

**DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE GUASCA DE
PLÁTANO DEL URABÁ ANTIOQUEÑO Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO
DE INNOVACIÓN PARA EL SECTOR MOBILIARIO DOMÉSTICO**

**BEATRIZ ELENA MEJÍA GIRALDO
ANA PATRICIA OSORIO BUILES**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

**DESARROLLO DE UN MATERIAL COMPUESTO A BASE DE GUASCA DE
PLÁTANO DEL URABÁ ANTIOQUEÑO Y SU APLICACIÓN EN UN PRODUCTO
DE INNOVACIÓN PARA EL SECTOR MOBILIARIO DOMÉSTICO**

**BEATRIZ ELENA MEJÍA GIRALDO
ANA PATRICIA OSORIO BUILES**

**Proyecto de grado presentado para optar
por el título de Ingeniero de Diseño de Producto**

**Asesor: Santiago Betancourt Parra
Ingeniero Mecánico**

**UNIVERSIDAD EAFIT
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA
DE DISEÑO DE PRODUCTO
MEDELLÍN
2006**

Nota de aceptación:

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Medellín, Enero de 2006

AGRADECIMIENTOS

Las autoras desean expresar sus sinceros agradecimientos a:

A nuestras familias por su gran apoyo emocional y económico, porque sin ellos no hubiera sido posible lograrlo.

Santiago Betancourt. Ingeniero Mecánico. Asesor de este proyecto de grado, por su compromiso, dedicación, conocimientos y asesoramiento.

El Grupo de Investigación en Nuevos Materiales de la Universidad Pontificia Bolivariana, por el respaldo y apoyo brindado por todos sus miembros.

A todo el personal de los laboratorios de mecánica de la Universidad Pontificia Bolivariana, por su gran colaboración.

A Corbanacol, fundación social de la empresa Banacol. Por su colaboración y suministro de la fibra de plátano.

Argemiro Betancur, Gerente empresa COLFIBRAS LTDA. Por su gentil colaboración y disposición de materiales suministrados.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	18
1. GENERALIDADES DEL PROYECTO	20
1.1 EL SECTOR DEL MUEBLE	20
1.1.1 Fortalezas del sector	20
1.1.2 Debilidades del sector	21
1.1.3 Fabricantes de Muebles	23
1.1.4 Exportaciones colombianas.....	23
1.1.5 Producción extranjera.....	25
1.2 MERCADO	26
1.2.1 Análisis de la demanda	26
1.2.2 Estilos en el diseño de muebles	29
1.2.3 El contexto del hogar.....	33
1.3 MATERIALES COMPUESTOS	36
1.3.1 Partes que componen los materiales compuestos	37
1.3.2 Clasificación de los materiales compuestos	39
1.3.3 La matriz Polimérica	41
1.3.4 El refuerzo: Las Fibras	46
1.3.5 Proceso de termocompresión.....	63
1.3.6 Materiales compuestos con fibras naturales	64
1.3.7 Normativas que rigen el mobiliario Colombiano y la elaboración de tableros aglomerados.....	69
2. DESARROLLO EXPERIMENTAL DEL MATERIAL	71
2.1 MATERIAS PRIMAS	71
2.1.1 El reforzante.....	71
2.1.2 Las matrices usadas.....	71
2.2 PROCESO DE MANUFACTURA DEL MATERIAL	74
2.2.1 Acondicionamiento de materias primas.....	74
2.2.2 El molde	77
2.2.3 Prepensado.....	78
2.2.4 Mezclado	79

2.2.5 Prensado y curado	80
2.3 ANÁLISIS VISUAL DE LAS PROBETAS	82
2.4 ENSAYOS MECÁNICOS.....	84
2.4.1 Resistencia a la flexión.....	84
2.5 ENSAYOS FÍSICOS	88
2.5.1 Densidad	88
2.5.2 Absorción de humedad e hinchamiento	90
2.5.3 Ensayo de propagación de fuego.....	93
2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN.....	96
2.6.1 Análisis visual de las probetas	96
2.6.2 Resultados de la prueba de flexión	105
2.6.3 Ensayo de densidad.....	116
2.6.4 Absorción de humedad del ambiente	117
2.6.5 Absorción de agua	119
2.6.6 Hinchamiento por absorción de humedad del ambiente	121
2.6.7 Hinchamiento por absorción de agua.....	123
2.6.8 Propagación de fuego	126
2.7 TABLA DE PROPIEDADES.....	130
2.7.1 Mecánicas	130
2.7.2 Físicas.....	131
2.8 ELABORACIÓN DEL MATERIAL EN LA EMPRESA COLFIBRAS	132
3. EL DISEÑO DEL PRODUCTO	142
3.1 CLARIFICACIÓN DE LA IDEA	145
3.1.1 Definición del problema.....	145
3.1.2 Definición del Usuario.....	145
3.1.3 Definición del Contexto.....	147
3.2 DISEÑO CONCEPTUAL	150
3.2.1 Diseño funcional.....	150
3.3 DISEÑO DE DETALLE.....	163
3.3.1 Vistas del producto.....	163
3.3.2 Usos del producto	166
3.3.3 Contexto del producto	169

4. CONCLUSIONES	173
4.1 Conclusiones después de elaborar los materiales y analizar los resultados de las pruebas	173
4.2 Conclusiones en el diseño del producto	177
5. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS PROYECTOS	178
5.1 Recomendaciones para futuros estudios en el desarrollo del material compuesto reforzado con fibra de plátano	178
5.2 Recomendaciones para la fabricación del producto mobiliario con el material compuesto evaluado en este proyecto.....	180
BIBLIOGRAFIA	181

LISTA DE TABLAS

	Pág.
TABLA 1. PRODUCCIÓN NACIONAL POR ESLABON DE PRODUCTOS	22
TABLA 2. FABRICANTES IMPORTANTES DE MOBILIARIO	23
TABLA 3. EVOLUCIÓN DE LAS EXPORTACIONES COLOMBIANAS, PARTIDA 9403.....	24
TABLA 4. PROMEDIO DE ÁREA DE LOS INMUEBLES.....	36
TABLA 5. PROPIEDADES DE TERMOESTABLES REFORZADOS.....	44
TABLA 6. USOS DE LAS DIFERENTES PARTES DE LA PLANTA.....	56
TABLA 7. CARACTERÍSTICAS DE LAS DIFERENTES PARTES DE LA CALCETA	58
TABLA 8. TRES FORMAS DIFERENTES EN QUE SE OBTIENE LA CALCETA COMO MATERIA PRIMA.	59
TABLA 9. CLASIFICACIÓN DE TABLEROS	66
TABLA 10. CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA UREA FORMALDEHÍDO.....	72
TABLA 11. CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA FENÓLICA.....	72
TABLA 12. CARACTERÍSTICAS DE LA RESINA CRISTALÁN 809.	73
TABLA 13. PROPIEDADES TÍPICAS DEL CRISTALÁN 809 CURADO (SIN REFORZAR) (1)	73
TABLA 14. CANTIDAD DE FIBRA Y RESINA EN CADA MEZCLA CON POLIÉSTER Y FENÓLICA	76
TABLA 15. CANTIDAD DE RESINA, AGUA Y CATALIZADOR PARA CADA UNA DE LAS MEZCLAS CON RESINA ÚREA.....	77
TABLA 16. CLASIFICACIÓN DE LOS DEFECTOS PERMISIBLES MÁS COMUNES	83
TABLA 17. ESPESOR PROMEDIO PARA CADA LOTE DE PROBETAS	85
TABLA 18. VELOCIDAD Y SPAN (DISTANCIA ENTRE APOYOS) PARA LA MAQUINA DE CADA ESPESOR.....	86
TABLA 19. CLASIFICACIÓN DE LOS TABLEROS AGLOMERADOS POR SU DENSIDAD NORMA NTC 2913.....	88
TABLA 20. RESULTADO DE LA INSPECCIÓN VISUAL DE LAS PROBETAS POR LOTES.....	104
TABLA 21. RESULTADOS PROMEDIOS Y DESVIACIÓN DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN PARA LAS PROBETAS HECHAS CON RESINA FENÓLICA.	107
TABLA 22. RESULTADOS PROMEDIOS Y DESVIACIÓN DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN PARA LAS PROBETAS DE UF	110
TABLA 23. RESULTADOS PROMEDIOS Y DESVIACIÓN DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN PARA LAS PROBETAS DE UP.....	112

TABLA 24. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DADOS POR EL MÉTODO DE DETERMINACIÓN DE VOLUMEN PARA LA DENSIDAD.....	116
TABLA 25. PROMEDIOS Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DE LOS RESULTADOS DE LA PRUEBA DE DENSIDAD CON EL DENSÍMETRO	117
TABLA 26. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD DEL AMBIENTE PARA CADA TIPO DE MATERIAL.....	118
TABLA 27. PORCENTAJE DE ABSORCIÓN DE AGUA PARA CADA TIPO DE MATERIAL.....	120
TABLA 28: HINCHAMIENTO POR ABSORCIÓN DE HUMEDAD DEL AMBIENTE OBTENIDO EN EL ENSAYO PARA CADA TIPO DE MATERIAL.....	121
TABLA 29. HINCHAMIENTO POR ABSORCIÓN DE AGUA OBTENIDA EN EL ENSAYO PARA CADA TIPO DE MATERIAL	124
TABLA 30. PROPIEDADES MECÁNICAS	130
TABLA 31. PROPIEDADES FÍSICAS.....	131
TABLA 32. RESULTADOS PROMEDIOS Y DESVIACIÓN DE LA PRUEBA DE FLEXIÓN PARA LAS PROBETAS HECHAS CON RESINA FENÓLICA	135
TABLA 33. DATOS PROMEDIOS DE DENSIDAD OBTENIDOS EN LA PRUEBA CON EL MÉTODO DE ARQUÍMEDES.....	138
TABLA 34. PROMEDIO Y DESVIACIÓN ESTÁNDAR DADOS POR MEDICIÓN VOLUMÉTRICA PARA LA DENSIDAD	139
TABLA 35. HINCHAMIENTO POR HUMEDAD EN LAS DIMENSIONES DE LAS PROBETAS DE COLFIBRAS	140
TABLA 36. HINCHAMIENTO POR HUMEDAD EN LAS DIMENSIONES DE LAS PROBETAS DE COLFIBRAS	141
TABLA 37. LUGARES DE LA CASA Y OBJETOS QUE LA HABITAN.....	148
TABLA 38. MATRIZ MORFOLÓGICA	152
TABLA 39. EVALUACIÓN DE ALTERNATIVAS.....	158
TABLA 40. CONCEPTOS Y REFERENTES DEL PRODUCTO	161
TABLA 41. VISTAS DEL PRODUCTO	164

LISTA DE FIGURAS E ILUSTRACIONES

	Pág.
FIGURA 1. PARTES DE LA MATA DE PLÁTANO	55
FIGURA 2. CALCETA DE PLÁTANO	57
FIGURA 3. PARTES DE LA CALCETA	57
FIGURA 4. PROCESO DE SEPARACIÓN. CALCETA SECA O PUESTA A SECAR	60
FIGURA 5. FIBRA EN ESTADO ORIGINAL	75
FIGURA 6. MOLDE.....	77
FIGURA 7. UBICACIÓN DE LA FIBRA EN EL MOLDE.....	78
FIGURA 8. PRENSA UTILIZADA PARA LA ELABORACIÓN DE LAS PROBETAS	78
FIGURA 9. PROCESO DE MEZCLADO PARA ELABORAR LAS PROBETAS ...	79
FIGURA 10. PRENSADO	80
FIGURA 11. PROCESO FINAL DESPUÉS DEL CURADO DE LA PROBETA	81
FIGURA 12. MAQUINA UNIVERSAL INSTRON 5582	85
FIGURA 13. POSICIÓN DE LA PROBETA EN LA MÁQUINA UNIVERSAL	86
FIGURA 14. POSICIÓN DE LA PROBETA EN LA MAQUINA UNIVERSAL	87
FIGURA 15. BALANZA Y DENSÍMETRO SHIMADZU AX 200.....	89
FIGURA 16. PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO DE DENSIDAD	89
FIGURA 17. PROBETAS DESPUÉS DE SER SUMERGIDAS.....	93
FIGURA 18. MONTAJE DE LA PRUEBA DE PROPAGACIÓN DE FUEGO	95
FIGURA 19. PROCEDIMIENTO PARA LA PRUEBA DE FUEGO.....	96
FIGURA 20. DEFECTOS EN EL LOTE DE POLIÉSTER EN 30%R- 70%M	97
FIGURA 21. DEFECTOS EN EL LOTE DE POLIÉSTER EN 40%R- 60%M	98
FIGURA 22. DEFECTOS EN EL LOTE DE POLIÉSTER EN 50%R- 50%M	99
FIGURA 23. DEFECTOS EN EL LOTE DE ÚREA FORMALDEHÍDO EN 30%R- 70%M.....	100
FIGURA 24. DEFECTOS EN EL LOTE DE ÚREA FORMALDEHÍDO EN 40%R- 60%M.....	100
FIGURA 25. DEFECTOS EN EL LOTE DE ÚREA FORMALDEHÍDO EN 50%R- 50%M.....	101
FIGURA 26. DEFECTOS EN EL LOTE DE FENÓLICA EN 30%R- 70%M	102
FIGURA 27. DEFECTOS EN EL LOTE DE FENÓLICA EN 40%R- 60%M	102
FIGURA 28. DEFECTOS EN EL LOTE DE FENÓLICA EN 50%R- 50%M	103
FIGURA 29. MOMENTO DE LA QUEMA DE LA PROBETA DE POLIÉSTER CON EL MECHERO Y DESPUÉS DE RETIRADO	126

FIGURA 30. LOTE DE PROBETAS DE POLIÉSTER 30%R-70%M, 40%R-60%M Y 50%R-50%M RESPECTIVAMENTE, DESPUÉS DE LA PRUEBA DE PROPAGACIÓN DE FUEGO	127
FIGURA 31. MOMENTO DE LA QUEMA DE LA PROBETA DE ÚREA CON EL MECHERO	127
FIGURA 32. LOTE DE PROBETAS DE POLIÉSTER 40%R-60%M, 50%R-50%M Y 30%R-70%M, RESPECTIVAMENTE, DESPUÉS DE LA PRUEBA DE PROPAGACIÓN DE FUEGO	128
FIGURA 33. MOMENTO DE LA QUEMA DE LA PROBETA DE FENÓLICA CON EL MECHERO	128
FIGURA 34. LOTE DE PROBETAS DE POLIÉSTER 40%R-60%M, 30%R-70%M Y 50%R-50%M RESPECTIVAMENTE, DESPUÉS DE LA PRUEBA DE PROPAGACIÓN DE FUEGO	129
FIGURA 35. MARCO PARA PROBETAS HECHAS EN COLFIBRAS.....	132
FIGURA 36. PROBETAS CON FENÓLICAS HECHAS EN COLFIBRAS.....	134
FIGURA 37. METODOLOGÍA DE DISEÑO DEL PRODUCTO.....	144
FIGURA 38. <i>MOOD BOARD</i> DEL USUARIO	146
FIGURA 39. <i>MOOD BOARD</i> DE CONTEXTO.....	147
FIGURA 40. CAJA NEGRA DEL SISTEMA.....	150
FIGURA 41. ÁRBOL DE FUNCIONES	151
FIGURA 42. <i>MOOD BOARD</i> DE TEXTURAS.....	159
FIGURA 43. <i>MOOD BOARD</i> DE FORMAS, COMO REFERENTES FORMALES	160

ILUSTRACIÓN 1.	<i>MUTTATA</i> MESA MULTIFUNCIONAL DE USO DOMÉSTICO	162
ILUSTRACIÓN 2.	VISTAS Y DIMENSIONES GENERALES DEL PRODUCTO	163
ILUSTRACIÓN 3.	PARTES PRINCIPALES DEL PRODUCTO	166
ILUSTRACIÓN 4.	CONTEXTO HABITACIÓN	169
ILUSTRACIÓN 5.	CONTEXTO COCINA	169
ILUSTRACIÓN 6.	CONTEXTO COCINA	170
ILUSTRACIÓN 7.	CONTEXTO COCINA	170
ILUSTRACIÓN 8.	CONTEXTO SALA	171
ILUSTRACIÓN 9.	CONTEXTO SALA - COMEDOR	171
ILUSTRACIÓN 10.	CONTEXTO SALA	172

LISTA DE GRÁFICOS

	Pág.
GRÁFICO 1. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA PF 50%-50%	106
GRÁFICO 2. DIAGRAMA ESFUERZO /DEFORMACIÓN PARA PF 40% R- 60%.M.....	106
GRÁFICO 3. DIAGRAMA DE ESFUERZO /DEFORMACIÓN PARA PF 30% R- 70%.M.....	107
GRÁFICO 4. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA LAS PROBETAS DE UREA 50% R-50%M	108
GRÁFICO 5. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA LAS PROBETAS DE UREA 40% R -60%M	109
GRÁFICO 6. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA LAS PROBETAS DE ÚREA 30%R -70%M	109
GRÁFICO 7. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA LAS PROBETAS DE POLIÉSTER INSATURADO 50% R- 50%M.....	110
GRÁFICO 8. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA LAS PROBETAS DE POLIÉSTER INSATURADO 40% R - 60%M.....	111
GRÁFICO 9. DIAGRAMA DE ESFUERZO/DEFORMACIÓN PARA LAS PROBETAS DE POLIÉSTER INSATURADO 30%R - 70%M.....	111
GRÁFICO 10. COMPARACIÓN DEL ESFUERZO A LA FLEXIÓN ENTRE LAS 9 COMBINACIONES DIFERENTES DE FIBRA-RESINAS	113
GRÁFICO 11. COMPARACIÓN DE LA DEFORMACIÓN POR FLEXIÓN ENTRE LAS 9 COMBINACIONES DIFERENTES DE FIBRA-RESINAS.....	113
GRÁFICO 12. COMPARACIÓN LOS MÓDULOS DE ELASTICIDAD ENTRE LAS 9 COMBINACIONES DIFERENTES DE FIBRA-RESINAS	114
GRÁFICO 13. COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD QUE TIENEN DE ABSORBER HUMEDAD DEL AMBIENTE LOS DIFERENTES COMPUESTOS	119
GRÁFICO 14. COMPARACIÓN DE LA CAPACIDAD QUE TIENEN DE ABSORBER AGUA LOS DIFERENTES COMPUESTOS.....	120
GRÁFICO 15. COMPARACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD DEL AMBIENTE ENTRE LOS MATERIALES EN SU ANCHO.....	122
GRÁFICO 16. COMPARACIÓN DE LA ABSORCIÓN DE HUMEDAD DEL AMBIENTE ENTRE LOS MATERIALES EN SU ESPESOR	123
GRÁFICO 17. COMPARACIÓN DEL HINCHAMIENTO POR AGUA ENTRE SUS DIMENSIONES.....	124

GRÁFICO 18. COMPARACIÓN DEL HINCHAMIENTO POR AGUA ENTRE LOS MATERIALES EN SU ESPESOR.....	125
GRÁFICO 19. DIAGRAMA ESFUERZO /DEFORMACIÓN PARA PF 40% R-60%.M.....	135
GRÁFICO 20. COMPARACIÓN DEL ESFUERZO A LA FLEXIÓN ENTRE LAS PROBETAS DE DIFERENTES RESINA CON EL MISMO PORCENTAJE DE FIBRA-RESINAS	136
GRÁFICO 21. COMPARACIÓN DE LA DEFORMACIÓN POR LA FLEXIÓN ENTRE LAS PROBETAS DE DIFERENTES RESINA CON EL MISMO PORCENTAJE DE FIBRA-RESINAS	137
GRÁFICO 22. COMPARACIÓN DEL MÓDULO DE ELASTICIDAD ENTRE LAS PROBETAS DE DIFERENTES RESINA CON EL MISMO PORCENTAJE DE FIBRA-RESINAS	138

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A: PDS

ANEXO B: PLANOS DEL PRODUCTO

ANEXO C: FICHAS TÉCNICAS

RESUMEN

La cantidad de desperdicios en los cultivos de plátano en el Urabá Antioqueño es cada vez mayor, y hasta el momento, es un deshecho en Colombia, porque en el momento del corte del fruto, el cual corresponde al 20% de la mata, su 80% restante genera cerca de 3`213.120 toneladas métricas al año de residuos sólidos vegetales, de esta cifra el 51% pertenece a la guasca, lo que corresponde a 1`667.000 toneladas métricas al año, lo que genera enfermedades que atacan los cultivos. Hasta el momento se han pensado posibles usos para el desperdicio de cada parte de la planta de plátano, gracias a las experiencias con otras musaseas acuminata. Lo que llevo al desarrollo de este proyecto, para analizar y evaluar cual seria el comportamiento de la fibra extraída de la calceta de plátano como reforzante de un material compuesto.

Para el estudio de este composite se realizaron diferentes experimentos, permitiendo desarrollar diferentes sistemas de combinación donde se emplearon tres tipos de resinas termoestables (úrea formaldehído, fenólica y poliéster insaturado), en tres porcentajes diferentes de reforzante y matriz (50%R-50%M, 40%R-60%M y 30%R-70%M), para elaborar probetas aptas y realizar ensayos mecánicos y físicos como: flexión, densidad, hinchamiento, absorción de humedad y propagación de fuego, para así llegar a obtener una caracterización básica del material compuesto a base de guasca de plátano y su posible aplicación en el sector mobiliario doméstico.

Una vez obtenidos los resultados de las pruebas se siguió todo un proceso de desarrollo del producto para aplicar el material elegido y obtenido, y llegar a un sistema multifuncional para reunir personas llamado **Muttata**, debido a que es una

mesa multifuncional, fabricada y conceptualizada con la musácea acuminata (mata del plátano), su fabricación en serie se realizará más adelante por el grupo de artesanas “Manos de Urabá” apadrinadas por la fundación Corbanacol.

INTRODUCCIÓN

La guasca de plátano, hasta el momento, es un deshecho en Colombia que representa el 51% de la planta, lo que constituye 1`667.000 toneladas métricas al año, una parte es empleada para conservar la humedad de los suelos de los cultivos y otra es dispuesta en rellenos sanitarios o en las mismas plantaciones. Esta se descompone y puede originar la sigatoka¹ en las plantaciones de plátano y el banano, afectando la producción tanto de los pequeños productores y de las grandes comercializadoras, ya que el daño en la fruta hace que pierda sus especificaciones de calidad internacional, y esto ocasiona la reducción de la producción óptima para exportación y la fruta que no cumpla con estos requerimientos es desechada o vendida a un menor costo.

Con este proyecto, se busca desarrollar un composite hecho a base del desperdicio del seudotallo del plátano o *musácea acuminatta* del Urabá antioqueño, y su aplicación en un producto de innovación para el sector del mueble en el hogar, como una alternativa de mejorar la diversificación de ingresos en la zona del Urabá antioqueño, lo que convertiría el mobiliario en un producto amigable con el entorno, porque genera un beneficio para el medio ambiente debido a que no destruye un recurso si no que transforma un desecho y se resuelve así la necesidad de disminuir la emisión de residuos y el impacto sobre la tala de árboles que anualmente suma 600 mil hectáreas de bosques que corresponde al 4% mundialmente. Después de Brasil, Colombia es, en América latina el mayor destructor, esto altera los ecosistemas².

¹ Bacteria que genera enfermedad en las hojas de la mata, haciendo propenso el daño de la fruta.

² ARICADA A. Ricardo. El libro del agua. Medellín, Universidad de Antioquia, 1990- P 64

Con la aplicación de este material en un producto mobiliario doméstico, se busca reflejar una identidad colombiana, que resalte las cualidades de una región olvidada por el resto del país, conocida sólo por el cultivo del banano y el plátano, y marcada por la violencia, y así generar una nueva opción para el sector del mueble, garantizando un producto con identidad, calidad, competitividad y profesionalismo.

A nivel social este proyecto busca promover el desarrollo de la población de Urabá antioqueño, no sólo en términos económicos por la generación de una alternativa de trabajo, sino también al desarrollo integral del ser humano, en la búsqueda de la construcción de identidad, basada en el respeto por el otro, en la convivencia y la democracia, como medios fundamentales para una cultura de la paz.

Este proyecto cuenta con el aval y la cooperación de la fundación social de BANACOL-CORBANACOL, a quienes debemos agradecer el apoyo y acompañamiento durante el proyecto.

1. GENERALIDADES DEL PROYECTO

1.1 EL SECTOR DEL MUEBLE

La cadena productiva de muebles de madera, está conformada por la explotación de la madera, el aserrado y la fabricación de muebles y accesorios, excepto la reforestación comercial y los metálicos. Esta cadena incluye los siguientes productos: Artículos diversos, chapas, colchonería, corcho aglomerado, estructuras y accesorios para la construcción, madera acepillada, madera aserrada, madera inmunizada, manufacturas de corcho, muebles en mimbre, muebles para el hogar, muebles para oficina y de uso industrial, pisos y techos, residuos, tableros aglomerados, tableros contrachapados, fabricación de muebles y madera en bruto.

El sector muebles aportó en el año 2002, el 0.5% de la producción total de la Industria Manufacturera, la cual contribuyó con el 16% del PIB colombiano durante el mismo período.

1.1.1 Fortalezas del sector

- **Recursos:** Hay recursos que pueden explotarse bajo las reglamentaciones de protección del medio ambiente.
- **Condiciones naturales:** Existen regiones que por las condiciones climáticas, son aptas para utilizarse en proyectos de reforestación con diversas especies, que técnicamente cultivadas y explotadas, pueden ser fuente permanente de abastecimiento para las industria derivadas.

- **Mayor competitividad:** En la mano de obra especializada que se ha venido desarrollando en el sector, lo que hace más favorable conquistar nuevos mercados externos y proteger el interno.

- **La reactivación del sector de la construcción:** Con el comportamiento favorable de la tasa de cambio con respecto al dólar.

1.1.2 Debilidades del sector

- **Agotamiento de especies:** El mercado de materias primas, la explotación indiscriminada y descontrolada de los bosques, han producido el agotamiento de muchas especies sin contar con programas efectivos de reforestación.

- **No se ha creado la cadena productiva:** Que estimularía la reforestación y que daría excelentes resultados.

La producción total de la cadena de muebles en el 2001 para Colombia según precio de fábrica, fue de USD 23,596,691. El eslabón de muebles para el hogar, es el que cuenta con la mayor participación en la producción de la cadena, 20.70%, seguido por tableros aglomerados con 16.45%, y artículos diversos con 13.91%.

De acuerdo con el siguiente cuadro, la suma de la producción de muebles para el hogar, oficina y muebles en mimbre, tuvo un valor de \$ 82.632.022 de pesos con lo cual queda demostrado el valor agregado que representa este subsector dentro de la cadena forestal maderera. Por otra parte, Colombia, ha consolidado su capacidad de producción de muebles, como resultado de una serie de constantes que permiten un mayor grado de especialización en el sector. Dentro de estos factores, nos encontramos con la construcción, especialmente, de viviendas urbanas.

Tabla 1. Producción nacional por eslabon de productos

ESLABÓN	Número de productos por eslabón		Producción 2001*	
	CIIU**	NANDINA***	Valor (miles de pesos)	Participación en el PIB (%)
Artículos diversos	73	25	\$ 36.927.546	13,91%
Chapas	5	3	\$ 834.754	3,310%
Colchonería	7	3	\$ 33.514.181	12,63%
Corcho aglomerado	3	4	\$ 222.269	0,80%
Corcho natural	1	1	\$ -	
Estructuras y accesorios para la construcción	10	7	\$ 5.290.461	1,99%
Madera acepillada	1	3	\$ 11.170.088	0,44%
Madera aserrada	1	26	\$ 28.779.960	10,84%
Madera inmunizada	3	1	\$ 6.006.448	1,13%
Manufacturas de corcho	4	4	\$ 23.375	1,00%
Muebles de mimbre	14	3	\$ 532.674	0,20%
Muebles para el hogar	19	4	\$ 54.060.020	20,70%
Muebles para la oficina y de uso industrial	11	2	\$ 28.039.328	10,56%
Pisos y techos	6	2	\$ 4.082.739	1,54%
Residuos	1	1	\$ 16.060	0,01%
Tableros aglomerados	2	15	\$ 4.671.721	16,45%
Tableros contrachapados	2	14	\$ 24.710.944	9,31%
Madera en bruto	1	0	\$ -	
Fabricación de muebles	3	0	\$ 574.514	0,22%
TOTAL	167	118	\$ 265.454.133	100,00%
* Valor de fabrica				
** Clasificación CIIU a 8 dígitos				
*** Partidas arancelarias a 10 dígitos				

Fuente: EAM DANE, cálculos DNP.

A continuación se enumerara una lista de las principales empresas colombianas del sector³, con indicación de su ubicación, sus ventas en el 2001 y un breve

³ Fuente: Entrevistas realizadas a empresas que participan en el sector para la base de datos Bayton.

comentario sobre su actividad. Para el valor de ventas se toma como base el año 2001, con el fin de entregar una información mas uniforme, ya que muchas empresas no suministraron el valor de ventas del 2002.

1.1.3 Fabricantes de Muebles

A continuación se presenta la tabla 2 donde se mencionan algunos de fabricantes de mobiliario importantes en el país.

Tabla 2. Fabricantes importantes de mobiliario

FABRICA	DIRECCIÓN WEB	PRODUCTOS	VENTAS
Muebles El Cid S.A.(Bogota)	Web: www.mueblesdecolombia.com/muebleselcid/	Establecimientos dedicados a la fabricación de muebles para oficina y el hogar, y a la venta de los mismos.	Ventas 2002: USD \$2,388,087
Muebles y Accesorios Ltda.(Bogota)	Información no disponible	Fabricación y venta de muebles de madera para el hogar	Ventas 2002: USD \$6,555,679
Muebles Lums y Cia. Ltda.(Bogota)	Web: www.mueblesddecolumbia.com/muebleslums/	Fabricación de muebles para oficina y el hogar	Ventas 2002: USD \$ 430,633
Inval Ltda.(Cali)	Web: www.inval.com.co	Fabricación de muebles para hogar y oficina	Ventas 2002: USD \$ 3,940,807
Manufacturas Muñoz (la estrella-Antioquia)	Web: www.manufacturasmunoz.com	Mobiliario para oficina.	Información no disponible

1.1.4 Exportaciones colombianas

Para visualizar la proyección que tendría el desarrollo de mobiliario doméstico, es importante también analizar las exportaciones Colombianas del sector de los

muebles, ya que esto muestra que tan factible sería abrirse a mercados extranjeros a mediano o largo plazo.

Tabla 3. Evolución de las exportaciones Colombianas, partida 9403

Posición	Producto	Año 2000 FOB USD	Año 2001 FOB USD	Año 2002 FOB USD	Año 2003 FOB USD
940310	Muebles de metal de los utilizados en oficina	1'486.69	1'313.391	1'305.360	970.508
940320	Los demás muebles de metal	2'012.428	4'053.694	4'423.567	4'869.357
94030	Muebles de madera de los utilizados en oficina	3'235.841	6'428.132	3'639.670	2'019.657
940340	Muebles de madera de los utilizados en cocinas	961.209	1'416.892	980.701	1'453.180
940350	Muebles de madera de los utilizados en dormitorios	4'599.486	6'270.470	4'366.504	6'676.343
940360	Los demás muebles de madera	7'665.099	11'072.619	10'069.945	34'127.256
940370	Muebles de plástico	3'222.160	3'725.010	3'128.637	3'021.690
940380	Muebles de otras materias, incluido el roto (ratán), mimbre, bambú o materias similares	187.759	296.177	353.079	289.943
940390	Partes de muebles	5'692.432	7'167.734	6'731.948	8'409.716

Fuente: Proexport.

Las exportaciones colombianas como se muestra en la tabla 3. se concentran principalmente en el mobiliario elaborado en madera, operación que para el año 2002, tuvo un valor de USD 10,069,945, representando una disminución frente al año inmediatamente anterior, en donde las exportaciones representaron un valor de USD 11,072,619. Pero, vemos que durante el año 2003, las exportaciones sufrieron un fuerte crecimiento, dadas las condiciones que se desarrollaron en el frente interno; tales como el fortalecimiento de una industria que venía decayendo por la desconfianza en el gobierno y por la situación política que atravesaba el país.

Por otra parte, se encuentra con una serie de incentivos para el empresario colombiano, que permiten que Colombia se proyecte como una plataforma exportadora sostenible al largo plazo y con un alto nivel de competitividad a nivel internacional.

Los destinos de estas exportaciones, son principalmente países del Caribe y Centro América, con alguna representación en América del Sur, pero por lo general, son países que no producen las mismas cantidades que Colombia, y que encuentran facilidades de pago y transporte frente a Colombia, además de encontrarnos con un beneficio de gozar de acuerdos internacionales que dan un tratamiento más flexible, en materia arancelaria.

1.1.5 Producción extranjera

Estados Unidos es el principal productor de muebles a nivel mundial, con una cifra de 71.467 millones de €, representando una cuota de aproximadamente el 25% de la producción total. El segundo país productor es Italia con 25.728 millones de € y una cuota del 9%, seguidos por Japón, Alemania, China, Francia, Reino Unido y España. Sólo entre los cinco primeros productores de muebles, representan un volumen de producción por valor de 162.944 millones de €, acaparando el 57 por ciento de la producción total. A lo anterior se le agrega el factor consistente en que los principales productores de muebles, son a la vez, los principales consumidores de este tipo de productos.

1.2 MERCADO

1.2.1 Análisis de la demanda

- **Tendencias del comercio.** Se puede clasificar el mobiliario de acuerdo a las siguientes categorías.

- a. Muebles de Madera.
- b. Muebles de Metal: para oficina y demás.
- c. Muebles de Plástico
- d. Muebles en otros materiales (ratán, bambú, cuero).

- **Perfil del consumidor.** Existe un mercado formal representado por el consumidor de muebles de lujo, y un mercado informal, representado por el comprador de un estilo contemporáneo.

El consumidor colombiano, no se caracteriza por la fidelidad a una marca específica; todo lo contrario, en materia de muebles y decoración, existe mucha variación en cuanto a gusto se refiere. Este comportamiento, obedece al escaso poder adquisitivo del consumidor, pues no se encuentra en condiciones óptimas de pagar altos precios, teniendo como criterio determinante, el factor diseño, por ejemplo. Sin embargo, existe un sector de la población que está dispuesto a pagar precios mucho más altos por los factores exclusividad, diseño y calidad.

Los factores más influyentes en la decisión de la compra son: precio y línea, sin darle mayor importancia al fabricante o comercializador del producto.

- **Localización geográfica de los principales mercados.** El mercado se concentra en las principales ciudades del país: Bogotá, Medellín, Cali, Barranquilla, Pereira, Manizales, Cartagena, Bucaramanga; es en ellas en donde se encuentra la población con mayor poder adquisitivo y en donde más

reactivación ha tenido la construcción con una predominante inclinación a los inmuebles residenciales⁴.

• **Canales de distribución.** Los canales de distribución del sector muebles han sido tradicionalmente homogéneos a través de los años, la figura por medio de la cual se llega más al consumidor final, es la de las tiendas especializadas minoristas, son ellas quienes realmente manejan el mercado del mueble. También existe dentro del mercado, la venta de muebles a través de almacenes de cadena como Carrefour o el Éxito, aunque los muebles que se venden en este tipo de almacenes son en su gran mayoría aquellos conocidos como RTA (de la sigla en inglés *Ready To Assemble*), es decir, el mueble que se encuentra listo para llevar y armar, y que generalmente vienen empacados en cajas fáciles de transportar. Sin embargo, no es éste el factor determinante en el momento de la compra, pues siendo estos bienes, del tipo de los que son considerados una inversión, el cliente prefiere esperar un poco más, mientras es elaborado el producto.

Aproximadamente el 50% del sector tiene salida a través de la figura del fabricante, quien vende de manera directa su producto sea en el punto de fábrica o en el la sala de ventas y sus clientes se encuentran en los estratos 4, 5 Y 6 .

Los fabricantes usualmente son importadores de herrajes para la fabricación del producto; otra porción importa muebles elaborados cuya producción no resulta eficiente dada la falta de tecnología adecuada en Colombia, por ejemplo, los muebles con detalles en acero inoxidable.

Siguiendo los lineamientos de las tendencias actuales, se ha incrementado la presencia de tiendas especializadas y contrario a lo que podría pensarse, han captado un mercado amplio que les ha permitido posicionarse fuertemente en el mercado, pues ofrecen el producto que el cliente demanda.

⁴ Informe realizado por la Oficina económica y comercial de la Embajada de España en Bogotá. El sector mueble y decoración en Colombia. Febrero 2005.

- **Precios y márgenes comerciales.** Los precios tienen una gran variación dependiendo del tipo de producto que se busque; influye mucho en los precios que se manejan en este sector, el que sea o no un trabajo más artesanal, o el tipo de material con el que se trabaje, por ejemplo: Aglomerados, roble, madera flor morada, muy utilizada actualmente, o guadua etc. De igual manera sucede si la totalidad de los materiales con los que se fabrica el mobiliario son nacionales o importados.

No existe en Colombia ningún tipo de normativas que sugiera precios de venta al público, comportamiento que obedece a los criterios que puedan utilizar los fabricantes en la elaboración de sus productos.

- **Promoción y publicidad.** La promoción de los productos en estudio, se realiza en una gran proporción, a través de revistas y folletos promocionales de los mismos. Son publicaciones gratuitas que generalmente llegan a las residencias en forma de catálogo, realizando una muestra de los productos ofrecidos; principalmente, aquéllos que están en promoción.

Al ser muchas de las fábricas las comercializadoras de sus propios productos, son ellos quienes corren con los gastos de la publicidad, pero en el caso de haber representación de marcas exclusivas, es la marca extranjera quien asume los gastos por concepto de promoción. Adicionalmente, existe una serie de publicaciones especializadas que permiten al consumidor elegir entre distintas opciones, tales publicaciones tienen hoy más salida ante la creciente necesidad de amoblar inmobiliarios. Estas publicaciones especializadas son Revista M & M, Mobiliari, Casaviva y Axis, entre otras.

1.2.2 Estilos en el diseño de muebles

A continuación se realizará un recuento con una breve reseña de los diferentes estilos de diseño de muebles que ofrece el mercado tanto nacional, como extranjero, esto con el fin de analizar cada estilo y definir cual será el estilo de diseño en el que se ubicara el producto que se desarrollará en este proyecto.

Contemporáneo. Relaciona a productos diseñados, producidos y vigentes actualmente, teniendo en cuenta las costumbres y hechos actuales que están en el entorno de un sitio y tiempo y esto no quiere ser un mueble de moda.

Modernismo. Este es un istmo influenciado por la moda, no importa el momento y el lugar donde nace solo sucede por moda. Según Jairo E. Valbuena⁵. "Busca romper los diferentes medios los paradigmas de muebles tradicionales y presenta soluciones paradójicas y alternativas a los problemas comunes de estabilidad, usabilidad, estructura y estética".

Clásico. Es aquel tipo de muebles que en su época era contemporáneo y hoy es llamado clásico, porque trae el pasado al presente por su tipo de producción, belleza y elegancia de sus formas.

Vanguardismo. Este estilo se anticipa a las ideas o tendencias que se darán en el futuro, es ir un paso adelante y en el mobiliario es introducirlo antes, suponiendo que estará vigente en un tiempo, es más una posición, no es "futurista", tiene una vigencia muy corta solo hasta que se populariza. "El mueble de vanguardia hoy, se caracteriza por: sencillez, volúmenes bien definidos, materiales naturales y contrastantes, muebles para interactuar con el interior e integra el mueble y diseño interior, estos dos van unidos, se da una tendencia a los apartamentos "Open

⁵ VALBUENA, Jairo Eduardo. Arquitecto. Pontificia Universidad Javeriana, 1993. Bogotá. E-mail: valbuen@cielorasos.com

space” o “*Loft*”⁶. Esta tendencia en Colombia no es común ya que, es un estilo que esta cambiando frecuentemente y depende de las posibilidades del consumidor.

Futurista. Es cuando se va más allá de lo contemporáneo, da la idea de avanzar en el tiempo con desarrollos tecnológicos actuales para diseñar muebles a las nuevas condiciones de vida.

Minimalismo. Es otra tendencia que surge en EEUU en oposición al expresionismo abstracto. En el mueble puede entenderse como una forma de purismo, donde tiene una gran ausencia de detalle, adornos, de lo orgánico, artesanal y técnico, con superficies planas, poca decoración, limpieza, líneas rectas, colores elementales, sobriedad extrema y materiales muy fríos (llamados rígidos e inhumanos) es la esencia, “La idea es: Recurrir a lo mínimo para producir el máximo de reacción emocional”, considera el espacio como un lugar sagrado, “El occidental ha transformado el minimalismo de filosofía oriental a moda, perdiendo su significado original y su esencia espiritual”⁷

Higt tech. Se caracteriza por que emplea una altísima tecnología, desarrollo de nuevos materiales, procesos de avanzada, un estilo que no apunta a la forma sino mas a un producto final reflejo de su proceso específico; para Colombia es un estilo difícil de adquirirlo, “Para un Alemán un producto puede ser contemporáneo para un Colombiano es *higt tech*”⁸, lo que más se acerca en Colombia son los muebles de oficina abierta que tienen procesos más allá de los tradicionales.

⁶ Vanguardia: Pequeño Larousse Ilustrado 2003. Pág. 1023

⁷ VALBUENA, Op.Cit, p.8

⁸ GUTIÉRREZ LEGA, Jaime. Diseñador Industrial. Pionero del diseño en Colombia, docente y conferencista. Miembro de la Asociación Colombiana de Diseñadores. Diseño Industrial “Chowinart Art Institute”, Los Ángeles – California. Diseño de Interiores, “Belmonte Adult School”, Los Ángeles – California. Ingeniería del Mueble, “Instituto Técnico en Lahty”, Finlandia. Ganador de varios premios nacionales e internacionales por distintos productos. E-mail: jgl design@hotmail.com

Cuando se reúnen varios movimientos en un producto se generan híbridos y a esta tendencia se le conoce como **Ecléctico**, son muebles que mezclan varias tendencias pero no pertenecen a ninguna específica.

El desconocimiento de los términos relacionados con las tendencias y modas que rigen a un producto, ha llevado a no tener una clara identificación de cuales son las que rigen el mobiliario colombiano, se debe tener en cuenta que las corrientes que mueven las tendencias y modas van unidas a los gustos y demandas de los consumidores. Estas van y vienen por la misma percepción del hombre y es la aplicación de los productos a las manifestaciones, sensaciones y sentimientos que se tienen en la colectividad dada por los eventos y evolución de la sociedad y las tendencias cambian según el lugar y los hechos que allí ocurren.

En Colombia se puede hablar de la búsqueda de una tendencia en el diseño a partir de los sentimientos de identidad patriótica. Colombia es un país afligido por la violencia, hace unos años se está dando la necesidad de amar y estar orgullosos de esta nación, reflejo de esto es la identidad que se quiere plasmar en los productos que reflejen las costumbres, necesidades y gustos de su gente, para contrarrestar la indiferencia, indolencia y perversidad que les rodea.

El pensar en una identidad colombiana no quiere decir productos artesanales y con poca tecnología y calidad, al contrario, es tomar un ejemplo que está sucediendo en Argentina con la empresa Team Fierro, donde después de la caída de la economía en el país, un grupo de personas profesionales se preocupan y luchan por la búsqueda de una propia identidad reflejada en sus productos, en los cuales combinan el trabajo artesanal, la calidad y la mezcla de materiales locales con la tecnología, encontrando así, su propia expresión, es un tema difícil de manejar ya que la cultura latinoamericana o tercer mundista tiene poco valor por lo hecho en casa y son atraídos más por los productos importados, “por eso ellos han acogido la teoría de diseñar y fabricar muebles con calidad y

tecnología para ser productos exportables, valorados primero afuera y después en casa, llegando a que no sea importante si son productos nacionales o importados, lo que importa es que pertenezcan a esa sociedad a la cual la nuestra se quiere parecer”⁹, todo esto en una identidad generada únicamente por el análisis y estudio del mercado global y local.

Las tendencias en los productos vienen marcadas por una serie de cambios en los hábitos de vida y en los gustos del consumidor, que cada vez buscan espacios más pequeños para el hábitat y por ello el mobiliario doméstico debe integrarse en estos espacios.

Además surge un término que lleva a entender el hábitat: **la ergonomía del producto**. Entendida ésta, como el estudio de la relación que los objetos de uso práctico establecen con sus usuarios. Para ello, lo verdaderamente ergonómico sería aquel elemento diseñado de manera específica para cada grupo de personas de las mismas características, consiguiendo con ello una mejor comunicación entre el usuario y el hábitat, y una mejor fusión entre el equipamiento y la comodidad de las viviendas actuales, esto se consigue mediante productos que se adecuen a las necesidades actuales con una fusión de comodidad y elegancia, hoy en día se piensa cada vez más en el actual consumidor, que no sólo quiere algo elegante, sino que además sea cómodo para él.

⁹ GIROD, Gastón. Fundador de la empresa argentina Team Fierro y conferencista en el primer encuentro de diseño Latino durante la feria 2004 en Bogota. www.teamfierro.com

1.2.3 El contexto del hogar

Teniendo presente la premisa que: “El HOGAR es el centro de la vida”¹⁰ un lugar donde cada ser humano se refugia y tiene la posibilidad de realizar diferentes actividades. Es en este punto donde se analiza que desean y esperan los usuarios de cada parte de su hogar, descubrir sus gustos y preferencias, carácter de la persona y su modo de vivir “Su estilo de vida”, todo esto con el fin de crear productos y ambientes que armonicen con los objetos y muebles que los decoran, con esto se dice que el estilo pasa a un segundo lugar, porque este cambia pero las nociones de comodidad e intimidad no.

El hogar es según Terence Conran “un vehículo de auto expresión”, “los interiores exitosos dejan ver una vitalidad inconfundible que traspasa la personalidad del dueño” y “Tener confianza en si mismo, porque dando gusto a otros no permite tener un propio estilo”¹¹. Gracias a la amplia industria de productos útiles para la casa el consumidor dispone de una buena gama de colores, diseños, materiales y muebles.

Una casa tiene diferentes espacios, cada uno con un fin y una función:

- La cocina: donde se transforman los alimentos.
- El comedor: donde se consumen los alimentos teniendo las variables cuando se desea una cena formal o informal, las dimensiones de la mesa y su forma, pero también donde las personas pueden realizar otras actividades de trabajo o estudio.
- Las habitaciones: para dormir o descansar.
- Salas de estar: dadas para descansar siendo un lugar de esparcimiento, unión familiar, recreo.
- Baños: un lugar de aseo personal.

¹⁰ CORAN, Terence. La casa diseño e interiorismo.

¹¹ CONRAN, Op. Cit. p 9.

Cada uno de estos lugares debe transmitir un ambiente cálido y especial para las actividades que allí se realizan, amoblados con un mobiliario doméstico que reflejen lo que el usuario espera.

En el mueble, al igual que en otros productos, las nuevas tendencias y estilos se centran en la actitud del consumidor, éste no sólo compra un producto para decorar, sino que está comprando un accesorio que además le proporcione utilidad, y se adecue a las necesidades de la vivienda y a las suyas propias, con la única finalidad de crear ambiente, dotar a nuestro hogar de personalidad y sobre todo para hacer más fácil y sencilla la vida cotidiana, por eso se presta mucha atención a la ornamentación, con el objetivo de conseguir una estética adecuada, una sutileza en sus acabados y la posibilidad de lograr diversos ambientes, ofreciendo como resultado una coherencia final y un producto armónico adaptándose a los reducidos espacios que ofrece el hogar actual. Estas son las principales características actuales del hábitat moderno.

En cuanto a los materiales, las combinaciones resultan novedosas y acertadas, en las que las variaciones en hierro, aluminio, acero, madera y cristal, conjugan a la perfección su función del mueble al que va destinado; con el fin de conseguir un equilibrio en el contraste de materiales y acabados, dan un toque exquisito a cada rincón de la casa.

Las necesidades actuales, hacen que el mueble se transforme dando lugar a grandes movimientos de formas, espacios, materiales, colores, buscando saciar el hábitat cada vez más reducido.

En Colombia existe una predominante tendencia hacia los muebles de madera, tanto en residencias como en oficinas, sin verse definida una línea o gama de diseño, encontrando demanda tanto de muebles de lujo perteneciente a una línea clásica, como de mobiliario moderno siguiendo por ejemplo la línea *art deco*. Se

observa de igual forma un comportamiento tendiente a combinar diferentes materiales con la madera, dentro de los cuales predomina el aluminio.

Los muebles y la decoración son determinadas a través de distintas líneas: Clásica (madera lisa, lacada, artesanal y lujoso), Rústico (madera porosa, tonos mate, artesanal y lujoso), Contemporáneo (madera de superficie lisa, contorneada, y colores neutrales) y *Loft* (madera de superficie lisa, estructura lineal, minimalista y colores fuertes). Estos estilos no son los únicos que maneja el mercado colombiano; sin embargo sí son las gamas que cuentan con mayor demanda. Hay una especial inclinación hacia el estilo *Loft* – Contemporáneo, dentro del cual encontramos los muebles modulares, es decir, aquéllos que se pueden armar y organizar de distintas formas.

Frente a la falta de un estilo propio que identifique al producto colombiano, nos encontramos ante la recepción de distintos tipos de muebles. Como reflejo de esto, el consumidor opta por las posibilidades que ofrece el mercado nacional y que realmente son una extensión de las tendencias que dictan los mercados pioneros en cuanto a diseño y decoración a nivel internacional.

La reactivación de la construcción, juega un papel muy importante dentro del sector, pues esta constante ha sido determinante, no sólo en la compra de muebles y accesorios, sino también en la contratación de servicios de decoración y diseño, y por ende de la creación de estudios dedicados a tal actividad. Prueba de esto, es la reciente apertura de una serie de almacenes – estudios de diseño que presentan una gran variedad de productos, almacenes que ofrecen lo que el cliente demanda y que por tal razón se han sostenido dentro del mercado. La reactivación ha sido determinante en la creación de estudios, toda vez que la construcción se ha desarrollado de manera más notoria, en los estratos 4, 5 Y 6.

Para proporcionar una mayor claridad se ha establecido un promedio del área de los inmuebles en la tabla 4.

Tabla 4. Promedio de área de los inmuebles

Estrato	Área- Metro² *
6 en adelante (hasta estrato 10)	180 en adelante
5	120 a 150
4	65 a 115
1, 2 y 3	40- 50

Fuente: Información proporcionada por estudios de arquitectos dedicados a la Construcción.

(*) El área que se establece, no es absoluto, todos los estratos tienen una variación en esta materia.

A pesar de la predominante tendencia de un estilo moderno, aún existe un mercado potencial que prefiere un estilo clásico, y que resulta fiel a este tipo de muebles.

1.3 MATERIALES COMPUESTOS

Existen varias definiciones de lo que es un material compuesto, por ejemplo la citada por Antonio Miravete, j.C. Anderson, Ever J. Barbero y Darío Hernán Mesa Grajales¹² entre otros, de estas definiciones puede concluirse que “Un material compuesto es un material conformado por la unión de dos o varios materiales macro contribuyentes, diferentes en forma y composición química, pero insolubles entre si, que forman un nuevo material con propiedades reforzadas y características especiales.”

La naturaleza siempre nos ha ofrecido un material compuesto natural que es la madera. También son materiales compuestos las estrategias de disposición de

¹² MESA G. Darío Hernán. Introducción al estudio de materiales no metálicos. Universidad Tecnológica de Pereira. 2003

materiales para la construcción, es el caso del bareque para construir las casas los hormigones hechos en cemento y grava y reforzados con varillas de acero, el asfalto entre otros.

Los materiales compuestos, también denominados mundialmente como composites, constan de dos partes, la matriz y el reforzante, los cuales tienen propiedades diferentes e individuales, el orden de la aplicación y orientación de los reforzantes tiene más importancia que las características individuales de la matriz.

Teniendo la misma matriz y fibra se puede combinar con la secuencia de apilado, la orientación, llegando así a generar múltiples configuraciones del composite mejorando sus propiedades como son rigidez del material, tolerancia al daño, estabilidad dimensional o delaminación.

De este modo el aumento de características físicas, químicas y mecánicas depende fundamentalmente del tipo de preparación y de las condiciones físicas, la elección de la matriz no debe limitarse a la elección de sólo un buen aglutinante. La matriz tiene que definir otras propiedades del material compuesto, como son las conductividades térmica y eléctrica, la matriz tendrá que tener propiedades elásticas y plásticas, con una baja densidad y una alta resistencia térmica.

1.3.1 Partes que componen los materiales compuestos

- **La Matriz.** Es la fase aglomerante, la cual mantiene unidas las fibras, y al mismo tiempo protege las superficies de las mismas contra daños debido a la abrasión, distribuye los esfuerzos, es la responsable de la tolerancia al daño por los esfuerzos que se le aplican y el comportamiento a la fatiga, separa las fibras para que las grietas no se propaguen de una a otra y se adhieran a la superficie de la fibra de manera que la carga se pueda transferir a ésta.

Se tiene que los materiales tradicionales, es decir: polímeros, cerámicos y los metales son materiales que cumplen satisfactoriamente su función como matriz, pero en la actualidad hay mucho interés en las matrices cerámicas, aun cuando son más utilizados mundialmente las matrices poliméricas. En principio cualquier material podría ser matriz, pero en la práctica sólo se usan unos materiales determinados, esto es propiciado porque hay factores determinantes tales como facilidad en la fabricación, propiedades finales que se desea obtener, que haya una compatibilidad con las fibras con las que se va a reforzar (es decir la interfase del material) y principalmente el costo¹³.

- **El Reforzante.** Puede estar formado por partículas, láminas o fibras.. Son los indicados para resistir la mayor parte de las cargas, y soportan mayores esfuerzos si están alineadas con la dirección de las fuerzas externas aplicadas. Se consigue mejor comportamiento mecánico usando fibras, las fibras pueden ser continuas o discontinuas (con longitud corta) pueden estar alineadas o de forma aleatoria.

- **La Interfase.** Es la capacidad de unión entre dos componentes que se genera después de la impregnación del refuerzo con la matriz. Los refuerzos deben estar fuertemente unidos a la matriz, de forma que su resistencia y rigidez sean transmitida al material compuesto. El comportamiento a la fractura también depende de la resistencia de la interfase. Una interfase débil da como resultado un material con baja rigidez y resistencia pero alta resistencia a la fractura mientras una interfase fuerte resulta en un material rígido y resistente pero con una frágil resistencia a la fractura.

Uno de los mayores problemas del sistema fibra – resina polimérica radica en la naturaleza hidrofóbica de la matriz e hidrofílica de la fibra. Esta diferencia genera

¹³ MESA G., Op. Cit., p 14

una deficiente humectabilidad de la fibra generando una mala distribución y falta de adhesión interfacial.

La unión entre la matriz y el reforzante es muy importante debido a:

- La carga que actúa sobre la matriz es transmitida al reforzante a través de la interfase, por tanto deben estar bien unidos si se desea que su alta resistencia y rigidez sea impartida al composite.
- El comportamiento a la rotura depende de la resistencia en la interfase. Si esta es débil se obtiene una baja resistencia y rigidez, pero una mayor tenacidad a la rotura.
- La resistencia a la fluencia, a la fatiga y la degradación medioambiental son afectados por las características de la interfase.

En la interfase existe una discontinuidad en la naturaleza química, en la estructura cristalina y molecular, y en las propiedades mecánicas. Las características de la interfase son determinadas por la discontinuidad en propiedades, y por lo tanto, son específicas para cada combinación matriz–refuerzo.

1.3.2 Clasificación de los materiales compuestos

Los materiales compuestos pueden ser clasificados de múltiples formas. Entre las más usuales se encuentran las descritas a continuación.

- **Según el tamaño del reforzante:**

- **Particulados:** Dentro este tipo de materiales se pueden distinguir dos tipos; los dispersoides, que son materiales endurecidos por dispersión y contienen partículas de 10 a 250 nm de diámetro, que aunque no sean coherentes con la matriz, bloquean el movimiento de las dislocaciones y producen un marcado endurecimiento del material matriz; y los que contienen grandes cantidades de partículas gruesas, que no bloquean el deslizamiento con eficacia, son diseñados para obtener propiedades poco usuales, despreciando la resistencia en el material.

- **Reforzados con fibras:** Por lo general, este tipo de compuestos consiguen mayor resistencia a la fatiga, mejor rigidez mecánica y una mejor relación resistencia mecánica-peso, al incorporar fibras resistentes y rígidas, aunque frágiles, en una matriz más blanda y dúctil. La matriz transmite la fuerza a las fibras, las cuales soportan la mayor parte de la fuerza aplicada. La resistencia del compuesto puede resultar muy buena a temperatura ambiente y a temperaturas mas elevadas. De forma semejante a los compuestos particulados, la regla de las mezclas predice algunas de sus propiedades.

- **Laminares:** Incluyen recubrimientos delgados, superficies protectoras, revestimientos metálicos, bimetálicos, laminados y todo un conjunto de materiales con aplicaciones específicas. Algunos compuestos reforzados con fibras, producidos a partir de cintas o tejidos pueden considerarse parcialmente laminares. Gran cantidad de compuestos laminares están diseñados para mejorar la resistencia a la corrosión conservando un bajo costo, alta resistencia o bajo peso. Otras características de importancia incluyen el incremento de la resistencia al desgaste o a la abrasión, mejor apariencia estética y algunas características de expansión térmica poco usuales. Con la regla de las mezclas se pueden estimar algunas de las propiedades, paralelas a la laminillas de los materiales compuestos

laminares. También se pueden calcular con poco margen de error: la densidad y la conductividad eléctrica y térmica.

- **Según el tipo de matriz:**

- **Composites de matriz metálica (CMM):** Son muy resistentes, y han adquirido mejores propiedades con respecto a la matriz cerámica. Las fibras para estos tipos de matrices usadas son carburos de silicio y alúmina, se utilizan en tubos de intercambiadores de calor, sistema de protección térmico y material a prueba de corrosión – erosión.

- **Composites de matriz cerámica (CMC):** Son materiales que favorecen la relación resistencia / peso, usadas en la industria aeroespacial y automovilística, los CMC pueden ser reforzados con fibras continuas, con partículas y con fibras discontinuas, uno de los materiales más utilizados como matriz el aluminio y reforzante de boro o alúmina.

- **Composites de matriz polimérica (CMP):** Son utilizados los termoplásticos (como policarbonato, acrílico) o las resinas termofijas o termoestables, este material es rígido y frágil, no se puede fundir, lo que lo hace muy estable a variaciones de temperatura y apropiados para piezas que requieran buenas propiedades mecánicas y térmicas mejores que los termoplásticos, a temperatura mucho mas altas a las del ambiente pueden permanecer rígidos, permite mezclarse con refuerzos dando origen a nuevos materiales y es insoluble para la mayoría de los solventes.

1.3.3 La matriz Polimérica

Dentro de esta última clasificación los materiales más utilizados en la actualidad son:

- **Resinas termoestables:**

- **Resinas fenólicas (PF):** Su nombre común es bakelitas, poseen un color rojizo o castaño. Se forman por policondensación de los fenoles (ácido fénico o fenol) y el formaldehído o formol. Este último es el estabilizador de la reacción. Su proporción en la solución determina si el material final es termoplástico o termoestable. La reacción entre el fenol y el formaldehído tiene como resultado las resinas fenólicas o fenoplast. Existen dos tipos de resinas fenólicas, los resoles y el novolac.

Las propiedades más importantes de los termofijos fenólicos son su dureza, su rigidez y su resistencia a los ácidos. Tienen excelentes propiedades aislantes y se pueden usar continuamente hasta temperaturas de 150 °C.

Los compuestos moldeables se usan para producir controles, manijas y aparatos.

Las resinas fenólicas se usan para hacer pegamentos, adhesivos, material aislante, laminados para edificios, muebles, tableros y partes de automóviles. Estas resinas son las más baratas y las más fáciles de moldear. Existen muchas formulaciones con varios refuerzos y aditivos. Los refuerzos pueden ser aserrín de madera, aceites y fibra de vidrio. Las tuberías de fibra de vidrio con resinas fenólicas pueden operar a 150 °C y presiones de 10 kg/cm².

- **Resinas ureicas (UF):** Se obtienen por policondensación de la urea con el formaldehído, son similares a las bakelitas, pueden colorearse, poseen resistencia muy elevada a las corrientes de fuga superficiales, pero menor resistencia a la humedad y estabilidad dimensional, tienen varias aplicaciones entre las que se encuentran: Paneles aislantes y Adhesivos

- **Resinas de melaminas (MF):** Se forman por policondensación de la fenilamina y del formol, tienen un alto punto de reblandecimiento, escasa fluidez, insolubles a

los disolventes comunes, resistencia a los álcalis, poco factor de pérdidas a alta frecuencia, poseen además excelente resistencia al aislamiento y rigidez dieléctrica, debido a la importancia del escaso factor de pérdidas a alta frecuencia, estas resinas son muy utilizadas en el campo de las comunicaciones, como material para los equipos de radiofonía, componentes de televisores, etc.

- **Resinas de poliéster insaturado (UP):** Son las resinas más comerciales y favorables del mercado son termo-rígidas y ampliamente utilizadas en la fabricación de materiales compuestos por sus óptimas propiedades mecánicas y su bajo costo.

Se obtienen por poliesterificación de poliácidos con polialcoholes, poseen una elevada rigidez dieléctrica, buena resistencia a las corrientes de fuga superficiales, buena resistencia a la humedad, buena resistencia a los disolventes, buena resistencia al arco eléctrico, excelente estabilidad dimensional, arden con dificultad y con un humo muy negro.

- **Resinas epóxicas (EP):** Se obtienen por reacción del difenilolpropano y la epiclorhidrina, no se desprenden gases durante su endurecimiento ni el material se contrae una vez terminado el proceso de endurecimiento, se emplean puras o diluidas con carga, una vez endurecidas, se adhieren a casi todos los cuerpos, se utilizan a temperatura ambiente o algo más elevada, poseen buena resistencia mecánica y buena resistencia a los agentes químicos, gracias a sus características poseen múltiples aplicaciones entre las que se destacan: Adhesivos (se considera que los adhesivos epoxídicos son, después de los naturales, los más consumidos en el mundo, en cualquiera de sus formas y aplicaciones), barnices aislantes, recubrimientos varios (pantallas metálicas, elementos activos de máquinas eléctricas, piezas de conexión eléctricas, etc.), uno de sus usos más difundidos es la construcción con este material de transformadores de medida para tensiones de hasta 80 Kv.

En la tabla 5 se muestran las propiedades de estas resinas reforzadas con algunas fibras.

Tabla 5. Propiedades de termoestables reforzados

Material Propiedad /	Norma DIN	Símbolo ISO	Peso específico (densidad)	Absorción de agua. (24h-13° C)	Temperatura de fusión	Dureza de penetrador de bola.
Unidad de medida			Gr/cm ³	%	(° C)	
Resina fenol formaldehído reforzado con polvo de madera.	7708	PF	1.4	100	120- 140	200
Resina fenol formaldehído reforzado con fibra de vidrio	....	PF	1.7 – 1.8	20- 30	120- 140	...
Resina fenol formaldehído reforzado con fibra de asbesto	7708	PF	1.7	60	120- 140	210
Resina fenol formaldehído reforzado con fibra con madera y hule.	....	PF	1.3	120	100- 120	...
Resina melanina formaldehído.	7708	MF	1.75- 1.80	200	100- 130	250
Resina urea formaldehído.	7708	UF	1.5	250	100- 120	260
Resina epoxi reforzada con vidrio.	16912	EP	1.95	....	120- 140	...
Resina epoxi reforzada con polvo mineral y vidrio.	16912	EP	2- 2.1	...	120- 140	...
Resina poliéster insaturada reforzada con fibra de vidrio cortadas.	16911	UP	1.9- 2.0	45	120- 140	...

Fuente: MESA G., Darío H. Introducción al estudio de nuevos materiales no metálicos. Pág.109.

- **Las matrices termoplásticos más utilizadas son:** ¹⁴

- **Poliamidas (PA):** Las poliamidas se trabajan con casi todas las técnicas en uso para los materiales termoplásticos, entre las aplicaciones existentes actualmente, la industria automovilística, la electrónica, de alimentos e instrumentos quirúrgicos son sólo algunas de ellas. Esta resina se caracteriza por su elevada elasticidad.

- **Polipropileno (PP):** Este material plástico ha logrado en poco tiempo un desarrollo altamente productivo y una gran variedad de aplicaciones. Se obtuvo por primera vez en 1.954 por Giulio Natta. Es similar al poliestireno pero tiene menor densidad y mayor dureza. Es el más rígido de las resinas poliolefínicas. Tiene una buena resistencia a la abrasión y al calor, excelentes características dieléctricas de aislamiento, buena resistencia a la flexión, y buen comportamiento químico. Dentro de las diversas aplicaciones están: desde artículos sanitarios y del hogar, a electrodomésticos, partes automovilísticas y artículos deportivos, entre otros.

- **Fluoruradas:** Son materiales termoplásticos producidos en Estados Unidos a partir de 1.950. La más importante de estas resinas es el politetrafluoroetileno que se suministra generalmente en forma de semielaborado. Las resinas fluoradas tienen diferentes aplicaciones que van desde los equipos para laboratorio a las fibras y películas especiales. Se emplea también en la fabricación de bombas, filtros, válvulas y partes de vehículos espaciales.

- **Poliestireno (PS):** Los materiales de inicio para la producción de esta resina son el benceno y el etileno. La resina de poliestireno se ha difundido durante los años 30 y ha tenido un gran éxito, principalmente por la posibilidad de elaborarla

¹⁴ JIMENEZ, Catalina, GIRALDO Isabel Cristina. La fibra de Banano como refuerzo de materiales compuestos. Medellín U.P.B. Ver C.D Rom Av-cd 661 piso 2 sala virtual.

por inyección, soplado y extrusión. Sus principales aplicaciones se dan en los sectores del embalaje, interruptores y electrodomésticos.

Los polímeros termoplásticos, para ser conformados necesitan un proceso de calentamiento para obtener una forma definitiva, pero tiene una característica importante y es que pueden calentarse y enfriarse cuantas veces se requiera, observándose reblandecimiento y endurecimiento sucesivos, teniendo algunos cambios significativos en sus propiedades. El calentamiento a elevadas temperaturas, conduce a la ruptura de los enlaces y a la degradación del polímero.

Los polímeros termoplásticos pueden presentarse en forma de polvo o gránulos, suspensiones o emulsiones, además en algunos casos son reciclables, permitiendo ser transformados nuevamente en materia prima para elaborar de nuevo otros productos.

1.3.4 El refuerzo: Las Fibras

Las fibras son estructuras que tienden a ser unidimensionales, largas y delgadas. Se doblan con facilidad y su propósito principal es la creación de tejidos, La estructura interior de una fibra está compuesta de macromoléculas que se entrelazan formando cadenas moleculares dichas cadenas se disponen de tal forma, que la flexibilidad y estabilidad de la fibra depende directamente de las zonas cristalinas o amorfas formadas por la disposición de las cadenas moleculares. Las zonas amorfas proporcionan flexibilidad y son más absorbentes de agentes externos como H₂O que las cristalinas, en las que por el contrario las microfibrillas son más orientadas y por lo tanto menos elásticas y más resistentes.

Son de origen animal, vegetal y sintético, las de origen animal tienen su inicio desde la época babilónica, sin embargo su verdadera utilización se presentó a principios de la edad de hierro, cuando se inventaron las tijeras para el corte de lana. Las fibras de pelo de algunos animales de los que por lo general sólo se

utilizan sus pieles, como el Visón y el Castor, se mezclan a veces con otros tejidos de pelo para fabricar hilos de lujo. El pelo de los caballos y de las vacas se usa para fabricar fieltro. También se hilan para utilizarlos en tapicería y en otras aplicaciones que requieren una larga duración¹⁵.

Desde 1913 es Japón el principal proveedor de seda del mundo. La seda natural genuina figura entre los materiales más apreciados en la industria textil, No obstante en muchas aplicaciones las fibras químicas compiten fuertemente con la seda natural. El componente principal es la fibroina proteica.

Todas las fibras tienen múltiples aplicaciones en sectores como: Confecciones, automóviles, decoración y artesanías, construcción, aseo, agropecuario, aglomerados, farmacéutica, cordelería y empaques, papel etc.

• **Clasificación de las fibras**

- Según su forma, concentración y orientación:

- Continuas.
- Discontinuas alineadas.
- Discontinuas con orientación aleatoria.
- Tejidos, trenzados, materiales no tejidos, mallas o esteras.

• **Las fibras se dividen según su origen en:**

- **Fibras sintéticas.** Son aquellas que se obtienen por procesos químicos de polirreacción a partir de sustancias por vía puramente sintética, es decir, in vitro, sin intervención de la naturaleza, son elaboradas completamente por el hombre a

¹⁵ Encarta 2005

partir de sustancias artificiales, el polímero se manipula completamente en el laboratorio.

Las fibras sintéticas, a consecuencia del estirado y tensión a que han sido sometidas durante su fabricación, presentan zonas amorfas y zonas cristalinas formadas por agrupación paralela de las macromoléculas lineales, orientadas por las fuerzas directrices. Estas zonas cristalizadas, de alto grado de ordenación, son las que dan consistencia a la fibra. Cuanto mayor es el número de puntos de contacto de los segmentos macromoleculares paralelos, tanto mayor es su cohesión por fuerzas de valencia secundarias y, consecuentemente, más alta será la resistencia de la fibra a la tracción y al desgarre. En polímeros poco cristalizados, o de cadenas cortas, hay que separar pocos puntos de cohesión intermoleculares en el desgarre de la fibra; en cambio, para romper una fibra de alto grado de cristalinidad, o de cadenas largas, han de escindirse un número grande de puntos de contacto.

Sin embargo, aunque en general es deseable una alta ordenación, el número de zonas cristalinas no debe ser excesivo, ya que entonces la fibra se vuelve rígida y quebradiza.

Las materias primas para la fabricación de las fibras sintéticas son: La sílice, el carbón, el petróleo y los gases naturales. De ellos se obtienen por procesos físico-químicos (destilación, extracción, craques, etc.) las sustancias orgánicas monómeras que sirven de punto de partida para obtener, por los distintos tipos de polirreacción, las fibras sintéticas.

Algunas de las fibras sintéticas más conocidas son:

- **Fibra de vidrio:** Es la fibra sintética de mayor uso en la realización de materiales compuestos. Formada principalmente por sílice, asociada a algunos óxidos alcalinos, alúmina o elementos alcalinotérreos.

Se caracteriza principalmente por sus excelentes propiedades dieléctricas, alta hidrofobicidad y poca ductilidad. Entre las propiedades principales de esta fibra pueden citarse su elevada resistencia a la tracción (3.450 Mpa) y módulo (72,4 Gpa) y una densidad de 2,70 g/cc¹⁶.

- **Fibra de aramida:** Es una fibra manufacturada en la cual la sustancia que la forma es una larga cadena molecular de poliamida sintética en la que por lo menos el 85% de las uniones amida están unidas directamente a dos anillos aromáticos. Las aramidas son de alta estabilidad térmica, alta resistencia a la combustión y a la transferencia de calor, Pero son deficientes a los solventes orgánicos. Las fibras de aramida más comunes son el Kevlar y el Nomex¹⁷.

- **Fibra de carbono:** Se obtiene mediante el tratamiento a muy altas temperaturas de ciertos polímeros. (Estos polímeros son moléculas gigantes formadas por cadenas de átomos de carbono enlazados entre sí y combinados con otros elementos, como el hidrógeno, el oxígeno y el nitrógeno). El producto final está compuesto de aproximadamente 92% de átomos de carbono. Las fibras, que son aproximadamente cinco veces más delgadas que un cabello humano, se entretajan y se pegan mediante resinas, dando como resultado un material altamente resistente¹⁸.

- **Fibras naturales.** Las fibras naturales son aquellas obtenidas de los diversos reinos naturales y son una verdadera alternativa ecológica más saludable que las fibras sintéticas. Hoy en día las fibras naturales más populares son la lana y el algodón, aunque otras fibras conocidas desde muchos años atrás, como el lino, favorecen la regeneración de los suelos por sus características de crecimiento.

¹⁶ MESA G. OP. Cit., p14

¹⁷ MESA G. OP. Cit., p14

¹⁸ MESA G. OP. Cit., p14

“Los mercados de los cultivos de fibras naturales han sufrido un debilitamiento considerable desde la introducción de las fibras sintéticas, sin embargo, los mercados especializados se han mantenido y están surgiendo una serie de nuevos mercados, como por ejemplo compuestos de fibra reforzados para la industria automotriz, materiales de construcción y geotextiles biodegradables, convirtiéndose la imagen ecológica de las fibras celulósicas en fuerza impulsora de la innovación y el desarrollo”¹⁹.

Estas se dividen según su procedencia en:

- **Animales:** Desde un punto de vista químico, las fibras de origen animal son proteínas resistentes a la mayoría de los ácidos orgánicos. También resisten, en unas condiciones determinadas, la acción de ciertos ácidos minerales como el ácido sulfúrico (H_2SO_4). Por el contrario, las bases o álcalis poco agresivos pueden dañar las fibras proteínicas y los álcalis fuertes como el hidróxido de sodio (NaOH) pueden disolverlas por completo. Los blanqueadores que contienen cloro también pueden dañarlas (el hipoclorito líquido no debe usarse nunca con lana ni seda). Si se utilizan sin diluir, dañan las fibras e incluso pueden disolverlas por completo.

- **Minerales:** Estas fibras son extraídas directamente de los minerales y en ese mismo estado se emplean, no se les realiza ningún proceso químico, dentro de este grupo la más conocida es el amianto con aplicaciones fundamentalmente para el aislamiento térmico.

- **Vegetales** (blandas-corteza, y duras-hoja): Las fibras vegetales son principalmente de celulosa, que, a diferencia de las proteínas de las fibras de origen animal, es resistente a los álcalis. Estas fibras son asimismo resistentes a

¹⁹ VAN DAM, Jan e.g, BOS, Ariete L. consulta sobre fibras naturales. Roma, 15-16 de diciembre de 2004. www.fao.org

la mayoría de los ácidos orgánicos, pero los ácidos minerales fuertes las destruyen. La utilización incorrecta de la mayoría de los blanqueadores puede debilitar o destruir estas fibras. Las fibras de origen vegetal tienen muchas aplicaciones en la industria del papel. El algodón y el lino son la base de algunos papeles rugosos de calidad, mientras que el yute y el cáñamo de Manila se utilizan para fabricar papeles de embalaje y otros de menor calidad. El papel de los periódicos y el papel de tipo *kraft* se fabrican con fibra de madera tratada químicamente. Con fibra de madera y bagazo (la fibra de la caña de azúcar), y mediante un proceso similar al de la fabricación del papel, se obtienen tableros para la construcción.

La guasca de plátano pertenece a las fibras naturales vegetales duras.

Algunas de las fibras naturales vegetales más conocidas son:

- **Fibra de Yute:** Esta fibra se produce en Asia, Brasil y principalmente en la India. Procede de dos especies, el *C.Olitorius* y el *C.Capsularis*. La fibra se extrae de los alrededores del tallo y debajo de la corteza de forma biológica o “*enriado*”, proceso que consiste en permitir la extracción por acción bacteriana a través de la inmersión durante cierto tiempo. Las principales ventajas de esta fibra son su baja densidad ($1,4 \text{ g/cm}^3$), baja elongación y alto módulo.

- **Fibra de coco o bonote:** El coco es una fruta fibrosa obtenida de la palma de *coconut* en regiones tropicales. Las fibras se obtienen por medios biológicos con inmersión en agua salina durante un período de 4 ó 5 meses. Este proceso biológico facilita la remoción de las fibras. Los efectos ambientales de la producción de coco son reducidos, y la utilización de plaguicidas es solo incidental.

- **Fibra de Sisal:** La fibra de sisal proviene de la planta “*Agave Sisalana*”, que crece de manera silvestre en centro y Sudamérica y en algunas regiones asiáticas. Su producción se realiza durante un período de 4 a 8 años. La fibra se extrae de las hojas de la planta por medio de un raspado mecánico. Esta fibra es de color blanquecino, es fuerte y duradera. Su longitud varía entre 61 y 152,5 cm y tiene un diámetro aproximado entre 0,13 y 0,50 mm. Se caracteriza principalmente por su baja densidad, bajo costo y buena resistencia. Su producción no requiere cantidades excesivas de productos agroquímicos.

- **Fibra de Fique:** Esta planta se cultiva en Colombia, Venezuela, Brasil y las Antillas. La fibra es extraída de las hojas y constituye entre el 2% y 4% del peso de ésta. El fique se obtiene mecánicamente de manera similar al sisal, además se caracteriza por su baja densidad (0,8 – 0,9 g/cm³) y buena resistencia mecánica (385 – 688 MPa). Al igual que las fibras mencionadas anteriormente, el fique también se emplea en cordelería, empaques y artesanías.

- **Fibras de banano:** Es extraída en forma similar a las anteriores, las principales zonas de explotación se encuentran en la India donde se han desarrollado estudios relacionados con su caracterización mecánica, en América se localizan estos cultivos principalmente en Colombia y Costa Rica. Presenta un contenido de humedad entre 10 y 11% y una densidad de 1,35 g/cc.

Obtención de la fibra de banano:

El proceso de la extracción de esta fibra es muy similar a la del plátano pues pertenecen a la misma familia, es importante entonces mirar someramente las investigaciones y estudios existentes al respecto, ya que pueden estas, resultar de gran utilidad en el desarrollo de este proyecto.

En esta investigación se encontró que la extracción del material fibroso puede realizarse empleando procesos netamente manuales, mecánicos o utilizando procedimientos químico-biológicos.

Aplicaciones actuales de la fibra de banano:

Al igual que las demás fibras naturales, la fibra de banano es empleada en la elaboración de artículos decorativos, como carteras, bolsos y otros artículos artesanales, también como aislante de cables telefónicos y en la preparación de diversos tipos de papel para aplicaciones higiénicas y quirúrgicas entre otras.

- **Fibras de plátano:** El plátano es una planta de gran actividad celular y alta capacidad de absorción de agua lo que hace que las condiciones climáticas adecuadas para su desarrollo se encuentren en función de cuatro factores:

- Luz
- Calor
- Humedad
- Nutrimentos

Es una planta característica del trópico húmedo.

- Luminosidad. Es fundamental para la brotación y crecimiento de hijuelos.
- Temperatura. Debe ser lo más uniforme posible durante todo el año y los cambios bruscos de ella afectan notoriamente el cultivo en su desarrollo y producción. La temperatura óptima se considera entre los 25 y 28 grados centígrados. La temperatura influye en la emisión de nuevas hojas y esto se manifiesta en la duración del período vegetativo. A mayor altura y menor temperatura, se alarga el período de floración, fructificación y cosecha.
- Humedad. La planta produce bien en regiones de 1.500 a 1.800 mm³- de lluvia al año, siempre que no se presenten veranos prolongados.

En el Urabá antioqueño hay familias dedicadas al monocultivo del plátano, de sus parcelas ubicadas en los sectores de la Comunal San Jorge y Puerto César. La mayor parte de los miembros de la familia participan en las actividades del cultivo del plátano, y que a su vez es la base primordial de la subsistencia familiar, estas actividades constan de los siguientes pasos:

En el 5 mes de crecimiento de la mata, la fruta es embolsada para evitar que se dañe por los insectos o aves.

Simultáneamente al paso anterior se encinta con un color diferente para saber en que semana (según el calendario bananero) debe ser cortada la misma.

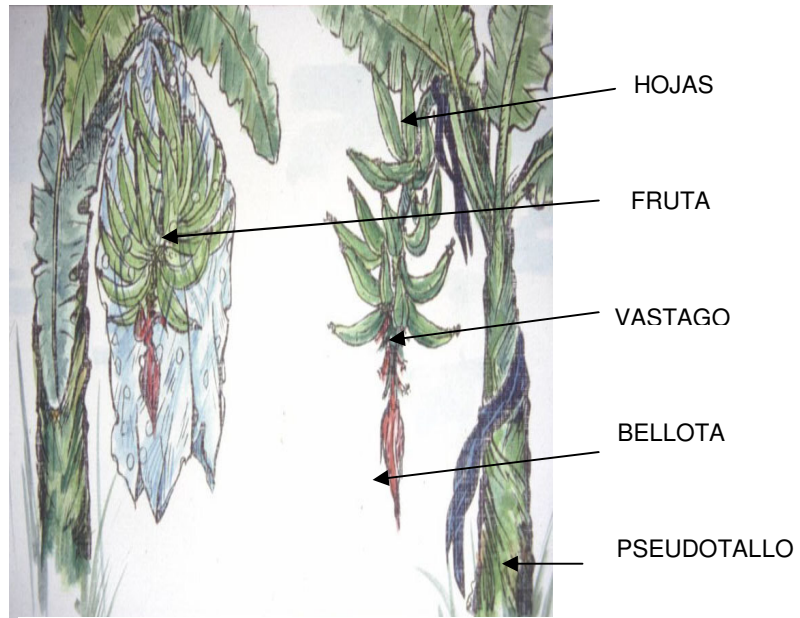
Entre el mes 9 y 11 se realiza el corte de la fruta, y este corte se hace una vez por semana cuando hay embarque, y en este momento la planta madre pierde su función y debe ser talada para que el hijo siga creciendo por 8 meses más y vuelva a proveer el racimo.

En el momento del corte del fruto, que corresponde al 20% de la mata, su 80% restante genera cerca de 3`213 120 toneladas métricas al año de residuos sólidos vegetales, de esta cifra el 51% pertenece a la guasca, lo que corresponde a 1`667.000 toneladas métricas al año²⁰. Hasta el momento se han pensado posibles usos para el desperdicio de cada parte de la planta de plátano (Ver partes de la planta en la figura 1), gracias a las experiencias con otras musaseas acuminata²¹. Estos usos se enuncian en la tabla 6.

²⁰ Cifras obtenidas de Banacol.

²¹ Nombre científico de la familia del banano y el plátano.

Figura 1. Partes de la mata de plátano



El plátano es un arbusto o herbácea gigante, transitoria que alcanza 2.5 metros de altura. Presenta un tallo subterráneo o “cormo Basal” que produce raíces adventicias y un seudotallo formado por las “calcetas” o pecíolos superpuestos de las hojas.

Tabla 6: Usos de las diferentes partes de la planta

PARTES DE LA PLANTA	UTILIDADES DE LA MUSA PARADICIACA		
	ALIMENTO	INDUSTRIAL	MEDICINAL
Hojas		Fibras Clorofila Empaques	
Vástago	Hojuelas	Fibras	Estreñimiento
Bellota	Comida	Abono	Cólera Amigdalitis incontinencia
Pseudotallo		Papel y artesanías. Fibras Laminas y Aglomerados	Asma
Raíces			Caries dental cataratas
Fruta	Harina de plátano, congelados, precocidos, conservas	Abono Orgánico Energía Eléctrica-Biogás	Cólera Suero infantil Leche materna incontinencia

Fuente: BANACOL.

El Seudotallo, llamado también “tronco o Penca” se une al tallo a nivel del suelo y está formado por las vainas o calcetas de las hojas, superpuestas imbricadas y compactas.

De este tronco se pueden obtener de 13 a 15 calcetas²² de 1.50 cm. de largo por 10 a 12 cm. de ancho aproximadamente que son utilizadas en procesos artesanales como puede apreciarse en la figura 2.

Se esta utilizando en un pequeño porcentaje para la fabricación de artesanías como: bolsos, accesorios, enchape a otro material como cartón y cojines. Con la fibra extraída manual, mecánica o biológicamente²³ se elaboran tejidos en telares manuales.

²² Llamada burdamente a la calceta.

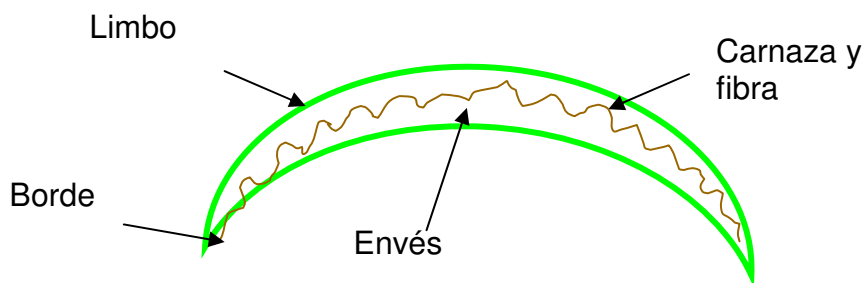
²³ Estudio en ejecución por la UPB.

Figura 2. Calceta de plátano



Cada calceta tiene forma de media luna en la que se diferencian 4 partes que se ilustran en la figura 3, a continuación:

Figura 3. Partes de la calceta



Cada una de estas partes posee unas características que se enuncian a continuación en las tablas 7 y 8.

Tabla 7. Características de las diferentes partes de la calceta

PARTE DE LA CALCETA	EL LIMBO	EL ENVÉS	LA CARNAZA Y FIBRA	EL BORDE
Ubicación en el pseudotallo	La parte más externa.	La cara o cubierta interior	El interior contenido entre el limbo y el envés	La unión natural del limbo y el envés.
Característica	Tono brillante, liso y de contextura más fuerte y dura que el resto.	Tono opaco y débil.	Contiene gran cantidad de fibra.	Es muy fuerte
Usos	Para tejidos planos en artesanías	Filetes y enchape en artesanías.	Tejidos en telares manuales.	Sirve para filetear los bordes de las artesanías.

Fuente: Banacol

Tabla 8: Tres formas diferentes en que se obtiene la calceta como materia prima.

NOMBRE DE LA MATERIA PRIMA	SECA O FALSO TALLO	PUESTA A SECAR O VERDE. (ver figura 2)	FIBRA
Forma de extracción	Esta es cogida seca directamente del seudotallo del plátano.	Es cogida verde, húmeda y así es inmediatamente puesta a secar entre 8 a 10 días, sobre los techos de las casas, en verano, porque en invierno es más difícil este proceso y no tienen un lugar apropiado y eficaz para este secado.	Extracción manual: raspando con cuchara la calceta verde. Extracción biológica: es mediante procesos químicos y esta en estudio. Extracción mecánica: se utiliza una maquina desfibadora.
Otros procesos Aplicados.	Es aplanada manual o mecánicamente para facilitar la separación de las caras.	Es aplanada manual o mecánicamente para facilitar la separación de las caras. Raspar la carnaza del centro.	Si se desea hilo para los telares de debe pasar por una hiladora.
Características	Es liso, no poroso, que presenta una humedad bastante pequeña. Esta se puede separar en dos (ver figura 4), ya que la guasca tiene dos caras. Una es la cara del limbo, que es dura y mas gruesa, y la otra cara es por la parte del envés es más delgada y suave.	Las dos caras tienen caracterización diferente, la del limbo es más dura y dependiendo del secado es más blanca. La parte del envés es más suave y flexible.	Es muy resistente, tiene muy buenas propiedades mecánicas por su resistencia a la tensión y es parecida a la fibra del yute.
Usos	Realizar solo enchape (artesanías).	Esta es utilizada para elaborar los tejidos planos (limbo). Hacer los filetes (envés) a los tejidos planos y enchape. En artesanías.	Tejidos en telares manuales horizontal o vertical y automáticos. Textiles.
Ventajas	Genera una textura brillante, lisa y con variedad de colores.	Es la más utilizada para la fabricación de artesanías. Es recomendado para aglomerados.	Al transformarse en tejido, puede tener muchos usos textiles. Ya esta caracterizada.
Desventajas	No es muy recomendable porque es muy seca y se quiebra con facilidad. No es recomendado para aglomerados.	La pueden atacar hongos por la humedad.	

Fuente: OSORIO B., Ana Patricia. Investigación sobre las diferentes materias prima para elaborar artesanías, obtenida de la calceta. Practica en Banacol. Semestre 2004 - 1.

En la figura 4 se ilustra el proceso de separación de las 2 caras de la calceta seca.

Figura 4. Proceso de separación. Calceta seca o puesta a secar



Actualmente este material se está empleando en un proyecto de artesanías impulsado por la fundación social de BANACOL – CORBANACOL-, que se empezó con el fin de generar nuevos ingresos a las personas que viven actualmente de la producción y venta del plátano en el Urabá antioqueño, con el aprovechamiento de 48´000.000 de plantas distribuidas en 40.000 hectáreas (1200 plantas por hectárea). A este proyecto pertenecen 21 artesanas con un promedio de 5 integrantes por familia, lo que proporciona mejor calidad de vida a 105 personas del Urabá antioqueño. Este grupo de artesanas se fortalecieron en el año 2004 por artesanías de Colombia con el objetivo de obtener productos con calidad e identidad.

Como otra alternativa de emplear este material natural es el desarrollo de materiales compuestos reforzados con la fibra extraída de la calceta.

A continuación se presenta el proceso de extracción de la fibra y su manejo antes de ser utilizada.

Extracción de la fibra. Este proceso tiene tres formas de realizarse.

- **Manual:** Este método es considerado poco viable, debido a que solo una mínima cantidad de fibras es aprovechada (1 o 2% del peso húmedo de la planta) y los costos de operación son elevados con respecto a otras fibras naturales como el yute o el fique, ya que, las fibras se extraen del seudotallo generalmente fragmentando el material con un raspador de madera o cuchara. Luego, las fibras son lavadas en agua y finalmente se secan a la sombra.

- **Mecánico:** Por este método, se introducen las hojas del seudotallo en una máquina desfibradora, primero por la parte más gruesa y luego por el otro extremo, hasta obtener fibra suelta, esta se agrupa en manojos que deben lavarse varias veces para desprender los residuos que se adhieren a la superficie, posteriormente se sacuden y se extienden a la sombra para dejarlas secar. Este proceso es básicamente el mismo que para la obtención del fique y otras fibras naturales.

- **Químico-Biológico:** Estos procesos químico-biológicos, se basan en la degradación biológica de los materiales que las componen. Las técnicas utilizadas con mayor frecuencia son el enriado que consiste básicamente, en secar completamente el material vegetal y luego sumergirlo en cauces fluviales o aguas estancadas con cierto grado de oxigenación, una segunda técnica muy utilizada es la fermentación metánica controlada, siendo esta, la primera técnica biológica para extraer la fibra de banano.

Asistencia técnica para el mejoramiento del proceso.

Obtención, secado y almacenamiento de la calceta de plátano.

• **Obtención.** Las mujeres obtienen la calceta de plátano de sus propias parcelas. Una vez se haya ejecutado el corte del fruto, proceden a extraer la materia prima mediante el corte del seudotallo o penca para luego deshojarlo, extraerle la fibra y ponerlas a secar.

Las mujeres se encargan de esta labor; en algunas oportunidades son ayudadas por sus esposos e hijos.

• **Secado.** Una vez se tiene la fibra de la caleta, se cuelgan verticalmente, deshidratando un día para luego proceder a su uso, en tejido o en la elaboración de materiales compuestos.

- Las calcetas y la fibra nunca se deben colocar sobre el piso de cemento, tierra o pasto, ya que absorben la humedad. El sol es muy importante porque da el color o tono de las calcetas. No se deben dejar mojar durante el proceso de secado.

- Deben estar aireadas, no es conveniente que cuando se recojan durante el proceso, se amontonen, ya que absorben unas de otras la humedad y se propicia el hongo.

- El secado varía de acuerdo al clima. Cuando hace buen sol el proceso de secado tiene una duración de 5 a 7 días.

• **Almacenamiento.** Una vez esté seca la materia prima (calcetas y fibra) se debe almacenar en un lugar fresco, limpio y aireado.

1.3.5 Proceso de termocompresión

Esta etapa es el alma del proceso, y el moldeo de compuestos (a granel o en forma de láminas) previamente preparados que contienen; los componentes de resina, la Fibra y/o pigmentos que pasan a una prensa hidráulica en la cual se les aplica una presión entre 50 y 150 kg/cm². Esta presión está acompañada de una temperatura constante y homogénea. Gran parte de la calidad de los laminados radica en la uniformidad de la temperatura a la cual se efectúa el proceso de curado.

Cambios de temperatura localizados inferiores o superiores a 3 °C con respecto a la temperatura nominal operativa, pueden ser causa de heterogeneidad en el endurecimiento del laminado, que inducen a la formación de ondulaciones superficiales, esfuerzos internos, deformaciones y fallas.

Las prensas, si bien no necesitan de altas presiones, deben ser particularmente robustas y capaces de mantener el más riguroso paralelismo entre sus planos, así como también se debe garantizar que las planchas donde se efectuará la compresión posea una buena planitud.

Ventajas:

- Permite moldear formas complicadas
- Pueden incorporarse insertos a las piezas
- Acabado por los dos lados
- Se logran tolerancias estrechas en dimensiones
- Mano de obra baja
- Permite la fabricación de alto volúmen de piezas
- Pueden moldearse orificios y roscas
- Alto control en desperdicios
- Consistencia en características y dimensiones de pieza a pieza

Desventajas:

- Alta inversión en moldes y prensa
- Las dimensiones máximas de las piezas quedan limitadas por el tamaño del molde
- Depende de un mercado de alto consumo de piezas

Aplicaciones:

- Partes eléctricas
- Pequeñas lanchas
- Cascos de protección
- Carcasas y partes automotrices
- Sillas
- Partes industria aeronáutica
- Electrodomésticos

1.3.6 Materiales compuestos con fibras naturales

Tableros derivados de la madera. Estos tableros se definen como un producto en el que predominan la longitud y anchura sobre el espesor, y en el que el principal elemento es la madera. Esta denominación engloba un amplio número de tableros cuyas propiedades y aplicaciones son muy variadas.

Los tableros se utilizan principalmente en aplicaciones decorativas y estructurales, pero también otras aplicaciones de poca duración y en funciones auxiliares. Las aplicaciones se multiplican día a día. Inicialmente se orientaba a la fabricación de muebles. Hoy en día gran cantidad de la producción mundial se enfoca en la construcción, presentándose un especial interés en viviendas prefabricadas. En Colombia, la producción es utilizada en su mayoría en

formaletería en la construcción de obras civiles, en elaboración de prefabricados, fabricación de muebles en general y de dispositivos de embalaje.

Consumo mundial de tableros de partículas. Según cifras de la FAO (*Food and Agriculture Organization*) se comercializa el 35% de la producción mundial de tableros de partículas, siendo América el continente que más produce. Sin embargo, el mayor intercambio comercial se realiza entre los países asiáticos. La participación de Colombia en la producción y el comercio mundial de tableros de partículas es marginal. En el año 2002, Colombia produjo 189.600 m³ de tableros de madera, de los cuales exportó 43.300 m³ e importó 41.100 m³.

- Producción mundial 2002: 81,1 millones de m³.
- Principal productor del mundo: Estados Unidos con 1,2 millones de m³.
- Segundo productor del mundo: China con 0,81 millones de m³.

- Preliminares sobre la madera aglomerada. La primera fábrica de tableros de partículas llamada Torfit - Werke fue construida en Bremen (Alemania) en 1941, luego de varios intentos sin éxito debido a la poca investigación que en el tema de adhesivos existía hasta ese momento.

Ésta no duró mucho, fue destruida durante la segunda guerra mundial. Sin embargo, incentivó el desarrollo de maquinaria más especializada surgiendo una nueva fábrica en 1942, también en Alemania.

En 1945 comienza a operar la primera industria de tableros aglomerados en Estados Unidos. Solo en 1946 se comienza a estudiar el desarrollo científico de los tableros por parte de Wilhelm Klauditz (Poblete, 2001), quien orientó en este sentido su instituto de investigaciones en la ciudad de Braunschweig. Esta entidad aun está en operación y se conoce actualmente con el nombre de este científico (WKI). Algunos de los aspectos que llevaron a varias mentes emprendedoras a

pensar en los tableros de partículas como fuente de ingresos económicos y desarrollo de la investigación, fue el aprovechamiento de la madera y sus aplicaciones, la obligación de dar un uso productivo a subproductos de otros procesos y los requerimientos ambientales de reciclar materiales lignocelulósicos.

Clasificación de los tableros

En la tabla 9 se presenta la clasificación de los tableros de partículas según el tipo de prensado, tipo de adhesivo, estructuración de capas y densidad.

Tabla 9. Clasificación de tableros

Tipo de prensado	Prensado Plano	Las partículas en posición horizontal, paralelas a la superficie del tablero
	Extruído	Partículas perpendiculares a la superficie del tablero
Tipo de adhesivo	Tableros para Interiores	Comúnmente fabricados con el adhesivo Urea_formaldehído
	Tableros para Exteriores	Se fabrican con un adhesivo resistente a la humedad (Fenolformaldehído, Diisocianato)
Estructuración de las capas	Tableros de una Capa	Las partículas no están estratificadas en capas
	Tableros de tres o más Capas	Constituidos con dos capas externas, "caras", de partículas pequeñas y una o varias centrales (siempre en número impar) de partículas mas grandes, comúnmente llamadas "alma".
	Tableros Graduales	Presentan un cambio gradual del tamaño de las partículas de muy pequeñas en la superficie a grandes en el centro.
Densidad	Aislantes	Con densidad entre 250 y 400 kg/m ³
	De Densidad Media	Con densidad entre 400 y 800 kg/m ³
	De Alta Densidad	Con densidades mayores a 800 kg/m ³

Fuente: POBLETE WILSON, Hernán. Tableros de partículas. Valdivia: El Kultrún, 2001.

También se clasifican según la forma de cómo se utilice la madera.

- Tableros de chapas o contrachapado.
- Tablero laminado.
- Tableros de partículas de madera.
- Tableros de virutas orientadas (OSB).
- Tableros de fibras.
- Tableros mixtos.

Ejemplos comerciales

- **MDF**: También se le llama DM o tablero de fibra de densidad media. Está fabricado a partir de elementos fibrosos básicos de madera prensados en seco. Se utiliza como aglutinante un adhesivo de resina sintética.

Presenta una estructura uniforme y homogénea y una textura fina que permite que sus dos caras y sus cantos tengan un acabado perfecto. Se trabaja prácticamente igual que la madera maciza, pudiéndose fresar y tallar incluso los cantos. La estabilidad dimensional, al contrario que la madera maciza, es óptima. Constituye una base excelente para las chapas de madera. Es perfecto para lacar o pintar. También se puede barnizar. Se encola (con cola blanca) fácilmente y sin problemas. Es comercializado en grosores desde 2,5 mm a 4 cm o más. La medida del tablero es de 244 x 122 cm. Suele ser de color marrón medio-oscuro y es un tablero relativamente barato.

Recomendable para construir todo tipo de muebles (funcionales o artísticos) en los que el peso no suponga ningún problema. Son una base óptima para lacar. Excelente como tapas de mesas y bancos de trabajo. Se puede utilizar como parte posterior y fondo de cajones en muebles y como parte posterior de porta fotos,

posters y puzzles. También se usa para hacer formas, para tallar e incluso para hacer esculturas (pegando varios tableros para obtener un grosor adecuado). No es apto para exterior ni condiciones húmedas²⁴

- **Triplex o Contrachapado:** Son formadas por un número impar de chapas de madera superpuestas una contra otra, de forma que la dirección de las fibras de las chapas adyacentes forma un ángulo recto entre sí. Las chapas son adheridas mediante la aplicación de resinas especiales y procesos de presión a alta temperatura.

La principal característica de este tipo de lámina es: Su excelente estabilidad dimensional, previendo las torceduras y rajaduras comunes que se presentan en la madera maciza; el cambio de dirección de la fibra en las chapas que la componen le adicionan al tablero resistencia a la flexión sin perder la belleza de la madera.

- **Tablex:** Es una lámina formada por tres capas de partículas de madera, aglomerada mediante la adición de un pegante y la aplicación de procesos de alta presión y temperatura.

- **Tableros OSB:** Son tableros de viruta de madera, orientadas en una misma dirección generando capas cruzadas para aumentar su fuerza y rigidez. Es para uso que se requiere excelentes propiedades físico-mecánicas para una alta resistencia estructural y bajo peso.

²⁴ Empresa BRICO TODO. www.bricotodo.com/tipostableros.htm

1.3.7 Normativas que rigen el mobiliario Colombiano y la elaboración de tableros aglomerados.

Las normativas Colombianas estan establecidas principalmente por las normas del ICONTEC, estas son documentos establecidos por consenso y aprobado por un organismo reconocido, que suministra, para uso común y repetido, reglas, directrices o características para las actividades o sus resultados, encaminados al logro del grado óptimo de orden en un contexto dado. Las normas técnicas se deben basar en los resultados consolidados de la ciencia, la tecnología y la experiencia y sus objetivos deben ser los beneficios óptimos de la comunidad. Hay diferentes tipos de normas, básica, terminología, ensayo, producto, proceso, servicio, interfase, entre otras. De estas las que nos interesó investigar son las de productos de mobiliario doméstico y ensayos para tableros de madera.

Para el desarrollo del material fue necesario evaluar la normativa Colombiana para evaluar tableros aglomerados para madera, para definir cuales son las más importantes en la fabricación y caracterización del material compuesto a evaluar en este proyecto de grado; las cuales son normas que suministran métodos de ensayo, a veces acompañados de su definición o de notas explicativas, o de ambas, ilustraciones, ejemplos, etc. entre las que se encuentran son:

(NTC 1764) maderas. preservativos cca para madera, (NTC 206) determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos, (NTC 2261) tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones interiores no estructurales, (NTC 2942) tableros de fibra. determinación del acabado superficial (rugosidad), (NTC 301) requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera y (NTC 5253) materias primas para la industria de las maderas y contratipos. (Resinas de úrea - formaldehído UF).

También se consultó la normativa internacional, ASTM D-1037-99 y la norma Europea EN 317. con las cuales se trabajó, ya que las nacionales están regidas también por estas normas.

Para el mobiliario Colombiano se encuentran ciertas normas que ayudan a especificar los requisitos que debe cumplir un producto o grupo de productos, para garantizar su aptitud para el uso. Las normas de producto pueden incluir directamente o mediante referencia elementos relativos a terminología, muestreo, ensayo, empaque y rotulado y a veces, requisitos de procedimientos, y se establecen según el mueble para el hogar doméstico, como:

(NTC 1987) mesas, (NTC 2305) sillas Y butacas, (NTC 5041) asientos determinación de la estabilidad, (NTC 4956) armarios y muebles similares y (NTC 4957) armarios y muebles similares.

Para el desarrollo del producto en este proyecto, estas normas Colombianas no son muy relevantes, lo que hizo necesario cambiar el enfoque para definir los requerimientos para el desarrollo del mobiliario doméstico, analizando el entorno del hogar, los espacios y el mobiliario que lo habita, la ergonomía establecida para que el producto tenga excelente interacción con el contexto y el usuario.

2. DESARROLLO EXPERIMENTAL DEL MATERIAL

2.1 MATERIAS PRIMAS

2.1.1 El reforzante

La fibra de plátano. Para la fabricación del material compuesto se empleará como materia prima como reforzante la fibra de plátano extraída de la guasca de plátano²⁵, que pertenece a las fibras naturales, y se extrae de la calceta o del seudotallo de las plantaciones del Urabá Antioqueño.

Esta fibra fue extraída mediante una máquina extractora de fique por la empresa de la Compañía de Empaques, y transportada seca, en su longitud original de 80 cm. aprox. Y sin ningún tratamiento previo de químicos para evitar los hongos y preservar la fibra, desde la zona de Urabá por la empresa BANACOL.

2.1.2 Las matrices usadas

Para los ensayos preliminares se utilizaron tres resinas termoestables Resina Urea formaldehído, Fenólica y Poliéster Insaturado.

- **Resina úrea formaldehído, polímero 216 FE para madera.**

Referencia comercial de la resina producida por AKZO NOBEL en la empresa INTERQUIM S.A., cuyas principales características se muestran en la tabla 10

²⁵ Calceta del seudotallo del plátano.

Tabla 10. Características de la resina Urea Formaldehído

Parámetro	Polímero 216 FE-L
Apariencia	Líquido viscoso
Color y olor	Blanco. A formaldehído.
Sólidos (%peso, 105°C, 4 h)	64.0- 66.0
Viscosidad a 25° C (cps)	200- 600
gravedad específica (25/20 °C)	1.270 – 1.280
PH (25 °C)	8.0- 8.6
Solubilidad en agua (35 resina/50agua, 25°C)	Homogénea
Formol libre (% peso)	0.6 máximo
Tiempo de curado (seg. 1% CAT 100, 96°C)	50 - 80

Fuente: AKZO NOBEL, Especificaciones técnicas, despachos laboratorios químicos INTERQUIM S.A.

- **Fenólica, polímero 66 GC**

Referencia comercial de la resina producida AKZO NOBEL en la empresa INTERQUIM S.A. Se caracteriza por su viscosidad media, rápido curado y miscibilidad perfecta en el alcohol metílico, cuyas principales características se muestran en la tabla 11.

Tabla 11. Características de la resina fenólica.

Parámetro	Polímero 66 GC
Apariencia	Líquido viscoso
Color y olor	Ámbar. A fenólico.
Sólidos (%peso, 105°C, 4 h)	72.0- 74.0
Viscosidad a 25° C (cps)	800- 1100
Gravedad específica (25/20 °C)	1.255- 1.265
pH (25 °C)	7.8- 8.5
Tolerancia al agua (% p/p, 25°C)	
Formol libre (% peso)	1.0 máximo
Tiempo de curado (minutos, 121°C)	8- 12

Fuente: AKZO NOBEL, Especificaciones técnicas, despachos laboratorios químicos INTERQUIM S.A.

- **Poliéster Insaturado, Cristalán 809**

Referencia comercial de la resina se fabrica por Andercol S.A. bajo licencia y asesoría de *Scott Bader Limited* (Inglaterra) y está aprobada por la compañía inglesa "*Lloyds Register of Shipping*". Se caracteriza por una rápida impregnación en procesos de moldeo por contacto, que minimizan los requerimientos de mano de obra y optimizan los costos del proceso de laminación, cuyas principales características se muestran en las tablas 12 y 13.

Tabla 12. Características de la resina Cristalán 809.

Parámetro	Cristalán 809
Apariencia	Rosada turbia
Valor ácido	32 máximo
Viscosidad Brookfield (cps), 25°C (Aguja 2, 20 r.p.m., 5 minutos) (Aguja 2, 20 r.p.m., 10 minutos) (Aguja 2, 2 r.p.m., 5 minutos)	 1100 - 1300 490 – 710 1010 - 1290
% Sólidos	58 - 62
Tiempo de gel (minutos), 25°C *	9 - 12

Fuente: Andercol S.A., Especificaciones técnicas, despachos laboratorios químicos Exdequim.

Tabla 13. Propiedades típicas del CRISTALÁN 809 curado (sin reforzar) (1)

Propiedad	Valor
Dureza Barcol (modelo GYZJ -934-1)	46
Absorción de agua (24 horas a 23 °C)	15mg
Temperatura deflexión bajo carga (1.80MPa)	66 °C
Gravedad específica, 25 °C	1.20
Elongación en la ruptura (2)	2.9%
Esfuerzo tensil	64MPa (3)
Modulo tensil	3.4GPa
Encogimiento volumétrico	10%

Fuente: Andercol SA, Especificaciones técnicas, despachos laboratorios químicos Exdequim.

2.2 PROCESO DE MANUFACTURA DEL MATERIAL

Para la elaboración de las probetas de cada uno de las combinaciones del material compuesto se tuvieron en cuenta las siguientes variables:

- Tres diferentes tipos de resina termoestables: Resina Fenólica, resina úrea formaldehído y resina poliéster insaturado.
- Variación entre el porcentaje de fibra y resina (30% de fibra con 70% de resina, 40% de fibra con 60% de resina y 50 % de fibra con 50 % de resina)
- Se dejaron constantes las condiciones de prensado (1500 Psi, 20 minutos de prensado), la cantidad de fibra (20 gr.) y su longitud (de 5-10mm).

Se buscó así probar, evaluar y analizar diferentes sistemas de combinación entre los porcentajes de reforzante/matriz, con diferentes resinas.

2.2.1 Acondicionamiento de materias primas

- **La fibra**

- Localización y extracción: La fibra fue extraída de las calcetas del pseudotallo del plátano de la zona del Urabá Antioqueño, por medio de una maquina extractora para fibra de fique, utilizada por la Compañía de Empaques. Este proceso de extracción puede realizarse también manualmente raspando la calceta con un cucharón. La fibra después de seca al sol durante 1 día, fue transportada desde la región del Urabá Antioqueño, en su longitud original de 80 cm. y sin ningún proceso previo como se muestra en la figura 5.

Figura 5. Fibra en estado original



- Longitud: Con el fin de facilitar la aglomeración y la disposición del material final, Las fibras fueron cortadas manualmente procurando mantener una longitud entre 5 y 10 mm).

Cantidad de fibra: 20 grs. Se definió esta cantidad, teniendo en cuenta el tamaño del molde y el diámetro que se deseaba obtener al compactar el molde. Esta cantidad se dejó constante en cada una de las probetas, independientemente del porcentaje de resina que se utilizó (70%, 60%, 50%).

- **Las resinas**

Fueron preparadas según la ficha técnica de cada una de ellas, algunas necesitaban de catalizador y otras de agua.

La cantidad de resina para las resinas de poliéster y fenólica: vario según el porcentaje a utilizar de fibra y de resina, esto se aprecia en la tabla 14.

Tabla 14. Cantidad de fibra y resina en cada mezcla con Poliéster y Fenólica

MEZCLA	FIBRA		RESINA*	
	%	grs.	%	grs.
1	30	20	70	46.66
2	40	20	60	30
3	50	20	50	20

Para la resina Úrea formaldehído se requiere el siguiente procedimiento:

Según la ficha técnica de este polímero (anexo C), contiene el 65% de sólidos, y para definir el porcentaje de resina que se utilizó con cada mezcla, se realizó el siguiente cálculo:

$$\frac{\text{Cantidad..resina.(gr)} * 1\text{gr}}{0.65\text{gr} - \text{de.solidos}} \quad (1)$$

Donde, la *cantidad de resina*: son las dadas en la tabla 20 para cada una de las mezclas.

Utilizando la ecuación 1 se halla la relación entre la cantidad de resina, H₂O y el catalizador, para cada mezcla, teniendo los siguientes porcentajes.

100% es el valor dado por la ecuación 1

85% es el polímero

13% de agua

2 % de catalizador

- Para la mezcla 1: 30% de fibra y 70% de resina.

$$\frac{46.66\text{gr} * 1\text{gr}}{0.65\text{gr}} = 72\text{gr}$$

Según lo anterior, se pueden determinar las cantidades que se requieren para preparar la resina. En la tabla 15 se muestran las cantidades necesarias para la preparación de cada resina.

Tabla 15. Cantidad de resina, agua y catalizador para cada una de las mezclas con resina Úrea

Mezcla	100% gr ecuación (1)	85% gr Polímero	13% gr H ₂ O	2% gr Catalizador
1) 30%F-70% R	72	61.2	9.36	1.44
2) 40%F-60% R	47	40.00	6.11	0.94
3) 30%F-70% R	31	26.35	4.03	0.62

2.2.2 El molde

Se emplearon dos moldes que fueron suministrados por personal del laboratorio de procesos de manufactura de la Universidad Pontificia Bolivariana, donde se realizaron las probetas, los cuales tienen unas medidas estándares apropiadas para la elaboración de probetas que luego serán ensayadas según normas establecidas.

Las medidas del molde son: 15 cm. * 5 cm. y profundidad 5 cm.

Figura 6. Molde



2.2.3 Prepensado

Antes de realizar el prepensado se ubica la fibra en el molde con la ayuda de un cuchillo como se ve en la figura 7, luego, se realizó un prepensado en la prensa de la figura 8 para compactar un poco la fibra antes de ser vertida la resina y permitir que esta se introdujera bien hasta el fondo del molde. Se utilizaron unas condiciones para la elaboración de las probetas, se manejaron constantes y son las siguientes:

- Presión: 400 Psi
- Temperatura: 130°C.
- Tiempo: 40 seg.

Figura 7. Ubicación de la fibra en el molde



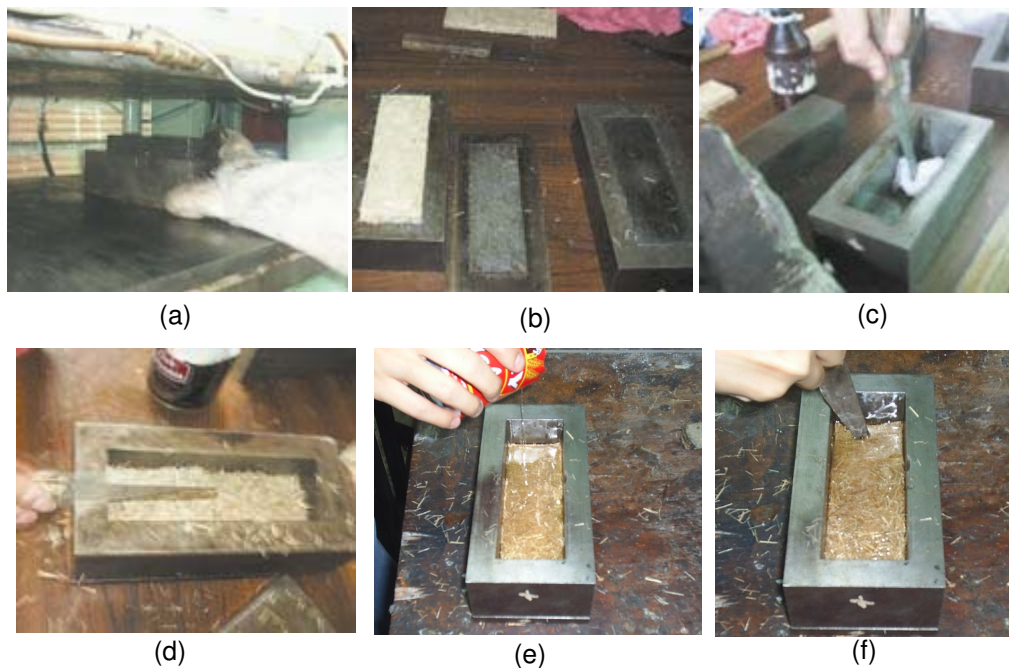
Figura 8. Prensa utilizada para la elaboración de las probetas



2.2.4 Mezclado

Una vez transcurridos los 40 segundos del pre-pensado se extrae el molde de la prensa, figura 9(a) y se remueve la probeta que se encuentra un poco compactada, figura 9(b), se le aplica desmoldante a las paredes del molde para que la probeta no se adhiera y sea fácil de desmoldar la probeta, figura 9(c), de nuevo se introduce la fibra un poco compactada dentro del molde, figura 9(d), para así verter la resina ya preparada de acuerdo con las condiciones y las cantidades según el tipo de resina sobre la fibra, figura 9(e), se estimula con un cuchillo para ayudar a que la resina se absorba e impregne la fibra con la resina por la parte de abajo, figura 9(f).

Figura 9. Proceso de mezclado para elaborar las probetas



2.2.5 Prensado y curado

Una vez vertida la resina se procede a prensar el material con el fin de compactar, favorecer la impregnación y promover la reacción de curado de la matriz.

Figura 10. Prensado



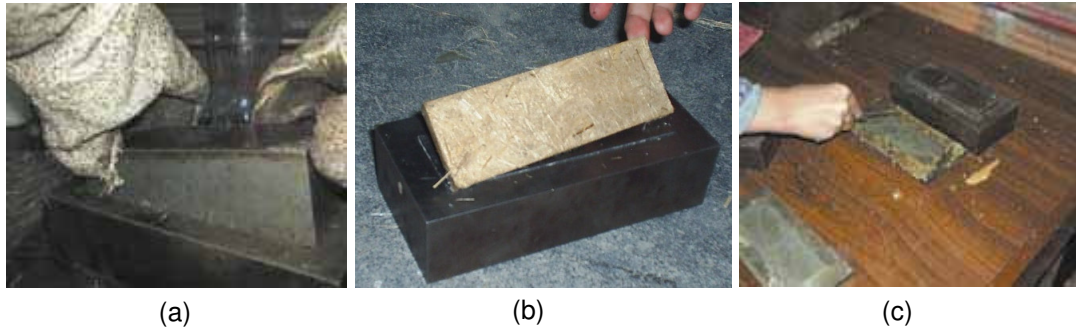
La temperatura de la prensa ayuda al curado de la resina, permitiendo que se solidifique el material compuesto. De acuerdo con la revisión bibliográfica, se establecieron las siguientes condiciones para el procesamiento del material.

- Temperatura: 130°C.
- Presión: 1500 Psi.
- Tiempo: 20 min.

Después de elaboradas las probetas fueron puestas en una superficie para que se enfriaran.

Finalmente del tiempo de curado se extrae el molde de la prensa, se desmolda para sacar la probeta lista, figura 11 (a y b), luego se limpia el molde como se ve en la figura 11 (c) para volver a realizar el proceso de fabricación de las probetas.

Figura 11. Proceso final después del curado de la probeta



ENSAYOS REALIZADOS

Una vez elaboradas las probetas, se llevaron a cabo los ensayos de flexión, absorción de humedad, hinchamiento de humedad, propagación de fuego y densidad, según la norma ASTM D-1037 para determinar algunas de las propiedades físico-mecánicas, es importante anotar que al inicio de cada ensayo se realizó una observación detallada de la probeta, con el fin de determinar sus defectos, su tamaño y áreas críticas, es decir identificar aquellas zonas en las cuales hay presencia de imperfecciones.

La experimentación se llevó de la siguiente forma: Se elaboraron 5 probetas para cada ensayo de densidad, hinchamiento de humedad, flexión y 3 para la prueba de propagación de fuego, para llegar a una caracterización básica del material compuesto reforzado con fibra natural extraída del seudotallo del plátano, realizando una comparación con algunas propiedades entre dos tipos de tableros de partículas en el mercado (MDF y tablex) y los resultados arrojados del material elaborado en este proyecto.

2.3 ANÁLISIS VISUAL DE LAS PROBETAS

Para llevar a cabo esta prueba se tomó como base la norma ASTM D 2563 que se aplica básicamente a materiales reforzados con fibra de vidrio.

Se realizó un procedimiento inicial de evaluación visual de las muestras para observar con cuidado la frecuencia, cantidad y especie de defectos que se presenta en cada una de las probetas, analizando su forma, tamaño llegando a ver sus áreas más críticas. Un área crítica es una zona en la cual se encuentran imperfecciones y estas son consideradas perjudiciales.

Los defectos permitidos son aquellos que se encuentran en áreas no críticas y no afectan la funcionalidad y el servicio del material compuesto. Pueden ser clasificados de acuerdo a su tipo y número.²⁶

Algunos de los principales defectos y su respectiva forma de clasificarlos se observan en la tabla 16

²⁶ JARAMILLO J., Maria E.; TORO V., Lina Maria. Tesis influencia de la modificación de la resina epoxi con elastómeros en el desarrollo de materiales compuestos naturales.

Tabla 16. Clasificación de los defectos permisibles más comunes

Defecto	Nivel visual de aceptación		
	Nivel I	Nivel II	Nivel III
Fragmentación en bordes o superficies	Ninguno	Máxima dimensión de fractura: 3mm	Máxima dimensión de fractura: 6.5mm
Grietas superficiales	Ninguno	Longitud máxima: 3mm	Longitud máxima: 6.5mm
Delaminación en bordes	Ninguno	Dimensión máxima: 3mm	Dimensión Máxima: 6.5mm
Delaminación interna	Ninguno	Ninguno	Ninguno
Inclusiones externas	Ninguno	Dimensión máxima: 0.8 mm en 0.09m ²	Dimensiones Máxima: 1.5mm en 0.09 m ²
Sitios secos	Ninguno	Diámetro máximo: 9.5mm	Diámetro máximo: 14mm
Fracturas	Ninguno	Diámetro máximo: 21mm	Diámetro máximo: 29mm
Burbujas de aire	Ninguno	Diámetro máximo: 1.5mm	Diámetro máximo: 3mm
Ampollas	Ninguno	Diámetro máximo: 3mm	Diámetro máximo: 6.5mm
Porosidad	Ninguno	Máxima 25 hoyos en 10 in ²	Máxima 50 hoyos en 5 in ²
Surcos	Ninguno	Long. máxima: 13mm espesor máx.: 10%	Long. máxima: 26mm espesor máx.: 5%

Fuente: ASTM. Plastics: classifying visual defects in glass - reinforced plastic laminate parts. Filadelfia: ASTM, 1981. 16p. (ASTM; D 2563)

Procedimiento:

De acuerdo con la tabla 16, cada una de las muestra son clasificadas dentro de los niveles según los defectos que presentaron.

2.4 ENSAYOS MECÁNICOS

2.4.1 Resistencia a la flexión

Se llevó a cabo según las normas establecidas por la norma ASTM D- 1037, en condición seca.

Para el ensayo se elaboraron 5 probetas con cada una de las mezclas mencionadas en la tabla 19, los ensayos se realizaron en los laboratorios de la Universidad Pontificia Bolivariana bajo el asesoramiento del Grupo de Investigación Sobre Nuevos Materiales.

Este es uno de los ensayos que permite definir algunas de las propiedades mecánicas de los materiales de ingeniería, como el módulo de elasticidad, la rigidez, elasticidad y la resistencia máxima a la flexión, tanto para plásticos reforzados y no reforzados, se aplica generalmente a materiales rígidos y semirígidos que rompen con deflexiones comparativamente pequeñas.

En este ensayo según la norma se tuvieron los siguientes requerimientos para las probetas a emplear.

- Ancho: 50 mm
- Largo: $(24 * \text{espesor}) + 50 \text{ mm}$
- Espesor: Para obtener el espesor promedio de cada una de las probetas se midió con un calibrador el espesor en varios puntos distintos en cada probeta para sacar un promedio y se muestra en la tabla 17.

Tabla 17. Espesor promedio para cada lote de probetas

Mezclas	FENÓLICA			ÚREA			POLIESTER INSATURADO		
	30%- 70%	40%- 60%	50%- 50%	30%- 70%	40%- 60%	50%- 50%	30%- 70%	40%- 60%	50%- 50%
Promedio total	3,40	3,54	3,46	5,94	5,04	102,15	6,90	6,49	5,69

Equipo requerido

Maquina universal INSTRON 5582 con celda de carga de 100 KN. se ilustra en la figura 19.

Figura 12. Maquina Universal INSTRON 5582

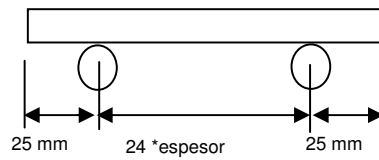


Procedimiento:

Se siguió la norma ASTM 1037

- Posición de la probeta en la maquina universal INSTRON 5582 con celda de carga de 100 KN, se muestra en la figura 13.

Figura 13. Posición de la probeta en la máquina universal



- Para determinar la velocidad de la cruceta se procedió así:

Velocidad:

$$N = \frac{ZL^2}{6e_f} \quad (2)$$

Donde

Z=0.005

L=24*espesor.

e_f=Espesor.

Para las probetas según su espesor promedio dichos en la tabla 18 la velocidad requerida en la máquina empleando la ecuación 2 es:

Tabla 18. Velocidad y Span (distancia entre apoyos) para la maquina de cada espesor

Diámetro	Span	Vel. (N)
4 mm.	96 mm.	1.92 mm/min.
5 mm.	120 mm.	2.40 mm/min.

Luego de aplicada la carga en el punto medio de la probeta y se registran los siguientes datos: esfuerzo máximo (MPa) y deformación (%), de cada probeta para realizar los cálculos con las ecuaciones 3 y 4.

Cálculos:

$$\sigma = \frac{3 * C_f * L_f}{2 * b_f * e_f^2} \quad (3)$$

$$E_f = \frac{L_f * 3 * C_f}{4 * b_f * 3\delta_f} \quad (4)$$

Donde:

σ = Resistencia (MPa)

C_f = Carga (N)

L_f = Largo

B_f = Ancho

e_f = Espesor

E = Módulo de elasticidad (MPa)

δ = Deformación por flexión (%)

A continuación en la figura 14 se muestran algunas imágenes obtenidas durante la realización de esta prueba:

Figura 14. Posición de la probeta en la maquina universal



2.5 ENSAYOS FÍSICOS

2.5.1 Densidad

Esta es una propiedad física que determina la masa de un material presente en un determinado volumen, y se expresa en gr/cm^3 .

Según la norma NTC 2913 los tableros de fibra se clasifican según su densidad como se ve en la tabla. 19.

Tabla 19. Clasificación de los tableros aglomerados por su densidad norma NTC 2913

TIPO DE TABLERO	DENSIDAD gr/cm^3
Suave	< 0.35
Medio	Entre 0.35 y 0.8
Duro	> 0.8

Para este ensayo se tomaron las probetas con las siguientes dimensiones:

- Ancho: 50mm
- Largo: 50mm
- Espesor: entre 4-5 mm

- **Método de Arquímedes**

Equipo requerido:

Este ensayo se realizó utilizando la balanza y densímetro de marca SHIMADZU AX 200 de máx. 200g y $d=0.1$ mg (figura 22) y un líquido incoloro llamado alcohol propanol el cual tiene una densidad de 0.800 gr/cc.

Figura 15. Balanza y densímetro SHIMADZU AX 200



Procedimiento del ensayo:

- Pesar la probeta en seco.
- Ajustar el densímetro en 0.
- Disponer la muestra en el alcohol propanol.
- Tomar el dato de la densidad de cada una de las probetas dada por la balanza.
- Se saca un promedio entre los resultados de cada una de las 5 muestras por mezcla.

A continuación se presentan las fotografías tomadas durante el ensayo:

Figura 16. Procedimiento del ensayo de densidad



- **Método por determinación del volumen**

Otro método para evaluar la densidad es, medir todas las dimensiones (largo, ancho, espesor) para calcular el volumen con la ecuación 5. Luego se toma el valor de la masa registrada por la balanza, y se halla la densidad de cada una de las probetas para sacar un promedio por porcentajes con cada resina.

Cálculos:

$$V = L * A * e \quad (5)$$

$$\rho = \frac{M}{V} \quad (6)$$

Donde:

V = Volumen (cm³)

L = Largo

A = Ancho

e = Espesor

ρ = Densidad

M = Masa

2.5.2 Absorción de humedad e hinchamiento

Este ensayo tiene como fin determinar la absorción de agua relativa para materiales en inmersión, puede ser hecho sobre cualquier tipo de material compuesto, incluyendo moldeados al calor, moldeados en frío y plásticos laminados.

El contenido de humedad de un material aglomerado esta íntimamente relacionado con algunas propiedades como la resistencia y aislamiento eléctrico,

resistencia mecánica, apariencia y dimensiones; y sirve como un control de prueba de uniformidad de un determinado producto.

Para el desarrollo de esta prueba se tomó como base la norma europea EN 317 la cual establece un método para determinar la hinchazón en espesor de los tableros de partículas de prensado plano o por cilindro, de los tableros y de los tableros de partículas-cementos.

Elementos requeridos:

- Balanza
- Pie de rey
- Baño de agua capaz de mantener una temperatura de $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ y en la que puedan mantenerse las probetas.
- Probetas: Estas fueron cortadas según las dimensiones requeridas por la norma.
 - Ancho: 50 mm
 - Largo: 50 mm
 - Espesor: Varía entre 3- 7 mm

Procedimiento del ensayo:

- Se identificaron bien cada una de las probetas.
- Se pesaron y se tomó las dimensiones del ancho, largo y espesor de cada una de las probetas en seco.
- Se metieron en el horno a una temperatura de 90°C por 24 horas.
- Se sacaron del horno y se volvieron a pesar y medir, para ver la captación de humedad ambiental y la expansión por la pérdida de humedad.
- Se introdujeron las probetas en un recipiente con agua limpia y en reposo con un ph de 7 ± 1 y una temperatura de $(20 \pm 1)^{\circ}\text{C}$ por 24 horas, en posición

vertical los cantos superiores de las probetas deben quedar sumergidos a (25 ± 5) mm.

- Una vez finalizado el tiempo de inmersión se sacan las probetas del agua, se elimina el exceso de agua y se vuelven a pesar y medir, para saber cual fue la captación total de humedad y expansión de contracción por humedad.
- Se realizó una comparación entre los pesos, el inicial, el después del secado y el después de la inmersión en el agua, se puede saber cual es la capacidad del material de absorber humedad.
- Se realizó una comparación entre las dimensiones iniciales, las de después del secado y las después de la inmersión en el agua y con esto se pudo saber cual es la capacidad del material de hinchamiento por la humedad.

Cálculos:

- **Hinchamiento por humedad**

Para cada probeta calcular el hinchamiento con la ecuación 7 para cada una de las dimensiones (Largo, Ancho, espesor) de cada probeta, G_t expresada en tanto por ciento sobre su espesor inicial.

$$G_t = \frac{t_2 - t_1}{t_1} * 100 \quad (7)$$

Donde

t_1 = Dimensiones de la probeta antes de inmersión, en mm

t_2 = Dimensiones de la probeta después de la inmersión, en mm.

G_t = Hinchazón de cada una de las dimensiones.

- **Absorción de humedad**

Para cada probeta calcular la absorción de humedad con la ecuación 8.

$$\%humedad = \frac{W_{humedo} - W_{inicial}}{W_{inicial}} * 100 \quad (8)$$

Donde

$W_{inicial}$ = Peso de la probeta antes de inmersión, en mm

$W_{húmedo}$ = Peso de la probeta después de la inmersión, en mm.

Algunas de las fotografías tomadas a las probetas después de 24 horas sumergidas en agua, se encuentran a en la figura 17.

Figura 17. Probetas después de ser sumergidas



3.5.3 Ensayo de propagación de fuego

La madera y sus productos están formados principalmente por celulosa y lignina, los cuales se componen fundamentalmente de carbono, hidrógeno y oxígeno. La presencia de estos componentes hace que sea combustible.

El comportamiento al fuego del tablero puede ser un importante requisito para algunas de sus aplicaciones, en el caso del mobiliario es importante porque hay

estadísticas de países con tradición constructiva con madera como Canadá, que la siniestralidad por incendio reflejan que más del 90% de los incendios en viviendas con estructuras en maderas tuvieron su origen en el mobiliario²⁷.

Esta prueba tiene unas especificaciones según la norma europea, la cual requiere entre 3 o 5 probetas, con las siguientes dimensiones.

- Ancho: 20 mm
- Largo: 120 mm
- Espesor: 4- 5 mm

Con esta prueba se busca analizar si el material es auto-extinguible o no, la prueba se realizó cualitativamente teniendo en cuenta los posibles errores por el no control de las variables medio ambientales.

Instrumentos:

- Mechero
- Soporte universal
- Cronómetro

Montaje:

El montaje para la prueba se ilustra en la figura 18.

²⁷ PERAZA S., Fernando. ARRIAGA M., Francisco. PERALTA, Jose Enrique. Tableros en madera de uso estructural.. Madrid: Artes gráficas Palermo, 2004. P133- 134

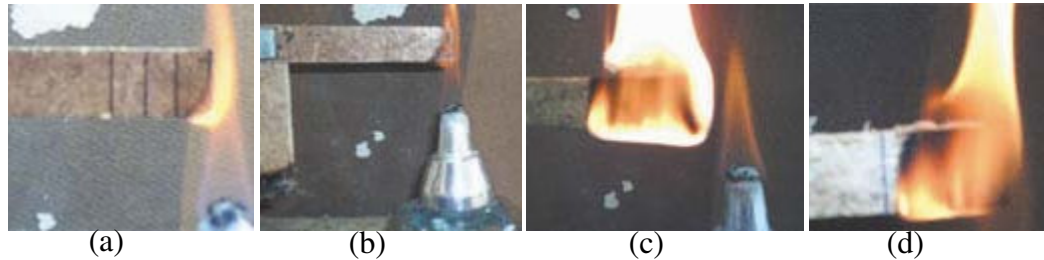
Figura 18. Montaje de la prueba de propagación de fuego



Procedimiento:

- Cada probeta fue marcada en uno de sus extremos con tres líneas de identificación cada 1 cm. entre si.
- Se pesó cada probeta para saber si después de la prueba pierde masa.
- Se colocó la probeta en el soporte universal por el extremo que no esta marcado y siempre a la misma altura, figura 19(a).
- Se acercó la llama del mechero al extremo de la probeta, durante 1 min. y luego se retiró, mientras esto ocurre se observó el comportamiento de cada probeta, tamaño de la llama, olor y velocidad en que se quema, figura 19(b).
- Después del minuto se retiró la probeta, se esperó otro minuto, para ver si se apaga solo o si hay que apagarlo al culminar el minuto, figura 19(c).
- Se midió cuantos cm. de los marcados fue consumido por el fuego.
- Se volvió a pesar y se comparó con el peso inicial para ver si se perdió o no masa.

Figura 19. Procedimiento para la prueba de fuego



2.6 ANÁLISIS DE RESULTADOS Y COMPARACIÓN

A continuación se muestran los resultados obtenidos en las pruebas realizadas para determinar algunas de las propiedades mecánicas y físicas que se requieren para el desarrollo del producto.

2.6.1 Análisis visual de las probetas

En esta prueba se hizo una descripción cualitativa de lo que se observó en cada lote de las probetas realizadas para los ensayos, teniendo en cuenta que su proceso de elaboración, aunque se busco que fuera estándar no se puede garantizar la homogeneidad de las probetas.

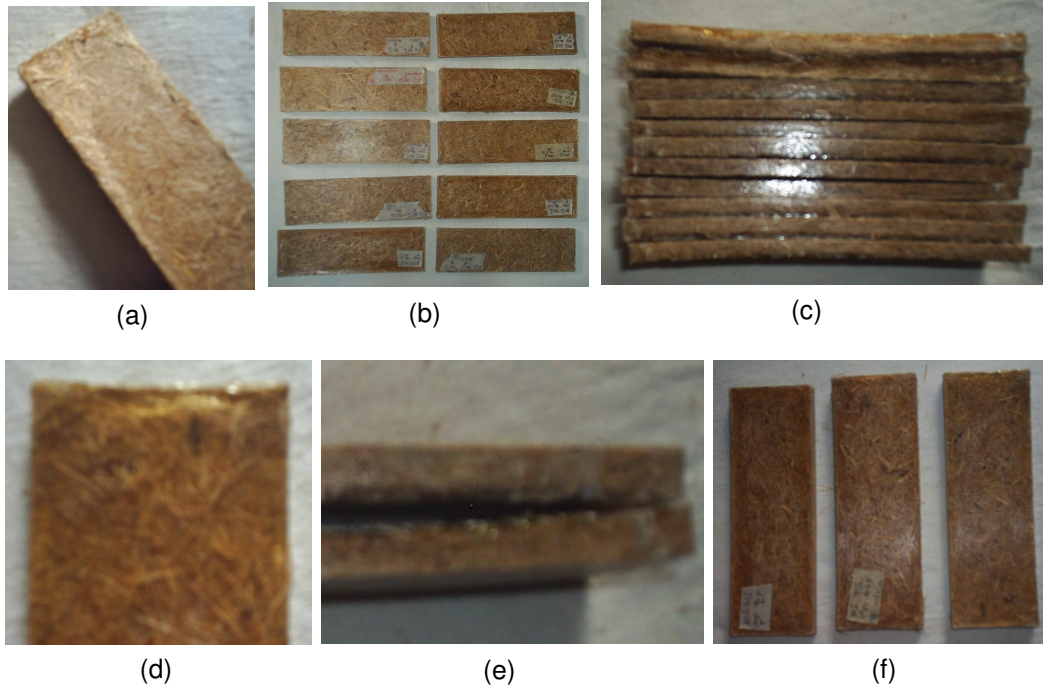
Poliéster insaturado.

30% R - 70% M

- De las 10 probetas, sólo a una, le quedo faltando resina por una de las caras.
- Exteriormente se aprecia buena impregnación de resina, figura 20(a).
- Se conserva un espesor promedio de 6 mm entre las probetas, figura 20(b).
- Hay acumulación de resina en ciertos puntos de la cara donde se vertió la resina, figura 20(c).

- En algunas probetas se observa fracturas en donde se acumuló resina.
- Algunas probetas se tornaron cóncavas por causa de la contracción de la resina.

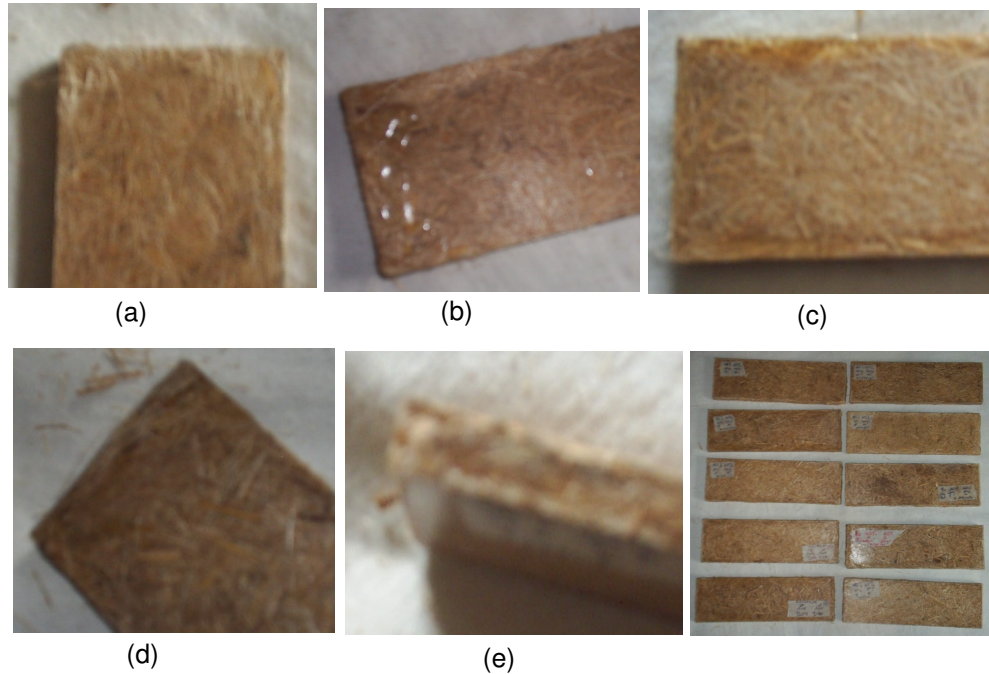
Figura 20. Defectos en el lote de poliéster en 30%R- 70%M



40% R - 60% M

- Quedaron con poca resina por la parte de atrás, lo que hace que se desprendan algunas de las fibras, figura 21(a).
- Se ve gran cantidad de resina acumulada sobre la cara donde se vertió la resina, figura 21(b).
- Algunas probetas se vieron fracturas por donde se acumuló resina, figura 21(c).
- Algunas probetas se colocaron cóncavas por causa de la contracción de la resina, figura 21(d).
- En las esquinas se desprenden fibras, figura 21(e).

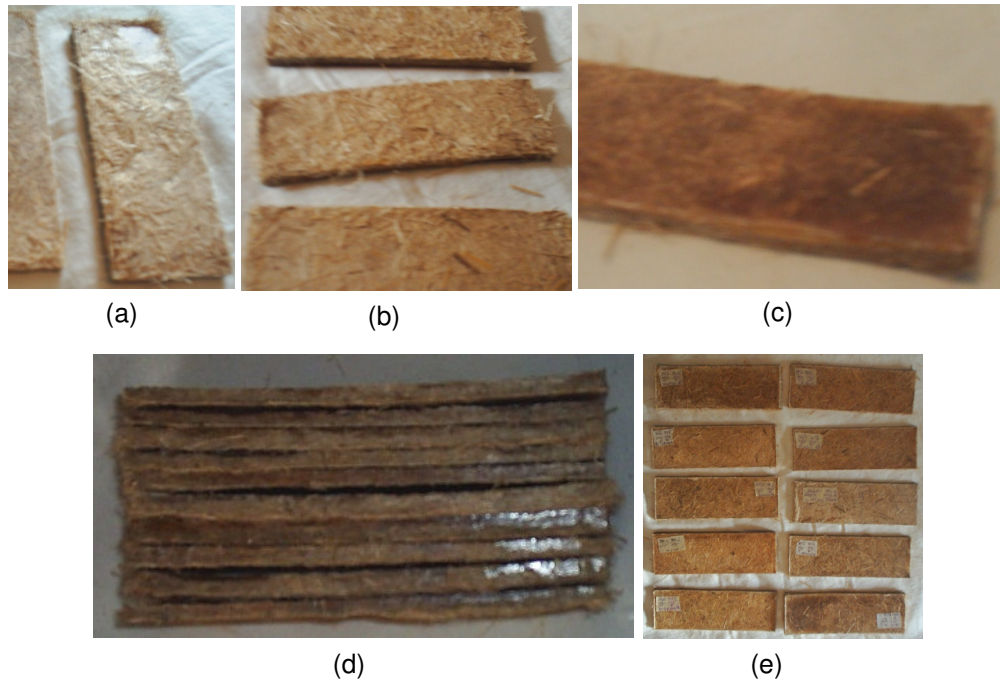
Figura 21. Defectos en el lote de poliéster en 40%R- 60%M



50% R -50% M

- No se ve una buena impregnación de la resina en todo el volumen de la probeta, ésta, quedó más acumulada en la cara por la cual fue vertida, mientras por la otra se desprendían con facilidad la fibras. Figura 22(a y b).
- Hay variación muy notoria entre los espesores de las 10 probetas. Fig. 22(d)

Figura 22. Defectos en el lote de poliéster en 50%R- 50%M

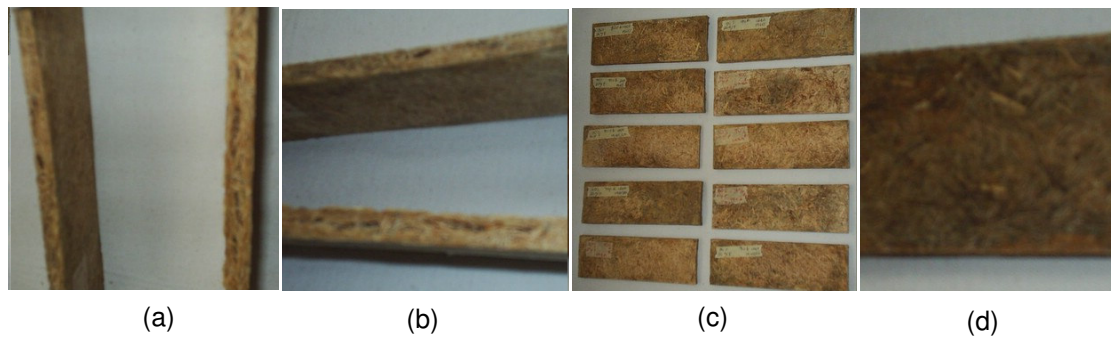


Úrea formaldehído.

30% R - 70% M

- Hay una notoria variación en el espesor de las probetas entre 5-8 mm, figura 23(a).
- Tienden a abrirse (delaminarse) por el centro, figura 23(b).
- Aparentemente todas las probetas están cubiertas totalmente de resina por ambas caras, figura 23(c).
- En algunas se aprecia mucha variación en el color, obteniéndose un color café muy oscuro, figura 23(d).

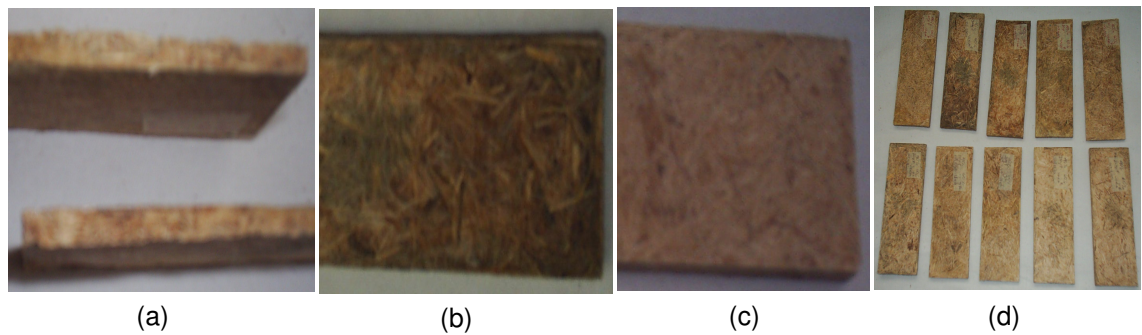
Figura 23. Defectos en el lote de úrea formaldehído en 30%R- 70%M



40% R - 60% M

- Hay variación en los espesores de las probetas, entre 5-7 mm, figura 24(a).
- Algunas presentan manchas oscuras, figura 24(b).
- Hay buena impregnación de la resina, figura 24(c).
- Solo tres se intentan abrir por el centro (delaminarse), figura 24(d).

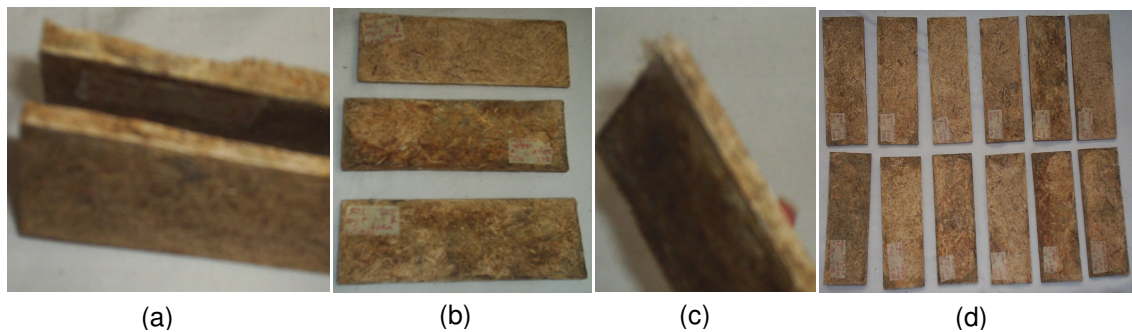
Figura 24. Defectos en el lote de úrea formaldehído en 40%R- 60%M



50% R - 50% M

- Hay una notoria variación en el espesor de las probetas entre 4-7 mm. Figura 25(a)
- Hay variación del espesor en la misma probeta entre 5-7mm. Figura 25(a)
- Presenta manchas oscuras. Figura 25(b y d)
- En las esquinas tiende a delaminarse con facilidad. Figura 25(C).

Figura 25. Defectos en el lote de úrea formaldehído en 50%R- 50%M

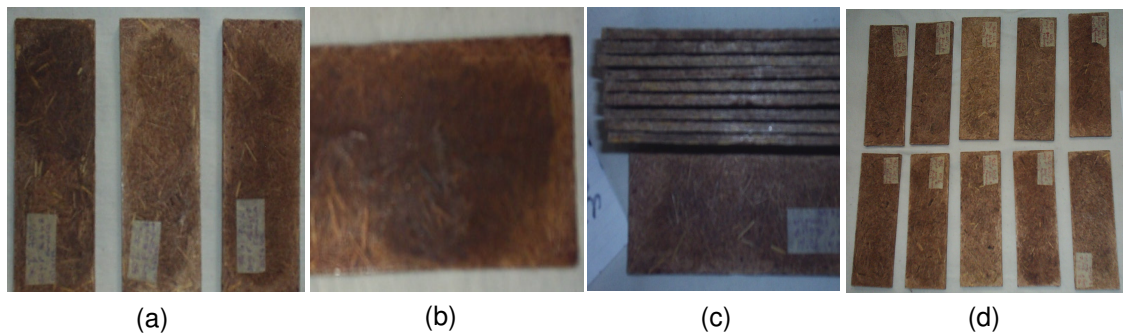


Fenólica

30% R - 70% M

- Se repartió muy bien la resina en toda la probeta. Figura 26(a).
- Color oscuro, la resina cura con un color marrón. Figura 26(a y b)
- Espesor homogéneo. Figura 26(c).
- Buena impregnación de la resina con las fibras. Figura 26(d)
- En algunas, las fibras de palpan en su acabado superficial.
- Tiene las esquinas bien, no se delaminan, ni se dañan con facilidad.

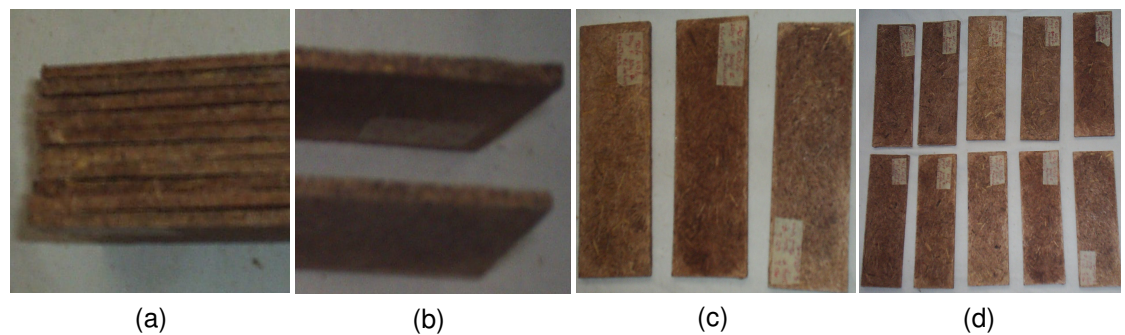
Figura 26. Defectos en el lote de fenólica en 30%R- 70%M



40% R - 60% M

- Tiene un espesor similar entre las 10 probetas. Figura 27(a).
- Buena impregnación de la resina con las fibras. Figura 27(c).
- Se repartió muy bien la resina en toda la probeta. Figura 27(d)
- El espesor es mucho menor que el de las probetas de UF y UP. Figura 27(b)
- Tiene las esquinas bien, no se delaminan ni se dañan con facilidad.
- En algunas, las fibras se palpan en la superficie.

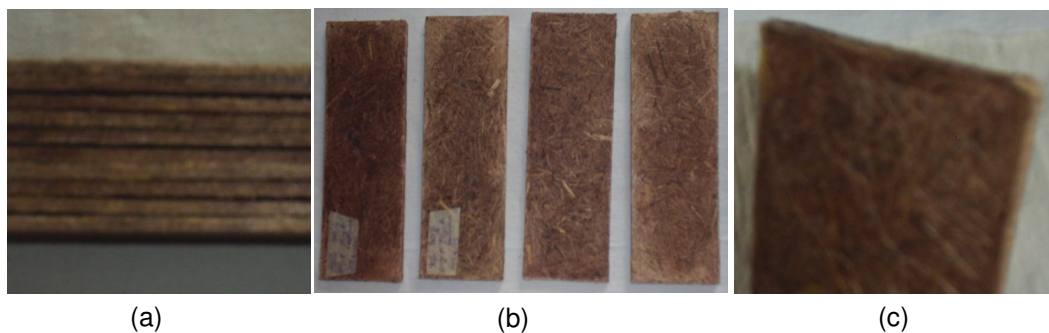
Figura 27. Defectos en el lote de fenólica en 40%R- 60%M



50% R - 50% M

- Tiene un espesor similar entre las 10 probetas, figura 28(a).
- El espesor es mucho menor que el de las probetas de UF y UP.
- Buena impregnación de la resina con las fibras, figura 28(b).
- Se repartió muy bien la resina en toda la probeta.
- Solo en 1 probeta las esquinas no quedaron bien y se daña con más facilidad que en las otras, figura 28(c).

Figura 28. Defectos en el lote de fenólica en 50%R- 50%M



El resultado del análisis visual de los lotes de las probetas, según la tabla 16, clasificando los defectos en nivel I, nivel II y nivel III, se presentan en la tabla 20.

Tabla 20. Resultado de la inspección visual de las probetas por lotes

Defecto	Resina úrea			Resina poliéster			Resina fenólica		
	30%F-70%R	50%F-50%R	40%F-60%R	30%F-70%R	50%F-50%R	40%F-60%R	30%F-70%R	50%F-50%R	40%F-60%R
Fragmentación en bordes o superficies	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Grietas superficiales	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Delaminación en bordes	Nivel II	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Delaminación interna	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel I
Inclusiones externas	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Sitios secos	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Fracturas	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Burbujas de aire	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Ampollas	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Porosidad	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I
Surcos	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel II	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I	Nivel I

Según los resultados se puede decir que la apariencia de cada lote por material es aceptable, teniendo en cuenta que ninguno fue rechazado, se debe anotar que el proceso efectuado para la elaboración de las probetas no corresponde a un procedimiento masivo con un alto grado en el control del proceso.

El lote que mejor apariencia visual presento fue el de la resina fenólica en sus tres porcentajes, por su homogeneidad y bajo nivel de defectos, por lote se puede decir que obtuvo un buen resultado, cabe resaltar que fue notable el color oscuro y parchado.

Los lotes de úrea y poliéster fueron aceptables, pero con algunos defectos muy visibles, en el lote de poliéster se presentó en un alto grado la fragmentación en bordes y superficies, y se puede decir que a menor porcentaje de resina menos fue la impregnación, y el lote de porcentaje 30%R- 70%M se presentaron algunas grietas por la gran cantidad de resina que se quedo en la superficie, porque se empezó a solidificar antes de que descendiera al fondo.

En el lote de úrea el defecto más visible fue la delaminación en bordes e interior, se puede suponer que esto sucedió por que se presento poca impregnación de la resina con la fibra en el interior de las probetas y esto hizo que no se unieran bien el reforzante con la matriz para evitar la delaminación.

3.6.2 Resultados de la prueba de flexión

A continuación se presentan los resultado obtenidos en la prueba de flexión, según la norma ASTM 1037, y estos datos son los promedios de las 5 probetas ensayadas por cada resina (fenólica, úrea formaldehído y poliéster insaturado) y el porcentaje de fibra/resina (50%-50%, 40%-60% y 30%-70%).

- **Resina fenólica**

Los gráficos 1, 2 y 3 presentan los diagramas de esfuerzo y deformación arrojados en la prueba hecha a las 5 probetas de fenólica para cada porcentaje de fibra y de resina, 50%-50%, 40%-60% y 30%-70% respectivamente.

Gráfico 1. Diagrama de esfuerzo/deformación para PF 50%-50%

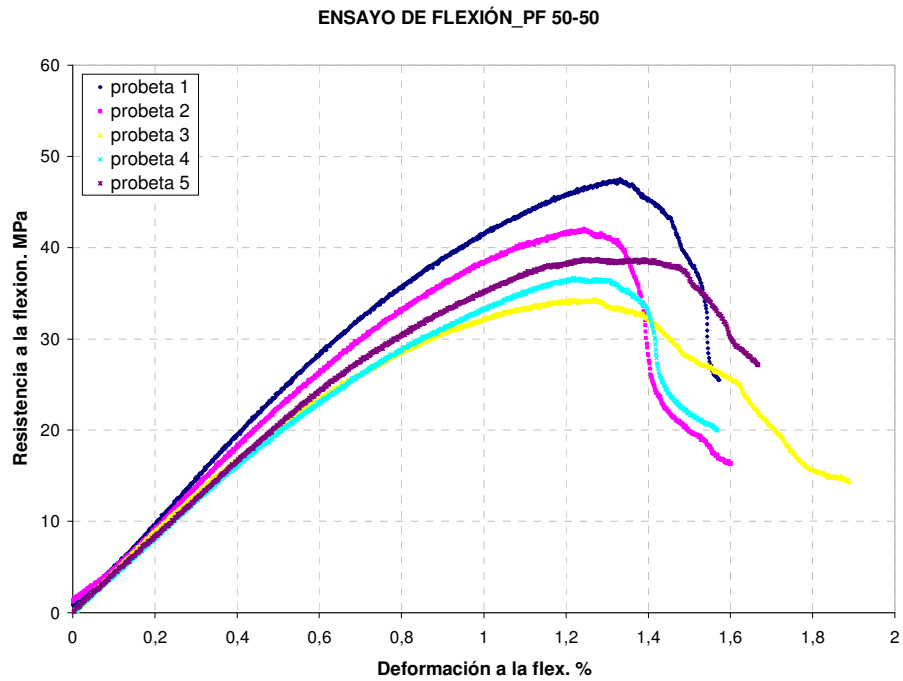


Gráfico 2. Diagrama esfuerzo /deformación para PF 40% R-60%.M

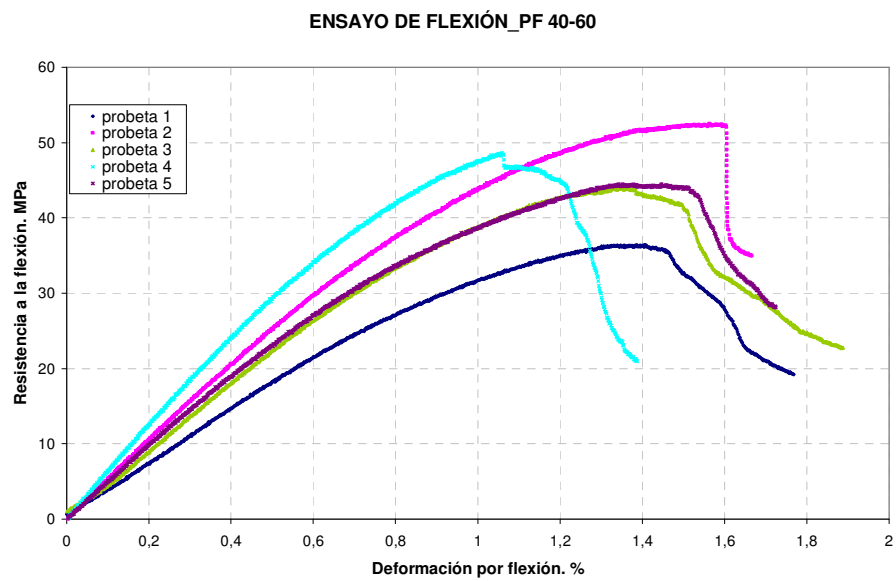
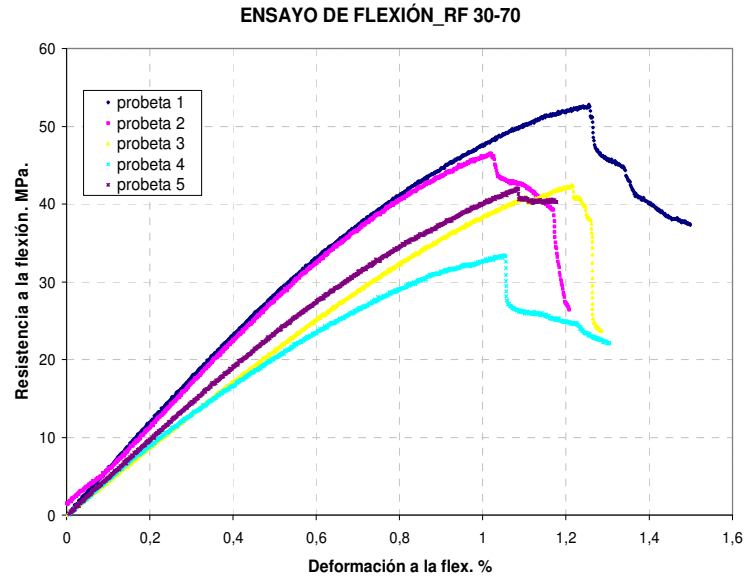


Gráfico 3. Diagrama de esfuerzo /deformación para PF 30% R-70%.M



En la tabla 21 se muestra los datos promedios de los resultados obtenidos en la prueba de flexión.

Tabla 21. Resultados promedios y desviación de la prueba de flexión para las probetas hechas con resina fenólica.

Porcentaje de Refuerzo/Matriz	Esfuerzo MPa	Deformación %	Módulo. GPa
50%R-50%M	39,858 ±5,112	1,660 ±0,135	4,42229 ±0,3291
40%R-60%M	45,238 ±6,012	1,688 ±0,186	4,93375 ±0,97398
30%R-70%M	43,458 ±7,077	1,296 ±0,125	5,06623 ±0,70897

- **Resina Úrea Formaldehído**

Los gráficos 4, 5 y 6 presentan los diagramas de esfuerzo y deformación arrojados en la prueba hecha a las 5 probetas de úrea formaldehído para cada porcentaje de fibra y de resina, 50%-50%, 40%-60% y 30%-70% respectivamente.

Gráfico 4. Diagrama de esfuerzo/deformación para las probetas de urea 50% R-50%M

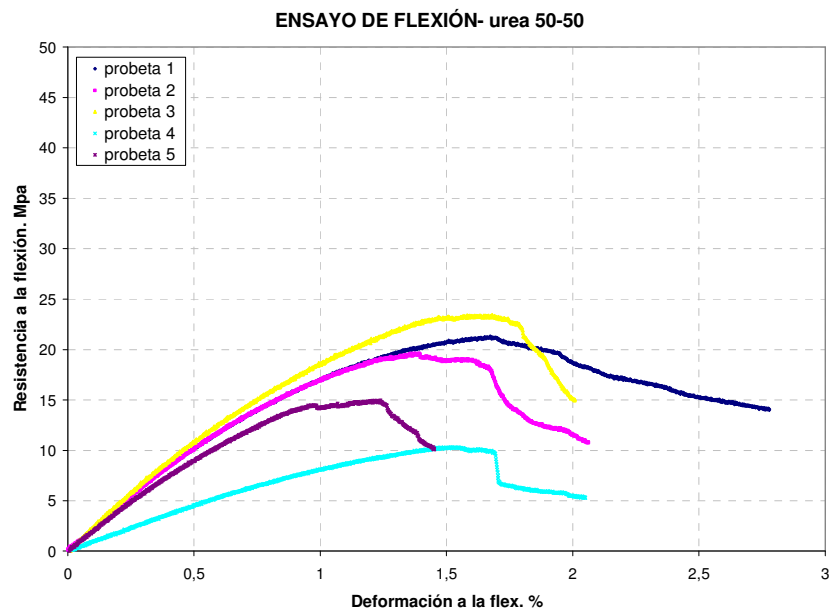


Gráfico 5. Diagrama de esfuerzo/deformación para las probetas de urea 40% R -60%M

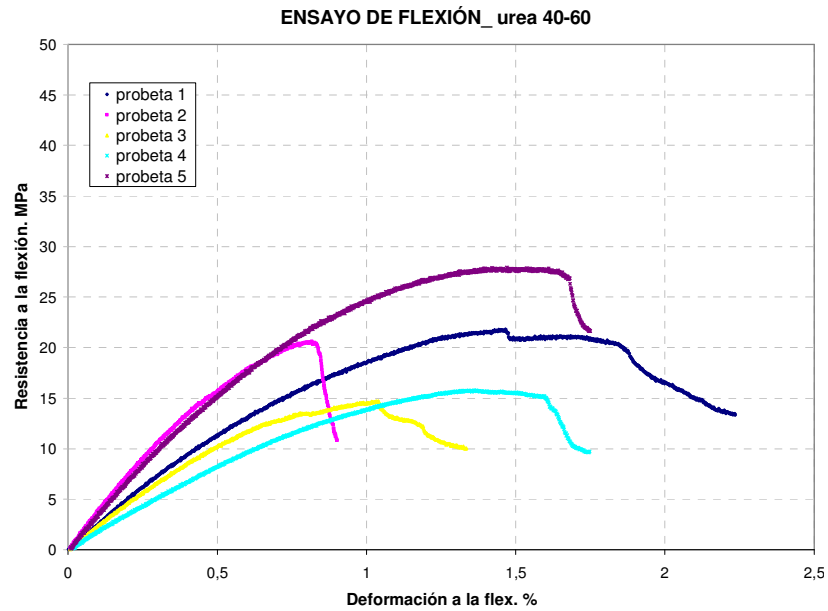
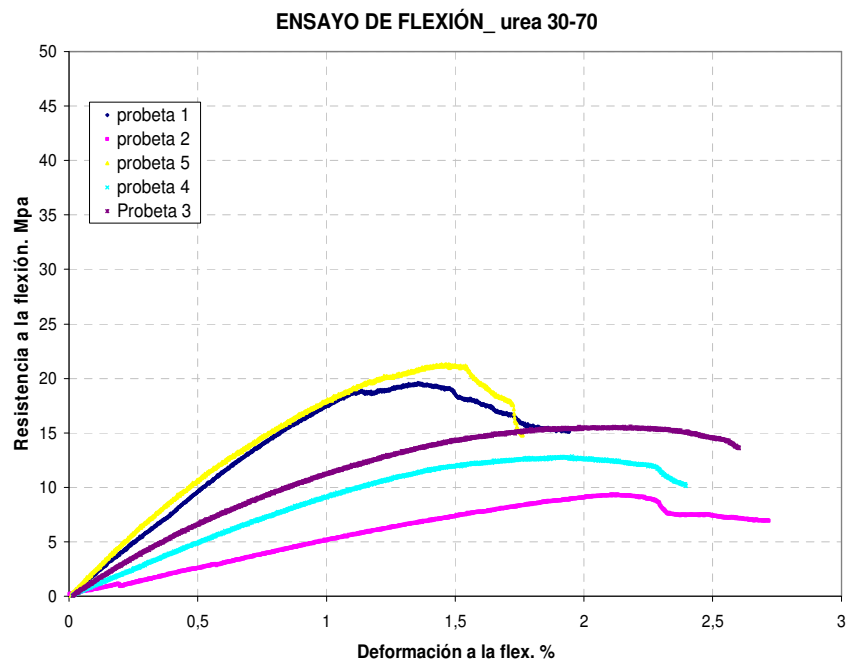


Gráfico 6. Diagrama de esfuerzo/deformación para las probetas de úrea 30%R -70%M



La tabla 22 muestra los promedios y la desviación estándar de los resultados obtenidos de las 5 probetas para cada porcentaje de fibra-resina, de la prueba de flexión.

Tabla 22. Resultados promedios y desviación de la prueba de flexión para las probetas de UF

Porcentaje de fibra/resina	Esfuerzo MPa	Deformación %	Módulo. GPa
50%-50%	17,916 ±5,286	2,070 ±0,472	3,553 ±3,122
40%-60%	20,166 ±5,286	1,594 ±0,504	2,745 ±0,816
30%-70%	15,716 ±4,875	2,284 ±0,417	4,147 ±3,520

- **Resina Poliéster Insaturado**

Los gráficos 7, 8 y 9 presentan los diagramas de esfuerzo y deformación arrojados en la prueba hecha a las 5 probetas de fenólica para cada porcentaje de fibra y de resina, 50%-50%, 40%-60% y 30%-70% respectivamente.

Gráfico 7. Diagrama de esfuerzo/deformación para las probetas de poliéster insaturado 50% R- 50%M

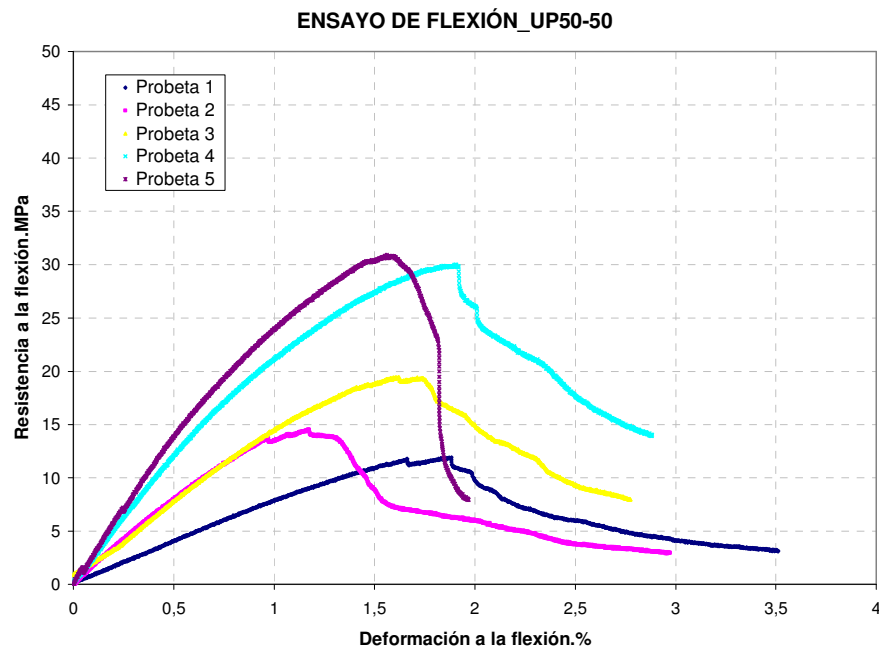


Gráfico 8. Diagrama de esfuerzo/deformación para las probetas de Poliéster insaturado 40% R - 60%M

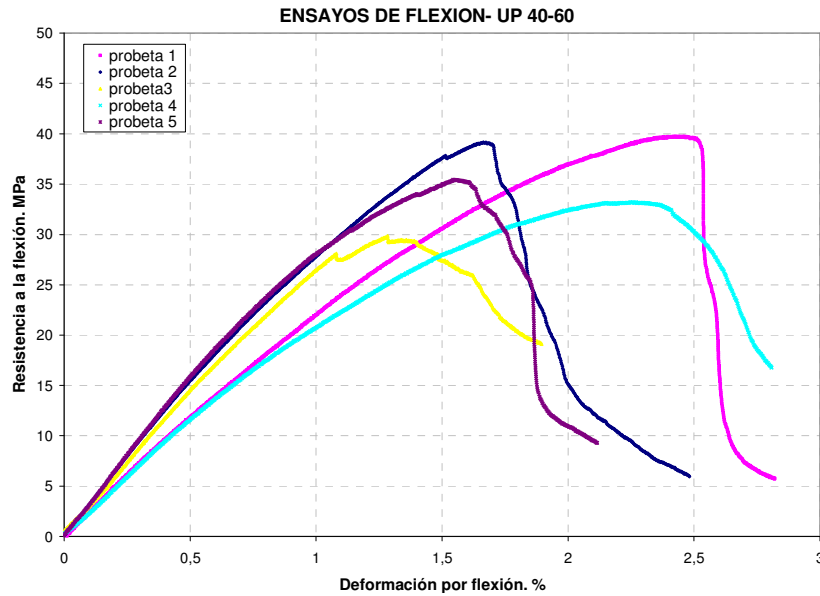
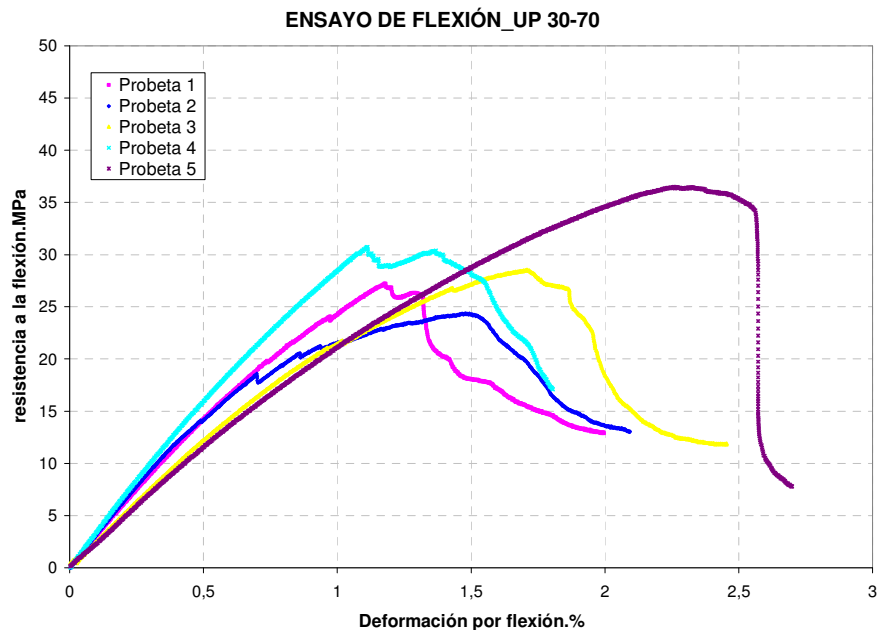


Gráfico 9. Diagrama de esfuerzo/deformación para las probetas de poliéster insaturado 30%R - 70%M



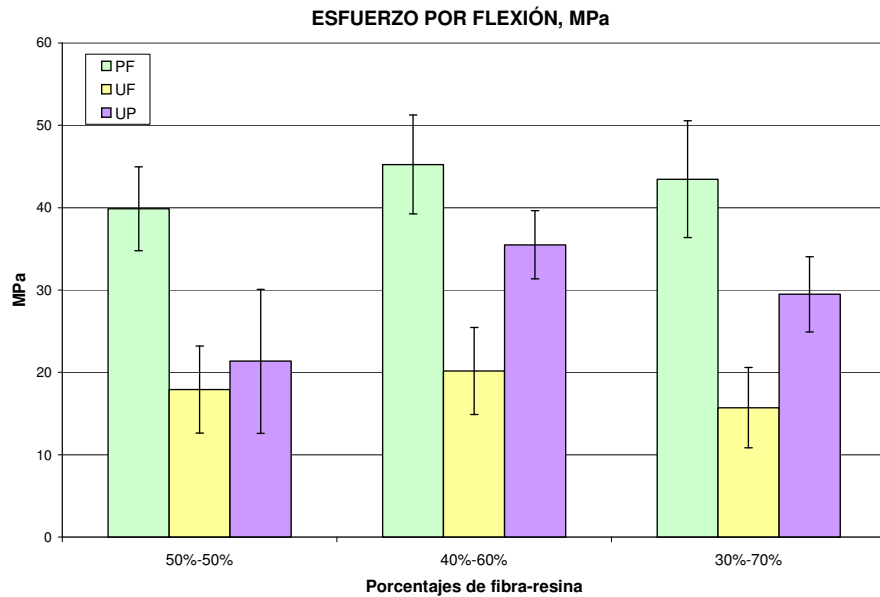
En la tabla 23 de datos se muestran los promedios y desviación estándar de los resultados obtenidos en la prueba de flexión, para las probetas de poliéster insaturado.

Tabla 23. Resultados promedios y desviación de la prueba de flexión para las probetas de UP

Porcentaje de fibra/resina	Esfuerzo Mpa	Deformación %	Módulo. GPa
50%-50%	21,348 ±8,746	2,820 ±0,554	1,888 ±0,802
40%-60%	35,484 ±4,134	2,424 ±0,414	2,831 ±0,413
30%-70%	29,474 ±4,554	2,210 ±0,364	2,888 ±0,433

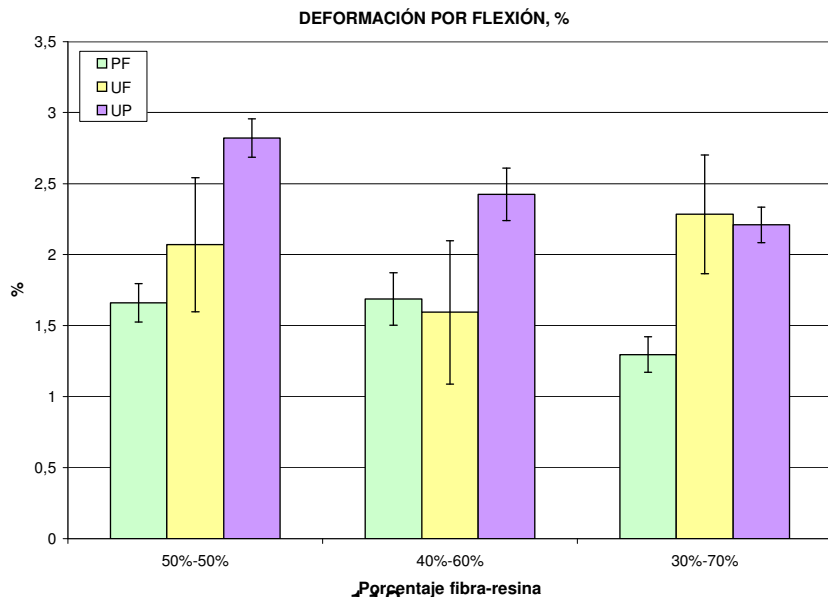
Después de mostrar los datos y gráficas de los resultados de la prueba, para cada porcentaje de fibra- resina, se compararon cada una de las propiedades de esfuerzo, deformación y el módulo de elasticidad entre las 9 combinaciones diferentes para identificar como es el comportamiento de sus propiedades y así llegar a la conclusión de cual tiene mejores propiedades mecánicas y esta comparación se muestra en los gráficos 10, 11 y 12

Gráfico 10. Comparación del esfuerzo a la flexión entre las 9 combinaciones diferentes de fibra-resinas



El gráfico 10 muestra una tendencia muy similar para cada tipo de resina en sus diferentes porcentajes, se puede notar que la resistencia es menor en las probetas de 50 % de resina, aumenta en las de 60% y vuelve a disminuir en las de 70 %, se puede decir que el porcentaje de resina es muy relevante a la hora de determinar la resistencia a la flexión en estos tipos materiales.

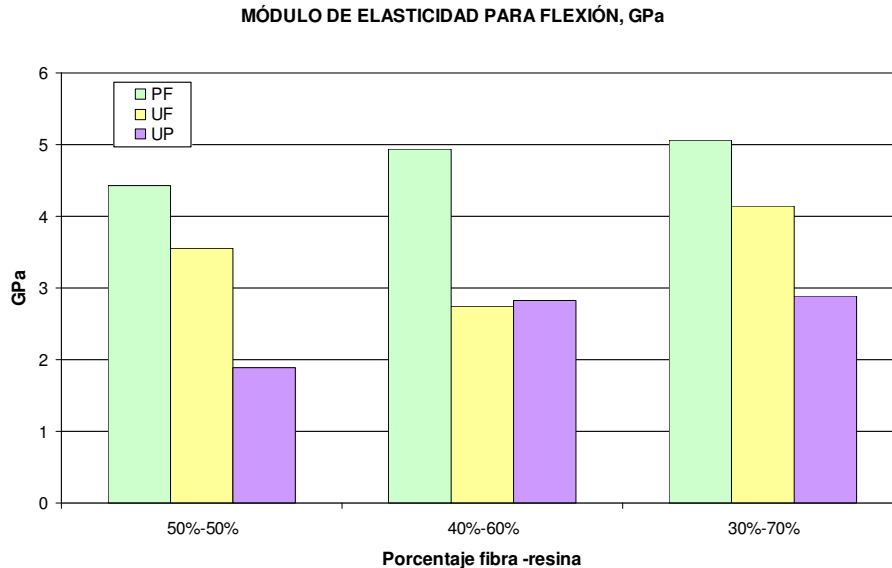
Gráfico 11. Comparación de la deformación por flexión entre las 9 combinaciones diferentes de fibra-resinas



En el gráfico 11 no hay una tendencia similar entre las resinas y sus porcentajes, se puede notar que para los lotes de fenólica en los porcentajes de 50% y 60% de resina es muy similar la deformación que presentan las probetas y se disminuye con el porcentaje de 70% de resina, se puede decir que a mayor resina menor es la deformación que presenta el material. Para los lotes de resina uréica, la resistencia a la flexión es menor en el porcentaje de 60% de resina y aumenta en el de 50% y mucho más en el de 70%, para las hechas con poliéster se tiene un comportamiento donde si se aumenta la resina disminuye la deformación.

Para la deformación de los materiales se puede decir que influye el tipo de resina que se emplea.

Gráfico 12. Comparación los módulos de elasticidad entre las 9 combinaciones diferentes de fibra-resinas



En el gráfico 12 se puede observar un comportamiento del módulo de elasticidad muy diferente entre los tipos de resina. En las probetas hechas con fenólica se presenta una tendencia ascendente en el módulo de elasticidad según aumenta la cantidad de resina, para las de úrea se observa una tendencia descendente entre los porcentajes de 50% y 60% y vuelve a aumentar más cuando la cantidad de resina es en un 70%. Con las de poliéster se puede ver que son las que menor módulo tienen, mostrando una tendencia ascendente según se aumenta la cantidad de resina.

Al comparar los resultados obtenidos en los ensayos, luego de ser ejecutados conforme norma ASTM 1037 se puede decir lo siguiente:

El material que tiene mayor resistencia a la flexión son los elaborados con resina fenólica, y entre sus porcentajes, el de mayor es aquel elaborado bajo la proporción de 40%R-60%M con un valor de 45,238 MPa, siguiéndole las elaboradas con poliéster en el porcentaje también de 40%R -60%M con un valor promedio de 35,484 MPa. Con respecto a la resistencia los materiales hechos con úrea no tuvieron buena resistencia en comparación con los otros, y el porcentaje 50%R -50%M no es muy recomendable porque fue el que menor valor de resistencia obtuvo, permitiendo decir que a mayor cantidad de resina se aumentan las propiedades.

Según su deformación por flexión las probetas hechas con poliéster en la proporción de 50%R -50%M arrojaron mejor resultado, lo que lleva a decir que resiste mas carga antes de que se fracture el material.

Con respecto al módulo de elasticidad el material que tiene mayor valor es el hecho con fenólica en la proporción de 30%R -70%M con un valor de 5,066 GPa.

2.6.3 Ensayo de densidad

A continuación se presentan los resultados de la prueba de densidad, hecha por los métodos, de medición de volumen y de Arquímedes.

- Determinación de densidad por medición de volumen

Los resultados de esta prueba se hallaron aplicando las ecuaciones 5 y 6, y en la tabla 24 se muestran los promedios y desviación estándar obtenidos con este método para cada probeta.

Tabla 24. Promedio y desviación estándar dados por el método de determinación de volumen para la densidad

.DENSIDAD $\sigma = \frac{m}{v} (gr / cm^3)$			
Porcentaje Refuerzo/Matriz	UF	UP	PF
50%R-50%M	0,861 ±0,041	0,925 ±0,071	0,934 ±0,098
40%R-60%M	0,823 ±0,112	1,013 ±0,061	0,935 ±0,061
30%R-70%M	0,866 ±0,074	1,104 ±0,049	0,958 ±0,021

- Método de Arquímedes.

A continuación en la tabla 25 se muestra los datos obtenidos en la prueba hecha en el laboratorio con el densímetro.

Tabla 25. Promedios y desviación estándar de los resultados de la prueba de densidad con el densímetro

DENSIDAD			
Porcentaje Refuerzo/Matriz	UF	UP	PF
50%R-50%M	1,775 ±0,655	3,226 ±0,114	1,885 ±0,342
40%R-60%M	2,141 ±0,996	3,863 ±0,7635	2,333 ±0,238
30%R-70%M	2,403 ±0,952	5,036 ±0,322	2,797 ±0,319

Al comparar los resultados obtenidos por los dos métodos se observa que son muy diferentes los resultados, y se puede deducir que esto ocurrió porque este material tiene la capacidad de absorber gran cantidad de agua (esto será expuesto en la prueba de absorción de humedad), lo que hizo que la prueba hecha por el método de Arquímedes, las probetas pudieron absorber del alcohol propanol antes de ser medida la densidad por el densímetro, pudiendo variar la verdadera densidad del material.

Analizando los datos anteriores, se puede ver que la densidad tiene una variación según la cantidad de fibra y de resina que contiene la probeta, a mayor cantidad de resina mayor es la densidad.

El material hecho con poliéster insaturado tiene una mayor densidad que las elaboradas con las otras resinas.

2.6.4 Absorción de humedad del ambiente

Para realizar esta prueba se hizo necesario hallar el peso de las probetas inicialmente y los después de 24 hrs. en el horno a 90°C, según la norma EN 317.

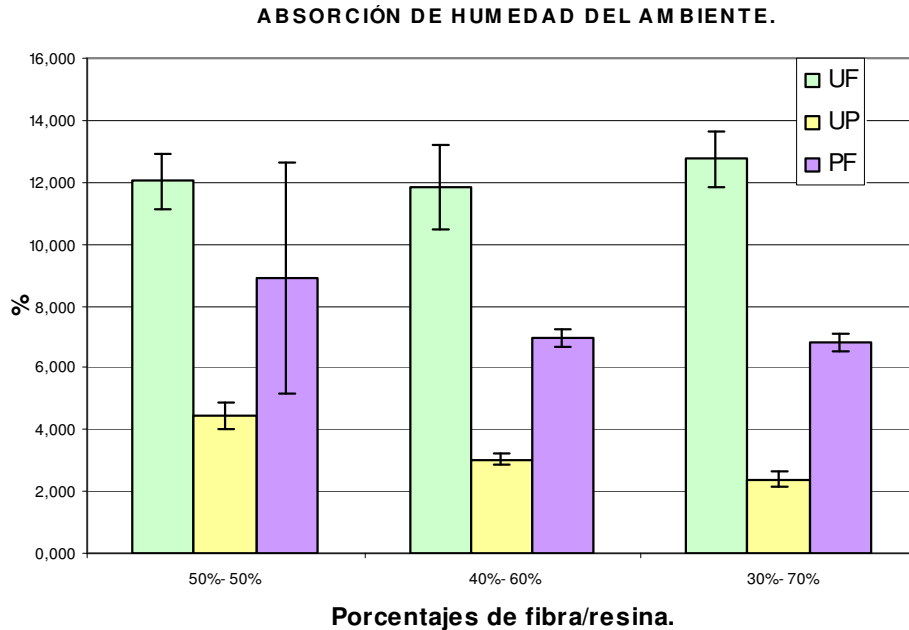
Con estos datos se aplicó la ecuación 8 para saber cual es la cantidad de humedad del ambiente que los materiales pueden absorber, los datos de la tabla 26 son los promedios de las 5 probetas que fueron usada en la prueba.

Tabla 26. Porcentaje de absorción de humedad del ambiente para cada tipo de material

% DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD DEL AMBIENTE.			
En el peso			
Porcentajes Reforzante/Matriz	UF	UP	PF
50%R - 50%M	12,022 ±0,929	4,444 ±0,458	8,892 ±3,725
40%R - 60 %M	11,807 ±1,362	3,038 ±0,182	6,970 ±0,302
30%R - 70%M	12,763 ±0,900	2,398 ±0,268	6,791 ±0,287

Para tener más claro los resultados expuestos anteriormente, se manejará una comparación entre los promedios de las 9 mezclas, esto se observa en el gráfico 13, esto para analizar cual es el comportamiento de cada compuesto del material frente a los otros, y así saber cual es la capacidad en porcentaje que tienen para absorber humedad del ambiente con respecto a los otros.

Gráfico 13. Comparación de la capacidad que tienen de absorber humedad del ambiente los diferentes compuestos



En el grafico 13 se observa una tendencia similar para cada tipo de resina la cual es descendente y luego ascendente según aumenta la cantidad de resina.

Analizando lo anterior se puede llegar a la conclusión que el material hecho con úrea es la que más capacidad de absorber humedad del ambiente y más en la proporción de 30%R-70%M, seguida por las fenólica y por último las de poliéster. Cuando el material tiene capacidad de absorbe humedad se puede decir que no es muy optimo para lugares húmedos, ya que hace que el material modifique sus dimensiones y se deteriore. También se aumenta su conductividad eléctrica.

3.6.5 Absorción de agua

Para saber cual es la capacidad que tienen los materiales aglomerados elaborados para absorber agua, se hizo necesario utilizar la ecuación 8, con los

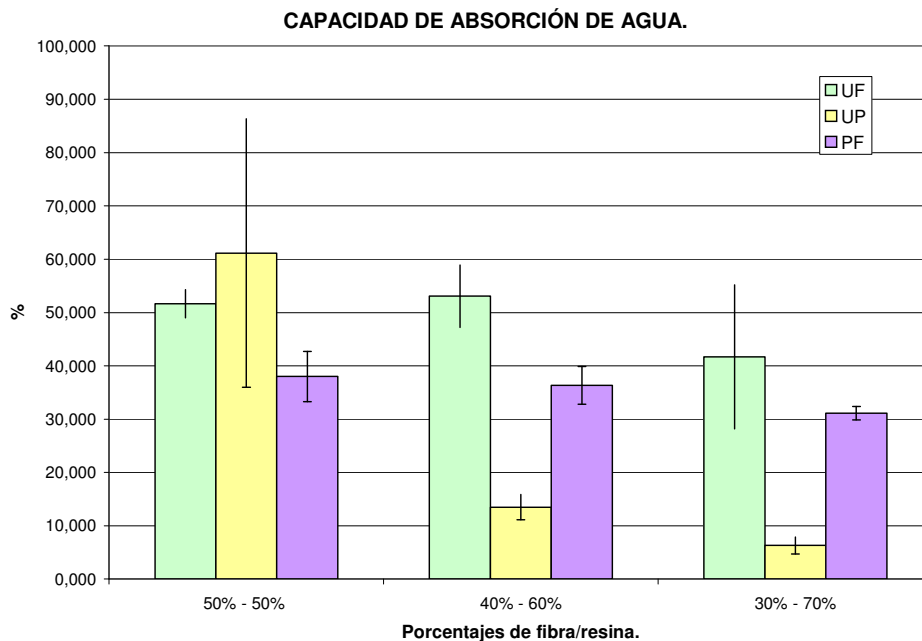
pesos tomados después de salir las probetas del horno y, los después de sacar las probetas del agua. Estos resultados en promedio se muestran en la tabla 27.

Tabla 27. Porcentaje de absorción de agua para cada tipo de material

% DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD EN 24 HRS SUMERGIDO EN AGUA.			
En el peso			
Porcentajes Reforzante/Matriz	UF	UP	PF
50%R - 50%M	51,636 ±2,630	61,169 ±25,171	38,009 ±4,713
40%R - 60 %M	53,083 ±5,846	13,499 ±2,385	36,350 ±3,535
30%R - 70%M	41,693 ±13,500	6,308 ±1,617	31,107 ±1,268

Para tener más claro y de una forma comparativa se observan estos resultados en el gráfico14, para analizar cual es el comportamiento de cada compuesto del material, y así saber cual es la capacidad en porcentaje que tienen de absorber agua en condiciones extremas con respecto a los otros.

Gráfico 14. Comparación de la capacidad que tienen de absorber agua los diferentes compuestos



En el grafico 14 se puede observar que la tendencia es similar para las probetas hechas con poliéster y fenólica, donde se aumenta la cantidad de resina, la capacidad de absorber agua disminuye. En las hechas con úrea se ve que aumenta la capacidad de absorber agua entre los porcentajes de 50% y 60% de resina y vuelve a disminuir al aumentar la resina a 70%.

El material que tiene más capacidad de absorber agua es el hecho con poliéster en la proporción de 50%R -50%M pudiendo absorber un 61,169% de agua, esto se debe a la falta de impregnación de la resina en todo el volumen de las probetas, ya que permitió a la fibra que estaba descubierta al momento de ser sumergida en agua absorber una gran cantidad de agua.

3.6.6 Hinchamiento por absorción de humedad del ambiente

Para hallar la capacidad de los materiales para absorber agua se aplicó la ecuación 7 que arroja los resultados de la tabla 28, estos valores son los promedios y la desviación estándar de las 5 probetas usadas para el ensayo.

Tabla 28: Hinchamiento por absorción de humedad del ambiente obtenido en el ensayo para cada tipo de material

% de hinchamiento por la absorción de humedad del ambiente.									
Porcentajes Refuerzo/Matriz	L	A	e	L	A	e	L	A	e
	UF			UP			PF		
50%R - 50%M	1,320 ±0,390	1,270 ±0,951	5,287 ±2,536	0,240 ±0,261	0,321 ±0,225	2,992 ±1,411	0,280 ±0,268	0,870 ±0,660	0,650 ±0,485
40%R - 60 %M	0,920 ±0,820	0,734 ±0,219	2,883 ±2,230	0,400 ±0,424	0,282 ±0,170	1,043 ±0,837	0,240 ±0,261	0,556 ±0,260	3,034 ±1,559
30%R - 70%M	1,560 ±0,498	1,658 ±0,489	4,679 ±2,542	0,050 ±0,100	0,321 ±0,146	0,772 ±0,666	0,000 ±0,000	0,119 ±0,109	2,597 ±1,156

Con lo anteriormente expuesto se puede mostrar una comparación del comportamiento de los diferentes materiales entre sí y esto se puede apreciar en el gráfico 15, en su longitud, y en el gráfico 16 en su espesor, mostrando la capacidad que tiene los materiales para cambiar sus dimensiones ante la humedad del ambiente.

Gráfico 15. Comparación de la absorción de humedad del ambiente entre los materiales en su ancho

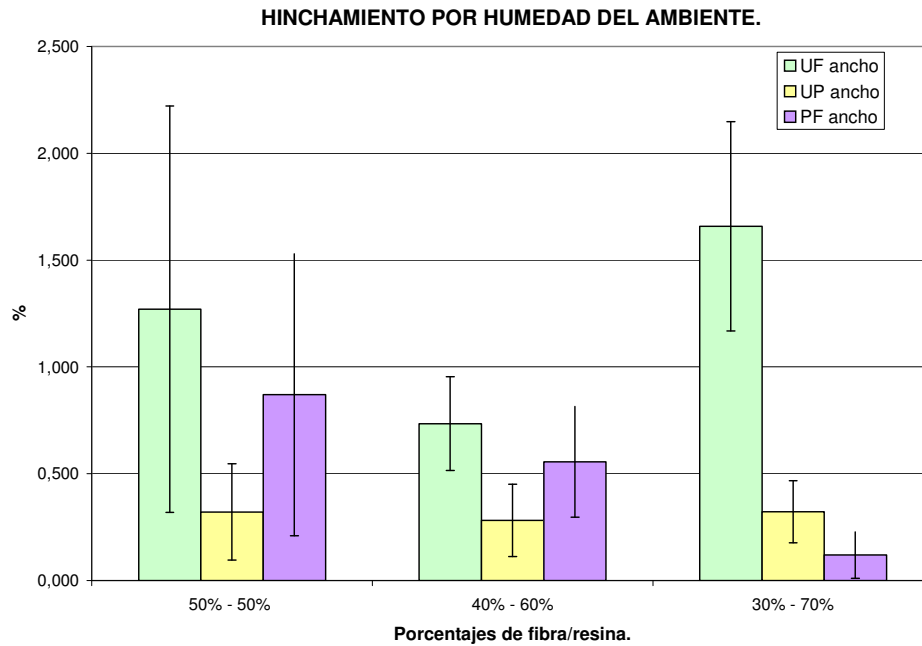
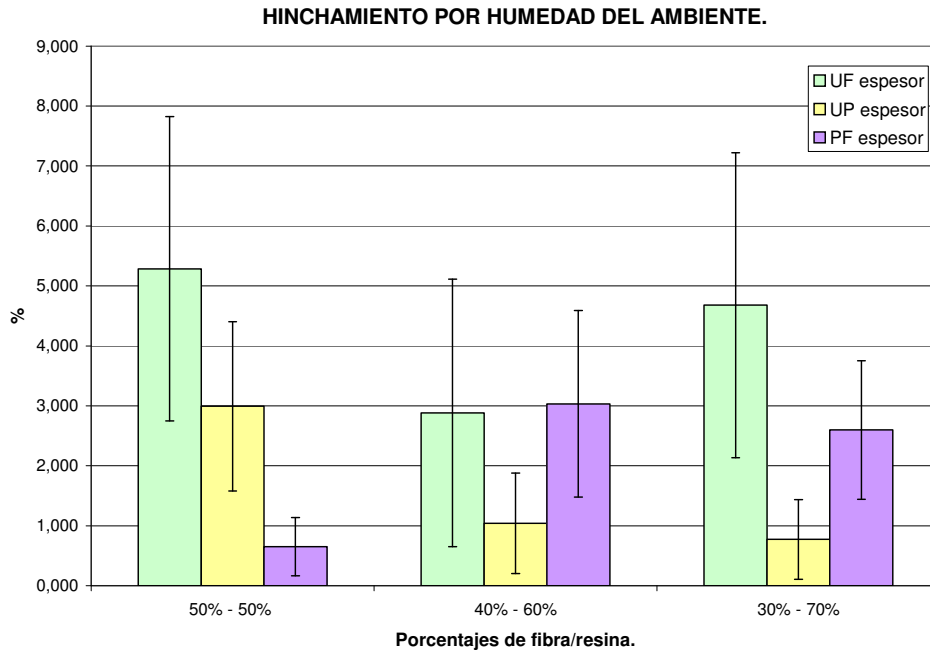


Gráfico 16. Comparación de la absorción de humedad del ambiente entre los materiales en su espesor



Para las probetas en úrea se muestra una tendencia donde el hinchamiento tanto en el espesor como en su longitud disminuye entre 50% y 60% de resina y aumenta entre 60% y 70%, y esto por la delaminación que presentaron algunas de las probetas, pudiendo decir que el porcentaje de 50%F- 50%R es el que tiene mas capacidad de modificar su espesor en un 5,287%, con respecto a los otros. Con las de fenólica en su espesor presento todo lo contrario, aumenta entre 50% y 60% de resina y disminuye entre 60% y 70%, y en las de poliéster se ve una tendencia descendente mientras aumenta la cantidad de resina.

3.6.7 Hinchamiento por absorción de agua

Con esta prueba se buscó mirar cual es la capacidad que tiene cada uno de los materiales para absorber agua en condiciones extremas.

Tabla 29. Hinchamiento por absorción de agua obtenida en el ensayo para cada tipo de material

% DE ABSORCIÓN DE HUMEDAD EN 24 HRS SUMERGIDO EN AGUA.									
Porcentajes Reforzante/Matriz	L	A	e	L	A	e	L	A	e
	UF			UP			PF		
50%R - 50%M	2,028 ±0,561	2,633 ±0,861	12,503 ±6,608	1,002 ±0,315	1,249 ±0,637	42,651 ±20,302	1,163 ±0,360	1,198 ±0,517	18,825 ±2,707
40%R - 60 %M	1,538 ±0,661	1,929 ±1,010	10,186 ±6,432	1,047 ±0,748	0,765 ±0,184	10,114 ±3,593	0,802 ±0,143	1,278 ±0,985	14,591 ±2,757
30%R - 70%M	2,074 ±0,571	1,727 ±0,500	11,002 ±4,304	0,350 ±0,192	0,546 ±0,444	5,142 ±1,693	1,040 ±0,456	0,914 ±0,870	9,845 ±1,446

Con lo dicho anteriormente se puede mostrar una comparación del comportamiento de los diferentes materiales entre sí en sus dimensiones y esto se puede apreciar en el gráfico 17 en su longitud y el grafico 18 en el espesor de las probetas, para visualizar la capacidad que tiene los materiales para modificar sus dimensiones ante ambientes extremas de humedad.

Gráfico 17. Comparación del hinchamiento por agua entre sus dimensiones

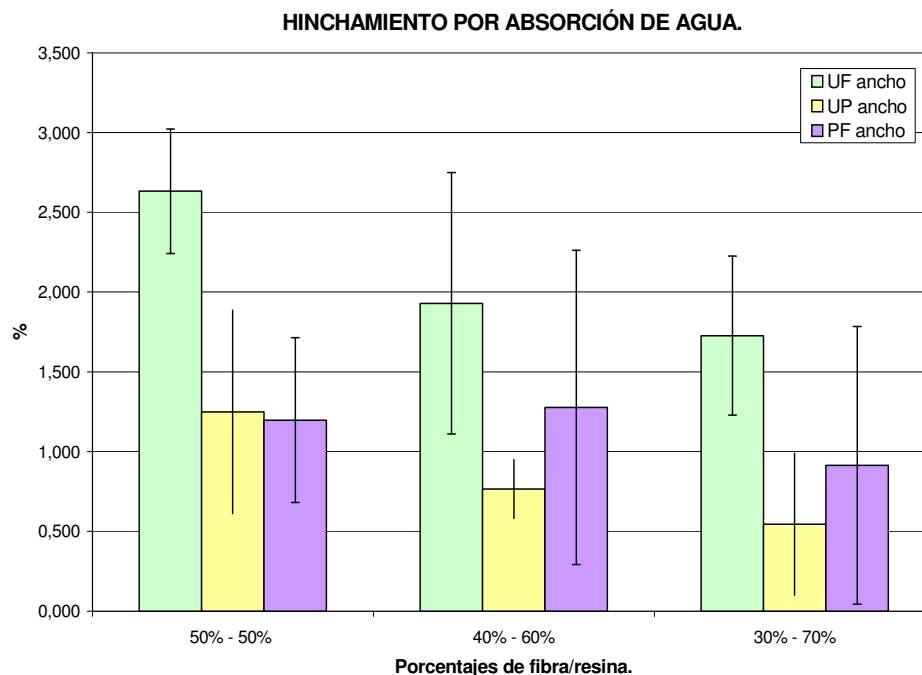
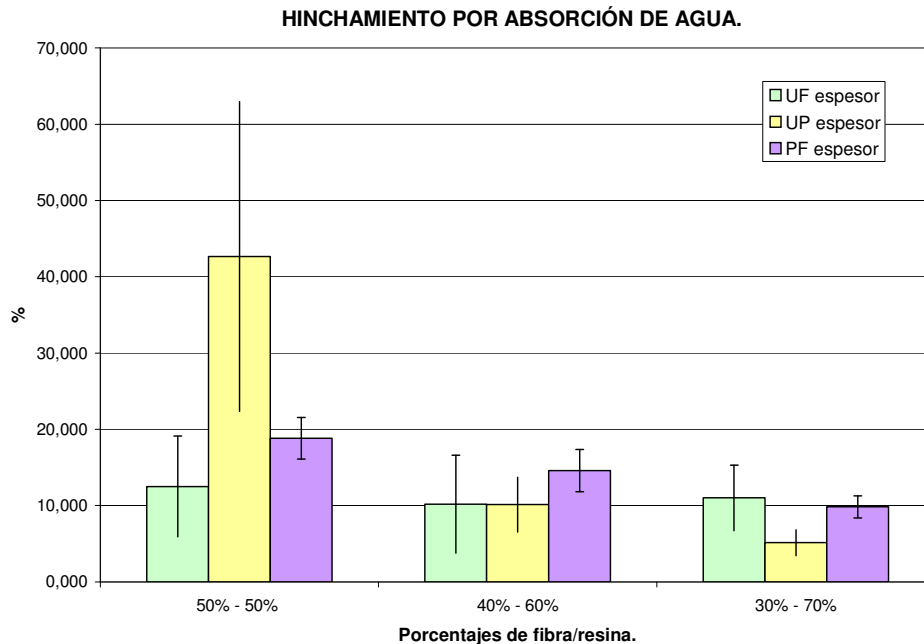


Gráfico 18. Comparación del hinchamiento por agua entre los materiales en su espesor



Las muestras de úrea modificaron su longitud más que las otras, siendo las de 50%F-50%R, pudiendo aumentar en un 2,633% su longitud

En el gráfico 16 se muestra una tendencia en las probetas de poliéster cuando aumenta la cantidad de resina, disminuye la capacidad de modificar el espesor del material e igual en las de fenólica. Y las de úrea no presentan gran diferencia en su aumento de espesor cuando más cambia la cantidad de resina.

Se puede observar que hay una gran diferencia en la capacidad que tienen el material hecho con poliéster de 50%F- 50%R, ya que es muy alta y puede aumentar un 42,651% su espesor.

También se puede decir que respecto al hinchamiento por causa del agua se hace más evidente en el espesor de las probetas.

3.6.8 Propagación de fuego

Los resultados obtenidos en esta prueba realizada a 3 probetas por mezcla, se presentaran a continuación, teniendo en cuenta que fue una prueba cualitativa.

- Las probetas de poliéster:

Estas probetas presentaron una alta propagación de fuego, y una llama de gran tamaño como se muestra en la figura 29. La llama no se apagó después de retirado el mechero ni después de transcurrido un minuto, lo que hace el material no auto-extinguible.

Figura 29. Momento de la quema de la probeta de poliéster con el mechero y después de retirado



Se observó que la llama consumió más de los 3 centímetros marcados como se muestra en la figura 30, esto se debe a la resina ya que es combustible y también desprende un olor fuerte a estireno.

Con las probetas que tenían el 50%R-50%M se observó que se expandieron a causa de que la fibra no estaba cubierta de la resina.

Figura 30. Lote de probetas de poliéster 30%R-70%M, 40%R-60%M y 50%R-50%M respectivamente, después de la prueba de propagación de fuego



- Las probetas de Úrea formaldehído:

Los resultados que arrojaron estas tres probetas son buenas porque sólo se quemó el primer centímetro.

La llama no fue de gran tamaño como se muestra en la figura 31, y en el momento que se retiró el mechero, se apagó la llama antes de transcurrir un minuto, lo que hace el material auto-extinguible.

Figura 31. Momento de la quema de la probeta de úrea con el mechero



La quema se hizo diagonal como se observa en la figura 32.

No es muy notoria la diferencia de la quema entre las diferentes cantidades de resina.

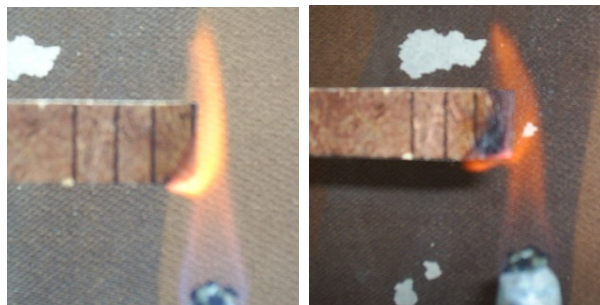
Figura 32. Lote de probetas de poliéster 40%R-60%M, 50%R-50%M y 30%R-70%M, respectivamente, después de la prueba de propagación de fuego



- Las Probetas de fenólica:

La llama no fue muy alta como se ve en la figura 33, y en el mismo momento que fue retirado el mechero la llama se apagó, lo que permite decir que el material hecho con fenólica es auto-extinguible.

Figura 33. Momento de la quema de la probeta de Fenólica con el mechero



Con estas probetas fue difícil empezar la propagación de la llama, solo se consumió en promedio el primer centímetro como se ve en la figura 34.

Figura 34. Lote de probetas de poliéster 40%R-60%M, 30%R-70%M y 50%R-50%M respectivamente, después de la prueba de propagación de fuego



La propagación de fuego en estos materiales no afecta notoriamente la masa de los materiales hechos con fenólica y úrea.

2.7 TABLA DE PROPIEDADES

2.7.1 Mecánicas

Tabla 30. Propiedades mecánicas

Porcentaje Refuerzo/Matriz	FENÓLICA		
	Esfuerzo MPa	Deformación %	Módulo. GPa
50%-50%	39,858 ±5,112	1,660 ±0,135	4,422 ±0,329
40%-60%	45,238 ±6,012	1,688 ±0,186	4,934 ±0,974
30%-70%	43,458 ±7,077	1,296 ±0,125	5,066 ±0,709

Porcentaje Refuerzo/Matriz	POLIÉSTER		
	Esfuerzo MPa	Deformación %	Módulo. GPa
50%-50%	21,348 ±8,746	2,820 ±0,554	1,888 ±0,802
40%-60%	35,484 ±4,134	2,424 ±0,414	2,831 ±0,413
30%-70%	29,474 ±4,554	2,210 ±0,364	2,888 ±0,433

Porcentaje Refuerzo/Matriz	ÚREA		
	Esfuerzo MPa	Deformación %	Módulo. GPa
50%-50%	17,916 ±5,286	2,070 ±0,472	3,553 ±3,122
40%-60%	20,166 ±5,286	1,594 ±0,504	2,745 ±0,816
30%-70%	15,716 ±4,875	2,284 ±0,417	4,147 ±3,520

2.7.2 Físicas

Tabla 31. Propiedades físicas

Porcentaje Refuerzo/Matriz	FENÓLICA					
	Densidad gr/cm ³	% Absorción de humedad	% Absorción de agua	% Hinchamiento por humedad. Espesor	% Hinchamiento por inmersión en agua. Espesor	Propagación de fuego
50%-50%	0,934 ±0,098	8,892 ±3,725	38,009 ±4,713	0,650 ±0,485	18,825 ±2,707	Auto-extinguible
40%-60%	0,935 ±0,061	6,970 ±0,302	36,350 ±3,535	3,034 ±1,559	14,591 ±2,757	Auto-extinguible
30%-70%	0,958 ±0,021	6,791 ±0,287	31,107 ±1,268	2,597 ±1,156	9,845 ±1,446	Auto-extinguible

Porcentaje Refuerzo/Matriz	POLIÉSTER					
	Densidad gr/cm ³	% Absorción de humedad	% Absorción de agua	% Hinchamiento por humedad. espesor	% Hinchamiento por inmersión en agua. Espesor	Propagación de fuego
50%-50%	0,925 ±0,071	4,444 ±0,458	61,169 ±25,170	2,992 ±1,411	42,651 ±20,302	No extingible
40%-60%	1,013 ±0,061	3,038 ±0,182	13,499 ±2,384	1,043 0,837	10,114 ±3,593	No extingible
30%-70%	1,104 ±0,049	2,398 ±0,268	6,308 ±1,617	0,772 ±0,666	5,142 ±1,693	No extingible

Porcentaje Refuerzo/Matriz	ÚREA					
	Densidad gr/cm ³	% Absorción de humedad	% Absorción de agua	% Hinchamiento por humedad. espesor	% Hinchamiento por inmersión en agua. Espesor	Propagación de fuego
50%-50%	0,861 ±0,041	12,022 0,929	51,636 2,630	5,287 2,536	12,503 6,608	Auto-extinguible
40%-60%	0,823 ±0,112	11,807 1,362	53,083 5,846	2,883 2,230	10,186 6,439	Auto-extinguible
30%-70%	0,866 ±0,074	12,763 0,900	41,693 13,500	4,679 2,541	11,002 4,303	Auto-extinguible

2.8 ELABORACIÓN DEL MATERIAL EN LA EMPRESA COLFIBRAS

Durante la ejecución de la presente investigación se realizó una búsqueda de posibles empresas que pudieran desarrollar el material en mayores dimensiones, fue entonces cuando se contactó a la empresa Colfibras, allí bajo la amable asesoría del gerente general, Argemiro Betancur se logró elaborar una exitosa muestra del material en resina fenólica en el porcentaje 40%R- 60%M.

De dicha muestra se extrajeron probetas para caracterizar sus propiedades igual que las realizadas en laboratorio

En la elaboración de estas probetas se emplearon unas variables diferentes por la prensa utilizada.

Dimensiones de la prensa: 120*90 cm.

- Presión: 1000 Psi.
- Temperatura: 130 °C.
- Tiempo de pre-prensado: 40 seg.
- Tiempo de curado: 40 min.
- Dimensiones del marco: 30cm*30cm., siendo este en forma de marco en material de acero 1020, ver figura 35.

Figura 35. Marco para probetas hechas en Colfibras



- Cantidad de fibra: La fibra requerida debió ser equivalente a las otras probetas de menor dimensión. Y esto se obtuvo realizando el siguiente cálculo.

$$12_{\text{probetas}} * 20_{\text{gr / fibra}} = 240_{\text{gr}}$$

- Cantidad de resina: Se obtuvo teniendo en cuenta que 60% equivale a 30gr de resina, entonces con el siguiente cálculo se definió la cantidad requerida equivalente a las otras probetas.

$$30_{\text{gr resina}} * 12_{\text{probetas}} = 360_{\text{gr resina}}$$

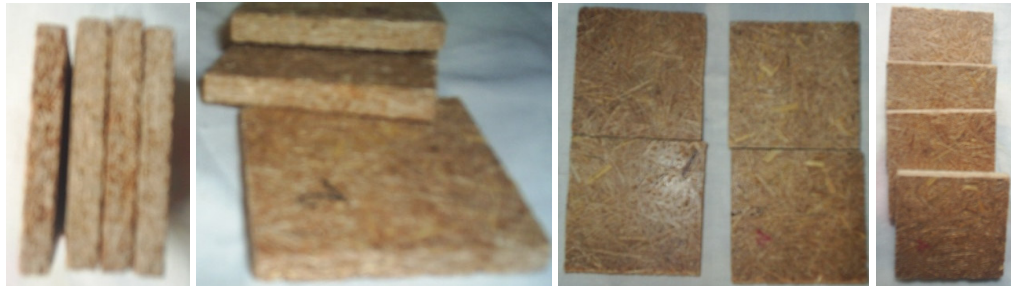
Procedimiento:

El procedimiento que se siguió es muy similar al de las otras probetas hechas en UPB, y se describe a continuación.

- Se pesa la fibra y la resina requerida.
- Se coloca el marco sobre una lámina de acero con desmoldante.
- Se coloca la fibra dentro del marco, lo más homogénea posible.
- Se coloca otra lámina sobre el marco con la fibra.
- Se introduce en la prensa, a una presión de 1000Psi, por 40 seg.
- Se extrae las láminas con el marco, y se retira la lámina superior.
- Se vierte la resina sobre la fibra y se vuelve a poner la lámina encima.
- Se introduce de nuevo en la prensa a la misma presión durante 40 min.
- Después del tiempo se saca las láminas y el marco para separar la tabla de 30*30cm del marco y así obtener el material listo.
- Se cortan las 12 probetas de 5*15 cm.

Estas probetas se muestran en la figura 36.

Figura 36. Probetas con fenólicas hechas en Colfibras



Se realizaron las mismas pruebas y con los mismos protocolos que para las hechas en la UPB.

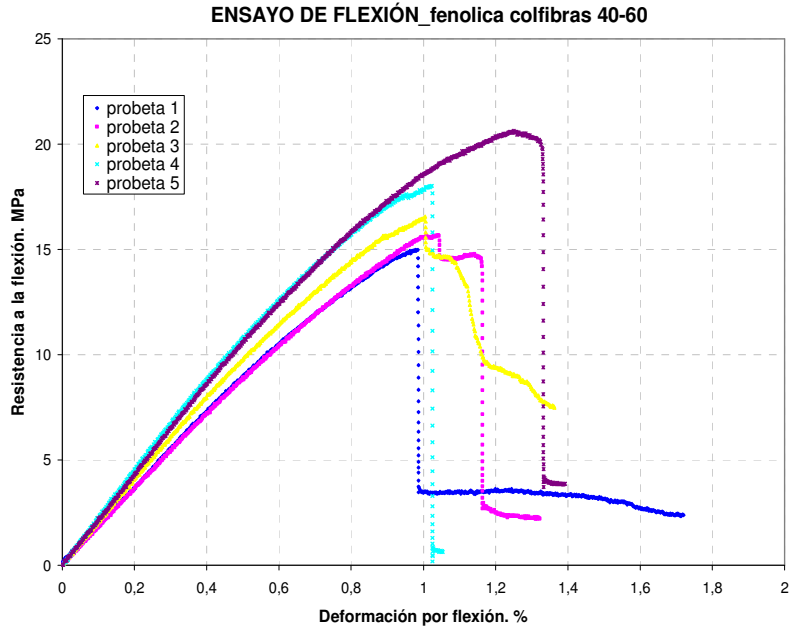
Resultados de las pruebas realizadas:

- Flexión.

A continuación se presentan los resultados obtenidos en la prueba de flexión, según la norma ASTM 1037, y estos datos son los promedios de las 5 probetas hechas en la empresa Colfibras ensayadas en el porcentaje de fibra/resina 40%-60%

Los gráficos 19, 20 y 21 presentan los diagramas de esfuerzo y deformación arrojados en la prueba hecha a las 5 probetas de fenólica.

Gráfico 19. Diagrama esfuerzo /deformación para PF 40% R-60%.M



En la tabla 32 se muestra los datos promedios de los resultados arrojados en la prueba de flexión.

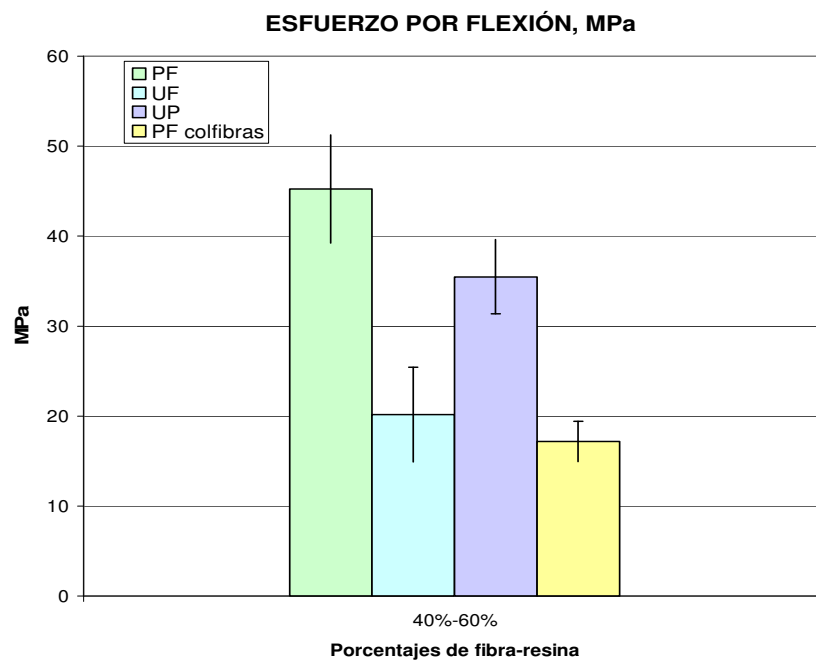
Tabla 32. Resultados promedios y desviación de la prueba de flexión para las probetas hechas con resina fenólica

Porcentaje de fibra/resina	Esfuerzo MPa	Deformación %	Módulo. GPa
40%-60%	17,182 ±2,241	1,368 ±0,239	2,026 ±0,191125

Después de mostrar los datos y gráficas de los resultados de la prueba hecha en Colfibras, se compararon cada una de las propiedades de esfuerzo, deformación y el módulo de elasticidad con los resultados obtenidos para las muestras fabricadas

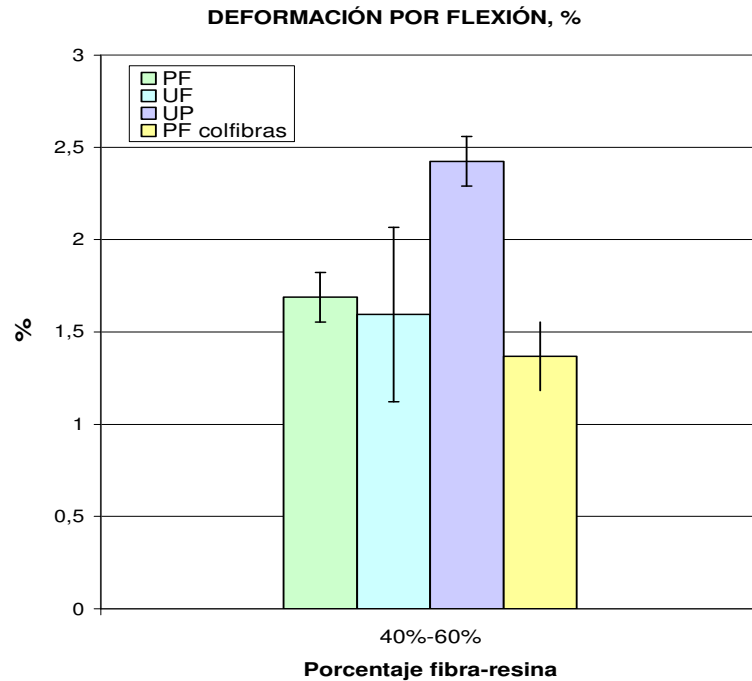
en los laboratorios de la UPB con el mismo porcentaje de fibra/resina, para identificar como es el comportamiento de sus propiedades frente a las otras y así llegar a la conclusión de cual es la modificación de sus propiedades mecánicas con la variación del proceso de fabricación, y esta comparación se muestra en los gráficos 20, 21 y 22

Gráfico 20. Comparación del esfuerzo a la flexión entre las probetas de diferentes resina con el mismo porcentaje de fibra-resinas



En el gráfico 20 se puede ver la notoria diferencia entre la resistencia a la flexión entre las probetas hechas con las mismas materias primas y sus cantidades pero con variación en el proceso de fabricación, siendo la resistencia de las de UPB de 45,238 MPa y las de Colfibras de 17,182 MPa.

Gráfico 21. Comparación de la deformación por la flexión entre las probetas de diferentes resina con el mismo porcentaje de fibra-resinas

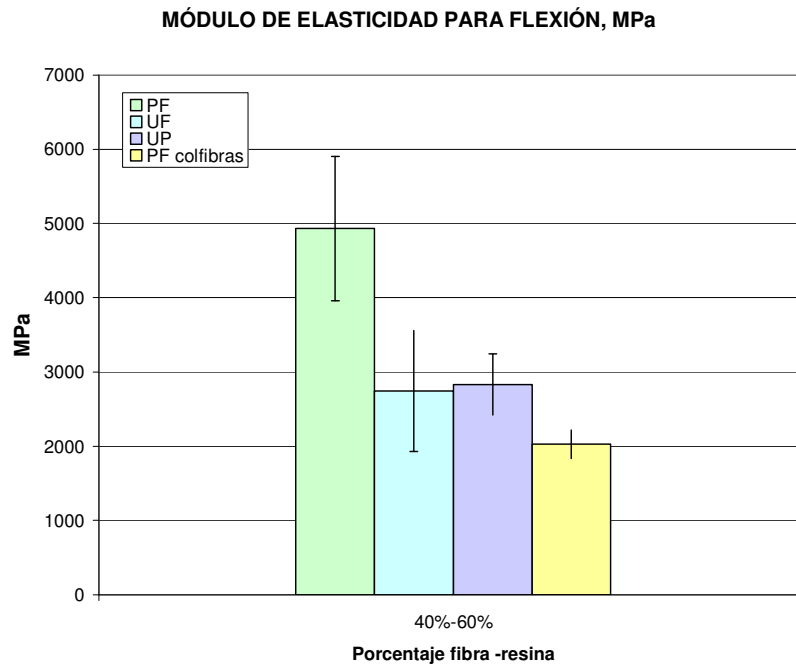


Las probetas de Colfibras tienen un valor de deformación de 1,368% antes de fracturarse como se aprecia en el gráfico 21, pero no es muy diferente a las hechas con las otras resinas.

En el gráfico 22 se observa que las probetas elaboradas con fenólica en UPB arrojaron mejor módulo de elasticidad de 4,934 GPa, reflejando una gran diferencia con las hechas en Colfibras el cual fue de 2,027 GPa, dividiendo el valor.

Comparado con las otras resinas no tiene gran diferencia, pero sigue siendo menor el módulo de elasticidad de las hechas en Colfibras.

Gráfico 22. Comparación del módulo de elasticidad entre las probetas de diferentes resina con el mismo porcentaje de fibra-resinas



- Densidad

- Método de Arquímedes.

Tabla 33. Datos promedios de densidad obtenidos en la prueba con el método de Arquímedes

DENSIDAD		
Porcentaje Refuerzo/Matriz	Fenol Formaldehído PF (Colfibras)	Unidad
40%R-60%M	0,116 ±0,060	gr/cm ³

- Determinación por volumen.

Tabla 34. Promedio y desviación estándar dados por medición volumétrica para la densidad

.DENSIDAD $\sigma = \frac{m}{v} (gr / cm^3)$	
Porcentaje Refuerzo/Matriz	PF
40%R-60%M	0,632 ±0,026

Analizando los resultados obtenidos por ambos métodos se puede decir que la diferencia en su densidad no es muy notoria, es una densidad relativamente baja, lo que hace el material liviano, esto se debe por la gran porosidad que presentaron las probetas.

- Absorción por humedad.

Estos resultados se tomaron del peso inicial y después de 24 horas en el horno, de las 5 probetas, donde se obtuvo que las probetas asumen el 6,147% de capacidad de absorber humedad del ambiente.

- Absorción por captación de agua.

Para saber cual es la capacidad que tiene las probetas de absorber agua, se tomaron los pesos después de 24 horas. en el horno y el de después de 24 horas sumergidas en agua.

Donde se obtuvo que las probetas poseen el 72,917% de capacidad de absorber humedad del ambiente, esto es una capacidad elevada, lo que hace al material poco resistente a condiciones de extremas humedad.

- Hinchamiento por humedad.

Estos resultados se tomaron de las dimensiones iniciales y después de 24 horas. en el horno, de las 5 probetas.

Donde se obtuvo que las probetas pueden tener el 2,211% de capacidad de hinchamiento por causa de la humedad en su espesor, el cual es mucho mayor que en sus longitudes. Ver tabla 5.

Tabla 35. Hinchamiento por humedad en las dimensiones de las probetas de Colfibras

PF Colfibras.			
En dimensiones			
	Largo	Ancho	Espesor
40% - 60%	0,357% ±0,293	0,202% ±0,144	2,211% ±0,179

- Hinchamiento por captación de agua.

La capacidad que tiene las probetas de modificar sus dimensiones, se obtuvo tomando las dimensiones después de 24 horas. en el horno y después de estar sumergidas 24 horas en agua.

Al ver los datos en la tabla 36 se puede decir que este material tiene mayor capacidad de cambiar sus dimensiones en el espesor, la cual es mucho mayor a las dadas en sus longitudes, cuando es sometido a condiciones extremas de humedad.

Tabla 36. Hinchamiento por humedad en las dimensiones de las probetas de Colfibras

PF Colfibras			
En Dimensiones			
	Largo	Ancho	Espesor
40% - 60%	0,6778% ±0,4151	0,6079% ±0,6744	6,0432% ±1,9740

Los ensayos de las probetas elaboradas en Colfibras no arrojaron buenos resultados en sus propiedades mecánicas y físicas, comparados con los hechos en UPB. Se puede decir que esto se debe a las variables que se tuvieron que modificar para la fabricación de las probetas, como la presión, (teniendo presente que al aumentar el área, aumenta la fuerza que se debe aplicar) y el tiempo de curado.

Visualmente el material presenta mayor homogeneidad en su espesor y la fibra fue impregnada en su totalidad, lo que permite que no se desprendan las fibras y no se presente delaminación.

Lo anterior permite afirmar que el prototipo puede ser elaborado con el material desarrollado y evaluado en este trabajo de grado, pero no se puede garantizar que el prototipo al ser fabricado con el material elaborado en la empresa Colfibras, posea las mismas y satisfactorias propiedades encontradas en las probetas elaboradas de manera experimental en los laboratorios la UPB.

3. EL DISEÑO DEL PRODUCTO

En el comercio hay infinidad de objetos que ayudan al hombre a realizar sus actividades diarias, en donde inevitablemente se involucra el diseño, en mayor o menor medida dependiendo del caso; ya que el diseño de un objeto responde al llamado que hace una persona o un grupo de ellas frente a una necesidad específica y ante la “incapacidad” del hombre de satisfacer dicha necesidad, en este capítulo se describe todo el proceso de diseño que se siguió para el diseño del producto.

Tal como se mostró en el capítulo anterior, el consumidor cuando compra muebles de hogar, no sólo compra un producto para decorar, sino que está comprando un accesorio que además le proporcione utilidad, y se adecue a las necesidades de la vivienda (En la actualidad la vivienda Colombiana se ha ido reduciendo, por la cantidad de población por cada metro cuadrado, el espacio es cada vez más reducido según estudios realizados el espacio promedio en los estratos 4, 5 y 6 es de 85 metros cuadrados) y a las suyas propias, con la única finalidad de crear ambiente, dotar el hogar de personalidad y sobre todo para hacer más fácil y sencilla la vida.

Teniendo en cuenta los diferentes espacios que componen la casa, los factores sociales que han afectado la vivienda (la familia numerosa que marcó el siglo XX se pasó a la de pocos hijos y a espacios habitados por quienes prefieren vivir solos, pero sin olvidar los valores familiares) y las diferentes líneas de muebles en madera que hay: clásica, rústica, contemporáneo y *loft*

Se desarrollo un producto funcional, decorativo y que ahorrara espacio para que de esta forma se acomodara a las diferentes necesidades del usuario final, a

continuación se mostrará paso a paso el desarrollo del producto, haciendo uso de los métodos sugeridos por Nigel Cross²⁸, Mike Baxter²⁹ y Bruno Murani³⁰, los tres proponen una secuencia similar en un orden lógico, tratando siempre de abarcar lo macro para llegar a lo micro resolviendo el problema y llegando a la mejor solución.

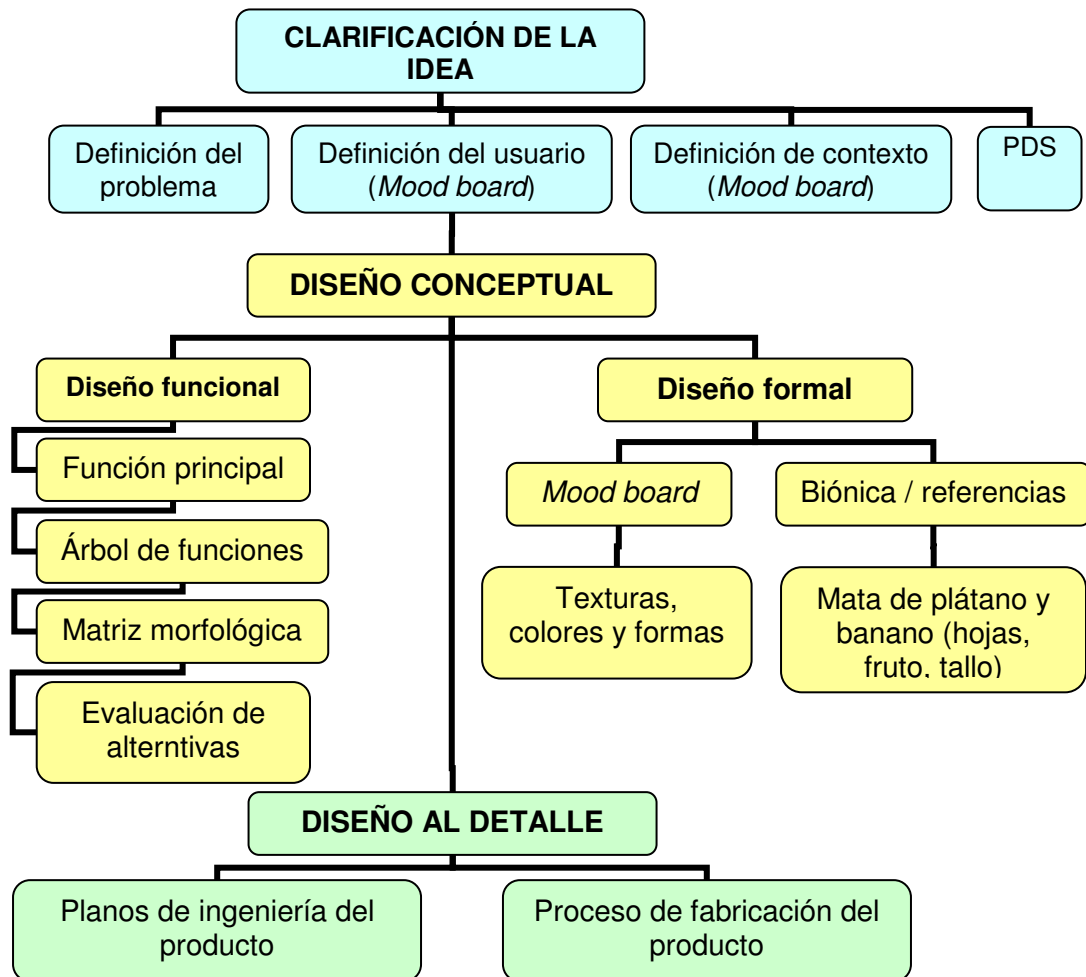
Se comenzó entonces analizando los diferentes espacios que componen la casa, el mobiliario doméstico que los equipa y necesidades de los usuarios, determinando así desarrollar un sistema polifuncional para sostener objetos livianos y reunir personas, la metodología que se siguió se muestra en la figura 37.

²⁸ CROSS Nigel. Métodos de diseño.

²⁹ BAXTER Mike.

³⁰ MURANI, Bruno. “¿Cómo nacen los Objetos?. Apuntes para una metodología proyectual”. Novena edición. Editorial GG Diseño. Barcelona, 1983

Figura 37. Metodología de diseño del producto



El proceso de diseño se divide principalmente en tres partes que son, la clarificación de la idea, el diseño conceptual dividido en el diseño funcional y formal, donde estos dos se trabajan en paralelo así llegando a la solución final y siguiendo al diseño al detalle.

3.1 CLARIFICACIÓN DE LA IDEA

3.1.1 Definición del problema

Realizando un estudio de campo en varios hogares del área metropolitana se observaron las necesidades de las personas de hoy en día, donde los espacios son cada vez más reducidos, y las familias menos numerosas, se encontró y analizó la necesidad de productos que ahorren espacio, y que con un sólo producto se suplan varias necesidades en ámbito social, familiar e individual. Que permita ser desarrollado en un material compuesto a base de guasca de plátano. Un producto que refleje una identidad colombiana, con un estilo moderno.

3.1.2 Definición del Usuario

El producto estará dirigido a un usuario neotradicional que mezcla también el estilo contemporáneo, personas que no tienen mucho tiempo para sentarse a comer en familia, descomplicados, amigables, abiertos al cambio, que les gustan las formas delicadas, un usuario informal que usa lo apropiado, que se siente a gusto, con iniciativas propias, flexibilidad y que valoran lo hecho a mano. Para definir mejor al usuario se llevo a cabo las siguientes preguntas:

- Qué hace: trabajan, salen de compras, son ciudadanos pero les gusta la naturaleza, la rumba, reuniones familiares y con amigos, ir a cine, ver películas, juegos de mesa.
- Qué come: comidas fáciles y rápidas, informales y de fácil preparación
- Objetos: Les gustan los objetos Luminoso y livianos.
- Qué compra: Entre sus productos favoritos están los hechos a mano.
- Cómo se viste: no tiene un solo estilo de vestir, combina diferentes modas y siempre esta dispuesto al cambio y a la actualidad.
- Cómo vive: espacios livianos, luminosos y calidos, le gustan los espacios con colores monocromáticos, brillos y espontaneidad.

A continuación en la figura 38, se muestra una representación gráfica del usuario para una mayor claridad del mismo.

Figura 38. Mood board del usuario



3.1.3 Definición del Contexto















Teniendo en cuenta que los apartamentos son cada vez más pequeños (70-85 mts² promedio de área de los apartamentos en Medellín), en la figura 39 se muestra la representación gráfica del contexto en los diferentes espacios del hogar que se estudió inicialmente para la ciudad de Medellín, definiendo también el estilo que acompañara el producto.

Figura 39. *Mood Board* de contexto



Se partió entonces de un análisis del usuario, del contexto y de los diferentes espacios que componen la casa y el mobiliario que se encuentra en cada uno de ellos, sus características particulares o las que el mismo usuario les da, las tendencias, materiales y partes que los conforman (ver tabla 37), gracias a esto se tomó la decisión de que producto se iba a desarrollar y que cumpliera con las nuevas necesidades de los usuarios.

Tabla 37. Lugares de la casa y objetos que la habitan

DORMITORIO	Cama		COMEDOR	Comedor	
	Mesa de noche			Aparador	
	Armario		SALA	Sofá	
	Sofá-cama			Sillón	
	Cómoda			Puff	
COCINA	Gabinete superior		VARIOS	Sillas	
	Gabinete inferior			Mesas auxiliares	

BIBLIOTECA	Bibliotecas			Mesas de centro	
	Sillones Reclinables de descanso.			Mesas desayuno	
	Centro de computo				

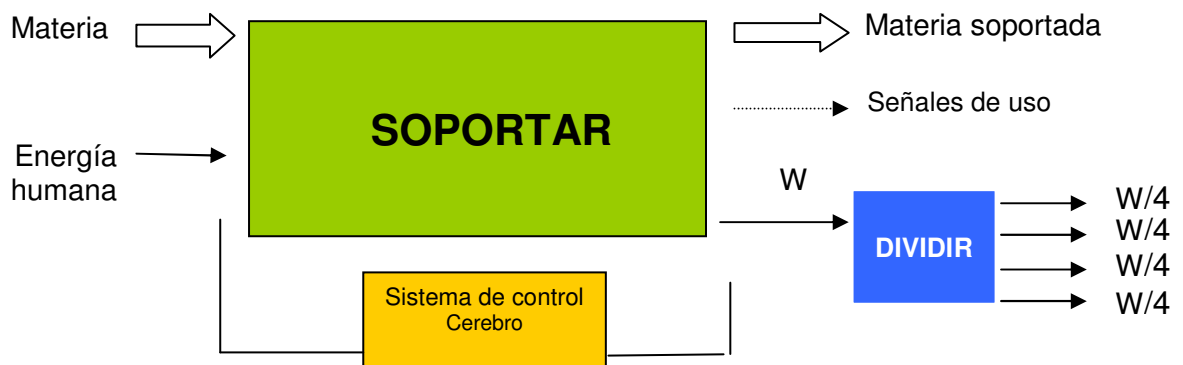
Una vez definido el producto a diseñar: Sistema multifuncional para reunir personas, que sirva para comer, jugar y beber, se realizó un PDS (ver anexo A), con el fin de expresar las demandas y los deseos de los usuarios en términos de requerimientos técnicos de ingeniería, para que estos nos permitieran más adelante desarrollar alternativas de diseño en la etapa de conceptualización del producto.

3.2 DISEÑO CONCEPTUAL

3.2.1 Diseño funcional

- Caja negra

Figura 40. Caja negra del sistema

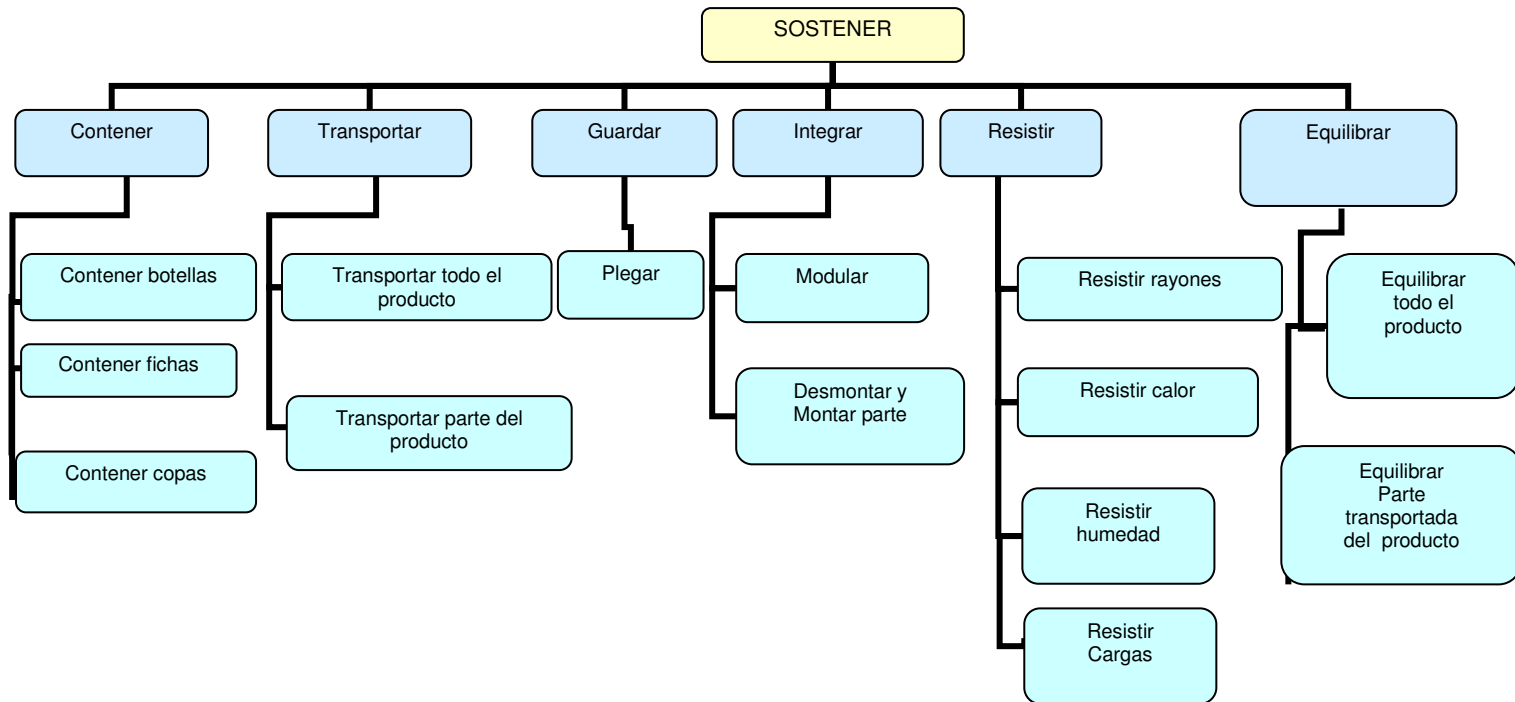


Materia: Botellas, vasos, copas, fichas de juego, platos etc.

Energía: Fuerza humana

- **Árbol de funciones**


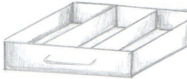
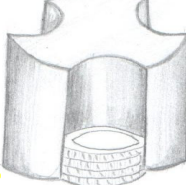


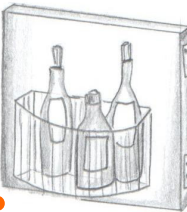
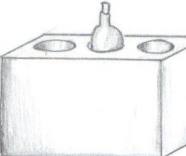

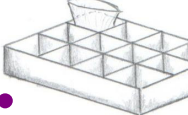






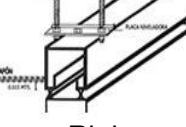
Figura 41. Árbol de funciones

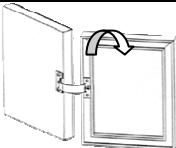
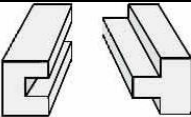
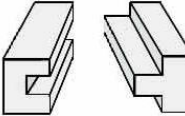

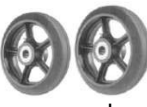







- **Matriz morfológica**

A partir del árbol de funciones, se elaboró la siguiente matriz morfológica (ver tabla 38), con el fin de generar una serie de posibles formas de realizar las diferentes funciones del producto.

Tabla 38. Matriz morfológica

MATRIZ MORFOLÓGICA				
Alternativas Funciones	1	2	3	4
CONTENER FICHAS	 •	 • •	 •	 •
CONTENER BOTELLA	 •	 •	 •	 • • •
CONTENER COPAS	 •	 • • •	-----	-----
TRANSPORTAR TODO	 2 ruedas y una superficie de apoyo •	 4 ruedas • •	 3 ruedas •	Jalando o empujando • •
TRANSPORTAR PARTE	 Con las manos • • • • •	 por medio de ruedas •	 Riel •	Arrastrando la parte

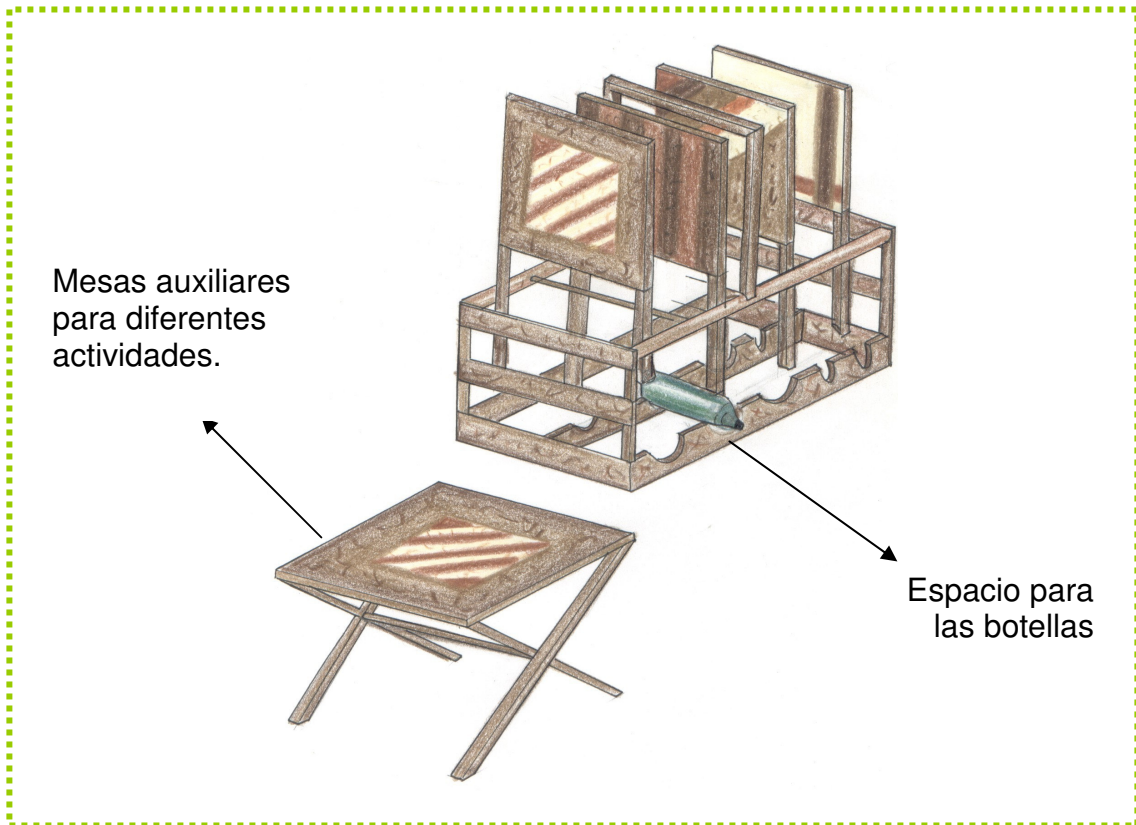
GUARDAR	 Plegar ●	Producto armado completamente ● ● ●	 Desensamblar ● ●	----
INTEGRAR	 Ensamble RTA ● ●	 Por medio de Clavos ● ● ●	Remaches ●	----
RESISTIR RAYONES	Se da con el acabado ● ● ● ●	Poner un individual ●	Cubrir con un paño ●	----
RESISTIR CALOR	Poner un porta-caliente ●	Se da con el acabado ● ● ● ●	Poner un individual ●	----
RESISTIR HUMEDAD	Poner un individual	Poner un porta-vasos ● ●	Se da con el acabado ● ● ● ●	----
EQUILIBRAR TODO EL PRODUCTO	 con ruedas	 Superficie de apoyo ● ●	 Patatas	 Patatas con ruedas ● ● ● ●
EQUILIBRAR PARTE DE PRODUCTO	Patatas plegables ● ●	 Apoyar sobre las piernas ● ● ●	 Con ruedas	----

- **Generación de alternativas**

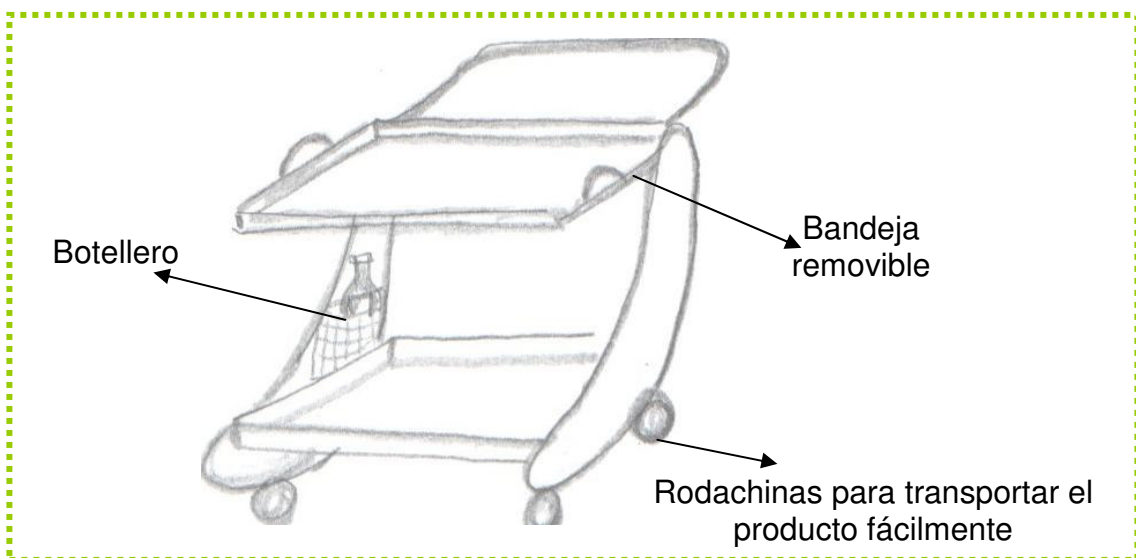
Teniendo la matriz morfológica, se realizaron mezclas entre las 4 diferentes formas para realizar las funciones, se llegó a una serie de soluciones, teniendo en cuenta el PDS y los *mood board* del usuario y el contexto.

Se generaron las siguientes alternativas:

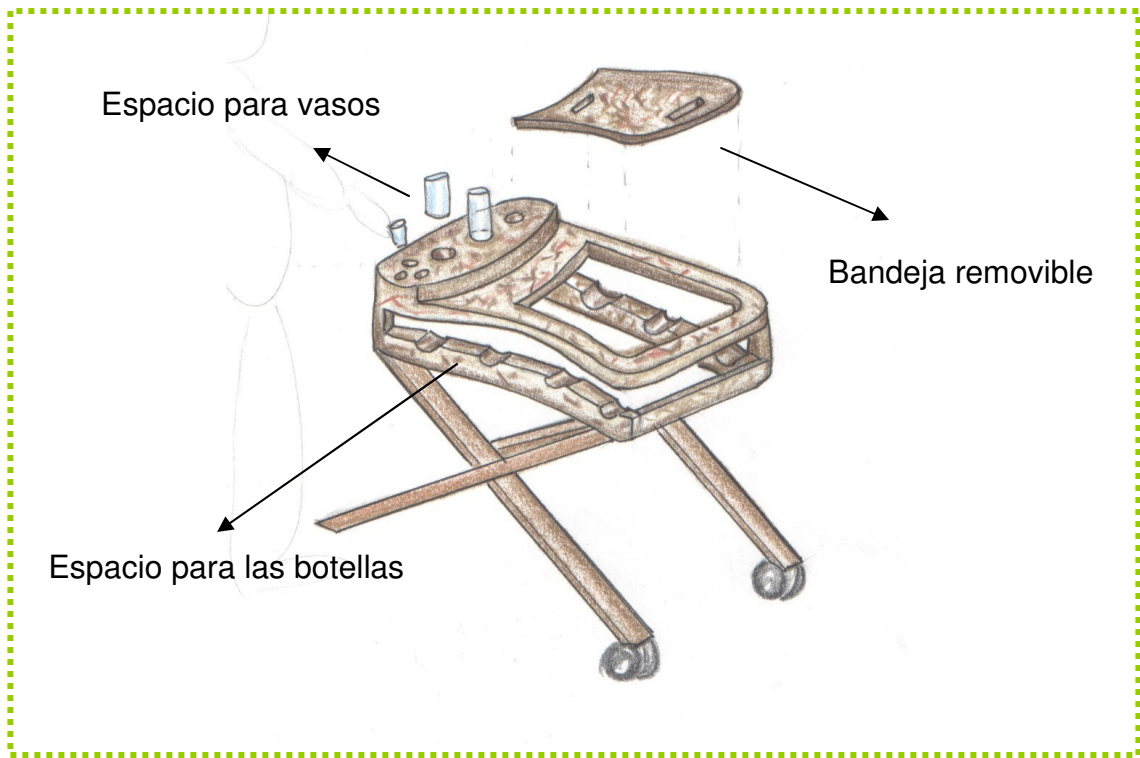
Alternativa 1: Ruta roja



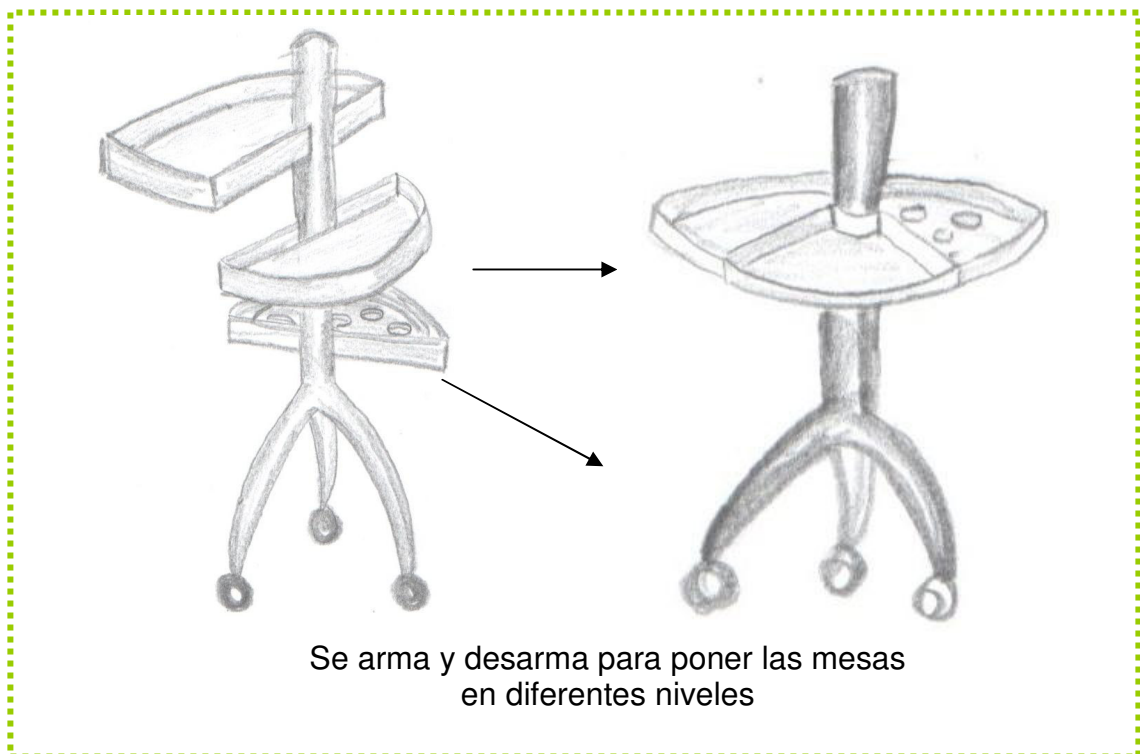
Alternativa 2: Ruta naranja



Alternativa 3: Ruta amarilla



Alternativa 4: Ruta verde



Alternativa 5: Ruta azul

Tableros doble cara de juegos, se doblan y se guardan.

Compartimiento para guardar dos mesas auxiliares

Compartimientos para fichas, cartas dados etc.

Alas para extender la superficie superior

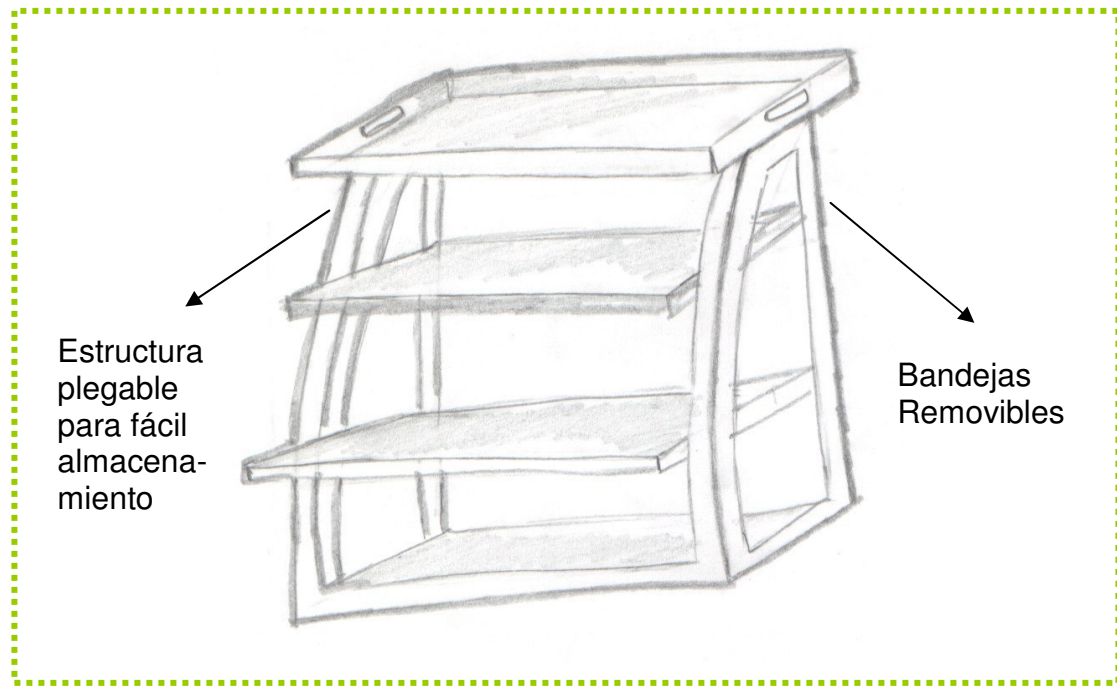
Espacio destinado para botellas y vasos

Mesa auxiliar

Rodachinas para fácil transporte



Alternativa 6: Ruta **purpura**



Gracias a la combinación de las diferentes formas para cumplir las funciones de la matriz morfológica se obtuvieron las alternativas. Se evaluó cada alternativa para seleccionar la mejor, para esto se definieron unos parámetros o criterios (ver tabla 39) determinados por la función que debe cumplir el producto estos se especifican teniendo en cuenta los elementos y demandas más importantes por el usuario dadas en el PDS (anexo A).

- Evaluación de alternativas

Tabla 39. Evaluación de alternativas

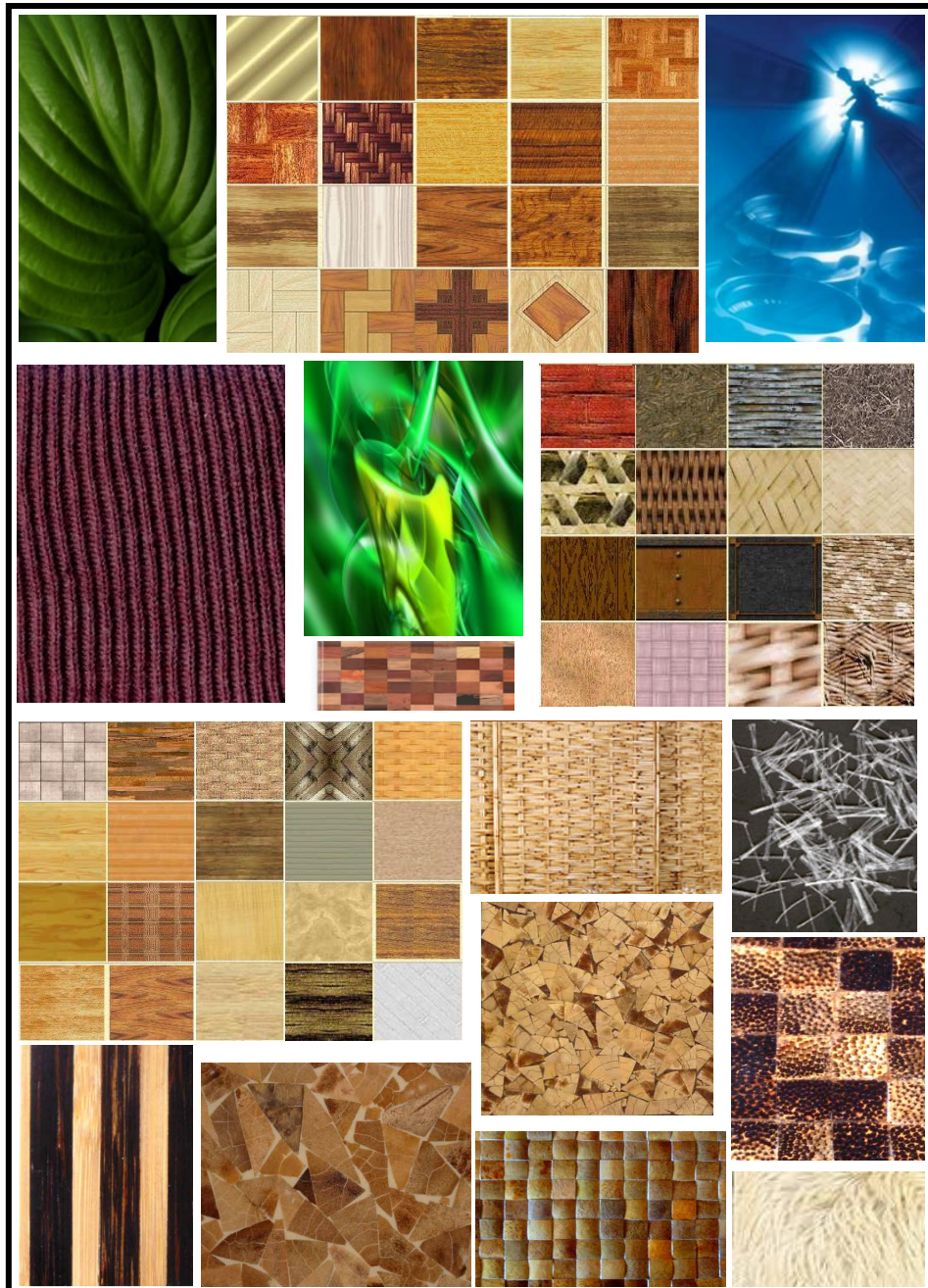
CRITERIO	Alt. 1	Alt. 2	Alt. 3	Alt. 4	Alt. 5	Alt. 6
Fácil limpieza	3	3	4	2	5	5
Aristas menores a 0,5 mm	4	3	5	3	5	3
Fácil transporte	3	5	5	4	5	2
Fácil manufactura	4	4	3	2	4	4
Mantenimiento y ensamble con herramientas básicas	4	4	4	3	5	4
Estabilidad estructural	4	3	3	2	4	3
Desperdicio de material menor al 15%	3	2	3	3	4	3
Fácil ensamble	4	4	3	3	4	4
Superficies resistentes a sustancias líquidas y gaseosas	4	3	4	4	5	4
Partes "off the shelf"	4	4	4	3	5	3
Resistente a la corrosión	4	3	4	3	5	4
Materiales livianos	5	2	4	4	4	2
Materiales lisos	4	4	3	3	4	3
Contraste de colores	4	2	4	3	4	2
Producto multifuncional (comer, beber, jugar)	2	2	4	1	5	3
Número reducido de piezas	3	4	3	3	4	4
Identidad Colombiana	4	3	3	2	4	2
Acorde con el contexto	2	3	4	4	4	2
fabricación con equipos, máquinas y herramientas en la ciudad	5	5	5	4	5	5
TOTAL	70	63	72	56	85	62
calificación de 1-5 1-malo 5-bueno						

La evaluación de estos criterios se hace cualitativa y cuantitativamente basada en los requerimientos del producto. Según la evaluación, las alternativa que mejor cumple con los requerimientos es la numero 5.

3.2.2 Diseño formal

Para el desarrollo del diseño formal del producto, se tomó como referencia una gran variedad de texturas y colores que hacen alusión a la fibra y la calceta de plátano (ver figura 42).

Figura 42. Mood board de texturas





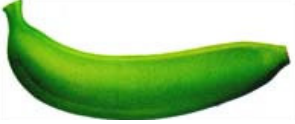

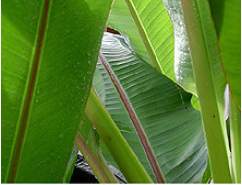



- **Justificación y referentes del diseño**

Gracias a todo el proceso de diseño que se desarrolló se llegó a un producto final, el cual se nombró **Muttata**, debido a que es una mesa multifuncional, fabricada y conceptualizada con la musácea acuminata (mata del plátano) y su fabricación en serie se realizará más adelante por el grupo de artesanas “Manos de Urabá” apadrinadas por la fundación Corbanacol.

La estructura de **Muttata** hace alusión al movimiento de las hojas de la planta del plátano con el viento, sus alas laterales están inspiradas en la acción de despojar el fruto de su cáscara, los planos seriados utilizados para contener las botellas, hacen referencia a la acción de cortar el plátano en rodajas y la agarradera para trasladar el producto, toma el concepto ovalado de la forma del plátano (tabla 40).

Tabla 40. Conceptos y referentes del producto

Referente	Concepto	Producto
	Cerrado-abierto	
	Planos seriados	
	Forma lunar del plátano	
	Movimiento de las hojas con el viento	

El mobiliario desarrollado en este proyecto es amigable con el entorno, porque genera un beneficio para el medio ambiente debido a que no destruye un recurso si no que transforma un desecho de 40.000 hectáreas con 1.200 matas por hectárea y se resuelve así la necesidad de disminuir la emisión de residuos en la zona del Úraba y el impacto sobre la tala de árboles que anualmente suma 600 mil hectáreas de bosques que corresponde al 4% mundialmente. Después de Brasil, Colombia es, en América latina el mayor destructor, esto altera los ecosistemas³¹.

Al aplicar el material compuesto a base de gusca de plátano en el producto se buscó también reflejar una identidad colombiana, resaltando las cualidades de una región olvidada por el resto del país, conocida sólo por el cultivo del banano y el plátano, y marcada por la violencia, y generando así un nueva opción para el sector del mueble, garantizando un producto con identidad, calidad, competitividad y profesionalismo.

- **Diseño final**

Con todos los referentes presentados anteriormente se llego al siguiente diseño:

Ilustración 1. *Muttata* Mesa multifuncional de uso doméstico



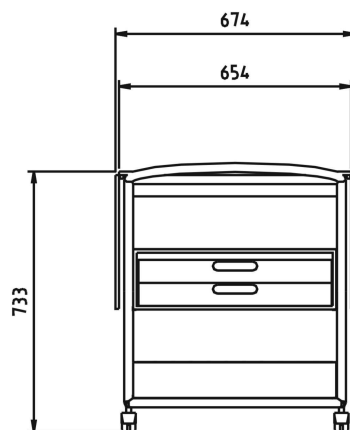
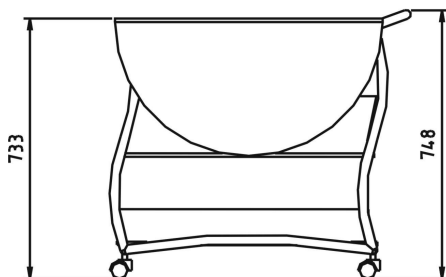
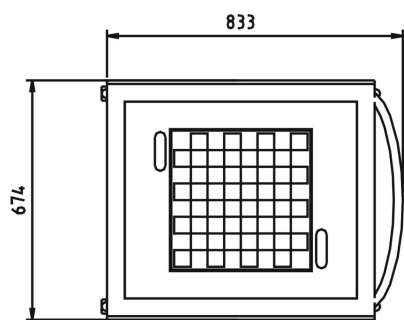
³¹ ARICADA A. Ricardo. El libro del agua. Medellín, Universidad de Antioquia, 1990- P 64

3.3 DISEÑO DE DETALLE

3.3.1 Vistas del producto

En la ilustración 2 se muestran las tres vistas Principales con sus dimensiones generales, los planos de detalle del producto y los planos de ensamble pueden apreciarse en el anexo B.

Ilustración 2. Vistas y dimensiones generales del producto



A continuación se ilustran varias vistas del producto final “ *Muttata*”.

Tabla 41. Vistas del producto

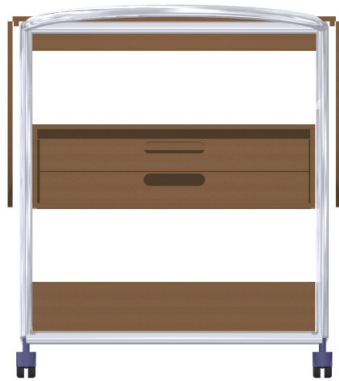
 <p>Isométrico sin tapa superior, con extensión del área</p>	 <p>Isométrico con tapa superior.cerrado</p>
 <p>Isométrico con tapa superior.cerrado</p>	 <p>Isométrico con tapa superior, y extensión del área</p>



Compartimiento para guardad mesa auxiliar



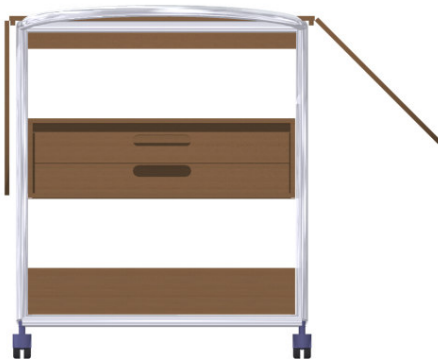
Mesa auxiliar



Vista frontal cerrado



Vista lateral cerrada



Vista frontal abriendo un ala

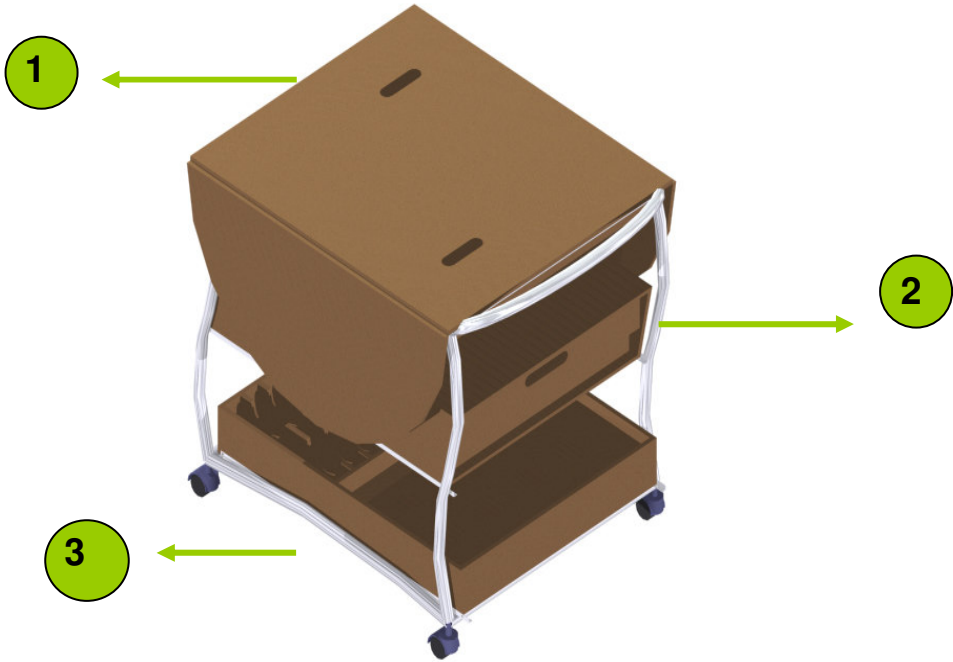


Detalle del ala

3.3.2 Usos del producto

El producto consta de tres partes principales:

Ilustración 3. Partes principales del producto



- Parte **1**



- Parte **2**



- Parte **3**



3.3.3 Contexto del producto

- **Habitación**

Ilustración 4. Contexto habitación



- **Cocina**

Ilustración 5. Contexto cocina



Ilustración 6. Contexto cocina



Ilustración 7. Contexto cocina



- Sala – comedor

Ilustración 8. Contexto sala



Ilustración 9. Contexto sala - comedor



Ilustración 10. Contexto sala



4. CONCLUSIONES

Como principal objetivo de este proyecto fue probar, evaluar y analizar un material compuesto reforzado con fibras de plátano, permitiendo desarrollar diferentes sistemas de combinación entre los porcentajes 50%R-50%M, 40%R-60%M y 30%R-70%M de reforzante/matriz, con cada una de las tres resinas termoestables escogidas (Poliéster insaturado, Úrea formaldehído y Fenólica), mediante la determinación de sus propiedades más relevantes como: La resistencia a la flexión, módulo de elasticidad, densidad, absorción de agua, hinchamiento por humedad y propagación de fuego, con el fin de probar la viabilidad de realizar un producto mobiliario doméstico con un material aglomerado con esta fibra obtenida de los desechos de las plantaciones del Urabá Antioqueño. Al examinar los resultados de los ensayos se pudo concluir lo siguiente:

4.1 CONCLUSIONES DESPUÉS DE ELABORAR LOS MATERIALES Y ANALIZAR LOS RESULTADOS DE LAS PRUEBAS

- La elaboración de las probetas y su buen acabado depende de la manipulación y requerimientos de la resina para su uso.
- Se comprobó que la resina poliéster presenta altas contracciones durante el proceso de solidificación de las probetas, lo cual hace que la probeta se torne cóncava y se generen esfuerzos internos en el aglomerado.
- La técnica de compresión en caliente permite una buena homogeneidad en el laminado y a su vez evita la generación de defectos como son las burbujas de aire al interior del material.

- La homogeneidad del espesor en las probetas se debe al paralelismo del molde, al momento de casar el macho con la hembra y de la buena repartición de la fibra en el molde.
- El éxito de una buena impregnación radica en la baja viscosidad de la resina en el momento de la humectación de las fibras y en la temperatura a la que se encuentra el molde.
- La inspección visual de los materiales elaborados con fenólica fueron los mejores porque sugieren un buen acabado, sin defectos como la delaminación y sitios secos, ya que la fibra tuvo buena impregnación con la resina, y esto lo hace poco susceptible a sufrir fallas mecánicas, en cambio los elaborados con úrea, presentaron delaminación por la poca humectación de la fibra con la resina por la forma como fue vertida. Las fabricadas con poliéster en el menor porcentaje (50%R-50%M) también presentaron poca impregnación de la fibra, provocando un desprendimiento de las mismas.
- El Proceso efectuado para la elaboración de las probetas no corresponde a un procedimiento masivo con un alto grado de control del proceso.
- Se presume que la interfase de las probetas de úrea fue débil porque se generó delaminación por la poca impregnabilidad de la fibra con la resina, y esto hace que baje la rigidez y la resistencia, en cambio las probetas elaboradas con fenólica fue fuerte lo que permitió una alta resistencia y rigidez, pero baja resistencia a la fractura.
- El lote que mejor resistencia a la flexión presentó fue las de fenólica en el rango de los porcentaje de 40%R-60%M con un valor de 45,238 MPa. y el de 30%R.70%M con un valor de 43,458 MPa.
- Las propiedades en los materiales compuestos evaluadas en este proyecto de grado, dependen de la proporción de resina que se emplee, a mayor cantidad, se aumentan sus propiedades.

- El material que mayor deformación presentó fue el elaborado con poliéster en el porcentaje de 50%R-50%M con un valor de 2,8%, permitiendo resistir más carga antes de que se fracture.
- Para la deformación de los materiales se puede decir que influye el tipo y propiedades de la resina que se emplea.
- El módulo de elasticidad del material que tiene mayor valor es el hecho con fenólica en la proporción de 30%R -70%M con un valor de 5,066 GPa, lo que lo hace un material rígido y no se deforme fácilmente en comparación a los hechos con las otras resinas, ya que la diferencia en sus respectivos módulos es muy notoria.
- Para las probetas de úrea analizadas se obtuvieron valores en un rango de 20,166 MPa y 15,716 MPa) de resistencia, que comparadas a los valores de la resistencia dadas a flexión del FORMATABLEX® marca registrada por PIZANO S.A ($200 \text{ Kg/cm}^2 = 19,61 \text{ MPa}$) y El AGLOMERADO ANDES® marca registrada por PIZANO S.A ($145 \text{ Kg/cm}^2 = 14,22 \text{ MPa}$) son mayores, sin desconocer que ellos emplean una menor cantidad de resina.
- El contenido de resina es un factor importante en la fabricación de tableros aglomerados ya que se favorecen sus propiedades, pero a su vez aumenta el costo del material y en términos económicos no sería viable.
- El material hecho con poliéster insaturado tiene una mayor densidad que las elaboradas con las otras resinas y le siguen las hechas con fenólica.
- La densidad que arrojaron las pruebas en todos los aglomerados, permite decir que el material está clasificado en el tipo de tablero duro por ser mayor a 0.8 gr/cm^3 , para las densidades halladas con ambos métodos.
- En las probetas de úrea y de poliéster se obtuvieron resultados donde la captación de agua, fue alta por lo tanto no es recomendable utilizarlos en

espacios expuestos a la intemperie, ya que en exteriores el material podría modificar sus dimensiones y deteriorarse.

- El material elaborado con úrea es el que posee mayor capacidad de absorber humedad del ambiente y más en la proporción de 30%R-70%M, seguida por las fenólica y por último las de poliéster.
- El material que tiene más capacidad de absorber agua es el hecho con poliéster en la proporción de 50%R -50%M pudiendo absorber hasta un 61,169% de agua, esto se da como consecuencia a la falta de impregnación de la resina en todo el volumen de las probetas.
- Al aumentar la densidad del tablero disminuye la capacidad de absorber agua después de 24 hrs de inmersión, esto debido a la gran compactación de las fibras impidiendo el paso del agua.
- La capacidad que tienen los materiales para modificar sus medidas con la humedad del ambiente depende del tipo de resina empleada y la cantidad utilizada.
- Donde se hizo más notoria la modificación de las medidas fue en el espesor, ya que el material tiende más a expandirse del centro a las superficies.
- En la propagación de fuego se concluye que los aglomerados con resina fenólica y úrea son auto-extinguibles y las de poliéster son propagadoras de fuego.
- Con los resultados obtenidos se puede concluir que es factible producir tableros de fibra utilizando como materia prima la fibra extraída del seudotallo de la mata de plátano, los tablero con mejores características se obtuvieron utilizando la resina fenólica en el rango de contenido de resina entre el 60% y el 70%.

4.2 CONCLUSIONES EN EL DISEÑO DEL PRODUCTO

- Para el producto se requiere un acabado con laca, esto para evitar la captación de humedad, y el deterioro por contener objetos húmedos o sudorosos.
- Después de la etapa de diseño, fue importante contar con un modelo funcional, para que a la hora de fabricar el producto en serie se tenga la certeza de que es un buen diseño y esta elaborado correctamente.
- El PDS fue una herramienta útil que ayudó a expresar las demandas y los deseos de los usuarios en términos de requerimientos técnicos de ingeniería, y estos permitieron más adelante desarrollar las alternativas de diseño en la etapa de conceptualización.
- No existe una única metodología para el diseño y desarrollo de un producto, esta es seleccionada dependiendo del tipo de producto a desarrollar y de la aptitud y conocimiento del método por parte de la persona que lo desea emplear.
- Para el desarrollo del producto de este proyecto se utilizó una combinación de las metodologías sugeridas por Nigel Cross, Mike Baxter y Bruno Murani, porque proponen una secuencia similar en un orden lógico, abarcando lo macro para llegar a lo micro, y de esta manera se hizo más fácil el proceso de diseño.
- **Muttata** podría catalogarse como un eco-producto, aunque el material en el que esta fabricado no es reciclable, se esta aprovechando un desecho (40.000 hectáreas con 1.200 matas por hectárea) y se esta alargando el ciclo de vida del mismo, disminuyendo la emisión de residuos en la zona del Úraba y el impacto sobre la tala de árboles que anualmente suma 600 mil hectáreas de bosques que corresponde al 4% mundialmente.

5. RECOMENDACIONES PARA FUTUROS PROYECTOS

A continuación se presentan las recomendaciones sugeridas por las autoras para la realización de futuras investigaciones. Existen dos clases de recomendaciones: recomendaciones para un posterior estudio de optimización del material y recomendaciones de fabricación del producto mobiliario, diseñado en este trabajo con el material aglomerado.

5.1 RECOMENDACIONES PARA FUTUROS ESTUDIOS EN EL DESARROLLO DEL MATERIAL COMPUESTO REFORZADO CON FIBRA DE PLÁTANO

- Para la elaboración de las probetas con poliéster no es recomendable tener el molde a una temperatura muy elevada, para así evitar la solidificación de la resina antes de llegar al fondo del molde.
- Para las probetas de úrea y fenólica, no es recomendable aplicar la presión final inmediatamente, para evitar que la resina se salga del molde antes de solidificarse.
- La resina de úrea se debe aplicar con un atomizador a toda la fibra para garantizar una humectación homogénea y permitir una buena unión entre la matriz y el refuerzo.
- Es importante estandarizar el proceso de elaboración de las probetas para garantizar y disminuir en gran medida la desviación de los resultados
- INTERQUIM S.A32 recomienda utilizar menos del 15% de resina uréica para disminuir los costos de fabricación, si se acogiera este porcentaje para la

³² Empresa que fabrica y comercializa resinas de referencia comercial AKZO NOBEL para la elaboración de tableros aglomerados de madera.

elaboración del material desarrollado en esta tesis, podría implicar la disminución de las propiedades halladas

- Para la prueba de densidad por el método de Arquímedes se sugiere utilizar unas probetas de dimensiones menores a 5*5 cm. Para garantizar que no se absorba el alcohol propanol y sea más acertada la densidad dada por el densímetro.
- Para ampliar la información que se tiene acerca de los materiales hechos con las tres resinas (úrea, poliéster y fenólica), se podrían realizar ensayos que determinen propiedades como: tenacidad, dureza, tensión perpendicular a las fibras y flexión a tres puntos después de ser sometidas las probetas a inmersión por 24hrs en agua.
- Se podrían realizar pruebas que verifiquen la reciclabilidad y biodegradabilidad de materiales compuestos con fibras naturales como la del plátano.
- La gran cantidad de resina empleada no es muy recomendable teniendo en cuenta el factor económico, se requiere de un posterior estudio para optimizar el material para llegar a un resultado competitivo tanto en sus propiedades como en su precio.
- Se podrían hacer estudios para analizar la interfase de las resinas elaboradas con fenólica y úrea.
- Se recomienda seguir con la investigación para una futura optimización del material.
- Se podría evaluar el levantamiento de una planta piloto en el Urabá Antioqueño para la elaboración del material

5.2 RECOMENDACIONES PARA LA FABRICACIÓN DEL PRODUCTO MOBILIARIO CON EL MATERIAL COMPUESTO EVALUADO EN ESTE PROYECTO

- Se recomienda que el producto sea promocionado como un producto que refleja una identidad Colombiana, por ser fabricado en un material de la región del Urabá Antioqueño y por ser elaborado por el grupo de artesanas “Manos de Urabá” apadrinadas por la fundación Corbanacol.
- Se recomienda la utilización del material evaluado en este proyecto, para futuros productos que requieran las propiedades físicas y mecánicas encontradas en este proyecto.

BIBLIOGRAFIA

ARBELAEZ, Álvaro; ECHEVERRI, Juan David. Evaluación de tableros de partículas para ser aplicadas en vivienda de interés social. Facultad de ingeniería agroindustrial. Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana. 2005.

ANDERSON, J.C. y LEAVER, K.D. Ciencia de los materiales. México, 2ª ed. Limusa Noriega, 1998. Pag 702.

BARBERO, Ever J. Introduction to composite materials design. USA, Taylor & Francis, 1999. Pag 336.

BARRETO, Maria Jose. Team Fierro: en búsqueda de la identidad latina. Proyecto diseño. ():13-15. 2004.

BETANCOURT P., Santiago. Desarrollo de laminados epòxicos reforzados con fibra de vidrio mediante la técnica de compresión en caliente. Facultad de ingeniería mecánica. Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana. 2003.

CARRASQUILLA, Juan Manuel. Muebles RTA: evolución reciente y perspectivas del segmento. M&M, El mueble y la madera. (43):42-46. 03/2003.

CADENA, Máx. Tableros contrachapados, aprovechamiento total y versatilidad de usos. M&M, El mueble y la madera. (40):65-69. 12/2003.

COLORADO C.; Alexandra. ¿it furniture made in Colombia! ¿muebles con identidad Colombiana?. M&M, El mueble y la madera. (42):53-59. 12/2003.

COLORADO C., Alexandra. Enchapes especiales... ¡ ¡cuando los muebles se visten de gala!! M&M, El mueble y la madera. (45):79-84. 09/2004.

COLORADO C., Alexandra. La fibra esta de moda... y mas, si vibra en la madera. M&M, El mueble y la madera. (45): 49-53. 09/2004.

COLORADO C., Alexandra. “En términos de términos.... La confusión de los Istmos”. M&M, El mueble y la madera. (44): 08/2004.

CONRAN, Terence. La casa: Diseño e interiorismo. Londres, 2002

CONRAN, Terence. Diseño. Londres, 2002

CONTRERAS M, Wilver. Utilización de la planta musácea plátano (musa, grupo aab, cv "hartón") en la fabricación de tableros de partículas de plátano y cemento. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

CONTRERAS M, Wilver. Posibles incidencias de una agroindustria de insumos constructivos a partir de residuos de plátano. Universidad de Los Andes. Mérida, Venezuela.

CONTRERAS M Yoston., CONTRERAS M Wilver. OWEN DE C Mary.e.. GARAY J Darío A.. ROSSO Franz. Tableros Aglomerados de partículas de caña brava. (Gynerium sagittatum) y adhesivo urea–formaldehído. universidad de los Andes, facultad de ciencias forestales y ambientales. laboratorio nacional de productos forestales Inpf. grupo de investigación y desarrollo de la vivienda y el mueble gidevim – ula – Inpf. Mérida – Venezuela. www.infomadera.net/images/19267.pdf. (abril 15).

CROSS, Nigel. Métodos de diseño. México, Limusa Noriega. 1999. Pág. 190.

CHAPARRO G., Manuel Alejandro. Europa mas que un mercado, una oportunidad inexplorada. M&M, El mueble y la madera. (40): 37-47. 06/2003.

GARCIA, Edwin Alejandro. Los muebles no son juego de niños. M&M, El mueble y la madera. (45): 57-64. 09/2004.

Grupo de Investigación sobre nuevos materiales. “El poliéster insaturado un mundo de posibilidades”. Universidad Pontificia Bolivariana. Medellín. 2002.

HAYDEN, Wayne. Propiedades mecánicas., México, Centro regional de ayuda técnica, 1968.

HURTADO N. Carolina; ARENAS C. Natalia; “Desarrollo de laminados a partir de matrices de poliéster insaturado reforzado con fibra de vidrio mediante la técnica de laminación manual”. Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería de Metalurgia y Materiales”. Universidad de Antioquia, Medellín, 2004.

NORMA EUROPEA. Tableros de partículas y tableros de fibras. Determinación de la hinchazón en espesor después de inmersión en agua. **(EN 317)**.

NORMA ASTM. Método para evaluar propiedades en tableros de partículas de madera. **(ASTM D 1037-99)**.

ICONTEC. Maderas. preservativos cca para madera. Establece la clasificación, los requisitos y los ensayos a los que deben someterse los preservativos hidrosolubles para madera compuestos por sales u óxidos de cromo, cobre y arsénico.**(NTC 1764)**

ICONTEC. Maderas. determinación del contenido de humedad para ensayos físicos y mecánicos. Contiene aparatos, preparación de las probetas,

procedimiento, cálculo y expresión de resultados e informe del ensayo. **(NTC 206)**,

ICONTEC. Madera. tableros de partículas aglomeradas para aplicaciones interiores no estructurales. Establece las características que deben cumplir los tableros de partículas aglomeradas de madera u otro material lignocelulosico lijados sin recubrimiento para aplicaciones interiores no estructurales. **(NTC 2261)**,
ICONTEC Maderas. Tableros de fibra. Determinación del acabado superficial (rugosidad). Contiene aparatos, muestreo y probetas, procedimiento, expresión de resultados, reporte de ensayos. **(NTC 2942)**.

ICONTEC. Requisitos de las probetas pequeñas para los ensayos físicos y mecánicos de la madera. Establece tipo de madera, inclinación de las fibras, características geométricas y de peso. **(NTC 301)**.

ICONTEC. Maderas. Ensayos con probetas pequeñas. Contiene métodos primarios, recolección del material, disposición en el sitio de destino, orden, selección y número de ensayos, fotografías de las piezas, registro de duramen y de albura, flexión estática, flexión por impacto, compresión perpendicular. **(NTC 3377)**.

ICONTEC. Maderas. Toma de muestras para ensayos físicos y mecánicos. Establece definiciones, selección por zonas, selección de árboles, identificación botánica y datos para la identificación de las muestras. **(NTC 787)**

ICONTEC Maderas. Acondicionamiento para los ensayos físicos y mecánicos. Establece definiciones, protecciones contra insectos, grietas y acondicionamiento de viguetas verdes y preelaboradas. **(NTC 790)**.

ICONTEC Madera Contrachapada. Establece los requisitos que debe cumplir la madera contrachapada. **(NTC 698)**.

ICONTEC Materias primas para la industria de las maderas y contratipos. Resinas de urea - formaldehído, UF. Aplica a la resina de urea - formaldehído, UF para la elaboración de adhesivos utilizados en ensambles de madera, en la fabricación de contrachapados, tableros de partículas o de fibras y en algunos enchapados decorativos. **(NTC 5253)**.

ICONTEC. Muebles para el hogar, mesas. Establece, define, clasificación y designación. Condiciones generales, requisitos, forma de muestras y criterios de aceptación o rechazo. Ensayos, embalaje y rotulado. **(NTC 1987)**

ICONTEC Armarios y muebles similares. Métodos de ensayo para determinar estabilidad. Describe método de ensayos para determinar la estabilidad de armarios apoyados verticalmente incluyendo armarios para vajilla, vitrinas y bibliotecas totalmente montadas y listas para su uso. **(NTC 4956)**.

Informe realizado por la Oficina económica y comercial de la Embajada de España. El sector mueble y decoración en Colombia. Bogotá Febrero 2005.

JARAMILLO J., Maria Eugenia; TORO V., Lina Maria. Influencia de la modificación de la resina epoxi con elastómeros en el desarrollo de materiales compuestos naturales. Facultad de ingeniería química. Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana. 2003.

JIMENEZ, Catalina, GIRALDO, Isabel Cristina. La fibra de banano como refuerzo de materiales compuestos. Ingeniería textil. Medellín. Universidad Pontificia Bolivariana. 2002. Pág. 206.

KARL T, Ulrich, STEVEN D, Eppinger. Diseño y desarrollo de productos. México D.C., 3ª ed. Mc Graw Hill. 2004. Pág. 366.

MESA GRAJALES, Hernán Darío. Introducción al estudio de materiales no metálicos, polímeros, cerámicos y compuestos. Universidad tecnológica de Pereira. 2003. Pág. 253.

MIRAVETE, Antonio. Materiales compuestos.

PANERO, Julius y ZELNIK, Martín. Dimensiones humanas en espacios interiores: estándares antropométricos.

PERAZA S., Fernando; ARRIAGGA M., Francisco; PERALTA, José E. Tableros en madera de uso estructural. Madrid, ed Artes graficas Palermo. 2004.

RAMIREZ QUIROS, Roxana Maria. Producción de tableros de fibra a partir de caquis de banano. Licenciada en ingeniería química. Costa Rica. Universidad de Costa Rica. 1981. Pág. 66.

REYES R., Gustavo. Certificación: llave de entrada a los grandes mercados. M&M, El mueble y la madera. (40): 74-79. 12/2003.

ROMERO, Alba L. ¡un milímetro si es desplome!. M&M, El mueble y la madera. (40): 54-58. 12/2003.

STANTON, William J. Fundamentos de marketing. 10ª ed. Mc Graw Hill, Pag 151-227.

VAN DAM, Jan E.G. y BOS, Harriette. Efectos ambientales de las fibras naturales en aplicaciones industriales. Consulta sobre fibras naturales. Roma, 15-16 diciembre de 2004. www.fao.org

El sector y el mercado del mueble en Colombia. Proexport Colombia.

www.proexport.com.co. (marzo 26).

Productos diseñados para lofts. (en línea). España. www.elloft.com/principal.asp.
(abril 2).

Tipos de tableros aglomerados. Empresa BRICO TODO.

www.bricotodo.com/tipostableros.htm. (9 de mayo).

El sector del mueble en Colombia. (en línea). www.colombiacompite.gov.co

Estadísticas a cerca del PIB del sector de la manufactura en Colombia.

Departamento nacional de estadística. DANE. www.dane.gov.co

Ministerio de comercio, industria y turismo. Artesanías de Colombia S.A.

www.artesantiasdecolombia.com.co

Team Fierro. Empresa argentina dedicada al diseño, producción y
comercialización de muebles. www.teamfierro.com

Fábrica de aglomerados

<http://www.cotopaxi.com.ec/paginas/aglomerados/usos.htm>

Consulta sobre tableros aglomerados de partículas o de MDF, recubierto por
ambas caras con folio decorativo impregnado de resinas malamínicas. Placa
centro, Masisa ferandy. España, <http://www.ferandy.com/melam.htm>. (marzo 20).

Página Web, de maderas soriano, fábrica de tableros de madera:

<http://www.maderassoriano.com/tecnicos/datos-tab.html>

S.R.A INTERNACIONAL. Synthetic Resins and Adhesives International
Copyright, 2004. <http://www.sraintl.com/eUFC85.htm>

Pagina Web de portal de información. www.monografias.com

Pagina Web, Fabrica de Plásticos Plastiref.
[http://www.plastiref.cl/productos/poliester.htm#ortoftalica.](http://www.plastiref.cl/productos/poliester.htm#ortoftalica)