gráfica se aprecia que con el incremento de resina, incrementa la resistencia a la flexión del material, hasta alcanzar un máximo en un contenido de 20%, a partir de ahí, la resistencia se mantiene constante. Comparando con materiales comerciales como los tableros aglomerados, los cuales tienen un consumo de resina de 10%, un tablero de piña consume el doble de resina, lo cual se atribuye a la gran cantidad de poros de este material. Sin embargo, se debe considerar que

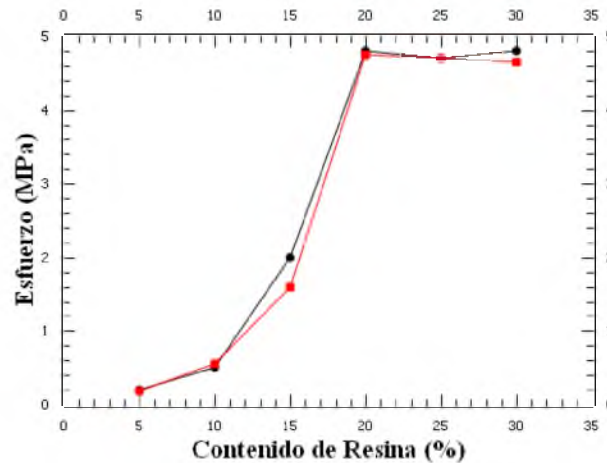
la resina natural se aplica en frío, en contraste con el producto comercial el cual se aplica una resina termoestable (necesariamente hay que calentar para que recubra las partículas de madera), por lo cual, el aplicar una resina en frío, se esta logrando ahorros energéticos importantes, a pesar de que se utiliza mayor proporción de resina.

Por otro lado, se ha establecido que es factible que se realicen diferentes tipos de diseños no convencionales en los cuales no sea factible la utilización de prensas, debido a los costos que tendrían los moldes o los dados de prensado. En dicho caso se estableció que era factible el que se propusieran muebles sin necesidad de prensado y que los tableros se realizaran mediante moldeo manual. Para lo anterior se realizaron diferentes pruebas, mediante tableros manufacturados utilizando únicamente moldeo manual.



**Figura 4.25.** Esfuerzo de Flexión contra % de resina natural en tableros aglomerados a partir de cáscara de piña.

En la figura 4.26 se muestran los resultados comparativos de resistencia a la flexión de tableros manufacturados utilizando un gato hidráulico, así como a través de prensado manual. De la gráfica se observa que al parecer la presión no es un factor muy decisivo para este tipo de material, este factor tal vez se deba a que aun la presión ejercida por un gato hidráulico de 2 toneladas es muy reducida, comparada con sistemas industrializados que llegan a utilizar sistemas de prensado de hasta 100 Toneladas.



**Figura 4.26.** Comparativo de resistencia a la flexión de muestras sometidas a procesos de compresión uniaxial mediante gato hidráulico (●) o mediante prensado manual (■).

De los datos anteriormente expuestos, se consideró que las mejores condiciones fueron obtenidas después de flexionar un material con un esfuerzo a la flexión de 4.8 MPa (en estas condiciones, el esfuerzo de ruptura es de 3 MPa). Estos datos obtenidos son ligeramente inferiores a los de la madera comprimida tradicional (esfuerzo máximo de flexión de 6 MPa), esto a consecuencia de los grandes equipos utilizados en la industria, sin embargo, los datos obtenidos son adecuados para un material obtenido de forma tradicional y que puede llegar a tener aplicaciones en el diseño de muebles. A modo comparativo, se realizaron pruebas utilizando una prensa hidráulica de 15 toneladas y determinándose que en estas condiciones los tableros podían, soportar una carga a la flexión máxima de 10 MPa.

#### 4.4.4. Características de Tableros Aglomerados con Fibra de Cáscara de Piña

En este proyecto se llevó a cabo como etapa inicial, la obtención y caracterización de tableros aglomerados a partir de cáscara de piña utilizando fibras con tamaño promedio de 7 mm de longitud y con una humedad relativa de 17%. Para ligar al material se utilizó una resina natural (cola natural).

Los tableros fueron colocados en moldes y sometidos a prensado (hidráulico y manual), obteniendo tableros con elevado contenido de porosidad y propensos a la absorción de agua, por lo cual fueron recubiertos con diferentes esmaltes. El acabado de los tableros fue seleccionado mediante un sondeo realizado entre la comunidad de Loma Bonita, Oaxaca, determinándose que el acabado que más llamó la atención era el natural, en el cual se podían observar las fibras de la cáscara de piña. Por otro lado, la resistencia del material resultó ligeramente inferior a la obtenida por procesos industrializados, sin embargo, debido a las tecnologías de bajo costo que se utilizaron, se considera que es adecuada para la manufactura de algunos tipos de mobiliario, así como de accesorios con este tipo de materiales.

### **4.5. Diseño de productos a partir de fibra de piña**

Después de la obtención del material, se procedió a realizar el diseño de una línea de muebles utilizando como materia prima el material obtenido.

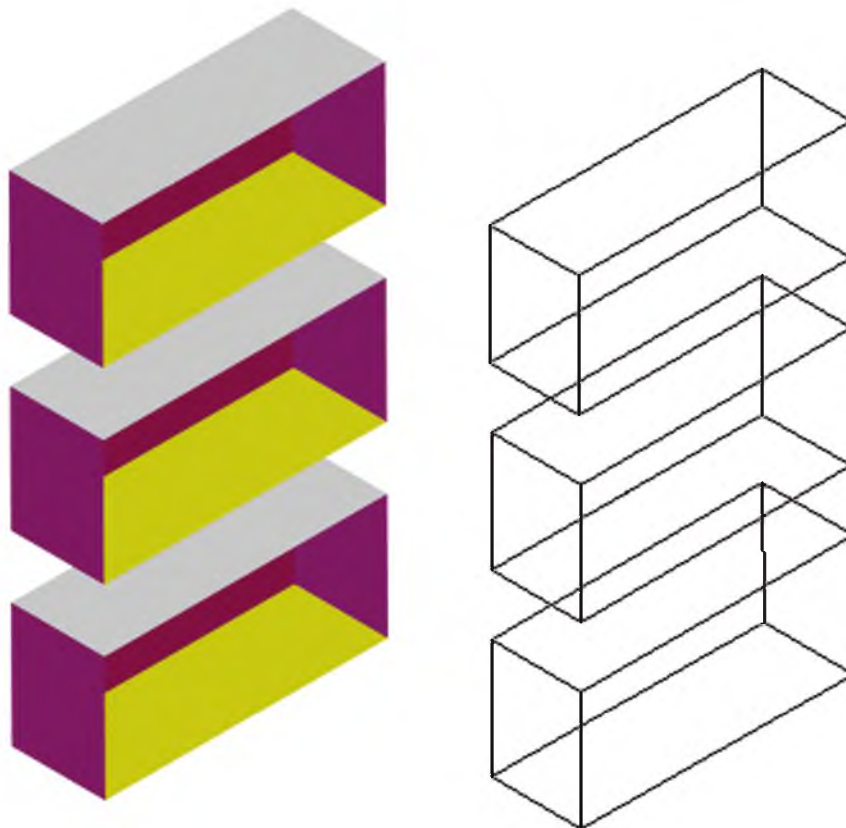
#### **4.5.1. Desarrollo del mueble no convencional**

Para la realización del diseño del mueble se realizaron varias propuestas de diseño en el cual se quería dejar claro la aplicación del material, y que se mostrara la manejabilidad de los tableros aglomerados manufacturados a partir de la cáscara de la piña mezclada con la resina natural.

##### **4.5.1.1. Bocetos del mueble no convencional**

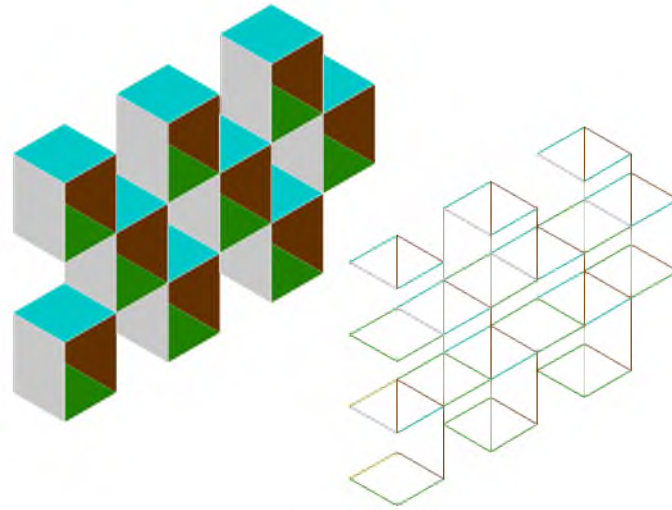
A continuación se muestran tres de los bocetos finales en el cual uno de ellos es el diseño que se eligió para la realización del prototipo utilizando la materia prima mencionada.

En primera instancia se realizó un diseño (figura 4.27) el cual consta de tres módulos cada uno de ellos mide de largo 90 cm. de ancho 30 cm. y de altura 40 cm. este diseño es completamente rectangular el cual tiene cinco caras, tres de ellas tienen la misma medida (la parte superior, la parte posterior y la del soporte), los costados tiene la misma medida que son de 30 x 40 cm.

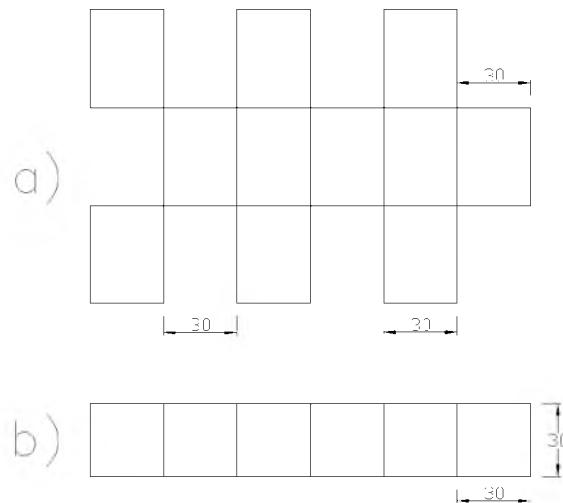


**Figura 4.27.** Primer boceto el cual son tres módulos rectangulares

La Figura 4.28 es el segundo boceto, consta de nueve módulos los cuales están colocados uno sobre otros de una de sus aristas el cual forma una red de rectángulos los cuales tienen de largo 30 cm. de ancho 30 cm. y de altura 40 cm. este diseño se pretende que este ubicado sobre el piso de cualquier habitación, en el caso de la parte superior de los módulos se puede utilizar como otro espacio de colocación de objetos según el usuario.



**Figura 4.28.** Diseño que esta constituido por nueve módulos cúbicos



**Figura 4.29.** a) Vista frontal del cual se observa la altura y ancho, b) Vista superior

El tercer boceto corresponde a un mueble compuesto de 1 a 3 módulos, los cuales tienen de dimensiones, 90 cm de largo, 30 cm de ancho y una altura 40 cm. la parte superior e inferior de este diseño tiene curvas, las cuales representan el movimiento que puede tener la misma planta de la cual proviene la piña. Las secciones laterales son de forma rectangular, además no se contempla colocar una sección en la parte posterior figura 4.30.

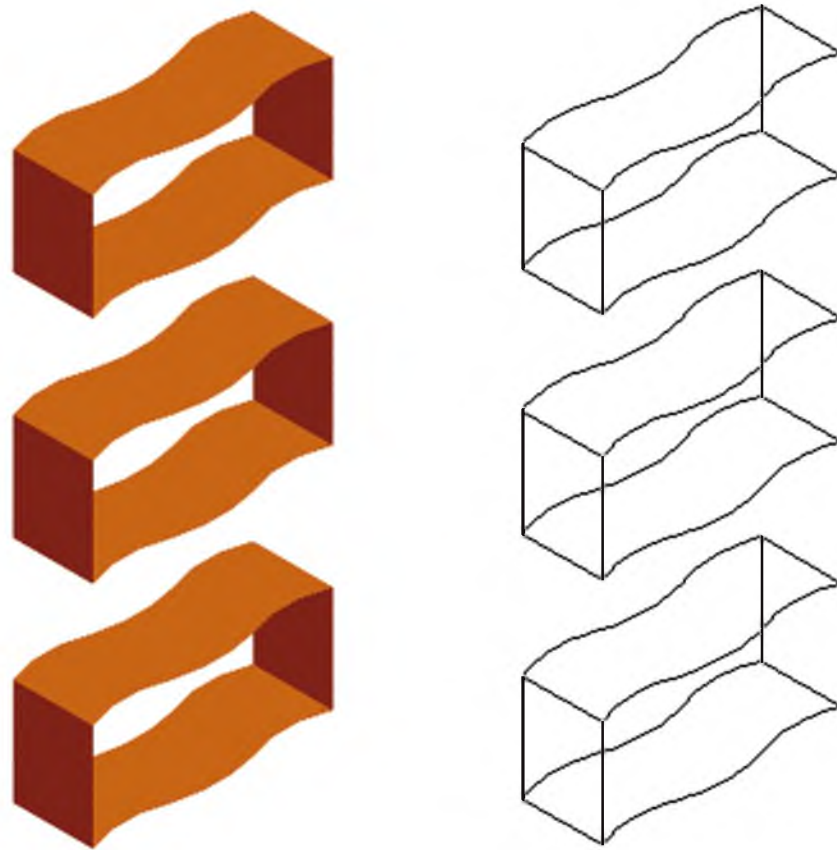
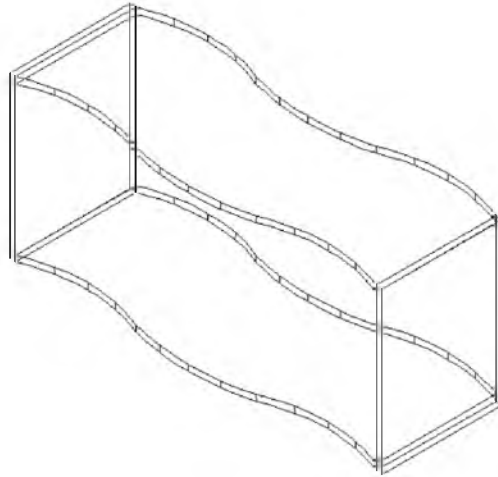


Figura 4.30. Boceto de tres módulos siendo su forma el líneas curvas

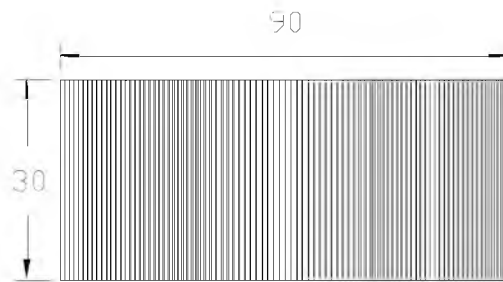
#### 4.5.1.2. Propuesta de diseño

El diseño que se eligió para la realización del mueble fue el presentado en la figura 4.30. La elección de esta propuesta se centró principalmente que en dicho diseño esta constituido por secciones rectas y secciones curvas, con lo cual, se estima que es posible apreciar la capacidad que tiene el material para ser manejado.

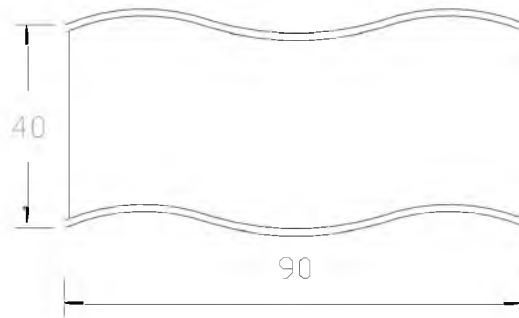
El diseño esta planteado para ser constituido por tres módulos iguales los cuales a su vez estarán sujetos en la pared, por tal motivo, se consideró que para la realización del prototipo, era suficiente el realizar un único módulo, ya que este puede representar al mueble completo.



**Figura 4.31.** Boceto final del cual se partió para desarrollar el mueble



**Figura 4.32.** Vista superior del mueble



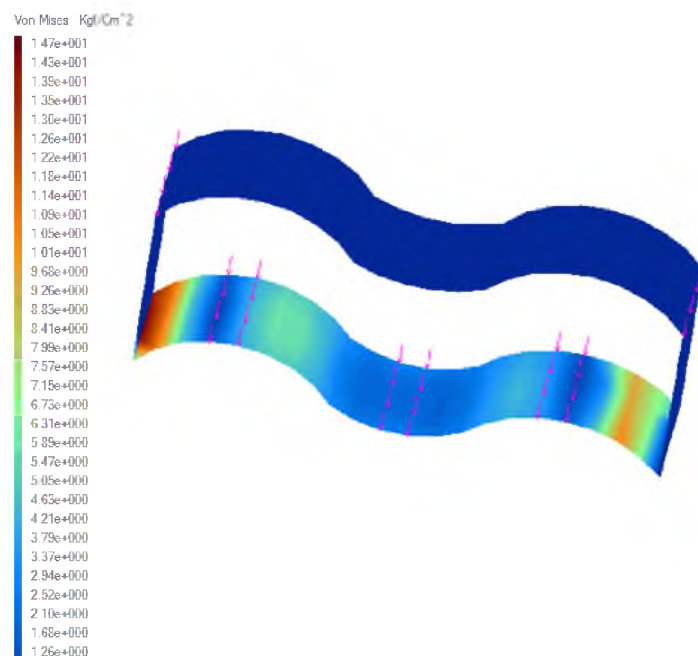
**Figura 4.33.** Vista frontal del mueble no convencional

#### **4.5.1.3. Validación del diseño propuesto**

Después de realizar el diseño del mueble no convencional, es necesario realizar la validación de dicho diseño. La herramienta utilizada es una herramienta computacional denominada Análisis del Elemento Finito (FEA, por sus siglas en inglés). Con esta técnica, y con base en las características físicas del material (resistencia, densidad, conductividad térmica, entre otras), es posible realizar una simulación por computadora de un diseño propuesto (ensambles, elementos de maquinas, entre otros) y determinar de manera muy precisa el comportamiento del material dentro de una estructura bien definida (en este caso un modulo del mueble no convencional), obteniendo como resultado un gráfico en color que representa al diseño y su comportamiento a diferentes condiciones (esfuerzos mecánicos, estáticos, dinámicos, térmicos, etc...). Para el mueble no convencional se sometio a un análisis de elementos finitos, utilizando el software *JL Analyzer*, para determinar el esfuerzo estático de un módulo al ser sometido a fuerzas externas (en la figura 4.34 se representan como flechas de color rosa), las cuales podrían ser ocasionadas por colocar objetos sobre el mueble. Después de que el software realizó el análisis, se obtiene un gráfico en color como el que se muestra en la figura 4.34, en donde las zonas de color azul representan regiones en las cuales los esfuerzos generados por el mueble son mínimos, mientras que las zonas anaranjadas y rojizas representan zonas donde se concentra una mayor cantidad de esfuerzos (zonas de especial análisis pues con base en la resistencia del material, dichas zonas podrían romperse o deformarse).

Con base en este análisis, se determinó, que la mayor concentración de esfuerzos se presentaba en las uniones de la parte inferior del modulo, por lo cual es necesario considerar realizar un posible reforzamiento a estas uniones. La parte superior del mueble, es la que sufre menos esfuerzo (a pesar de que se hizo la consideración que el mueble se encontraba suspendido en una pared), por lo cual no existe riesgo a que cumpla adecuadamente su función. Para realizar este análisis se hizo la consideración de que la carga

total que se colocaba distribuida a lo largo del mueble era de aproximadamente 60 kg, con lo cual se llegó a la conclusión que el esfuerzo máximo que soporta el mueble en estas condiciones es de  $14.7 \text{ kg}_f/\text{cm}^2$ . La resistencia se ve incrementada gracias a la forma curva de los paneles inferior y superior del modulo. Así mismo, el software para FEA, indica que la deformación fue menor al 1%, lo cual es muy baja considerando que para la ruptura del material, se requiere una deformación de 5%. Como consideración adicional es necesario indicar que este análisis no es posible realizarlo manualmente, pues de acuerdo al software, para obtener este resultado, realizó la resolución de más de 1200 ecuaciones. Así mismo, dado que el resultado es únicamente una simulación, es posible incrementar la precisión incrementando el número de nodos (secciones o puntos de la estructura que fueron sometidos a análisis) e incrementando la cantidad de información posible, referente al material.



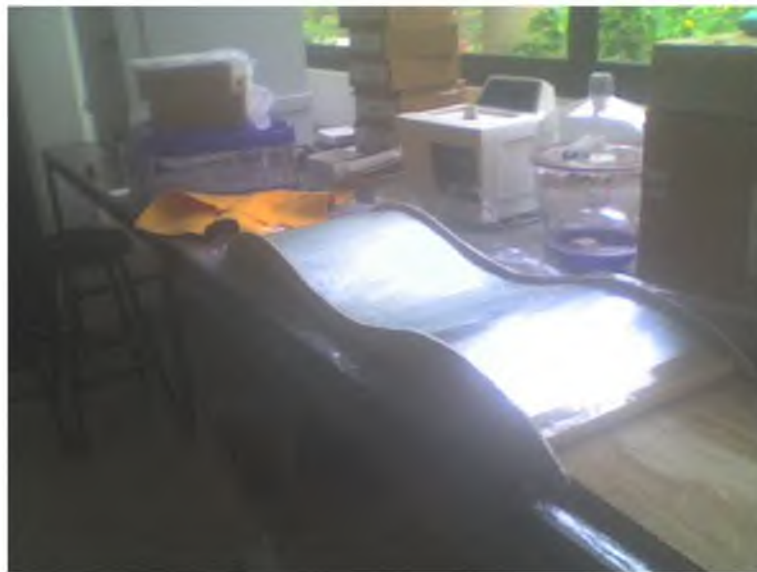
**Figura 4.34.** Simulación de esfuerzos, utilizando la técnica de análisis de elemento finito.

#### 4.5.1.4. El molde

Para la elaboración del módulo se realizaron dos distintos moldes. El primer molde fue para la sección curva para lo cual se realizó un patrón a tamaño real (este patrón fue realizado en papel kraft, escalando el modelo mediante el cálculo de los radios de curvatura de la estructura, a partir de la utilización de la siguiente relación matemática:  $r = \frac{h}{2} + \frac{L_2}{8h}$

De esta relación matemática, se obtuvo que el radio de las curvas que se encuentran hacia arriba es de 39 cm y la que se encuentra en el centro hacia abajo es de 57.3 cm.

Para la manufactura del molde de los tableros superior e inferior se utilizó una hoja de lámina galvanizada calibre 20.



**Figura 4.35.** Molde de madera rígida, triplay y lámina galvanizada

En la realización del molde para las secciones laterales de forma rectangular se utilizó una lámina galvanizada y un bastidor de madera donde se colocó la fibra de cáscara de la piña y la presión fue ejercida manualmente, esto de acuerdo a los resultados obtenidos por los ensayos mecánicos que demostraron que debido a la baja fuerza que se empleó en el prensado usando el gato hidráulico, no se encontró diferencia considerable entre

el valor obtenido por esta prueba y el valor obtenido por prensado manual (ver figura 4.26). Para finalizar, se desmoldaron las piezas de los laterales del mueble no convencional como se puede observar en la figura 4.36.



**Figura 4.36.** laterales realizados con la cáscara de la piña

### 4.5.1.5. Elementos de unión

La unión de las diferentes secciones que conforman al mueble se propone se realicen mediante el dispositivo de excéntrica y tensor, los cuales se observan en la figura 4.37. El funcionamiento del ensamble es muy simple. La excéntrica es colocada dentro de una de las piezas del ensamble, mientras el tensor es colocado en la otra sección a ensamblar, la unión se realiza al introducir el tensor dentro del ensamble donde se encuentra la excéntrica (mediante una perforación previamente realizada) y al hacer girar esta con un destornillador, sujeta firmemente la cabeza del perno tensor, dejando completamente fija la unión. Las ventajas de este sistema son la facilidad de colocación, además de que es un sistema de unión totalmente desmontable y sólo se ve una cara de la excéntrica.



**Figura 4.37.** Piezas utilizadas para el ensamble (20)

#### 4.5.1.6. Sujeción del mueble no convencional a la pared

Aunque el análisis de elemento finito muestra que el mueble puede llegar a tener elevada resistencia, y podría soportar bien las cargas a las que será sometido, con el paso del tiempo es posible que el mueble pueda sufrir deterioro por cargas excesivas. Por este motivo, el mueble no convencional esta pensado para ser colocado en la pared, por lo cual se consideró adicionar una madera rígida de largo 90 cm, de ancho 5 cm y de grosor 2.54 cm (1 pulgada). La adición de este elemento tiene como objeto incrementar la resistencia en los puntos de soporte los cuales se ubicaran en el panel superior.

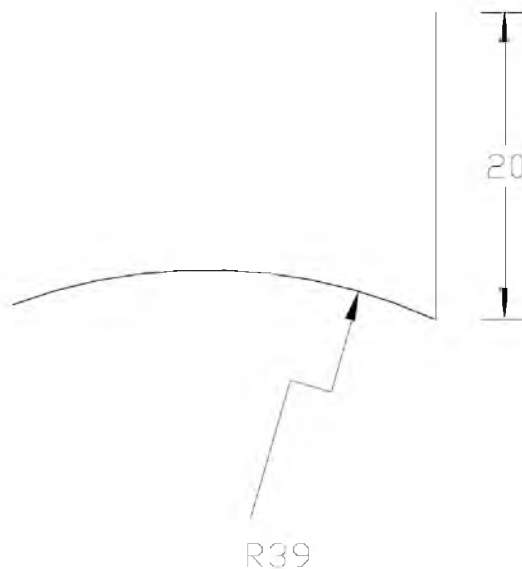


**Figura 4.38.** Soporte que ira sujetado al mueble y a la pared

En este soporte se realizarán tres orificios para colocar taquetes de expansión para que se sujete a la pared, este soporte ayudara a que el mueble no sufra alteraciones según el peso que se le adicione al mueble.

#### 4.5.1.7. Elemento para soporte de libros

Aunque, en principio, el mueble no convencional esta pensado para ser utilizado en función de las necesidades del usuario (dándole la aplicación que más convenga), una de dichas opciones puede ser la de su utilización como librero. En este sentido, debido a las diferentes curvaturas del mueble, se podría complicar la colocación de libros. Para remediar este problema, se propone el diseño de un soporte para libros específico para este mueble, el cual se amolda exactamente al mueble (teniendo el mismo radio de curvatura), y siendo autosoportado por los libros que detendría (pues estos se colocarán sobre la parte curva que se encuentra en contacto con el librero). El soporte para libros se conformaría por una lámina galvanizada de calibre 20 con las dimensiones de la curva que tiene el mueble. Este calibre es suficiente para soportar libros pues no se deforma y es lo suficientemente delgado para que no sea visible (dando la apariencia de que los libros no cuentan con ningún tipo de soporte) y no perjudique el diseño propuesto para el mueble no convencional.



**Figura 4.39.** Accesorio para la sujeción de libros

#### 4.5.1.8. Mueble no convencional realizado con la cáscara de la piña

La propuesta para realizar el diseño de un mueble no convencional esta pensado para que inspire simplicidad y ligereza y que además se tenga la ilusión de movimiento. En este sentido, el material que se utilizó es una propuesta innovadora para la realización de un mueble en el cual los aspectos antes mencionados son visualizados y además permitió el manejo de formas curvas y rectas de manera muy fácil (Figura 4.40). Para la realización de este mueble se estima que la cantidad de fibra de piña utilizada para la realización de un tablero de 1 m<sup>2</sup> es de aproximadamente 15.5 kg, utilizando 20% en peso de resina (3 kg). Por último se aplicó el acabado de la pieza utilizando barniz de poliuretano N0050 fondo AB marca Sayer Lack, ya que con este acabado se puede apreciar la textura de las fibras de la cáscara de la piña.



**Figura 4.40.** mueble no convencional realizado con la cáscara de la piña

## 4.5.2. Desarrollo del mueble Multifuncional

Como segunda propuesta de diseño se planteo la realización de un mueble multifuncional el cual cubra las necesidades del usuario.

### 4.5.2.1. Boceto

Para la realización del mueble no convencional se prepararon tres bocetos diferentes para elegir cual sería el diseño del prototipo, a partir de uno de esos bosquejos se realizó el diseño del mueble multifuncional.

En la figura 4.41 se muestra un diseño rectangular, el cual consta de cinco caras, aunque se descarto el hecho que estuviera conformado por tres módulos ya que se pretende que el mueble sea conformado por un solo módulo y que el usuario puede utilizarlo en función de sus necesidades. A partir de este diseño se realizó la creación de la propuesta.

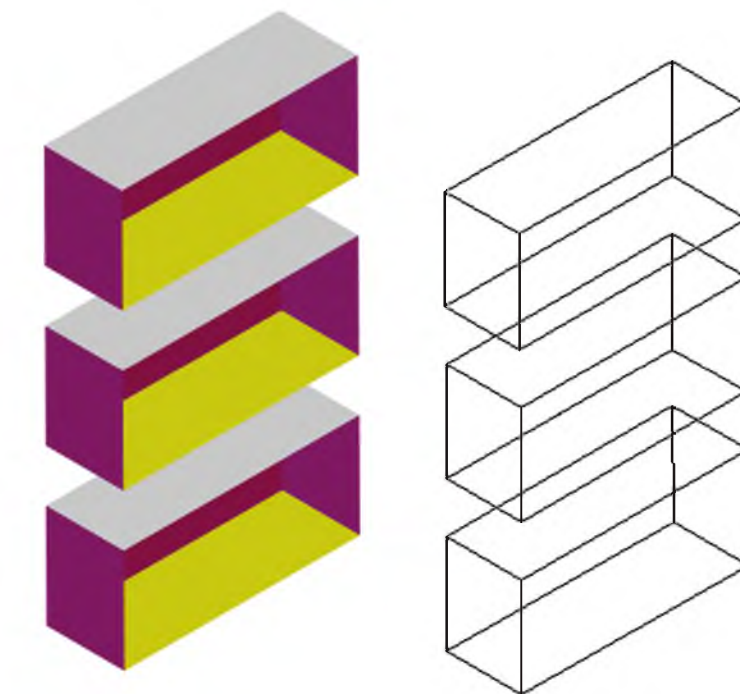
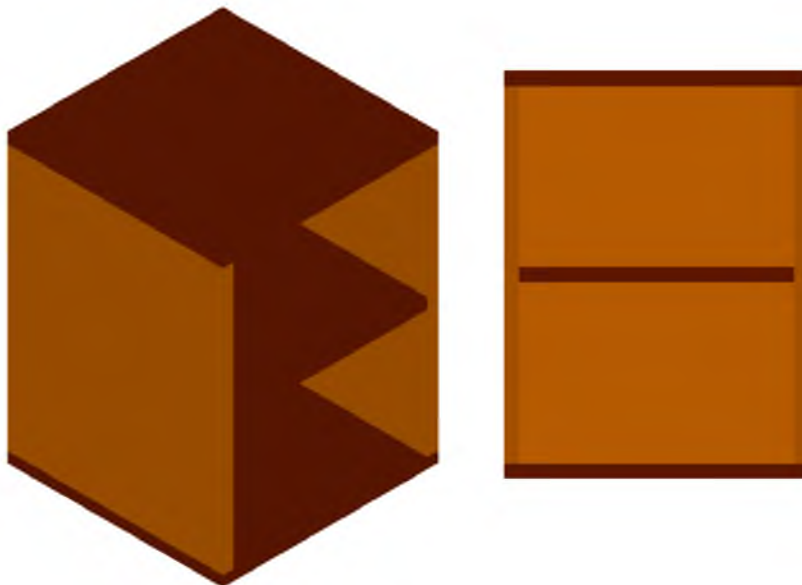
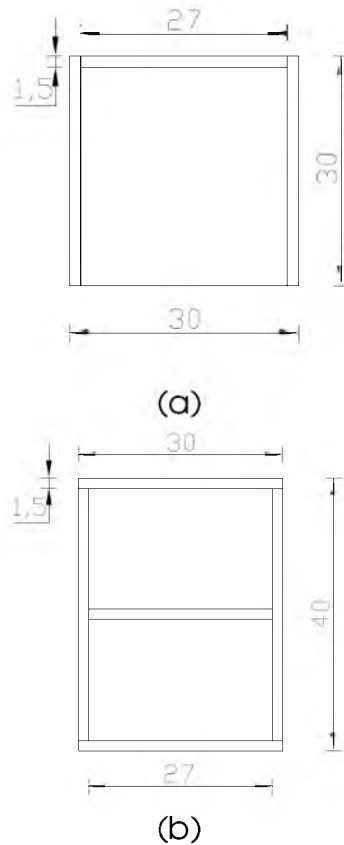


Figura 4.41. Boceto 1

El diseño presentado en la figura 4.42 muestra un mueble rectangular con una repisa que se encuentra en la parte central y que tiene como finalidad el ser utilizada como divisor. El diseño esta planeado que esté constituido por secciones rectangulares, cuadradas, además de que se observe la simetría del objeto, y dependiendo de la ubicación del objeto, se observe la misma vista. El ensamblado de este mueble es muy fácil, ya que esta constituido por secciones basadas en la línea recta y por tal motivo las uniones son perpendiculares, lo que facilita el ensamblado por cualquier técnica. En este sentido, se espera que la fibra de cascará de piña aporte textura al mobiliario, y tal como observamos con el mueble no convencional, su manufactura es muy sencilla, ya que esta constituido únicamente por secciones rectas.



**Figura 4.42.** Diseño del mueble multifuncional



**Figura 4.43.** a) Vista superior se muestra lo ancho y el grosor del mueble multifuncional, b) Vista frontal en la cual se observan la altura y ancho del mueble (Cotas en centímetros).

El diseño del mueble multifuncional se realizó proponiendo que sea práctico para el usuario, además de que sea fácil de ensamblar. La unión de los diferentes elementos que conformarán este mueble se realizará mediante el ensamble por excéntrica y tensor, las cuales proporcionan rigidez y estabilidad al mueble. Las dimensiones de los diferentes elementos que constituirán al mueble (tableros) serán piezas de 30 cm de largo, ancho 30 cm y de altura 40 cm y tendrán un espesor de 1.5 cm.

Se propone regatones de goma para el caso que se requiera colocar este mueble sobre una superficie y no estar sujeto a la pared. Existen en el mercado diferentes regatones en este caso se proponen los regatones redondo de cabeza plana.



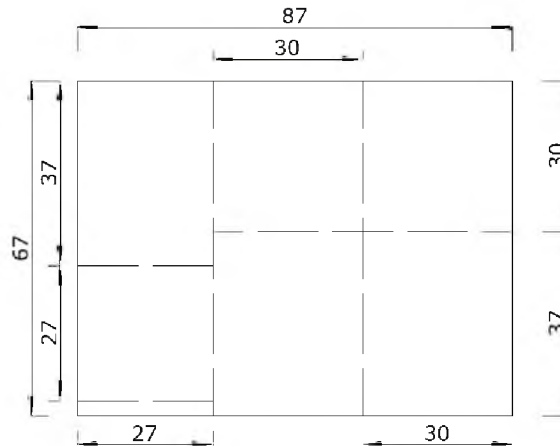
**Figura 4.44.** Regatón clavo 1 1/8" B&N (21)

Para la manufactura de este mueble y para poder desarrollar los elementos de construcción se pueden procesar (producir) tableros de una dimensión inicial de 88 x 68 cm. En estas medidas se está contemplando la pérdida de material a consecuencia de desbaste originado por el disco que se utiliza en el corte de las piezas. Dichas piezas tendrían las siguientes medidas para la creación del mueble multifuncional propuesto: pieza superior: 30 x 30 cm, piezas laterales: 30 x 37 cm, pieza inferior: 30 x 30 cm, repisa 27 x 27 cm, 27 x 37 cm posterior.

Las dimensiones de la propuesta del tablero aglomerado realizado con la cascara de la piña son 88 cm x 68 cm, en este caso el peso del tablero es aproximadamente 18.5 kg ya que este es el peso de un tablero de 1m x 1m.

El tablero que podría llegar a ser fabricado tiene medidas menores si lo comparamos a lo que actualmente se encuentra comercialmente.

Los tableros comerciales de aglomerados tienen una medida estándar de 1.22 x 2.44 m, mientras que el grosor y el peso varía con base en el tipo de tablero: MDF 19 mm de grosor y 43 kg de peso; aglomerado sin cubrir 19 mm de grosor y 35 kg de peso; contrachapado 20 mm de grosor y 28 kg de peso.



**Figura 4.45.** Dimensión de la propuesta de un tablero para desarrollar muebles multifuncionales (Cotas en centímetros).

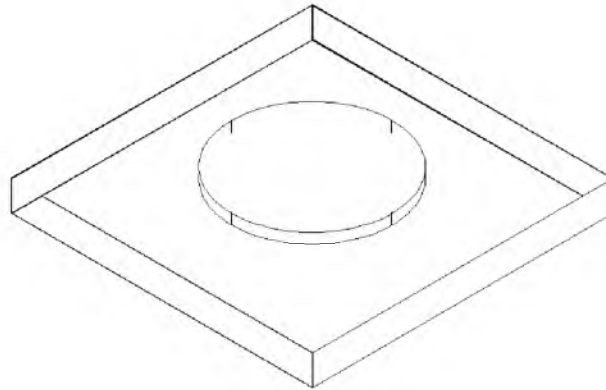
### 4.5.3. Diseño de elementos complementarios: Porta vasos

La tercera propuesta de diseño es el desarrollar diferentes tipos de elementos complementarios para la línea de muebles. Como elemento complementario para este trabajo se considero el diseño de un porta vasos, el cual puede integrarse perfectamente a la línea de muebles como un accesorio.

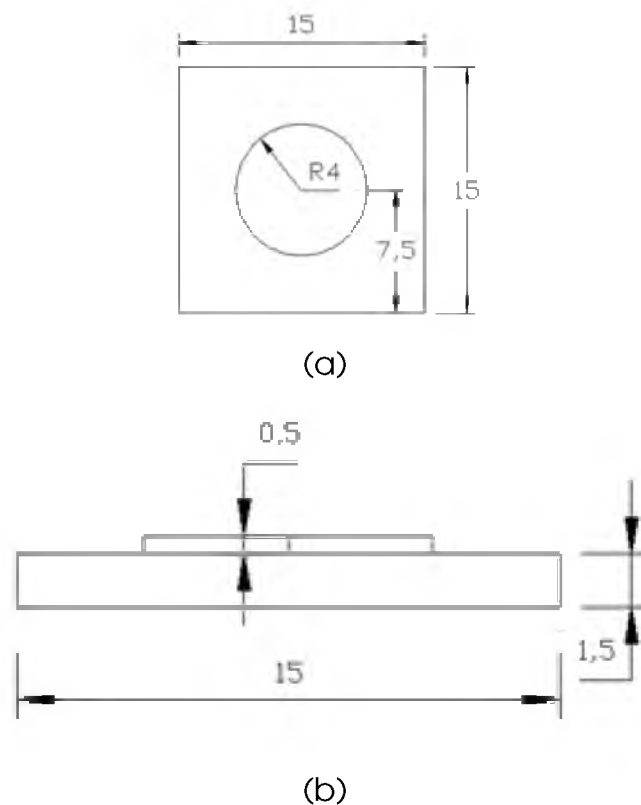
#### 4.5.3.1. Propuestas de porta vasos

Se pretende que el perfil de esta línea de muebles se complemente siguiendo una variedad de formas ya que el material que se propone se presta para la manipulación y se pueden realizar desde formas rectas a curvas, a continuación se muestran tres de las propuestas de diseño del porta vasos.

En la figura 4.46 se muestra la primera propuesta la cual consiste en una sección rectangular de 15 cm x 15 cm y un espesor de 1.5 cm. En la parte superior se encuentra una sección cilíndrica de 8 cm de diámetro y un espesor de 0.5 cm.



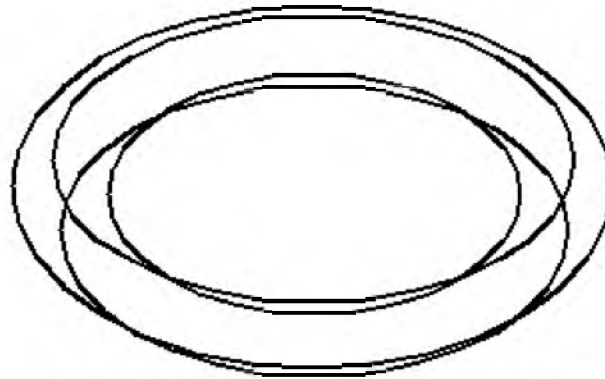
**Figura 4.46.** Porta vasos: propuesta 1



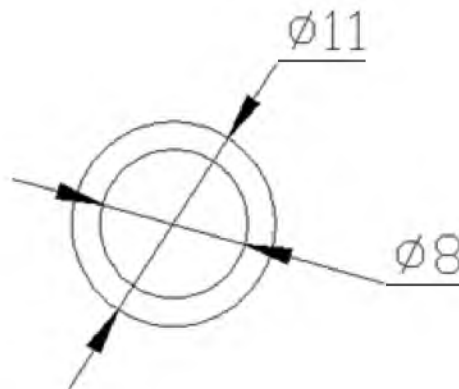
**Figura 4.47.** a) Vista superior el cual se muestra las medidas de los lados y el radio de la sección circular b) Vista frontal muestra el grosor (Cotas en centímetros).

La propuesta numero dos es un porta vasos circular tipo "dona" con la parte inferior cerrada. El diámetro de este diseño es de 8 cm el cual permite que el vaso pueda llegar a ser colocado dentro del orificio o sobre la base (volteando el porta vasos para que la parte inferior quede arriba) eso

depende según el diámetro de los vasos que se coloquen sobre el (Figura 4.48).

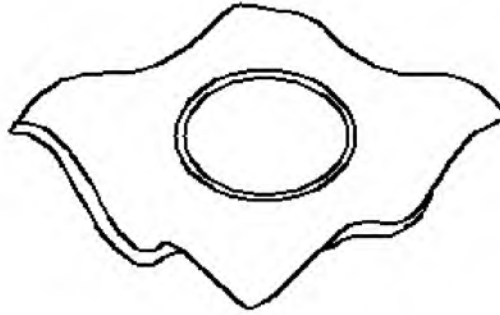


**Figura 4.48.** Porta vasos: propuesta 2

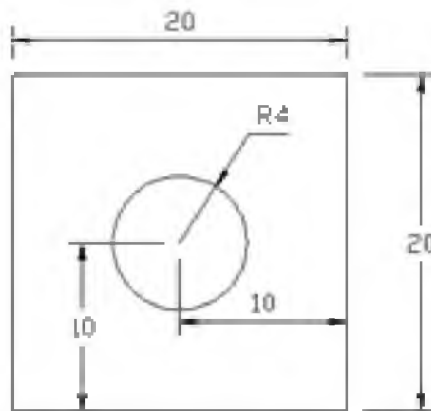


**Figura 4.49.** diámetro de la sección circular (Cotas en centímetros).

El último boceto (Figura 4.50) tiene formas curvas, en el centro se encuentra la base el cual tiene un relieve de forma circular donde se colocara el vaso. Las dimensiones son de 20 cm x 20 cm y tiene un espesor de 1.5 cm



**Figura 4.50.** Porta vasos: propuesta 3



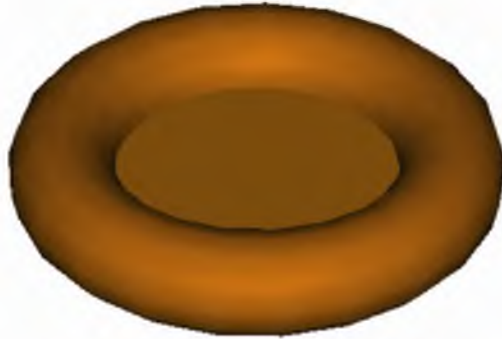
**Figura 4.51.** Vista superior del portavasos (Cotas en centímetros)

#### 4.5.3.2. Diseño definitivo

Después de analizar las características de los bocetos se escogió uno de ellos el cual se pretende que esta propuesta no rompa con la línea que se está siguiendo en el diseño de muebles realizados con la cáscara de la piña.

El diseño definitivo para la propuesta del portavasos es el que se presentó en la figura 4.48. Este diseño es representado en forma de una dona teniendo una superficie cerrada en el cual se pueden colocar los vasos dentro del orificio o sobre la base, el diámetro del interior es de 8 cm, es el tamaño aproximado del grosor de los vasos y de las tazas dando la opción si la dimensiones del vaso es reducida o mayor que el orificio se puede colocar sobre la base de este.

Se escogió dicho modelo ya que el material es manejable y se prevé que no habrá complicaciones al desarrollar dicha propuesta del diseño del portavasos.



**Figura 4.52.** Propuesta definitiva de portavasos

# Conclusiones

En el transcurso del presente proyecto, se realizó el estudio de la manufactura y caracterización de un nuevo material, el cual consiste en aglomerados realizados con la cáscara de la piña. La materia básica para la manufactura de este material fue recolectada de los pequeños productores de la ciudad de Loma Bonita, Oaxaca. Después de recolectar el material, fue triturado utilizando una trituradora de forraje, el material fue deshidratado por un proceso de convección natural, y sometido a un segundo proceso de trituración para eliminar aglomerados. En etapas preliminares, los aglomerados procesados (a través de pruebas de prensado manual y/o mediante un gato hidráulico de 2 toneladas), reportaron una resistencia a la flexión de 4.8 MPa, la cual es ligeramente inferior que la de un aglomerado de madera (resistencia a la compresión de 6 MPa). Sin embargo, es necesario considerar que la propuesta es realizada a bajas presiones de compactación (2 toneladas máximo) en contraste con los tableros producidos industrialmente (algunos tableros son obtenidos a 100 toneladas de carga). Por otro lado, el resultado obtenido es muy bueno para realizar algunos objetos básicos (realizados por microempresarios y pequeños productores), considerando que con base en las medidas propuestas, el material podría ser capaz de soportar hasta 49 kg por centímetro cuadrado, además de que este valor podría incrementarse si por ejemplo se módica el espesor de los tableros.

Después de realizar diferentes pruebas físicas a los tableros (resistencia mecánica, intemperismo y acabado), se procedió a desarrollar diferentes bosquejos dentro de la línea de muebles, de entre los cuales se selecciona-

ron algunos que podrían ser incluidos a la propuesta para el diseño de una línea de muebles. Los muebles seleccionados fueron clasificados con base en 3 modelos: Mueble no convencional, Mueble multifuncional, Accesorios. De estos muebles, el que se escogió para realizar un prototipo fue el mueble no convencional, esto debido principalmente a que este mueble esta compuesto por superficies rectas y curvas, con lo que es posible demostrar la manejabilidad del material propuesto. Después de realizar los bosquejos y elaborar el diseño, se procedió a realizar la validación del modelo a partir de un software computacional de Análisis de Elementos Finitos (FEA) en el que se observó que con base en las características del material, el diseño era factible (obtiene la suficiente resistencia gracias tanto al material, así como al diseño en forma de curvas). De esta forma, se comprobó que es factible el utilizar herramientas de ingeniería para apoyar las actividades de diseño de productos, con lo cual, el diseño es factible de ser comprobado incluso antes de producirse, mediante modelos computacionales.

La realización de tableros que conformarían el diseño fue mediante moldes realizados de lámina galvanizada y madera, el prensado fue manual ya que no hay mucha diferencia entre este y el prensado mediante el gato hidráulico, después se desmoldo y se continuo con el ensamblado el cual fue mediante el ensamble por excéntrica y tensor y por ultimo se dio el acabado aplicando Sayer lack barniz de poliuretano N0050 fondo AB. Complementariamente a esta propuesta se elaboraron dos propuestas adicionales para formar una línea de muebles a base de fibra de piña, el segundo mueble consistió en un mutifuncional en el cual el usuario le diera una función con base en sus necesidades específicas, mientras que la tercer propuesta consistió en un accesorio que pudiera acompañar a esta línea de muebles, en este caso fue un porta vasos, el cual puede colocarse sobre cualquier superficie.

Este proyecto de tesis tiene como principal objetivo, el generar una alternativa viable para el aprovechamiento de desechos obtenidos de diferentes agroindustrias (en este caso el procesamiento de la piña), así mismo, es una propuesta para que los pequeños productores pudieran generar microempresas y por lo tanto incrementar sus ingresos al producir objetos a partir de desperdicios, generándoles un valor agregado.

# Bibliografía

- (1) Comisión Nacional de Fruticultura SAG/México/1976/serie técnica/Pág.23
- (2) La problemática actual de la producción de piña en México/ centro de estudios de las finanzas públicas/CEFP/004/2002
- (3) J. De La Cruz Medina, y H.S. García/CAPÍTULO XXXIII: OPERACIONES DE POSTCOSECHA DE LA PIÑA/del Compendium on Post-harvest Operations/ publicado por Information Network-on post-hardvest operations/ Food and Agricultura Organization of United
- (4) [http://hampco-kalibo.com/HtmlFiles/HampcoKalibo\\_Home.htm](http://hampco-kalibo.com/HtmlFiles/HampcoKalibo_Home.htm)
- (5) Horrocks/A.R.; Anand/S.C./Handbook of Technical Textiles/Woodhead Publishing/2000
- (6) Roberto Suárez Orduña/ M.A.V. Alejandro Bravo Guzmán/Obtención De Subproductos A Partir De Desechos De Piña/ Universidad del Papaloapan
- (7) R.Bruce Hoadley/ Understanding Wood/ A craftsman's guide to wood technology/ The Taunton Press/ USA 1980
- (8) La producción de tableros de partículas/Revista AITIM/ 227 - ene/feb 2004
- (9) Forest products laboratory/Wood Handbook/Wood as and Engineering Material/ USDA/ 1999/ EUA

- (10) [www.jaspermorrison.com/18/09/07](http://www.jaspermorrison.com/18/09/07)
- (11) Alastair Fuad- Luke/ Manual de diseño ecologico/Cartago Palma de Mallorca/ 2002/ Pag.352/
- (12) Bookshelves, Bookshelfes - 30 of the Most Creative Designs
- (13) Uso de fibras naturales de lechuguilla como refuerzo en concreto/César A. Juárez Alvarado/Patricia Rodríguez López/Raymundo Rivera Villareal/Ma. de los Ángeles Rechy de Von Roth/Ingenierías/ enero-marzo 2004/Vol. VII/no.22
- (14) Bruno Munari/¿Cómo nacen los objetos? Octava edición /Gustavo Gili/2000/Pág. 385
- (15) Roberto Hernández Samperi e.t al/Metodología de la investigación tercera edición/ McGraw Hill/2003/Pág.705
- (16) Juan castañeda Jiménez e.t al/Metodología de la investigación/McGraw Hill/2001/Pág.277
- (17) Eliseo Gómez/Senent Martine/El proyecto diseño en ingeniería/2001/P´G. 452
- (18) Cotera Rivera Julian/1985/Estudio preliminar del valor nutritivo del bagazo de piña (Ananas comusus Merr.) en ovinos/Universidad Autónoma de Chapingo Zootecnia/pág. 60.
- (19) 01-24-96 NORMA Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994, Información comercial-Disposiciones generales para productos
- (20) <http://www.bricotodo.com/montaje.htm/26/10/09>
- (21) [www.mateba.com.mx/regatones1.htm/12/11/09](http://www.mateba.com.mx/regatones1.htm/12/11/09)

# Apéndice I

## VARIABLES DEL PROBLEMA

**Esencialidad.** Este es un elemento importante, el cual indica cuales son los elementos necesarios para la manufactura del mueble, tales como es el ensamblado, el recubrimiento, la materia prima, cuantas rectas o curvas tiene el mueble, cuanto peso soportara el mueble a diseñar, la distribución del mueble, la parte gráfica (folleto explicativo, el diseño del nombre del mueble).

Durante el análisis de esencialidad de la elaboración de un mueble a partir de aglomerados elaborados con fibra de piña, podemos establecer algunos parámetros importantes, entre los que se encuentran:

*Ensamblados.* El diseño de la línea de muebles según las propuestas, requiere ensamblados realizados a través de perforaciones en este caso se propone la utilización del ensamblado por excéntrica y tensor.

*Recubrimientos* Para realizar el trabajo de acabado se probaron diferentes tipos de recubrimientos:

- Tinte al alcohol color cedro
- Sellador nitrocelulosa 48% con tinta color caoba
- Sayer lack barniz de poliuretano N0050 fondo AB
- Poliuretano T-0028
- River barniz tinte color nogal

- Barniz 610 spar marino fenolico
- Color blanco vinílico

**Antecedentes.** Los antecedentes que fueron recabados están relacionados principalmente con la producción de la piña, la obtención de fibras de piña, usos, métodos de procesamiento de dichas fibras. Además, se reunió información relacionada con el procesamiento de materiales aglomerados a base de madera, se recabaron datos necesarios para poder justificar el diseño. Así mismo, información que nos ayude a determinar la distribución en un espacio determinado.

Todos estos antecedentes fueron colocados en la sección del marco teórico.

**Social.** El proyecto de tesis pretendió ayudar a mejorar los ingresos de los productores y las personas involucradas en todo el proceso de producción de piña.

En este sentido, se pretende obtener resultados (técnicas de producción de muebles a bajo costo a partir de desechos de piña), los cuales beneficien a los productores con el aprovechamiento de la fibra de la piña, proponiendo realizar muebles a partir de la fibra de piña como reemplazo de la madera.

Los posibles beneficios que se espera obtener con la realización de este proyecto es en primer lugar la eliminación de los desperdicios de piña mediante la realización de los muebles con técnicas tradicionales, así como sentar las bases para generar una industria nueva y por consiguiente crear empleos en la región.

**Impacto ambiental.** Los posibles beneficios que se espera obtener con la realización de este proyecto es en primer lugar la eliminación de los desperdicios de piña mediante la realización de los muebles con técnicas tradicionales, así como sentar las bases para generar una industria nueva y por consiguiente crear empleos en la región.

**Estético.** El diseño es debido a la necesidad de crear nuevas alternativas para el usuario y optando por crear muebles contemporáneos, y que armonicen con su entorno.

**Valor de Uso.** Se refiere a las necesidades que tienen las personas al querer un mueble que satisfaga ciertas necesidades.

**Mercado.** Las prioridades del usuario y como compite en el ámbito comercial según su originalidad, competitividad, entre otros.

**Funcional.** El mueble debe de cumplir con las expectativas del usuario según la función deseada por el usuario y para la cual está diseñado el mueble.

**Calidad.** La calidad es un factor de alta relevancia que incluye entre otras cosas, los acabados del mueble, las materias primas de partida que en este caso son la fibra de pino y los agentes ligantes. Todos estos factores están relacionados con los factores económicos y pueden afectar la compra del producto por parte del usuario.

**Normalización.** Es la verificación de las normas al diseñar el producto industrial. Para la realización de un producto a base de madera (o sustitutos de madera) es importante el considerar diferentes normatividades oficiales, para el presente proyecto se consideraron las siguientes normatividades:

- 01-24-96 NORMA Oficial Mexicana NOM-050-SCFI-1994, Información comercial- Disposiciones generales para productos.
- ASTM D 3043 – 00 (Reapproved 2006) Standard Test Methods for Structural Panels in Flexure

**Ergonómico.** Se encarga de verificar si se encuentra en los límites de antropometría estática, temperatura manejabilidad etc.

**Físico.** Para la delimitación de las características físicas del material, se consideró como principal punto de partida, la determinación de la resistencia a la flexión del material, además de la determinación de las dimensiones y peso del mueble. En este sentido, y como consecuencia de la falta de equipo para la determinación de la resistencia a la flexión, se prepararon una serie de muestras rectangulares de 7 cm de longitud por 1 cm de espesor y 1 cm de ancho, las cuales fueron enviadas a la Universidad Autónoma Metropolitana para su estudio.

**Acabados.** Son importantes sobre todo para el agrado del usuario en condiciones técnicas y estéticas del proyecto. Como se mencionó anteriormente se seleccionaron diferentes tipos de esmaltes, tintes y barnices para dar diferentes tipos de acabados.

**Materiales.** Los que se utilizaron fue principalmente fibra de la piña, además de diferentes agentes ligantes, en este caso se refiere a resinas naturales y sintéticas.

**Embalaje.** Se refiere al transporte como se trasladará, cual será el envase y si se requiere ciertas condiciones de embalaje.

**Naturaleza.** Se refiere en que inclemencias del tiempo se encuentra el material en este caso a que temperatura, si se encontrará al intemperie o en el sitio según el clima del lugar.

## **Apéndice II**