

**DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DEL USO DE MADERAS EN
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS**

SERGIO ANDRÉS BERNAL BARAJAS

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISICOMECANICA
INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2004**

**DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DEL USO DE MADERAS EN
PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS**

SERGIO ANDRÉS BERNAL BARAJAS

**Trabajo de Proyecto de Grado requisito indispensable para lograr el título
de Ingeniero Civil**

**Director:
Ricardo Cruz Hernández
P.hD. Ingeniería Civil**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD FISICOMECANICA
INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2004**

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis padres: Nelly Barajas y Argemiro Bernal, que con gran esfuerzo hicieron posible este triunfo, a mis hermanos que en las dificultades me dieron su apoyo, a mi novia Claudia Milena Basto que logro darme tranquilidad en los momentos difíciles y sobre todo a mi papa Dios en quien confío plenamente.

AGRADECIMIENTOS

- Al profesor y director de proyecto de grado Ph.D Ricardo Cruz Hernández
- A la Universidad Industrial de Santander y en general a todos los profesores y trabajadores de esta gran institución que participaron e hicieron posible este logro.
- A mis padres Nelly Barajas y Argemiro Bernal por guiarme y respaldarme, a mis hermanos y familiares que me apoyaron, en todas las decisiones que tome para terminar este documento.
- A el dueño y gerente de la Empresa constructora (MADECOL) Jorge Eduardo Serrano Mora y a el Administrador y tutor por parte de la Empresa Edgar Becerra y en general a todos lo miembros de esta organización.
- A mis amigos y mi novia por darme la tranquilidad emocional y hacer de mí una persona sociable y responsable.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO 1	
1.0 GENERALIDADES	2
1.1 IMPORTANCIA DE LA MADERA	2
1.2 COMPOSICIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA	3
1.3 PROPIEDADES DE LA MADERA	4
1.3.1 Propiedades físicas	4
1.3.2 Propiedades Químicas	9
1.3.3 Propiedades Mecánicas	10
1.4 LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN	14
1.4.1 Prejuicios de la construcción con madera	15
1.5 COMERCIALIZACIÓN DE LA MADERA	18
1.5.1 De árbol a madera	19
1.5.2 Aserrio de la madera	20
1.5.3 Aserrio por calidad	21
1.5.4 Clasificación de la madera	22
1.5.6 Dimensionamiento de la madera	22
1.6 VARIEDADES USADAS EN LA CONSTRUCCIÓN	24
1.6.1 Abarco	24
1.6.2 Caimito	24
1.6.3 Aceite Maria	25
1.6.4 Algarrobo	26
1.6.5 Sapan	26
1.6.6 Ciprés	27
1.6.7 Cedro	28
1.6.8 Maquí o Carreto	28
1.6.9 Guayacán	29
1.6.10 Chingalé	30
1.6.11 Chanúl	30
1.6.12 Perillo	31

CAPITULO 2	Pág.
2.0 RESUMEN DE LAS ACTIVIDADES REALIZADAS DURANTE LA PRÁCTICA	32
2.1 ACTIVIDADES, ANÁLISIS Y APORTE	32
2.1.1 Seguimiento	32
2.1.2 Investigación	32
2.1.3 Implementación	33
2.1.4 Visitas	33
2.1.5 Documentación	33
2.1.6 Supervisión	34
2.1.7 Recopilación de información	34
2.1.5 Aprendizaje	35
2.1.6 Producción	35
2.1.7 Tabla de actividades	36
CAPITULO 3	
3.0 ESTUDIO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS EN EL ASERRIO	37
3.1 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS	37
3.1.1 Identificación de procesos	38
3.1.2 Análisis de procesos	39
3.1.3 Descripción de procesos	51
3.2 PUESTA EN MARCHA	66
3.2.1 Encuesta	67
3.2.2 Acta de compromiso	68
3.2.3 Tiempos de procesos de maderas	70
CAPITULO 4	
4.0 MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS EN MADERA	71
4.1 OBJETIVO	71
4.2 GENERALIDADES	71
4.2.1 Terremoto y sismo resistencia	71
4.2.2 Sismo resistencia en cubiertas	74
4.2.3 Sistemas estructurales	74
4.2.4 Análisis y diseño	75
	Pág.

4.3	ESPECIFICACIONES DE LA CUBIERTAS	78
4.3.1	Definición de cubierta	78
4.3.2	Forma de la cubierta	79
4.3.3	Partes de una cubierta	80
4.3.4	Techado	80
4.3.5	Accesorios complementarios	81
4.3.6	Pendientes de la cubierta	81
4.3.7	Dimensiones y defectos de los materiales	82
4.3.8	Ensamblajes de maderas	84
4.4	PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CUBIERTAS EN MADERA	
4.4.1	Interpretación de Planos	85
4.4.2	Estudio de costos	90
4.4.3	Instalación de madera	93
4.4.4	Instalación de machihembre	106
4.4.5	Instalación del manto	110
4.4.6	Instalación de teja	114
4.4.7	Instalación de pintura	120
5.0	CONCLUSIONES	121
6.0	RECOMENDACIONES	122

LISTA DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. Partes del tronco	3
Figura 2. Tipos de Veteado	5
Figura 3. Casa con fachada en machihembre	13
Figura 4. Cubierta de madera con teja plana	13
Figura 5. Cubierta con teja de barro sostenida en polines de madera	14
Figura 6. Apoyo de cubierta con vigas en madera	16
Figura 7. Procesos de campo	19
Figura 8. Procesos de fábrica	20
Figura 9. Cortes	22
Figura 10. Porcentaje de uso del tronco	22
Figura 11. Pie tablar	23
Figura 12. Abarco	24
Figura 13. Caimito	24
Figura 14. Aceite Maria	25
Figura 15. Algarrobo	26
Figura 16. Sapan	26
Figura 17. Ciprés	27
Figura 18. Cedro	28
Figura 19. Maqui	28
Figura 20. Guayacán	29
Figura 21. Chingale	30
Figura 22. Chanul	30
Figura 23. Perillo	31
Figura 24. Mapa conceptual secuencia de procesos	38
Figura 25. Plano de MADECOL	50
Figura 26. Equipos descarga	51
Figura 27. Descarga 1	52
Figura 28. Descarga 2	52
Figura 29. Elementos	53
Figura 30. El arrume por filas y dimensiones	53
Figura 31. La separación entre maderas y su posición	54
Figura 32. Equipo de Inmunizado	55
Figura 33. El proceso de preparación	55
Figura 34. La sumergida	56
Figura 35. Secado al medio ambiente	57
Figura 36. Secado con aireación	57
Figura 37. Equipo de seguridad Lijado con pulidora	59
Figura 39. Acomodamiento de los elementos	59
Figura 40. Movimiento de la pulidora	60

Figura 41. Herramienta de trabajo Sellado	61
Figura 42. Aplicación de sellador con pistola de aire	61
Figura 43. Aplicación de sellador con brocha	62
Figura 44. Aplicación de sellador al machihombre	62
Figura 45. Lijado a mano	63
Figura 46. Posición de manos	65
Figura 47. Posición de piernas	65
Figura 47. Zonas de amenaza sísmica en Colombia	72
Figura 48. Estructura y cuerpo libre	74
Figura 49. Solicitación de esfuerzos.	75
Figura 50. Estructura y deformaciones	76
Figura 51. Diagrama de cuerpo libre de una estructura típica en madera	77
Figura 52. Tipos de teja para cubiertas en madera	78
Figura 53. Vertientes de cubierta	79
Figura 54. Partes de una cubierta	80
Figura 55. Accesorios de cubierta	81
Figura 56. Pendientes	82
Figura 57. Clasificación visual por defectos	82
Figura 58. Medidas	83
Figura 59. Detalles de uniones clavadas	85
Figura 60. Detalles de uniones con tornillos	85
Figura 61. Plano estructural	86
Figura 62. Zoom del plano estructural	86
Figura 63. Plano arquitectónico	87
Figura 64. Zoom del plano arquitectónico	87
Figura 65. Fachada principal	88
Figura 66. Fachada posterior	88
Figura 67. Vivienda lista para la instalación de madera	93
Figura 68. Identificación de cumbreras	94
Figura 69. Posición de la cumbrera	95
Figura 70. Identificación de limahoyas y limatesas	95
Figura 71. Ubicación de limahoyas y limatesas	96
Figura 72. Corte de falsa oblicua	96
Figura 73. Corte de falsa inclinada	97
Figura 74. Detalles del corte	97
Figura 75. Unión con platina metálica.	98
Figura 76. Manguera de niveles y unión con puntilla	98
Figura 77. Viga cumbrera secundaria	99
Figura 78. Identificación de correas o alfajías.	100
Figura 79. Espina de pescado.	100
Figura 80. Forma de subir y ubicar los elementos.	101
Figura 81. Corrección de posición y de medida de correas	101
Figura 82. Cortes y corrección de falsa	102
Figura 83. Corrección de niveles	102

Figura 84. Corte de pines y Anclaje	103
Figura 85. Cajón y taladrado	103
Figura 86. Escafiar	104
Figura 87. Partes del anclaje	104
Figura 88. Encoroce	105
Figura 89. Casa enmaderada	105
Figura 90. Instalación del machihembre de alero	106
Figura 91. Repuntillado	107
Figura 92. Ubicación machihembre de calidad	107
Figura 93. Puntas	108
Figura 94. Corte de puntas	108
Figura 95. Machihembre cortado	109
Figura 96. Machihembre protegido	109
Figura 97. Material de impermeabilización	110
Figura 98. Tela asfáltica	111
Figura 99. Traslapo	111
Figura 100. Impermeabilización con gabela	112
Figura 101. Cortes y uniones	112
Figura 102. Detalles de impermeabilización	113
Figura 103. Terminado de detalles	113
Figura 104. Cubierta con manto	113
Figura 105. Gabela interna o de machihembre	114
Figura 106. Detalle de traslape e instalación	115
Figura 107. Flanches sobre gabela externa o de manto	115
Figura 108. Ubicación de teja con gabela	116
Figura 109. Cubierta entejada con gabela	116
Figura 110. Canales internos (flanches)	117
Figura 111. Malla electro soldada	117
Figura 112. Empalme de teja plana	118
Figura 113. Ubicación de teja plana	118
Figura 114. Cubierta con teja plana	119
Figura 115. Canal	119
Figura 116. Cubierta sin preparar y preparada	120
Figura 117. Mezcla de productos para pintura	121
Figura 118. Pintada y terminada de cubierta	121

LISTA DE TABLAS

Pág.

Tabla 1. Clasificación de maderas por densidad	6
Tabla 2. Clasificación de maderas de mayor a menor densidad	6
Tabla 3. Clasificación de maderas según textura	8
Tabla 4. Comparación en la composición química de madera y corteza	10
Tabla 5. Valores de resistencia en dirección paralela a la fibra	11
Tabla 6. Tabla comparativa de aserrados	21
Tabla 7. Plan de trabajo	36
Tabla 8. Descarga	39
Tabla 9. Almacenamiento	40
Tabla 10. Inmunizado	41
Tabla 11. Secado	42
Tabla 12. Lijado Pulidora	42
Tabla 13. Sellado	43
Tabla 14. Lijado a mano	44
Tabla 15. Carga obra	45
Tabla 16. Descarga Machihembre	46
Tabla 17. Secado Machihembre	46
Tabla 18. Lijado en trompo	47
Tabla 19. Sellado Machihembre	48
Tabla 20. Lijado a mano Machihembre	49

Tabla 21. Carga obra Machihembre	49
Tabla 22. Tiempos de procesos	70
Tabla 23 Cotización de cubierta	92

RESUMEN

TÍTULO: DOCUMENTACIÓN TÉCNICA DEL USO DE MADERAS EN PROYECTOS CONSTRUCTIVOS DE VIVIENDAS*

AUTOR: SERGIO ANDRÉS BERNAL BARAJAS**

PALABRAS CLAVES: CUBIERTAS, LUQUERNAS, LIMAHOYAS, LIMATESAS, CUMBRERAS

DESCRIPCIÓN

Este documento contiene información sobre el uso de maderas en proyectos constructivos de vivienda, específicamente en relación a cubiertas en madera para casas campestres.

El capítulo 1 contiene información, la cual se recopiló de distintas fuentes, que hablan sobre los procesos necesarios para llevar la madera de su estado natural a las industrias madereras, las cuales la comercializan para distintos usos, también habla sobre las variedades de maderas más usadas en la construcción y especifica las propiedades y características de cada una de ellas. El capítulo 2 contiene las actividades realizadas durante el desarrollo del proyecto de grado el cual se realizó con la modalidad de práctica empresarial. Por otra parte se muestra la descripción de los procesos que se le hacen a la madera en el aserrio de la empresa MADECOL con un análisis de costos por valor agregado y los aportes realizados en el aserrio para optimizar y organizar los procesos que se nombran allí.

El aporte investigativo del proyecto de grado es un manual de construcción de cubiertas en madera para viviendas, el cual está enumerado como el capítulo 4 de este libro, allí se muestran los pasos de oficina y de obra que se deben realizar para la construcción de cubiertas en madera.

* Trabajo de Grado

** Facultad de Ciencias Físicomecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Ricardo Cruz Hernández

SUMMARY

TITLE: TECHNICAL DOCUMENTATION OF THE USE OF WOOD IN CONSTRUCTIVE PROJECTS OF HOUSINGS* *

AUTHOR: SERGIO ANDRÉS BERNAL PACKS OF CARDS** * *

KEY WORDS: COVERED, LUQUERNAS, LIMAHOYAS, LIMATESAS, CUMBRERAS

DESCRIPTION

This document contains information on the use of wood in constructive projects of housing, specifically in relation to covered in wood for country houses.

He surrenders 1 it contains information, which you gathers of different sources that talk about the necessary processes to take the wood from their natural state to the timber industries, which market it for different uses, also talks about the varieties of wood but used in the construction and it specifies the properties and characteristic of each one of them. He surrenders 2 it contains the activities carried out during the development of the grade project which one carries out with the modality of he/she practices managerial. On the other hand the description of the processes is shown that are made to the wood in the aserrio of the company MADECOL with an analysis of costs for added value and the contributions carried out in the aserrio to optimize and to organize the processes that are named there.

The investigative contribution of the grade project is a construction manual of covered in wood for housings, the one which this enumerated as the I surrender 4 of this book, there the office steps are shown and of work that they should be carried out for the construction of covered in wood.

* Work of Grade

** Ability of Sciences Físicomecánicas. School of Civil Engineering. Ricardo Cruz Hernández

INTRODUCCIÓN

Dentro de los sectores económicos, la construcción es una de las actividades que más requiere de recursos para satisfacer las demandas espaciales, necesarias para el desarrollo de las actividades humanas. La madera como recurso natural renovable producto de los bosques o de las plantaciones, ofrece una de las materias primas utilizadas y demandadas por el sector constructivo en un bajo porcentaje. Por ser ésta una materia prima con alto potencial para la construcción, se plantea la necesidad de diseñar estrategias de aprovechamiento sostenible, que optimicen los procesos, faciliten su uso, fortalezcan la demanda departamental, la oferta tecnológica, la demanda de productos y la generación de empleo.

Gracias a la oportunidad que dio la Universidad Industrial de Santander (UIS) y la empresa MADECOL se pudo desarrollar esta tesis con la modalidad de práctica empresarial, que resalta la importancia de generar el uso de la madera, como material de primera necesidad en la elaboración de cubiertas, mezanines, quioscos y otras estructuras en las que MADECOL ofrece sus servicios.

Con a la activación de la economía del país, la construcción volvió a ser una gran fuente de empleo, lo que hizo que las empresas que trabajan con madera volvieran a producir y procesar, grandes cantidades de madera, que en su mayoría son usadas para la construcción de cubiertas. Es esta necesidad la que hace que la ingeniería civil se interese más en este campo desaprovechado y que da la oportunidad de aportar y aprender más sobre este material a los profesionales que están dedicados a la construcción.

El objetivo de esta tesis, es dar a conocer las formas teórico-prácticas, que normalmente se usan en la construcción de techos y cubiertas elaboradas en madera, ya que en nuestra región, las empresas dedicadas a estas labores son pocas y en su mayoría desarrollan estas actividades en forma empírica.

Se elaboró un documento con las actividades propias de una empresa maderera dedicada a la construcción de vivienda y se propuso una optimización de los procesos involucrados en la misma, calculando volúmenes de madera procesada y rendimientos.

1. GENERALIDADES

1.1 IMPORTANCIA DE LA MADERA

Desde la más remota antigüedad el hombre ha usado la madera para construir viviendas, puentes, medios de transporte, herramientas, armas utensilios domésticos, muebles y muchas cosas más. Esta diversidad de usos tan diferentes entre si, explica en parte la importancia universal de la madera. Es un material muy abundante, aproximadamente un tercio de la tierra esta cubierto de árboles.

Explotada y utilizada de manera racional, técnica y planificada, la madera es un recurso renovable que puede llegar a ser un importante generador de divisas para el país, mejorando los niveles actuales de exportación.

La variedad de especies utilizables y las características de cada una de ellas permiten a los industriales de la madera disponer de alternativas de selección acordes con el uso que le quiera dar, puesto que nuestro país es un generador natural de este material, dándole la opción de elegir al gusto del consumidor, entre distintas variedades de madera.

La producción de madera debe enriquecer los procesos de conservación de los recursos naturales y debe favorecer la evolución de las actividades humanas, garantizando la satisfacción de sus necesidades. Por esto se plantea la necesidad de reflexionar ante una "nueva cultura" que se puede crear alrededor del uso de la madera, porque no se refiere únicamente a productos finales como lo es una construcción, sino que también se crea una estrecha relación entre la satisfacción de necesidades espaciales, funcionales y la cadena de producción forestal.

Para trabajar la madera adecuadamente, es importante conocer las características de cada tipo de madera. Cuando alguien pretende trabajar con la madera, una de las más importantes condiciones previas es conocer bien las características de la materia prima; eso nos permitirá saber qué posibilidades de uso nos da el tipo de madera y cuál de ellas se ajusta mejor a las intenciones.

En el área de la construcción en Colombia y especialmente en Santander, el uso de madera como elemento estructural esta algo limitado, ya que por ser Santander una región montañosa y de temperaturas relativamente altas, no se presta para el cultivo y crecimiento natural de especies madereras, excepto en algunas zonas donde se produce madera para carpintería.

El 70% del Oriente Colombiano, no es una región productora de madera, lo que hace que el uso de esta tenga un valor agregado por transporte, que pasa directamente al consumidor final, haciendo que las viviendas con estructuras de madera sean costosas en esta parte del país.

1.2 COMPOSICION Y CARACTERÍSTICAS DE LA MADERA

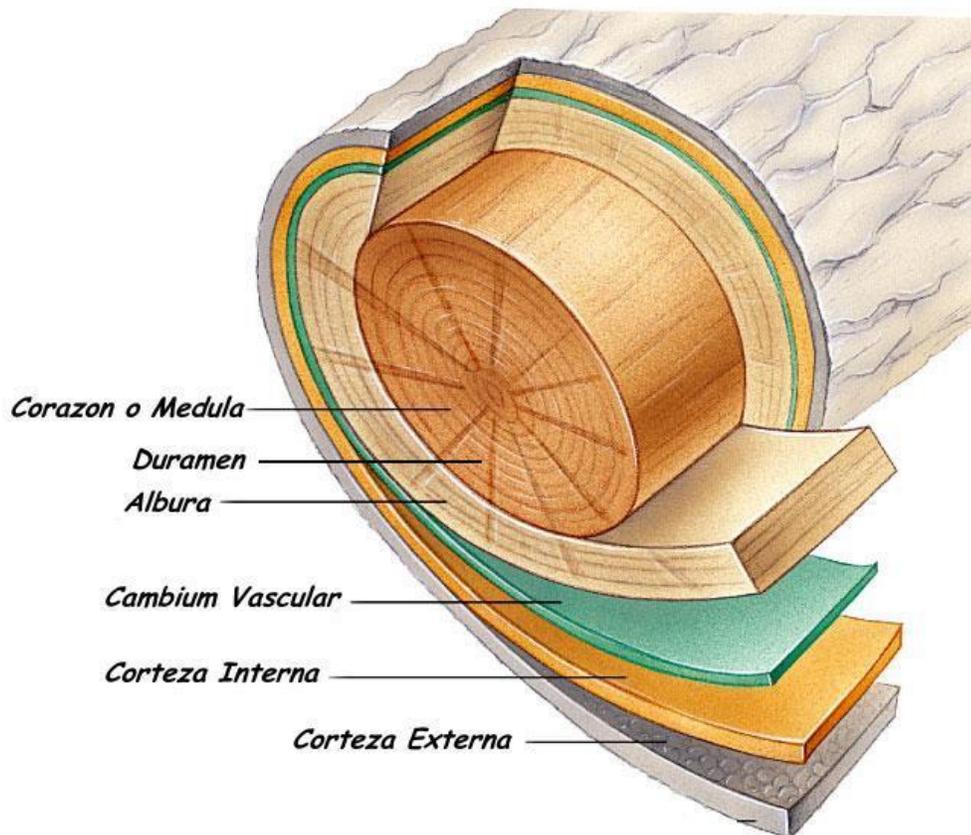
La madera está compuesta de fibra de celulosa agrupada en paquetes y unidas entre sí por un pegante natural llamado lignina. Aproximadamente el 95% de las fibras están organizadas de manera vertical (a lo largo) y el resto a lo ancho formando los anillos. Las fibras tienen canales por donde circulan o donde se almacenan sustancias como: agua, aceites, resinas, colorantes y sales.

Las principales células verticales en árboles de maderas suaves son las traqueidas y fibras en árboles de maderas duras. En ambos casos, estas células son muy similares a un palillo. Su principal papel es el de mover agua de las raíces a las hojas para la fotosíntesis.

Las lígulas son los principales tipos de células horizontales en todas las especies arborícolas, tienen paredes celulares delgadas y se usan para almacenamiento de alimentos y transporte radial de líquidos. Las lígulas son características importantes en la identificación de maderas.

El tronco o fuste se ubica entre la raíz y la copa. Está compuesto de millones de células leñosas que forman fibras, radios y vasos, cada uno de los cuales desempeñan funciones como las de sostén, conducción y almacenamiento de nutrientes de reserva.

Figura 1. Partes del tronco



El tronco contiene pequeños tubos que transportan agua desde las raíces a las hojas; estos vasos conductores están dispuestos verticalmente en el tronco y son los que forman su veta. El tronco de un árbol no crece hacia lo alto (excepto en su parte superior), sino a lo ancho, y la única sustancia del tronco destinada a su crecimiento es una fina capa situada entre la corteza y la madera, llamada *cambium*.

Desde el centro del tronco al borde encontramos el **corazón y duramen** constituidas por un tejido poroso, esta última es la que da origen a las maderas que se utilizan en la construcción. Luego la **albura**, que a medida que el árbol envejece sus fibras obtienen mayor compacidad. Después el **cambium**, madera más joven y de color más claro que al ser sus fibras conductoras de savia es inestable y poco resistente al ataque de agentes externos y por lo tanto no tan usada en la construcción.

Finalmente encontramos la **corteza**, no usada en la construcción excepto el corcho como aislante, constituida en dos partes, en la interior por el liber, materia viva, fibrosa sin resistencia y en la exterior por la epidermis, materia muerta.

1.3 PROPIEDADES DE LA MADERA

1.3.1 Propiedades físicas

Las propiedades de la madera dependen, del crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco.

La forma como están organizadas las fibras y demás elementos, su tamaño, el grado de compactación, el tamaño de los poros, el contenido de humedad de otros compuestos determinan el comportamiento y usos.

– *El color.* Resulta de la presencia de aceites, resinas, colorantes y sales. Sirve para identificar algunas especies y da una guía acerca de la resistencia y durabilidad. Las maderas de colores oscuros son más resistentes y durables. El color de la madera varía, según el corte que se le haga al tronco en el aserrio, desde el corazón hacia la corteza, la madera varía su color de tonos oscuros a claros, independientemente de la especie.

– *El olor.* Los productos que componen la estructura leñosa de la madera no tienen olor, es decir, no emiten fácilmente moléculas libres al aire. Por consiguiente, cuando estas tienen olor se debe a los productos que impregnan la misma o a los producidos por la acción de hongos u otros microorganismos. También, al menos en la albura, el olor puede ser debido a la descomposición de productos de reserva que se encuentran en el parénquima, tales como hidratos de carbono, proteínas, ceras y aceites. Las proteínas especialmente dan un olor muy desagradable cuando se descomponen, lo que explica que la albura de algunas especies cortadas en tiempo caluroso tenga un olor fuerte y desagradable.

El olor de la madera sana en la mayoría de los casos no existe, o es demasiado débil para ser detectado por el hombre. El olor producido por los productos de impregnación es más pronunciado en la madera verde que en la que se ha secado. Igualmente, es más

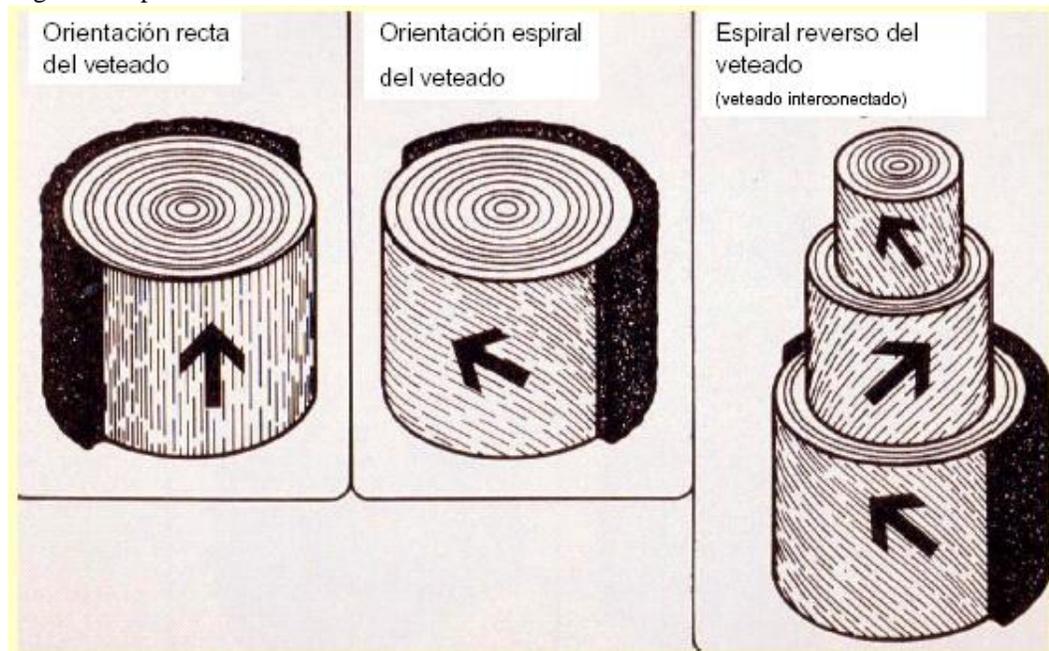
pronunciado en el duramen que en la albura, y en las superficies recién cortadas. También sirve en algunos casos para la identificación.

– *El veteado.* Son figuras que forman las fibras con su orientación y su color. Es una propiedad importante en la identificación de ciertas especies y en la elección de los acabados decorativos y protectores.

La orientación del veteado puede resultar en un veteado de patrón anormal que obstaculiza el procesamiento primario de la madera.

Esta propiedad es la culpable de que algunas maderas sean más difíciles de cepillar y en algunas especies, se dificulta la pulida ya que sus palillos se oponen al movimiento circular de la pulidora.

Figura 2. Tipos de veteados



Fuente: Anatomía de la madera [1]

– *La densidad.* Se puede definir como el grado de compactación de las fibras de la madera. Está relacionada directamente con el peso y resistencia. Mayor densidad, significa mayor peso y resistencia general.

Es posiblemente la propiedad de la madera, que mas estudios se le ha realizado en los países desarrollados, las investigaciones se han enfocado a la densidad, pues es ésta propiedad la que define el uso, que se le debe dar a las especies y determina cual especie es la mas productiva a la hora de cultivar, la densidad de la madera se calcula tomando muestras de distintas partes del tronco y luego sumergiéndolas en agua, para aplicar la conocida formula de $D = M/V$, se calcula el peso y se divide sobre el volumen desplazado.

Según la densidad las maderas se pueden clasificar como:

Tabla 1. Clasificación por densidad

Pesadas (Densas):	Semipesadas (Semidensas)	Livianas (Poca Densas)
Son de alta resistencia a deformaciones, impactos, corte y ataques de plagas y animales. Su secamiento es lento y son relativamente difíciles de trabajar con máquina y herramientas. Se usan para muebles finos, columnas, vigas, escaleras, etc.	Con propiedades intermedias entre las maderas pesadas y las livianas. Como por ejemplo: El Roble, La Caoba. Por lo general la maderas semipesadas se usan para muebles, marcos de puertas, armarios, ventanas, etc.	Relativamente blandas y deformables cuando se someten a esfuerzos, secan rápido y se trabajan con facilidad. Como por ejemplo El Pino. Estas maderas se usan habitualmente para muebles económicos, armarios, enchapes, cielos rasos, etc.

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

La densidad aparente varía no solo de unas especies a otras, sino aún en la misma con el grado de humedad y parte del tronco. Para hallar la densidad media de un árbol hay que sacar probetas de varios sitios.

La siguiente nomenclatura se hace por su densidad básica y así esta clasificada en la norma Colombiana **NRS 98 Capítulo G**.

- * Pesadas (**Grupo A**), si es mayor de 0.710 gr/cm^3
- * Semipesadas (**Grupo B**), si está comprendida entre 0.560 y 0.700 gr/cm^3
- * Livianas (**Grupo C**), si está comprendidas entre 0.400 y 0.550 gr/cm^3

La densidad aparente de las maderas mas usadas en Colombia, secadas al aire, son:

Tabla 2. Clasificación de maderas de mayor a menor densidad

Sapan.....	Grupo A	0.93 – 0.98	gr/cm^3
Maquí o Amargoso.....	Grupo A	0.91 – 0.94	gr/cm^3
Algarrobo.....	Grupo A	0.77 – 0.92	gr/cm^3
Guayacán.....	Grupo A	0.73 – 0.92	gr/cm^3
Abarco.....	Grupo A	0.73 – 0.81	gr/cm^3
Flor Morado.....	Grupo B	0.64 – 0.71	gr/cm^3
Chanul.....	Grupo B	0.60 – 0.69	gr/cm^3
Ciprés.....	Grupo B	0.54 – 0.58	gr/cm^3
Perillo.....	Grupo B	0.46 – 0.51	gr/cm^3
Chingalé.....	Grupo C	0.44 – 0.47	gr/cm^3
Móncoero.....	Grupo C	0.41 – 0.45	gr/cm^3
Cedro.....	Grupo C	0.42 – 0.45	gr/cm^3

La densidad básica (DB) se define como el cociente entre la masa en estado anhidro (madera seca) y el volumen de la madera en estado verde (VV). Por ser la masa numéricamente igual al peso, con fines prácticos se puede utilizar el peso específico aparente básico (PEB), definido como el coeficiente entre el peso anhidro (PA) y el volumen verde (VV), en lugar de la densidad básica. La determinación del peso específico aparente se hará según la norma NTC 290.

– *El contenido de humedad.* Las maderas absorben o ceden humedad, esto modifica el comportamiento y propiedades generales. A medida que aumenta el contenido de humedad disminuye la resistencia, se producen deformaciones, aparecen ampollamientos, pérdida de brillo, blanqueo y mal olor.

La madera contiene agua de constitución, inerte a su naturaleza orgánica, agua de saturación, que impregna las paredes de los elementos leñosos, y agua libre, absorbida por capilaridad por los vasos y traqueidas.

Como la madera es higroscópica, absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera, hasta conseguir un equilibrio, diciéndose que la madera esta secada al aire libre.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre el 50 y 60 por ciento, y por imbibición puede llegar hasta el 250 y 300 por ciento. La madera secada al aire contiene del 10 al 15 por ciento de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el tanto por ciento de humedad, se ha convenido en referir los diversos ensayos a una humedad media internacional de 15 por ciento. No es objetivo de este texto hacer una profundización en el cálculo de estos datos ya que en algunas publicaciones anteriores, ha este proyecto se ha estudiado el fenómeno.

La humedad de las maderas se aprecia, además del procedimiento de pesadas, de probetas, húmedas y desecadas, y el calorimétrico, por la conductividad eléctrica, empleando girómetros eléctricos. Estas variaciones de humedad hacen que la madera se hinche o contraiga, variando su volumen y por consiguiente, su densidad.

– *La textura.* Se refiere al tamaño de los elementos anatómicos de la madera, tiene gran importancia cuando la madera queda expuesta al interior de una vivienda.

De esta propiedad depende el buen acabado de las construcciones y de los objetos elaborados para acabados en viviendas, siendo una prueba fehaciente de un buen trabajo.

Indica el tamaño de los poros y de los demás elementos de la madera, según ésta propiedad se clasifican así:

Tabla 3. Clasificación según textura.

Fina	Mediana	Gruesa
Los poros y otros elementos que la componen son de un tamaño pequeño. Son muy fáciles de recubrir y preparar, con los selladores y lacas.	Los poros y otros elementos que la componen, son de mediano tamaño. El grado de dificultad para el sellado y laqueado es mayor, y se deben tomar ciertas consideraciones.	Los poros y otros elementos que la componen son gruesos o de gran tamaño. Las maderas de textura gruesa se deben sellar muy bien para obtener un buen acabado y rendimiento al pintarla. El grado de dificultad para este proceso es mayor y deben tomarse en cuenta todas las recomendaciones para una buena preparación de las superficies.

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

– *El aislamiento térmico.* Por su composición y estructura la madera es excelente aislante del calor. Esto depende de la dirección de las fibras, la densidad, presencia de nudos, grietas y contenido de humedad. Como una guía, las maderas de alto contenido de humedad son inferiores como aislantes del calor.

La dilatación térmica es función del coeficiente de dilatación lineal, el cual es muy pequeño, pudiendo ser despreciado a la hora de hacer el dimensionamiento, de los espacios en el diseño de una vivienda.

– *El aislamiento acústico.* Las maderas livianas (pino, ciprés, caoba, balso) absorben el sonido. Por lo que son aprovechadas en el diseño de divisiones.

El pino ciprés, es la madera que se utiliza para hacer el machihombre, el cual se emplea en la construcción de cubiertas de casas y edificios, para garantizar que los sonidos producidos por el viento y el agua, al golpear la cubierta sean bien amortiguados.

– *Contracción e Hinchamiento.* La madera cambia de volumen según la humedad que contiene. Cuando pierde agua, se contrae o merma, siendo mínima en la dirección axial o de las fibras, no pasa del 0.8 por ciento; de 1 a 7.8 por ciento, en dirección radial, y de 5 a 11.5 por ciento, en la tangencial.

La contracción es mayor en la albura que en el corazón, originando tensiones por desecación que agrietan y alabea la madera.

El hinchamiento se produce cuando absorbe humedad. La madera sumergida aumenta poco de volumen en sentido axial o de las fibras, y de un 2.5 al 6 por ciento en sentido perpendicular; pero en peso, el aumento oscila del 50 al 150 por ciento. La madera aumenta de volumen hasta el punto de saturación (20 a 25 por ciento de agua), y a partir de él no aumenta más de volumen, aunque siga absorbiendo agua. Hay que tener muy presente estas variaciones de volumen en las piezas que hayan de estar sometidas a oscilaciones de sequedad y humedad; que es lo que normalmente vemos en las maderas

usadas para la construcción, dejando espacios necesarios para que los empujes que se produzcan no comprometan la estabilidad de la obra.

1.3.2 Propiedades químicas

El estudio de las propiedades químicas de la madera, como es de suponerse, tiene su origen en los fluidos que contienen las plantas, en el interior de su tronco. El 90% de las plantas de donde se obtiene la madera (árbol) tienen un mismo principio de intercambio de fluidos, así como en el ser humano hay sangre, en las plantas está la savia, quien se encarga de darle al vegetal sus propiedades químicas.

En la actualidad los países mas desarrollados, utilizan algunas de estas plantas como sustancias básicas, para la elaboración de antídotos y remedios. Las plantas con principios activos antioxidantes contienen fotoquímicos que estimulan las enzimas antioxidantes benéficas del cuerpo humano y se han demostrado que son mucho más fuertes que la misma vitamina E. Estos vegetales son también conocidos como "ayudantes de vida", porque ayudan a crear y mantener las vías de desintoxicación en el cuerpo humano.

– *Composición química de la corteza.* La composición química de la corteza es muy compleja, existe un gran número de diferentes tipos de compuestos químicos en la corteza, los mismos, son una fuente inagotable de productos naturales biológicamente activos, muchos de los cuales han constituido el modelo para la formulación de fármacos, venenos e insecticidas. A pesar de ello, desde el punto de vista económico, el aislamiento, separación y purificación de los compuestos químicos se hace inviable por los altos costos en los que se incurren para realizar estas operaciones.

La composición química de la corteza depende de muchos factores, tales como: localización, edad, condiciones de crecimiento del árbol, especie y los métodos de obtención de las muestras. Químicamente la corteza difiere de la madera por la presencia de polifenoles y suberina, así como por la presencia de un menor porcentaje de polisacáridos y un porcentaje más alto de extractivos. El contenido mineral de la corteza es también mucho más alto que en la madera.

La corteza libre de extractivos contiene carbohidratos, suberina, ácidos fenólicos, pequeñas cantidades de lignina y materiales inorgánicos. Una gran proporción de la corteza está constituida por polifenoles y puede presentar grandes variaciones dependientes de factores como especie, edad, condiciones de crecimiento y otros.

El término polifenol se refiere a un gran número de compuestos relacionados entre sí, derivados principalmente de flavenos. Los más comunes en la corteza pertenecen a dos grupos de polímeros, los flavonoides y la lignina.

Los flavonoides de acuerdo a su solubilidad o a su tamaño molecular pueden clasificarse en:

1. Proantocianidinas: Grandes flavonoides dímeros y trímeros, solubles en acetato de etilo.
2. Taninos condensados: polímeros solubles en mezcla acetona-agua.
3. Polímeros fenólicos ácidos (solubles sólo en álcali diluido).

En la tabla 4 a continuación se puede observar la variación de la composición química entre madera y corteza de coníferas.

Tabla 4. Comparación en la composición química de madera y corteza de coníferas.

Sustancia	Madera	Corteza
Lignina	25-30%	40-55%
Polisacáridos	66-72%	30-48%
Extractivos	0,2-0,9%	0,2-2,5%
Cenizas	0,2-0,6%	> 2,0

Fuente: Anatomía de la madera [1]

– *Extractivos.* Bajo esta denominación se incluye una inmensa variedad de compuestos orgánicos que en términos de trabajo se pueden remover de la pared celular mediante disolventes neutros (alcohol, acetona, éter, hexano, agua, etc.) o bien mediante arrastre de vapor.

Son materiales no fibrosos de bajo peso molecular, no son parte integral de la estructura de la pared de las fibras, a menudo se encuentran dispersos y depositados en el lumen celular o impregnando las paredes de las células. Los extractivos en general, representan un 5% de la masa seca de la corteza, aunque su cantidad puede estar sujeta a amplias variaciones en función de la dotación genética de la planta y medio ambiente (desde 2% hasta más de 50%).

Estos materiales extraños difieren significativamente en clases y composición química, por lo que es difícil establecer un sistema rígido de clasificación y han sido agrupados como materiales orgánicos e inorgánicos.

1.3.3 Propiedades mecánicas

Las propiedades mecánicas de la madera son resistencia, dureza, duración, rigidez y densidad, de la que ya hablamos anteriormente. Ésta última suele indicar propiedades mecánicas puesto que cuanto más densa es la madera, más fuerte y dura es. La resistencia engloba varias propiedades diferentes; una madera muy resistente en un aspecto no tiene por qué serlo en otros. Además la resistencia depende de lo seca que esté la madera y de la dirección en la que esté cortada con respecto a la veta. La madera siempre es mucho más fuerte cuando se corta en la dirección de la veta; por eso las tablas y otros objetos como postes y elementos estructurales, se cortan así. La madera tiene una alta resistencia a la compresión, en algunos casos superior, con relación a su peso a la del acero. Tiene baja resistencia a la tracción y moderada resistencia a la cizalladura.

– *Resistencia.* La alta resistencia a la compresión es necesaria para cimientos y soportes en construcción. La resistencia a la flexión es fundamental en la utilización de madera en estructuras, como viguetas, travesaños y vigas de todo tipo. Muchos tipos de madera que se emplean por su alta resistencia a la flexión presentan alta resistencia a la compresión y viceversa; pero la madera de roble, por ejemplo, es muy resistente a la flexión pero más bien débil a la compresión, mientras que el sapan es resistente a la compresión y débil a la flexión.

Otra propiedad es la resistencia a impactos y a tensiones repetidas. El nogal americano y el flor morado son muy duros y se utilizan para hacer bates de béisbol y puertas principales.

La resistencia depende de la densidad y en consecuencia, de la humedad. Como ejemplo el abeto, con una humedad del 12% tiene una densidad de 0.46 Kg/cm²; el roble, con la misma humedad, tiene una densidad del 0.68 Kg/cm². Cuando mas densa es una madera, mayor es su resistencia.

– *Dureza.* La dureza de la madera es la resistencia que opone al desgaste, rayado, clavado, etc. Depende de su densidad, edad, estructura y si se trabaja en sentido de sus fibras o en el perpendicular. Cuanta más vieja y dura es, mayor la resistencia que opone. La madera de corazón tiene mayor resistencia que la de albura, la crecida lentamente obtiene una mayor resistencia que la madera que crece de prisa.

Tabla 5. Valores de resistencia en dirección paralela a la fibra

Clases de madera	Resistencia a la Tracción en Kg/cm ²	Resistencia a la Presión en Kg/cm ²	Resistencia a la Flexión en Kg/cm ²	Resistencia a la Cortadura en Kg/cm ²
<i>Bálsamo</i>	125	120	150	15
<i>Guayacán</i>	120	110	140	12
<i>Sapan</i>	104	50	87	10
<i>Maquí</i>	90	60	35	11
<i>Abarco</i>	90	85	100	12
<i>Roble</i>	90	60	10	11
<i>Ciprés</i>	60	50	60	10
<i>Chingalé</i>	55	40	60	8

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Por su dureza se clasifican en:

- Muy duras; maquí, cerval, sapan, guayacán, bálsamo
- Bastante duras; roble, flor morado, álamo, almendro.
- Algo duras; caracolí, ciprés, nogal, teca, abarco
- Blanda; abeto, ceiba, chingalé, sauce.
- Muy blandas; tilo, coco blando.

– *Duración.* La durabilidad natural de una madera es la resistencia natural que presenta frente al ataque de los distintos agentes degradadores. Los agentes degradadores pueden ser abióticos (atmosféricos, mecánicos o químicos) y bióticos (hongos cromógenos, hongos de pudrición, insectos de ciclo larvario o insectos sociales). La mayor o menor durabilidad de una madera depende del mayor o menor contenido de resinas, taninos, aceites, etc que impregnan sus tejidos. El duramen contiene más sustancias protectoras que la albura, por lo que es más resistente.

La madera es, por naturaleza, una sustancia muy duradera. Si no la atacan organismos vivos puede conservarse cientos e incluso miles de años. Se han encontrado restos de maderas utilizadas por los romanos casi intactos gracias a una combinación de circunstancias que las han protegido de ataques externos.

De los organismos que atacan a la madera, el más importante es un hongo que causa el llamado desecamiento de la raíz, que ocurre sólo cuando la madera está húmeda.

La duración de la madera varía mucho con la clase y medio. A la intemperie, y sin impregnar o impermeabilizar, depende de las alternativas de sequedad y humedad. El roble dura 100 años; álamo y el sapan, 60 a 90 años; pino, maquí, mónico, 40 a 80 años; cedro, chingalé dura 30 años.

La albura de todos los árboles es más sensible a los ataques de agentes externos; sólo el duramen de algunas especies resiste a estos agentes. Algunas maderas, como la teca, son resistentes a los organismos perforadores marinos, por eso se utilizan para construir embarcaderos. Muchas maderas resisten el ataque de los termites como la secuoya, el nogal negro, el sangre toro y muchas variedades de cedro. En la mayoría de estos casos, las maderas son aromáticas, por lo que es probable que su resistencia se deba a las resinas y a los elementos químicos que contienen.

Al decir que una madera es muy durable no significa nada si no lo referimos a un determinado agente destructor. Por otra parte, el origen de la madera y la dureza no tienen nada que ver con la duración natural de la misma, por tanto, es erróneo decir que las maderas tropicales tienen mayor duración natural que las maderas de zonas templadas (depende de la especie).

De todas formas podemos establecer la siguiente clasificación de maderas, en donde la durabilidad se refiere a la duración natural de la madera en exterior:

* *Maderas muy durables:* Cumarú, Aceite Maria, Bálsamo, Guayacán, Maquí, Lapacho, Nogal, Palisandros, Palo Rosa, Pino Canario, Sapan, Teca, etc.

* *Maderas medianamente durables:* Balata, Cedro, Caoba, Castaño, Chingalé, Ebano, Mónico, Pino Silvestre, Saino, Roble, etc.

* *Maderas poco durables:* Abedul, Abeto, Aliso, Arce, Ceiba, Balso, Caracolí, Cativo, Cerezo, Ciprés, Chopo, Eucalipto, Fresno, Haya, Sande, etc.

1.4 LA MADERA COMO MATERIAL DE CONSTRUCCIÓN

Figura 3. Casa con fachada en machihombre



Fuente: Diseños y estructuras en madera [3]

La madera es la primera fuente energética para el 40% de la población del mundo en áreas subdesarrolladas, dos terceras partes son usadas para la industria de la construcción, la carpintería y los accesorios mobiliarios, la otra parte se utiliza para diferentes procesos industriales, como la industria del papel . Por esto se sitúa al sector de la construcción como uno de las mayores responsables de su uso.

La madera es tal vez el material más antiguo en construcción, sus excelentes resultados y aplicaciones se contemplan en obras arquitectónicas de gran belleza en Europa, Estados Unidos y algunos países de América Latina; sin embargo en Colombia, donde el recurso forestal abunda y la calidad de las maderas es garantía para aplicaciones estructurales, los prejuicios y temores han limitado su uso de manera injusta.

Figura 4. Cubierta de madera con teja plana



Este fenómeno es resultado también, de los pocos estudios realizados en los aspectos de diseño, con estructuras de madera y sobre todo en las regiones mas productoras de madera, donde los estudios de sismo resistencia de estructuras construidas con este preciado material, has sido casi nulos, construyendo en muchas ocasiones, empíricamente.

La madera es uno de los poquísimos materiales que puede considerarse como polivalente: se ha usado como estructura y como cerramiento interior y exterior, también en laminados, en carpintería, techumbres y cubiertas, pavimentos, lámparas, mobiliario, etc.

Figura 5. Cubierta con teja de barro sostenida en polines de madera



Fuente: Diseños y estructuras en madera [3]

Esta realidad, paradójica por cierto, rivaliza con las excelentes condiciones que presenta Colombia en materia forestal y con las posibilidades del material en sí mismo, porque si bien es cierto que nuestros niveles de investigación tecnológica en madera no alcanzan los europeos y carecemos de la tradición que dan los años, también es cierto que existe un desconocimiento evidente sobre nuestras especies.

El SENA, uno de los institutos que se ha interesado en hacer investigaciones y posteriores publicaciones sobre la madera, tiene pequeños vacíos en lo que respecta a detalles de construcción, lo cual hace que los maestros y constructores tomen decisiones que deberían ir soportados, por un cálculo antes hecho por un ingeniero, dándole aun mas desconfianza a los consumidores. Este es un hecho que hace que el mercado alrededor de la madera, esté algo distorsionado de lo que verdaderamente es, ya que se presta para hacer construcciones por debajo del precio que debería tener normalmente, sin dar opción de entrar a competir a nuevos y mejores diseños.

1.4.1 Prejuicios de la construcción con madera

Uno de los prejuicios más comunes tiene que ver con la resistencia del material frente al fuego, desconociendo que éste, si bien es combustible, también es mal conductor de calor. “La madera empieza a arder en su periferia, se vuelve carbón y éste actúa como aislante térmico frenando la combustión y permitiendo que el material interno

permanezca intacto, lo contrario ocurre con el acero que al calentarse pierde rigidez y colapsa”, además en caso de un incendio, es mas factible que la persona resista a la combustión de la madera, que no es tan tóxica como la del concreto o el caucho.

Una segunda sombra que se extiende sobre la madera como material estructural, es el prejuicio con respecto a la humedad, y frente a ella son claros los mecanismos de seguridad según los estudios; construir relativamente elevado del suelo de manera que las bases permanezcan aisladas de plantas y zonas pastosas y además, utilizar barreras como telas asfálticas, polietileno, entre la madera y los cimientos, esto garantiza gran impermeabilidad.

De hecho las estructuras de poco peso como garajes, se pueden construir de manera que la madera que esta haciendo la función de columna, quede enterrada en una zapata de concreto.

Todas y cada una de las soluciones desarrolladas por el hombre para asegurar el buen comportamiento de la madera en construcción, de acuerdo a la experiencia, arrojan los mejores resultados y por eso desconocer las ventajas del material parece insensato. El norte apunta entonces a explorar posibilidades y cambiar la óptica para aprovechar realmente el recurso, no se quiere decir con esto que el uso de la madera en la construcción sea irresponsable y se hagan edificaciones sin estudios previos de sismo resistencia o fallas por deformaciones en el material.

La aparente invulnerabilidad del concreto y esa confianza que por tradición tiene el colombiano hacia los materiales de mampostería son entre otras, algunas de las razones para que en Colombia el uso de la madera en construcción se limite a techos y acabados, cuando son ya conocidas las propiedades mecánicas y de resistencia que presenta el material. Por ejemplo, la madera tiene un comportamiento excepcional en zonas sísmicas, pues absorbe mejor las fuerzas dinámicas de los temblores dada su flexibilidad, elasticidad y de hecho, una estructura de madera puede ser 5 veces más liviana que una en concreto, lo que reduce la inercia evitando la aceleración de la estructura y su colapso.

El verdadero problema es que los ingenieros y arquitectos colombianos no estudian, ni las universidades enfocan las materias, a las construcciones con madera.

Por otro lado, la madera también actúa como material aislante del frío o calor, ya que conduce mal la temperatura; 1 centímetro de espesor en madera trabaja igual que 4 centímetros de arcilla o ladrillo o bien como 10 de concreto; sumado a esto, su resistencia en maderas de tipo A como el caimito o algarrobo, es similar a la del concreto normal, es decir 210 kilos por cm, 2 o 3 mil libras por pulgada cuadrada, cualidad mas que desconocida, ignorada.

A nivel de costos de fabricación, la madera puede ser más económica que la mampostería dependiendo de la variedad empleada y la zona donde se va a construir. En algunos países de Sur América, existen estructuras fabricadas totalmente en eucalipto, especie que presenta un excelente comportamiento estructural y cuyo precio no resulta tan elevado frente a maderas preciosas.

Particularmente en Colombia, esta especie no tiene aplicación en el campo referido porque no se han explotado sus potencialidades.

Vale señalar que los costos de la madera para su empleo en construcción están directamente relacionados con el desarrollo de la industria forestal de cada país o región, es decir, mientras se desarrolla productiva, organizada y eficazmente la actividad forestal, los precios tienden a bajar, caso inverso si dicha evolución padece de vicios.

Por eso en Colombia, realizar sistemas constructivos en madera puede representar mayores inversiones dados los vacíos en manejo y aprovechamiento, la falta de explotación de nuevas especies, los vicios en la comercialización por intermediaciones y la tendencia, muy propia, a ignorar los parámetros que sobre la materia condensan documentos como 'La Norma Sismo Resistente NSR-98' o 'El Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino'.

Figura 6. Apoyo de cubierta con vigas en madera



Igualmente, el país cuenta con un 68 por ciento de su territorio apto para tener bosque, pero sólo existe en el 46 por ciento de la superficie nacional. Colombia está en la zona geográfica más soleada del planeta y es el cuarto en el mundo en riqueza hídrica, contando así con las condiciones perfectas para la producción rentable y sostenible de la madera y sin embargo, sólo se utiliza el 11 por ciento de lo talado, 6 por ciento en la fabricación de papel y similares y 5 por ciento en construcción y muebles. La razón de tan ínfimo uso en construcción tiene "argumentos" que saltan fácilmente del plano cultural al económico, es también de anotar que las explotación en algunas zonas del país no sea hecha con sensatez y esto ocasiona que las entidades gubernamentales prohíban la tala de estas maderas.

Esta situación tiene su origen en el manejo que las facultades de arquitectura e ingeniería han dado al tema de la madera, pues señala que sólo hasta hace algunos años cuando se popularizaron en nuestro país las estructuras en acero, provenientes del Ecuador inicialmente, algunas facultades incluyeron en sus programas de estudios las cátedras para madera. Así, generaciones anteriores nunca estudiaron este material y menos lo consideraron para sus obras, el resultado salta a la vista.

Por eso, actualmente los centros de investigación y universidades como la Nacional de Colombia y la Universidad Industrial de Santander (UIS) han realizado estudios para conocer las propiedades mecánicas y físicas de nuestras maderas y otros materiales como la guadua, la cual hace parte de una especie de madera. Igualmente han investigado sus tecnologías y fácil manipulación.

La Universidad Nacional de Colombia realizó un trabajo para el Pacto Andino fabricando prototipos (casas) en Bogotá y Cartagena que compitieron perfectamente con otras en ladrillo y cemento, lo que demuestra a la luz actual, tres hechos: el desaprovechamiento del recurso, el desconocimiento frente a investigaciones adelantadas por autoridades reconocidas y la despreocupación por cambiar esta realidad.

Los aspectos anteriores han originado una serie de problemas económicos delicados, como falta de estandarización de los elementos estructurales para obra, que sin duda, es consecuencia de los altos costos que la construcción con madera, tiene en el país.

Las medidas de las secciones de madera que tradicionalmente se vienen comercializando no se ajustan a las necesidades reales que se requieren estructuralmente para construir, las pocas secciones que normalmente se consiguen no son las más ventajosas para empleo estructural.

Por ejemplo, una casa de dos pisos debe tener como diámetro en sus columnas 14 centímetros y sin embargo la medida “tradicional” es de 10, dimensión insuficiente para vigas o columnas. Igualmente, para construcción se debe trabajar con elementos de 29 centímetros de altura pero el mercado sólo ofrece 20, que para muros y techos puede funcionar, pero desestima otras áreas que aplican este calibre.

Para regular este problema, El Pacto Andino en ‘*El Manual de Diseño para maderas*’ buscó estandarizar estas medidas a través de la ampliación de los rangos de uso, es decir, de las 7 secciones existentes se pasó a 19, número que permite a constructores y arquitectos fabricar fácilmente cualquier tipo de construcción siguiendo las medidas allí contenidas. Pero son pocas las inmunizadoras y expendios que venden estos calibres y número de secciones a pesar de su obligatoriedad, porque no se conoce su existencia, los profesionales no las exigen para su trabajo o los aserrios no tienen la maquinaria necesaria para crearlas.

La falta de estandarización industrial de piezas encarece la madera para su empleo pues los niveles de desperdicio aumentan, el aprovechamiento es mínimo y en ocasiones la calidad tampoco es la requerida. Las maderas comercializadas sin seguir normas definidas que garanticen calidad, además de generar sobrecostos, pueden comprometer el trabajo estructural, pues en buena parte de los casos, provienen de bosques nativos donde las condiciones de crecimientos de los árboles no son reguladas y por lo tanto no aseguran un buen comportamiento estructural.

Y es aquí donde se toca el segundo gran eslabón de la serie: el atrofiamiento que padece la cadena forestal nacional caracterizada por una cultura de reforestación y certificación

en vía de desarrollo, hecho que no ha permitido intensificar la producción de piezas, su consumo masivo, precios rentables, su aplicación y de paso, el desarrollo de mano de obra calificada para el trabajo constructivo en madera.

Todo esto hace que los políticos y dirigentes del país, en cabeza del mismo presidente de la república, se interesen un poco más por esta área de investigación y apoyen a los institutos que están haciendo esfuerzos por mejorar a nuestra región.

1.5 COMERCIALIZACIÓN DE LA MADERA

En Colombia la construcción con madera esta normatizada por el **capítulo G** de la **NRS-98** y el **Capítulo C.8 - Estructuras de madera** (Consejo de Bogotá), **ACUERDO 20 DE 1995** y en la explotación por el **ACUERDO 22 DEL 8 DE JUNIO DE 1993** apoyado en el **artículo 219 del Código Nacional de los Recursos Naturales Renovable y de Protección al Medio Ambiente** y otros artículos y decretos de la Constitución de Colombia que limitan y condicionan la explotación de algunas especies en vía de extinción y que promueven la forestación, buscando hacer de la madera un recurso renovable.

En la **Cartilla de Construcción con Madera** editado por la **Junta del Acuerdo de Cartagena** se dan las normas para la construcción de todo tipo de edificaciones en madera, con sus parámetros y lo relacionado con el proceso que implica traer la madera desde el bosque hasta el aserrio. Como reseña se hará un breve resumen de lo expuesto en este libro.

1.5.1 De árbol a madera

La exploración de la zona se inicia con la observación, aérea o terrestre, de las características de área para detectar la topografía, las facilidades de comunicación y tener una idea del tipo de bosque existente. Una vez seleccionada la zona y realizada la cartografía se procede a efectuar el inventario. Esta actividad consta en determinar el tipo de bosque que se encuentra en el área: bosque de pantano, bosque de colina, bosque de terraza, y las existencias maderables tanto en cantidad (m^3/Ha), como en calidad.

Con los datos del inventario se determina el potencial de corte anual con el fin de planificar el aprovechamiento, de acuerdo con la capacidad de suministro de materia prima por unidad de superficie.

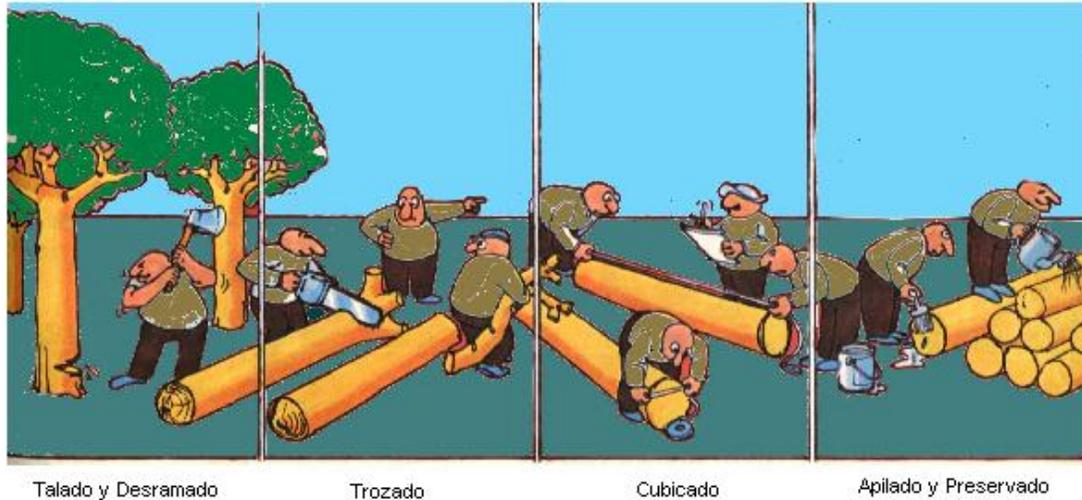
Conocidas las existencias de madera, se elabora el plan de industrialización, que contempla los procesos de transformación de acuerdo con usos previamente establecidos.

Para realizar el inventario, se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

- * Diámetro a la altura del pecho: Diámetro a 1.30 m sobre el terreno
- * Altura comercial: longitud del tronco desde la parte inferior del tronco hasta la ramificación de la copa.

* Volumen de la madera: El volumen aproximado de la madera se obtendrá multiplicando el área de la sección transversal del tronco, tomada a la altura del pecho (área basal), por su altura comercial y por un coeficiente de forma.

Figura 7. Procesos de campo



Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

La madera se comercializa o se vende al aserrio en forma de troza y consiste en dar a la madera, con sierras manuales o mecánicas, una escudaría determinada, para obtener piezas de grandes dimensiones o tablones. Las fases del aserrado son descortezado, cortes principales, canteado y despuntado

La extracción es el proceso en el cual el árbol es talado y desramado, para luego trozar el tronco de acuerdo con las longitudes comerciales requeridas. Luego se realiza la cubicación real de la troza u obtención del volumen de madera en función de su longitud y de sus diámetros mayor y menor.

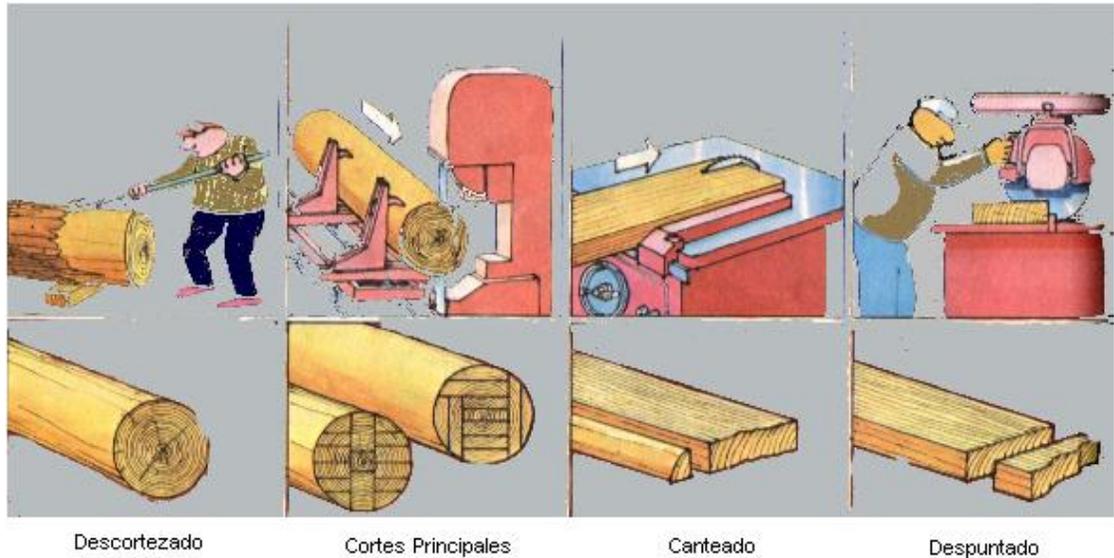
$$V = AB \times hc \times f \quad V = \text{volumen} \quad f = \text{coeficiente de forma}$$

$$AB = \text{Área basal} \quad hc = \text{Altura comercial}$$

Las actividades de extracción y reforestación deberán formar parte de un proceso equilibrado y continuo, con la finalidad de aprovechar indefinidamente los productos del bosque. La reforestación se realiza en terrenos descubiertos de vegetación o en áreas donde se desea enriquecer los bosques objeto del aprovechamiento.

Al efectuar la reforestación se debe tener en cuenta las condiciones ecológicas del lugar, con el fin de determinar la especie o especies que se utilizan, igualmente hay que considerar los turnos o ciclos de la predicción y los costos del proceso, para efectuar los cálculos económicos correspondientes.

Figura 8. Procesos de fábrica



Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

Paralelamente a la obtención de piezas, se van seleccionando las mismas a base de la apreciación visual de su calidad, desechando aquellas con defectos considerables. Luego son apiladas en un patio.

Al hacer estos procedimientos hay que tener en cuenta que los problemas que sufren los árboles durante su crecimiento no afecten la madera. Se conocen defectos de los troncos como: poco duramen, corazón descentrado, grietas acebolladas, grietas por tracción y compresión, corteza inmadura, etc.

En forma de tablones es como se comercializa la madera en la mayoría de las ciudades principales de Colombia, estos tablones surten los aserrios que procesan la madera para la construcción y también a la mayoría de empresas que producen muebles y acabados en madera.

1.5.2 Aserrio de la Madera

El procedimiento para aserrar las trozas es el siguiente:

1. Conseguir las trozas, cortarlas uno mismo, comprarlas y medirlas.
2. separarlas por especie y tamaños
3. Dimensionarlas
4. Aserrarlas de acuerdo a los pedidos, considerando espesores anchos y grados.
5. Dimensionar a escuadra los cuatro lados
6. Apilar de acuerdo a la longitud, espesor, ancho, grado especies y medir.

Hay diferentes tipos de aserraderos con sus ventajas y desventajas.

Tabla 6 Tabla comparativa de aserrados

Tipo de aserrado	Ventajas	Precio	Desventajas
De banda delgada	*Operado por una persona * Es portátil	Bajo	Baja producción
Sierra de cinta sencillo	*Producción media *Es fijo	Medio	Necesita mucha potencia Requiere una buena afiladura
Sierra de cinta doble	*Alta producción *Es fijo	Alto	Necesita mucha potencia Requiere una buena afiladura
Circular	*Mediana producción *Portátil	Bajo	Limita la producción 10000 FBM/día
Circular doble	*Alta producción *Es fijo	Medio	*Necesita tensionado por martillo *Costoso

Fuente: Catálogo de máquinas para aserrado (Dewalk) [5]

Cada empresa tiene su propio tipo de aserrado, en los cuales se pueden encontrar mejores características para cada uno de ellos.

Las empresas que usan aserrados circulares portátiles con sierras de diámetros entre 48 plg (122.2 cm) y 60 plg (152.5 cm). La sierra es con dientes cambiables, preferiblemente de carburo de tungsteno, la que da una vida útil entre 5-6 veces más y cuestan el doble del precio que la de dientes fijos.

Estas sierras pueden ser afiladas con un esmeril que se monta directamente en la sierra sin necesidad de desmontarla. Los dientes pueden ser cambiados sin desmontar la sierra.

Las sierras algunas veces se sobrecalientan y se deforman, entonces deben desmontarse y tensionarse con el martillo. Estos aserrados producen 10000 FBM o 24 m³ por día con la ayuda de una canteadora con hoja variable y un cargador para poner las trozas en su lugar para ser aserradas y moverlas de la pila de trozas.

1.5.3 Aserrio por calidad

Aserrar por calidad es importante si se quiere un mejor retorno del dinero invertido. Se debe dar vuelta a la troza para aserrar la mejor cara que vaya quedando en el material. Las tablas deben cantearse dejando muy poca o ninguna madera faltando. Las tablas deben contarse longitudinalmente de nuevo para eliminar defectos. Se debe aserrar con el pedido en la mano para obtener el máximo retorno de las trozas.

1.5.4 Clasificación de la madera

Aparentemente no existe una buena clasificación de los productos de la madera en Colombia. La gente esta utilizando las designaciones Norteamericanas (FAS, #1, #2....) sin un verdadero entendimiento de lo que ello significa. Esta clasificación hace referencia a las partes del tronco donde probablemente se encuentre una variación en la calidad de la madera, a medida que se va del Corazón o medula hacia la corteza del tronco.

La forma más usual de comercializar la madera en Santander es con la unidad de medida norteamericana llamada pie tablar.

- 1 = FAS
- 2 = #1 Común
- 3 = #2 Común
- 4 = Cant

Porcentaje promedio de producción

FAS	20%
# 1 Común	20%
# 2 Común	30%
Cant	15%
Residuos	15%
	100 %

Figura 9. Cortes

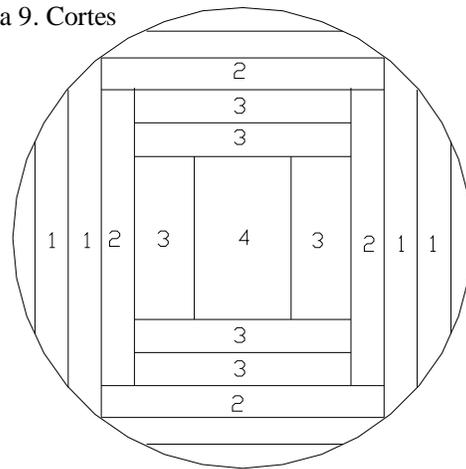
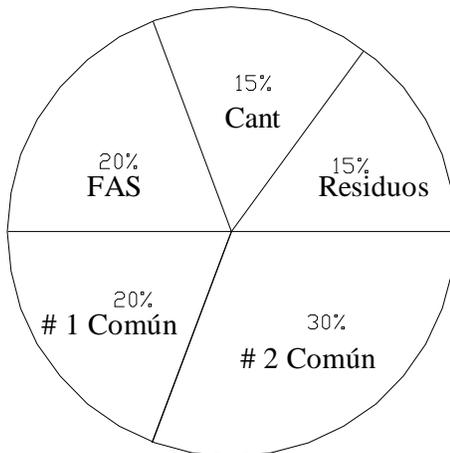


Figura 10. Porcentaje de uso del tronco



Utilidad en dólares (aprox.)

FAS	20% * \$500 = \$100.00
#1 Común	20% * \$300 = \$ 60.00
#2 Común	30% * \$200 = \$ 60.00
Cant	15% * \$150 = \$ 23.00
	Total = \$ 243.00

Estos precios varían según el tipo de madera

1.5.5 Dimensionamiento de la madera

En Colombia hay muchas maneras de medir la madera aserrada, las cuales pueden ser:

- * Metros cúbicos (m^3)
- * Pulgadas Madereras (Tica PMT)
- * Pies tablares (FBM)
- * Varas

Los dos primeros (m^3 y FBM) y las varas son los de mayor uso en Colombia y el tercero se usa en centro América, el FMB se usa para exportar e importar madera hacia Norte América (USA y Canadá). Los metros cúbicos son usados a nivel mundial excepto en América del Norte.

Es importante tener en cuenta los siguientes factores de conversión:

$$1m^3 = 424FBM$$

$$1m^3 = 35.34pies^3$$

$$2.358m^3 = 1000FBM$$

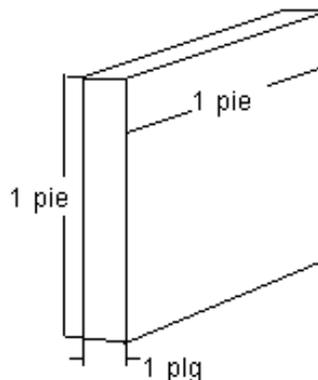
$$1 \text{ var} = 33pug$$

$$1PMT = 1" \times 1" \times 4 \text{ var}(132pug)$$

La medición de la madera puede ser bastante fácil y convertir de un sistema a otro lo es también, si se tiene claro como pasar o hacer dicha conversión de un sistema a otro.

Cuando se esta negociando la madera, debe utilizarse una forma de medida que sea satisfactoria para el comprador y el vendedor. En Santander la medida más común en el mercado de las maderas es el FBM. (Pie tablar)

Figura 11. Pie tablar



La figura 11 muestra las dimensiones que tiene un pie tablar, se calcula según la conversión que $1 \text{ FBM} = 0.0023 \text{ m}^3$, un pie tablar tiene un costo entre 18 y 50 pesos según la variedad de madera

1.6 VARIEDADES DE MADERAS USADAS EN LA CONSTRUCCIÓN

1.6.1 Abarco

Figura 12. Abarco



Densidad: 0.55 gr/cm³

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Lecythidaceas, otros nombres son: albarco, caobano, chibuya, cobano, coco abarco, poná, tabarí, etc. Se encuentra desde Costa Rica, Brasil, Venezuela hasta Bolivia. En Colombia se hallan en los Santanderes, Amazonas, Magdalena medio.

Árbol que puede alcanzar hasta 40 metros de altura y 2.0 m. de diámetro. Las raíces son profundas y con bambas pobres. Tronco recto a cónico, la corteza externa es de color marrón oscuro, bastante fisurada, la cual se desprende en tira largas que se usan como cordages. La albura es de color marrón claro rosáceo con transición gradual a duramen de color marrón rosáceo claro hasta oscuro. Seca rápidamente al aire libre, alcanzando un contenido de humedad del 20% en menos de 120 días y con poca tendencia a la torcedura y rajadura. De durabilidad muy alta, resiste a ataques de hongos e insectos. Se usan para durmientes de ferrocarril, crucetas para postes, postes para líneas aéreas, construcciones normales, es el más usado en Antioquia, para la construcción de cubiertas y escálelas.

1.6.2 Caimito

Figura 13. Caimito



Densidad: 0.74 gr/cm³

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de la Sapotáceas, otros nombres son: camitillo, balata blanca, caimito morado, ajora. Se encuentra desde México, Ecuador, Perú, Brasil hasta Bolivia. En Colombia se halla en la zona de Urabá, la Amazonía, la costa Pacífica, el Choco, los llanos Orientales y en la zona Nor-Oriental.

Árbol que alcanza una altura hasta de 40m y un diámetro de 0.70 m. Tronco cilíndrico con raíces tablares bajas y agudas. La corteza externa es gris a café. La albura es de color marrón claro, con transición gradual a duramen de color marrón rojizo. Olor y color ausentes o no distintivos. Es moderadamente difícil de secar al aire libre, presentando grietas y deformaciones leves, difícil de labrar con herramientas manuales y en los procesos de maquinado. Muy poco resistente al ataque de hongos e insectos. Se usa para vigas, columnas, muebles, pisos, puertas y construcciones en general.

1.6.3 Aceite Maria

Figura 14. Aceite Maria



Densidad: 0.46 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Clusiaceas, otros nombres son: aceite cachicamo, mario, balsa maría, palo maría, etc. Se encuentra desde México, Panamá, Venezuela, Ecuador, Bolivia hasta Brasil. En Colombia se halla en la Costa Pacífica, serranía de San Lucas, Amazonas, Llanos Orientales y Santanderes.

Presenta hojas simples, fruto una drupa globosa. El tronco es recto y cilíndrico, con una altura comercial promedio de 15 m. Corteza externa de color gris amarillento a rojo oscuro. La albura es de color blanco rosáceo, transición gradual al duramen de color rozado rojizo. Olor y sabor ausente o no distintivo. La madera es moderadamente difícil para secar al aire libre, muestra cierta tendencia a torcerse durante el proceso de secado, es considerada de muy durable a modernamente durable, es algo difícil para aserrar, debido a la goma que desprende. Se usa en construcciones interiores, puentes, traviesas, minera, carrocerías, canoas, pisos, armarios y encofrados.

1.6.4 Algarrobo

Figura 15. Algarrobo



Densidad: 0.77 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de Caesalpinaceas, otros nombres son: jutahí, guapinal, nazareno, guanano, quenuaque, etc. Se encuentra desde México, Guyana, las antillas, Brasil, Venezuela, Ecuador y Perú. En Colombia se halla en los departamentos de Atlántico, Bolívar, Córdoba, Meta, Guanina, Magdalena, Antioquia, Huila y Tolima.

Árbol que secreta una gomorresina (Copal) y que alcanza alturas de 40 m. y diámetros de 1m, la albura es de color marrón muy pálido, con transición abrupta a duramen de color rojo amarillento. Moderadamente difícil para secar al aire libre, presenta algunos agrietamientos, deformaciones y endurecimiento superficial. Se considera de durable a muy durable en contacto con el suelo, es moderadamente difícil de trabajar debido a su alta densidad. Se usa en la fabricación de implementos deportivos, partes de botes, telares, pianos, partes para maquinas y carpintería en general.

1.6.5 Sapan

Figura 16. Sapan



Densidad: 0.82 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de la Fabaceas, otros nombres son: Biscocho, kabari, manona, maíz tostado, masano, etc. Se encuentra desde las Guyanas Británicas, Trinidad y Tobago, Granada, Venezuela, Brasil, hasta Perú. En Colombia se halla en el Magdalena medio, la Amazonía y en Antioquia.

Árbol que alcanza una altura hasta de 35 m y un diámetro de 0.90 m, tronco recto, cilíndrico y sin aletones en su base, la corteza es de color pardo blanquizca y ligeramente rugosa. La albura es de color rozado claro, con transición abrupta a duramen de color castaño oscuro a castaño claro a veces con manchas grandes bien definidas. Es moderadamente difícil de secar al aire libre, presenta deformaciones y ocasionalmente grietas superficiales. Muy resistente al ataque de hongos y moderadamente resistente al ataque de temitas, es algo difícil de labrar con herramientas manuales y en las diferentes operaciones de maquinado. Se usa en pisos construcciones en general, carrocería, parquet, tablilla y carpintería.

1.6.6 Ciprés

Figura 17. Ciprés



Densidad: 0.40 gr/cm³

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Cupresáceas, otros nombres son: Pino común, cedro blanco, ciprés de México, etc. Se encuentran en estado natural formando rodales casi puros en las montañas de México, Guatemala, El Salvador y Honduras. En Colombia se han plantado, dando buenos resultados en Antioquia, Cundinamarca, Valle del Cauca y Cauca.

Árbol que alcanza hasta 40 m de altura y un diámetro no mayor a 1.5 m, raíces bastantes superficiales, tronco columna cilíndrico, generalmente acanalado en su parte baja en árboles viejos. La albura es de color crema y el duramen presenta un color café. Madera que seca rápidamente al aire libre presentando algunas grietas y deformaciones. Se puede considerar como no durable, se mancha por acción de los hongos y cuando esta verde es susceptible a ataque de insectos, fácilmente trabajable. Se usa en muebles, carpintería construcciones livianas, generalmente como machihombre o tablilla, para empaques, pisos de escalera y cielo raso.

1.6.7 Cedro

Figura 18. Cedro



Densidad: 0.42 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Meliáceas, otros nombres son: Cedro blanco, cedro caoba, cedro oloroso, cedro clavel, cedro real, etc. Se encuentra desde México, centro América, Panamá, Venezuela, Brasil, Perú, hasta el Paraguay. En Colombia se halla en la zona de Urabá, Bajo Calima, Tumaco, Antioquia, Norte de Santander.

Árbol que alcanza una altura de hasta 60 m y un diámetro hasta de 1.50 m, Tronco recto y cilíndrico con aletones pequeños en la base. La albura es de color rozado claro o amarillento blanquecino, con transición gradual a duramen que varía de color desde rozado, amarillo a marrón, olor aromático. La madera seca rápido y fácilmente al aire libre, con poca tendencia a presentar deformaciones. Es difícil de trabajar cuando se somete a los diferentes sistemas de inmunización, madera fácil de trabajar con herramientas manuales, moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos. Sus usos más comunes son en decoración de interiores, carpintería, ebanistería, moldes de fundición, talla, puestas y ventanas.

1.6.8 Maquí o Carreto

Figura 19. Maqui



Densidad: 0.77 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Apocináceas, otros nombres son: Cumula, amargoso, carretillo, quimola, macuiro y chivato. Se encuentran desde Colombia, Paraguay, Perú, Brasil, Bolivia hasta la Argentina. En Colombia se halla en la costa Atlántica, Valle seco del Río Magdalena, Tolima, Huila, los Santanderes y el Amazonas.

Árbol que alcanza hasta los 40 m y un diámetro hasta de 0.90 m, tronco cilíndrico y corto, la albura es de color amarillo quemado claro, poco diferenciable del duramen, que varía desde un color amarillo quemado hasta un amarillo-marrón. Olor ligeramente penetrante y sabor amargo. Moderadamente difícil de secar al aire, presentando deformaciones y grietas superficiales. Resistente a moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos. Se usa para carpintería peldaños de escaleras, carrocerías, mangos para herramientas, polines, durmientes, vigas, puentes y es el más usado en Santander para la construcción de cubiertas en casas residenciales.

1.6.9 Guayacán

Figura 20. Guayacán



Densidad: 0.92 gr/cm³

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Bignoniáceas, otros nombres son: Roble amarillo, coralibe, alumbre, poliarco amarillo, palo de arco, polvillo, etc. Se encuentra desde Trinidad y Tobago, Granada, México, Guatemala, Nicaragua, Costa Rica, Perú, Venezuela hasta Bolivia. En Colombia se halla en la ribera del Río Cauca, Magdalena medio, Pto Berrío, Vaupés, la Amazonia y los montes de Oca en la Guajira.

Árbol que alcanza una altura de 45 m y un diámetro de 1.20 m, tronco cilíndrico y recto. Albura es de color crema grisáceo o marrón claro, con transición abrupta a duramen de color oliva claro hasta oscuro. Durante el secado se presentan deformaciones, rajaduras en los extremo y agrietamientos superficiales, todos muy leves. Madera moderadamente difícil de aserrar y de buen comportamiento a la trabajabilidad. Es altamente resistente al ataque de hongos e insectos. Se usa en traviesas, postes y construcciones en general.

1.6.10 Chingale

Figura 21. Chingale



Densidad: 0.35 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Bignoniáceas, otros nombres son: Guabillo, Escobillo, Chevin, Pavito, Cedro blanco, etc. Se encuentra desde Costa Rica Venezuela, hasta Brasil. En Colombia se halla en la región de Urabá, Caquetá, Magdalena medio, Tolima, Nariño, Huila, Choco, Santander, Arauca, Putumayo y el Amazonas.

Árbol que alcanza alturas hasta de 35 m y diámetro de 0.80 m, fuste recto acanalado, sin bambas. La madera es de color blanco amarillento con poca o ninguna diferencia entre la albura y e duramen. Seca rápidamente y con pequeñas deformaciones. Se deteriora en poco tiempo al contacto con en el suelo o expuesta a la humedad. Fácil de inmunizar y de trabajar con herramientas de mano y con maquinaria, con excepción del cepillado ya que la superficie queda fibrosa. Se usa para cajas, pulpa y papel, decoración de interiores, closet, armarios y carpintería en general.

1.6.11 Chanul

Figura 22. Chanul



Densidad: 0.69 gr/cm^3

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Humiriaceas, otros nombres son: Chano, chanú, diañemiu, aceituno, batea, etc. Se encuentra desde Costa Rica, Panamá, Guyanas, Venezuela, Perú, Ecuador hasta Brasil. En Colombia se halla en la Costa Pacífica y en la cuenca de los Ríos Calima y Patía.

Árbol que alcanza una altura hasta de 40 m y un diámetro de hasta 1.20 m, el tronco es recto, cilíndrico y con raíces tablares. La albura es de color rosado, con transición gradual al duramen de color marrón rojizo con manchas oscuras. La madera es moderadamente difícil de secar al aire libre, presentando rajaduras en los extremos y lados. Es difícil de tratar con cualquier método de inmunización, es moderadamente difícil de trabajar con maquina y herramienta comunes, es una madera moderadamente resistente al ataque de hongos e insectos. Se usa para traviesas de ferrocarril, pisos, construcciones pesadas a la intemperie, construcción en general e implementos para la agricultura.

1.6.12 Perillo

Figura 23. Perillo



Densidad: 0.51 gr/cm³

Fuente: Las maderas en Colombia [2]

Árbol de la familia de las Apocináceas, otros nombres son: Icucau, juan soco, leche caspi, pendare, sejuco, purga, etc. Se encuentra desde América central, Panamá, Brasil, Venezuela hasta Perú. En Colombia se halla en Carare-Opón, Serranía de San Lucas, Amazonia, Caquetá, Santander, Pto Berrio y el Choco.

Árbol que alcanza una altura de 40 m y un diámetro de 1.0 m, tronco recto y cilíndrico. La albura es de color rosada-amarillento, poco diferenciable al duramen. La madera seca fácilmente al aire libre y en cámaras de secado, no presenta deformaciones ni rajaduras severas durante el proceso de secado. Fácil de trabajar con herramientas manuales y en todas las operaciones de maquinado. No es resistente al ataque de hongos e insectos. Se usa en cajonería, revestimientos de interiores, artesanías, carpintería, muebles sencillos y pulpa para papel.

PRACTICA

En este capítulo se hará un resumen de las actividades realizadas durante la práctica, desde el comienzo de ésta, hasta su terminación, enunciando el desarrollo de la actividad con su respectivo aporte hecho a este proyecto, a la empresa y el análisis hecho por el estudiante.

2.1 ACTIVIDADES, ANÁLISIS Y APORTE

2.1.1 Seguimiento

Se hizo un seguimiento a los procesos que se le hacen a la madera, en la fábrica de la empresa MADECOL (Maderas de Colombia) luego de ser traídas del aserrio en sus dimensiones estándar, tomando tiempos, evaluando rendimientos, tomando fotos y calculando volúmenes de madera.

Análisis: Con los datos obtenidos en la actividad mencionada anteriormente, se hizo un análisis de los rendimientos, un cálculo estimado de gasto e inversión hecha en cada proceso, para estimar un valor agregado a la instalación de m^2 de cubierta. Igualmente se sugirieron algunas recomendaciones con respecto a cambio de materiales, personal y algo de organización de espacios para cada proceso. Se hizo un análisis comparativo de la producción y procesamiento de madera en cada uno de los meses.

Aporte: Se elaboró una hoja de cálculo en Excel, donde se calcula el volumen de madera y machihembre procesado en cada semana, el tiempo promedio que dura $1 m^3$ de madera en pasar por cada uno de los procesos, el tiempo que dura cada uno de los elementos en pasar por cada proceso, el tiempo que dura $1 m^3$ de madera en pasar por todos los procesos y quedar lista para su instalación.

2.1.2 Investigación.

Se hizo una investigación sobre las necesidades de los consumidores. Para obtener esta información se diseñó y realizó una encuesta a todas las empresas con las que MADECOL trabaja, dirigida a ingenieros, arquitectos, maestros y demás personal relacionado con la construcción de cubiertas e instalación de closet y cocinas. También se hicieron investigaciones sobre las variedades de maderas usadas en Colombia y especialmente en Santander, sobre sus propiedades, el uso de la madera como elemento estructural y la comercialización de ésta, para orientar los cambios que se hicieron en los procesos y con la cual se hizo la guía. Esta información se obtuvo de las visitas a proveedores de material, consulta de libros, consultas en Internet y de artículos

las políticas de la empresa, esto con miras a dar un mejor servicio y garantizar un mejoramiento continuo. Se filtró y se procesó la información obtenida en la actividad anterior, para establecer cuales son las variedades de maderas producidas y usadas en la construcción de cubiertas, como se comercializa, que ventajas y desventajas se tienen sobre otras regiones del país.

Aporte: Se elaboró un acta de compromiso dirigida a los directivos de la empresa MADECOL, con los objetivos y actividades que se desarrollaron para el mejoramiento del servicio prestado a los constructores y la comunidad en general. Se elaboró un texto que hace parte de las generalidades de este libro, donde se muestra las variedades de maderas más usadas en Santander en la construcción y en los acabados de viviendas.

2.1.3 Implementación

Se tomó como guía para organizar los procesos, la página www.buscportal.com/normas/iso_9001_2000. La cual muestra una forma fácil y rápida de adaptar una organización para implementar las normas (iso 9001:2000).

Análisis: Con la información obtenida de esta página se formuló una serie de cambios relacionados con el manejo de personal, atención al cliente, relaciones con proveedores, adquisición de equipos, manejo de la seguridad industrial, entre otros.

Aporte: Se elaboró un documento que contiene cada actividad de la empresa en los procesos, como especificación técnica, con detalles de material, uso de herramienta y equipo, seguridad del personal y asignación de áreas de trabajo.

2.1.4 Visitas

Se realizaron visitas a las obras de Pico del Águila y el Remanso ubicadas en el Ruitoque Golf Country Club (Km. 3 vía a Piedecuesta) regularmente para documentar la instalación de madera, machihembre, manto y teja, para casas campestres.

Análisis: Con la documentación y observación de estos procesos constructivos se calculó el rendimiento de los diferentes grupos de trabajo que tiene MADECOL como subcontratados, para la realización de este trabajo. También se comparó el trabajo realizado por estos grupos de trabajo con la normativa que existe sobre estos procesos.

Aporte: Se elaboró un manual de construcción de cubiertas en forma de especificación técnica que hace parte final de este libro

2.1.5 Documentación

construidos y el uso de la madera en otro tipo de construcciones.

Aporte: Se complementó el manual de construcción de cubiertas en forma de especificación técnica que hace parte final de este libro.

2.1.6 Supervisión

En cada visita se aseguró que se cumplieran los programas y las cantidades de obra correspondientes a cada proyecto con las especificaciones contempladas en el contrato, se hizo un seguimiento fotográfico.

Análisis: En esta actividad se logró establecer que en muchas ocasiones los maestros hacen modificaciones de los planos estructurales de las cubiertas, según su propio criterio, lo que se dialogó con los directivos de la empresa y con el personal de MADECOL, dando como resultado un estricto seguimiento de los planos.

Aporte: Se estipuló que de ahora en adelante los contratistas de MADECOL deben seguir con estricta disciplina los planos asignados por la empresa constructora, los cuales tienen un diseño hecho previamente por un profesional y no se modificarán en la obra sino con el permiso del profesional que esté a cargo de la interventoría.

2.1.7 Recopilación de información

Para la evaluación de los aspectos administrativos se realizaron: licitaciones, visitas a proveedores, contratistas y demás entidades vinculadas con MADECOL. Actividades que permitieron complementar la información sobre los procesos que tratan la madera desde que se corta el árbol hasta que llega a la empresa.

Análisis: para realizar actividades de licitaciones, se tuvo en cuenta el tipo de madera las dimensiones estructurales, el lugar de la obra, las condiciones de trabajo y la disponibilidad de personal. Con las visitas a proveedores y demás entidades vinculadas con MADECOL se obtuvo información para complementar este libro.

Aporte: Se elaboró un artículo que habla sobre los procesos que se hacen a la madera, previos a la entrada a MADECOL, donde se habla de la selección del bosque, especie, dimensionamiento y corte para formar lo que se conoce como madera de tablón. Además de la comercialización de la madera en Santander y de venta y compra entre países y departamentos.

2.1.8 Aprendizaje

Se usaron planos impresos y en formato digital para calcular las longitudes de los

Aporte: Se complementó el manual de construcción de cubiertas en forma de especificación técnica que hace parte final de este libro.

2.1.9 Producción

Se elaboró una hoja para calcular los valores de precios unitarios de la construcción de una cubierta y en general de una construcción con madera. Esta hoja, elaborada en Excel tiene una forma fácil y práctica de calcular el valor del metro cuadrado de cubierta, según el tipo de estructura.

Análisis: Por medio de esta hoja de cálculo se pudo determinar los porcentajes que aportan cada insumo, al total del metro cuadrado de cubierta construida, incluyendo la mano de obra.

Aporte: esta hoja se deja como aporte hecho a la empresa para facilitar el cálculo de precios unitarios a la hora de hacer una cotización o entrar a licitar.

3. ESTUDIO DE TIEMPOS Y RENDIMIENTOS EN EL ASERRIO (MADECOL)

3.1 OPTIMIZACIÓN DE PROCESOS

Para crear un producto o generar un servicio, es necesario saber cuales son los pasos que se deben hacer previos a su creación, si queremos que el producto sea el mejor y que cree una satisfacción en el consumidor, debemos estudiar y mejorar esos pasos, que conocemos en la ingeniería como procesos y que hacen parte de un ciclo continuo de generación de materia. Para mejorar se requiere de un análisis y evaluación de distintas alternativas, que optimicen el uso de recursos y mejoren los resultados. En la actualidad las empresas constructoras están certificadas ante algún ente certificador, que garantiza el excelente desempeño de sus trabajadores y que al contratar empresas para realizar trabajos especiales, requieren de un trabajo de calidad y una certificación legal. Es entonces donde se hace de gran necesidad adaptar las empresas que realizan estos trabajos, para la implementación de un sistema de gestión de calidad o de un programa que optimice los procesos.

Algunos métodos para optimización de procesos, que se emplean para hacer la consultoría de certificación y que sirve a las empresa que se van a mejorar, como material de información son:

– *Procesos de Negocio* (Business Process): Consultoría que permite determinar los procesos de misión que requieran optimizaciones en las diferentes áreas de la empresa.

Los temas que abarca son: redefinición de procesos, capacitación, puesta en marcha análisis de proceso y las variables que intervienen.

– *Modelos de Negocio*: Proceso que persigue determinar el comportamiento de un negocio de manera que puedan hacerse evaluaciones frente a distintos comportamientos del mercado.

Los temas que abarca son: estudio y análisis de posibilidades, cualitativo y cuantitativo, análisis de variables, endógenas, exógenas al negocio, modelo de simulación con las variables, parámetros y restricciones del modelo y diseño del proceso.

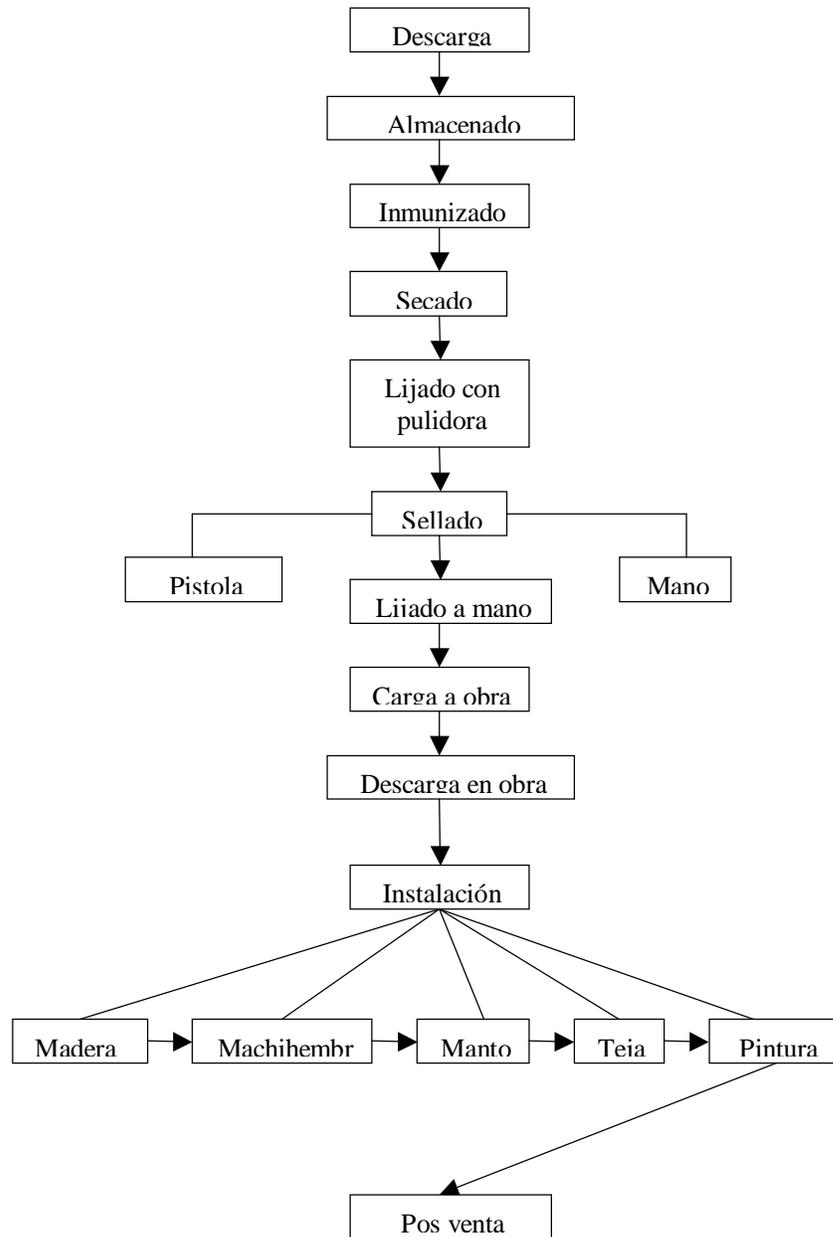
– *Gestión del Cambio*: Proceso que se aplica en todas las consultorías, y es lo que asegura el éxito de implementar las nuevas metodologías resultantes de la consultoría. Requiere de una participación activa en el proceso de cambio entre la metodología actual y la nueva a implementar, incluyendo los nuevos procedimientos, instructivos y herramientas.

Los temas que abarca son: capacitación, implementación, planificación, dirección y control del cambio.

En el primer mes de trabajo de la práctica se estudiaron los procesos que se le hacen a la madera en el aserrio (MADECOL) y que son únicos de esta empresa.

3.1.1 Identificación de procesos realizados a la madera en la empresa MADECOL

Figura 24. Mapa conceptual secuencia de procesos



Procesos Madecol

De esta lista de procesos que se le realizan a la madera, solo los 8 primeros son desarrollados en el aserrio, los procesos de instalación se hacen en obra y están dedicados a las construcción de cubiertas en madera, no esta de mas decir que la cubierta es el producto final.

3.1.2 Análisis de procesos de la madera

El siguiente análisis muestra una forma de calcular los rendimientos en cada uno de los procesos por m³ de madera tratada, a partir de los parámetros intervinientes en los procesos, los cuales son: el tiempo, trabajadores involucrados, ubicación, volumen de madera procesada y la cantidad de insumos usados.

Se tomaron tres muestras y se promediaron. El costo por volumen de madera tratada en cada proceso se calcula teniendo en cuenta, la cantidad de insumo, el tiempo que dura el proceso y el pago del operario.

- El valor del operario pagado por jornal es de 15000 que corresponde a 8 horas de trabajo.
- La importancia hace referencia a la posibilidad de eliminar este proceso en algún momento.
- El tiempo es el invertido por un número de miembros que procesan un volumen determinado
- La ubicación hace referencia a el lugar en donde se ejecuta usualmente el proceso
- Los insumos son la cantidad de material usado en el proceso, para determinado volumen de madera.
- El volumen es la cantidad de elementos que se procesan multiplicado por sus dimensiones.

– *Descarga.* En el proceso de descarga no se hace uso de ningún insumo

Tabla 8. Descarga

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos	Volumen m ³
1	2	Alta	65	Área 1	ninguno	4.44
2	2	Alta	15	Área 1	ninguno	1.38
3	1	Alta	13	Área 1	ninguno	1.21
Promedio	1.6	Alta	31	Área 1	ninguno	2.34
Costo 1m ³						\$ 900

1.6 Miembros representan $1.6 \cdot 15000 = \$ 24000$ pesos en 8 horas

$31 \cdot 1.35 = 42$ minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y arrume de madera.

El volumen promediado da como resultado 2.34 m^3

Con reglas de tres podemos hallar el valor en pesos de lo que cuesta la descarga de esta cantidad de madera.

$$\begin{array}{r}
 \text{Costo del operario} \\
 \$ 24000 \xrightarrow{\quad} 480 \text{ minutos} \\
 X \xleftarrow{\quad} 42 \text{ minutos} \\
 X = \$ 2100 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Ya que posiblemente necesitemos el cálculo en una unidad cerrada debemos hacer otra regla de tres para saber cuanto cuesta 1 m^3 de madera descargada.

$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ m}^3 & \longrightarrow & X \\
 2.34 \text{ m}^3 & \longleftarrow & \$ 2100 \\
 X & = & \$ 900
 \end{array}$$

– *Almacenamiento.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de descarga.

La tabla muestra el seguimiento de tres procesos y su promedio.

Tabla 9. Almacenamiento

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos (Plástico) m ²	Volumen m ³
1	0	Baja	120	Área 2	ninguno	1.03
2	0	Baja	420	Área 2	ninguno	1.35
3	1	Baja	320	Área 2	ninguno	1.03
Promedio	0.33	Baja	287	Área 2	ninguno	1.12
Costo 1m ³						\$ 2640

0.33 miembros representan $0.33 * 15000 = \$ 4950$ pesos en 8 horas

287 minutos que corresponden al tiempo real de este proceso ya que no hay fugas de tiempo por descanso de trabajadores y otros.

$$\begin{array}{ccc}
 \text{Costo del operario} & & \\
 \$ 4950 & \longrightarrow & 480 \text{ minutos} \\
 X & \longleftarrow & 287 \text{ minutos} \\
 X & = & \$ 2960 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Con este valor podemos hallar el costo de almacenamiento de 1 m³ de madera, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{ccc}
 1 \text{ m}^3 & \longrightarrow & X \\
 1.12 \text{ m}^3 & \longleftarrow & \$ 2960 \\
 X & = & \$ 2640
 \end{array}$$

Si la madera esta a la intemperie, bajo los rayos del sol y de la lluvia, se recomienda usar algún tipo de protección para la madera como: plásticos o mantos impermeables.

Es notable que se puede prescindir de este proceso si la capacidad del siguiente proceso lo permite.

– *Inmunizado.* Para el cálculo del costo de este proceso se tiene en cuenta los parámetros usualmente involucrados, mas los insumos utilizados, que son veneno y agua. Con una importancia alta hace parte fundamental del ciclo de procesamiento de maderas, pues es este proceso el encargado de asegurar larga vida a la madera.

Existen varios métodos para aplicar los preservantes. La efectividad de un tratamiento es función de la calidad del preservante introducida en la madera, a mayor penetración el tratamiento será más efectivo.

Tabla 10. Inmunizado

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	(Veneno y Agua) Lt	Volumen m ³
1	1	Alta	380	Área 3	0.15 V y 160 A	1.65
2	0	Alta	330	Área 3	0.17 V y 150 A	1.60
3	0	Alta	450	Área 3	0.16 V y 155 A	1.12
Promedio	0.33	Alta	386	Área 3	0.16 V y 155 A	1.45
					Costo 1m ³	\$ 6270

0.33 miembros representan $0.33 \cdot 15000 = \$ 4950$ pesos en 8 horas

386 minutos que corresponden al tiempo real de este proceso ya que no hay fugas de tiempo por descanso de trabajadores u otros.

$$\begin{array}{r}
 \text{Costo del operario} \\
 \$ 4950 \xrightarrow{\quad} 480 \text{ minutos} \\
 X \xleftarrow{\quad} 386 \text{ minutos} \\
 X = \$ 3980 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Los insumos corresponden a veneno “Dursban” y agua potable, que mezclados rinde para 6 sumergidas de madera. Se manejan con relaciones de 1 litro de veneno por 500 litros de agua.

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 30000 \\
 0.16 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} X \\
 X = \$ 4800
 \end{array}$$

0.16 Lt es el valor correspondiente al promedio de los 3 procesos tomados. Para calcular el costo del agua se hace la siguiente regla de tres.

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 2.0 \\
 155 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} X \\
 X = \$ 310
 \end{array}$$

Se suman estos tres valores que corresponden al costo de 1.61 m^3 de madera inmunizada que es el promedio del volumen. Se hace una regla de tres para hallar un volumen cerrado

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ m}^3 \xrightarrow{\quad} X \\
 1.45 \text{ m}^3 \xleftarrow{\quad} \$ 9090 \\
 X = \$ 6270
 \end{array}$$

– *Secado*. Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de inmunizado.

Existen diversos métodos de secado, pero los que se utilizan a escala comercial son: secado al aire, presecado en ambientes controlados y secado en hornos. El secado solar, desarrollado en los últimos años, tiene también posibilidades de uso, si se hace con el debido cuidado, ya que se puede afectar la madera por los rayos ultravioleta que produce el sol.

Tabla 11. Secado

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos	Volumen m ³
1	0	Media	260	Área 4	Ninguno	1.02
2	0	Media	150	Área 4	Ninguno	0.98
3	1	Media	120	Área 4	Ninguno	1.12
Promedio	0.33	Media	176	Área 4	Ninguno	1.04
					Costo 1m ³	\$ 1780

0.33 miembros representan $0.33 \cdot 15000 = \$ 4950$ pesos en 8 horas

176 minutos que corresponden al tiempo real de este proceso ya que no hay fugas de tiempo por descanso de trabajadores u otros.

$$\begin{array}{r}
 \text{Costo del operario} \\
 \$ 4950 \xrightarrow{\quad} 480 \text{ minutos} \\
 X \xleftarrow{\quad} 176 \text{ minutos} \\
 X = \$ 1815 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Con este valor podemos hallar el costo de secado de 1 m^3 de madera, usando otra regla de tres.

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ m}^3 \xrightarrow{\quad} X \\
 1.02 \text{ m}^3 \xleftarrow{\quad} \$ 1815 \\
 X = \$ 1780
 \end{array}$$

El secado se hace comúnmente a la intemperie, donde el sol y la brisa secan la madera, en caso de lluvia se debe usar plástico o mantas impermeables.

– *Lijado pulidora.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso del secado.

Tabla 12. Lijado Pulidora

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos (Lija) cm ²	Volumen m ³
1	1	Alta	93	Área 5	188 de 60	0.70
2	1	Alta	110	Área 5	188 de 60	0.91
3	1	Alta	82	Área 5	188 de 60	0.72
Promedio	1	Alta	95	Área 5	188 de 60	0.77
					Costo 1m ³	\$ 5535

1 miembros representan $1 \cdot 15000 = \$ 15000$ pesos en 8 horas

$95 \cdot 1.35 = 128$ minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y la preparación de la herramienta y equipos.

$$\begin{array}{r}
 \text{Costo del operario} \\
 \$ 15000 \xrightarrow{\quad} 480 \text{ minutos} \\
 X \xleftarrow{\quad} 128 \text{ minutos} \\
 X = \$ 4000 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Los insumos corresponden a lija de 60 que con secciones de 188 cm^2 que corresponden al área de contacto entre la maquina pulidora y la madera, tiene un valor de \$ 13920 pesos por $1 \text{ m}^2 = 10000 \text{ cm}^2$. Por regla de tres

$$\begin{array}{l} 10000 \text{ cm}^2 \longrightarrow \$ 13920 \\ 188 \text{ cm}^2 \longrightarrow X \\ X = \$ 262 \end{array}$$

Con la suma de estos valores y con el promedio del volumen, podemos hallar el costo de lijado con pulidora de 1 m^3 de madera, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \longrightarrow X \\ 0.77 \text{ m}^3 \longleftarrow \$ 4262 \\ X = \$ 5535 \end{array}$$

El lijado con pulidora se hacer normalmente en un lugar cubierto, con acceso a una toma de corriente. El gasto por corriente de la pulidora no esta involucrado en el cálculo anterior.

– *Sellado*. Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso del secado

Tabla 13. Sellado

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Sellador y tiner Lt	Volumen m^3	
1	1	Media	32	Área 6	0.92	0.35	
2	1	Media	28	Área 6	1.15	0.39	
3	1	Media	36	Área 6	1.39	0.42	
Promedio	1	Media	32	Área 6	1.15	0.38	
						Costo 1m^3	\$ 18660

1 miembros representan $1*15000 = \$ 15000$ pesos en 8 horas
 $32*1.35 = 43$ minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y la preparación de la herramienta y equipos.

$$\begin{array}{l} \text{Costo del operario} \\ \$ 15000 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\ X \longleftarrow 43 \text{ minutos} \\ X = \$ 1344 \text{ Pesos} \end{array}$$

Los insumos corresponden a tiner y sellador, con una proporción de 2 a 1 respectivamente.

El valor de 5 galones de sellador es de \$ 210000 y el de 1 galón de tiner es de \$ 8700 por regla de tres y el valor promedio de insumos podemos hallar el costo de este proceso.

$$1.15 \div 3 = 0.36 \text{ Lt de Sellador} \qquad 0.36 * 2 = 0.76 \text{ Lt de Tiner}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ galón} \longrightarrow 3.785 \text{ Lt} \\ 1 \text{ galón} \longrightarrow \$ 42000 \\ 1 \text{ galón} \longrightarrow \$ 8700 \end{array} \qquad \begin{array}{l} 3.785 \text{ Lt} \longrightarrow \$ 42000 \\ \text{Sellador } 1 \text{ Lt} \longrightarrow \$ 11100 \\ \text{Tiner } 1 \text{ Lt} \longrightarrow \$ 2300 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Tiner} \\ 1 \text{ Lt} \longrightarrow \$ 2300 \\ 0.76 \text{ Lt} \longrightarrow X \\ X = \$ 1748 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Sellador} \\ 1 \text{ Lt} \longrightarrow \$ 11100 \\ 0.36 \text{ Lt} \longrightarrow X \\ X = \$ 4000 \end{array}$$

Con la suma de estos valores y con el promedio del volumen, podemos hallar el costo del sellado de 1 m^3 de madera, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^3 \longrightarrow X \\ 0.38 \text{ m}^3 \longleftarrow \$ 7092 \\ X = \$ 18660 \end{array}$$

– *Lijado a mano.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso del Lijado con pulidora.

Tabla 14. Lijado a mano

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos (Lija) cm^2	Volumen m^3
1	1	Media	12	Área 7	154	0.13
2	1	Media	8	Área 7	154	0.09
3	1	Media	25	Área 7	172	0.31
Promedio	1	Media	15	Área 7	158	0.18
					Costo 1m^3	\$ 4920

1 miembros representan $1 * 15000 = \$ 15000$ pesos en 8 horas
 $15 * 1.35 = 20$ minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y la preparación de herramienta y equipos

$$\begin{array}{l} \$ 15000 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\ X \longleftarrow 20 \text{ minutos} \\ X = \$ 632 \text{ Pesos} \end{array}$$

Los insumos son lija de agua de 150-180 con secciones de 158 cm^2 que corresponden a una cuarta parte del pliego. Es como se divide para facilitar su uso.
 1 Pliego corresponde a 632.5 Cm^2

$$\begin{array}{l} 632.5 \text{ cm}^2 \longrightarrow \$ 1015 \\ 158 \text{ cm}^2 \longrightarrow X \\ X = \$ 253 \end{array}$$

Con la suma de estos valores y con el promedio del volumen, podemos hallar el costo de lijado a mano de 1 m³ de madera, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ m}^3 & \longrightarrow & X \\ 0.18 \text{ m}^3 & \longleftarrow & \$ 855 \\ X & = & \$ 4920 \end{array}$$

– *Carga obra.* En el proceso de descarga no se hace uso de ningún insumo.

Para el calculo del costo de este proceso se usa el # miembros y el tiempo invertido.

Tabla 15. Carga obra

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos	Volumen m ³
1	2	Alta	40	Área 8	ninguno	1.30
2	1	Alta	25	Área 8	Ninguno	1.15
3	1	Alta	35	Área 8	Ninguno	1.42
Promedio	1.3	Alta	33	Área 8	Ninguno	1.29
					Costo 1m ³	\$ 1422

1.33 miembros representan 1.33*15000 = \$ 19950 pesos en 8 horas
 33*1.35 = 44.5 minutos que corresponden al tiempo real multiplicado por el 35 % de tiempo que se invierte en descaso de trabajadores y arrume de madera.

$$\begin{array}{ccc} \$ 19950 & \longrightarrow & 480 \text{ minutos} \\ X & \longleftarrow & 44.5 \text{ minutos} \\ X & = & \$ 1850 \text{ Pesos} \end{array}$$

Con este valor podemos hallar el costo de carga a obra de 1 m³ de madera, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{ccc} 1 \text{ m}^3 & \longrightarrow & X \\ 1.29 \text{ m}^3 & \longleftarrow & \$ 1850 \\ X & = & \$ 1422 \end{array}$$

Para hallar el costo de 1m³ de madera tratada y procesada se suma cada uno de los costos hallados en los procesos.

$$\begin{array}{l} \text{Costo de 1m}^3 = 900+2640+5695+1780+5535+18660+4920+1422 \\ \text{Costo de 1m}^3 = \$ 41552 \text{ pesos} \end{array}$$

3.1.3 Análisis de procesos del machihembre

El siguiente análisis muestra una forma de calcular el dinero invertido en cada uno de los procesos por m² de machihembre tratado, a partir de los parámetros intervinientes en los procesos, los cuales son: el tiempo, trabajadores involucrados, ubicación, volumen de madera procesada y la cantidad de insumos usados.

Se tomaron tres muestras y se promediaron.

El precio por m² de machihembre procesado se calcula teniendo en cuenta, la cantidad de insumo, el tiempo que dura el proceso y el pago del operario.

– *Descarga.* Para la descarga del machihembre se tiene en cuenta los mismos parámetros intervinientes que en el procesamiento de madera.

No se utiliza ningún tipo de insumos.

Tabla 16. Descarga Machihembre

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos	Área m ²
1	1	Alta	110	Carpintería	Ninguno	720
2	1	Alta	95	Carpintería	Ninguno	910
3	1	Alta	115	Carpintería	Ninguno	800
Promedio	1	Alta	107	Carpintería	Ninguno	810
					Costo 1m ²	\$ 5.5

1 miembros representan $1 \cdot 15000 = \$ 15000$ pesos en 8 horas
 $107 \cdot 1.35 = 144.5$ minutos que corresponden al tiempo real multiplicado por el 35 % de tiempo que se invierte en descanso de trabajadores y arrume de machihembre.

$$\begin{array}{r}
 \text{Costo del operario} \\
 \$ 15000 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\
 X \longleftarrow 144.5 \text{ minutos} \\
 X = \$ 4500 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Con este valor y el promedio del área procesada podemos hallar el costo de descarga de 1 m² de machihembre, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ m}^2 \longrightarrow X \\
 810 \text{ m}^2 \longleftarrow \$ 4500 \\
 X = \$ 5.5
 \end{array}$$

– *Secado.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de descarga.

Tabla 17. Secado Machihembre

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos	Área m ²
1	1	Alta	30	Carpintería	ninguno	70
2	1	Alta	300	Carpintería	Ninguno	120
3	0	Alta	160	Carpintería	Ninguno	80
Promedio	0.66	Alta	163	Carpintería	Ninguno	90
					Costo 1m ²	\$ 37

0.66 miembros representan $0.66 \cdot 15000 = \$ 9900$ pesos en 8 horas
 163 minutos que corresponden al tiempo real ya que no se tienen pérdidas notables por descanso de trabajadores.

$$\begin{array}{r}
 \$ 9900 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\
 X \longleftarrow 163 \text{ minutos} \\
 X = \$ 3360 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

Con este valor podemos hallar el costo de secado de 1 m² de machihembre, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ m}^2 \longrightarrow X \\
 90 \text{ m}^2 \longleftarrow \$ 3360 \\
 X = \$ 37
 \end{array}$$

– *Lijado en trompo.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de secado más los insumos.

Tabla 18. Lijado en trompo

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos (lija) cm.	Área m ²
1	2	Alta	1	Carpintería	100	5
2	2	Alta	1.2	Carpintería	100	5
3	2	Alta	1	Carpintería	100	5
Promedio	2	Alta	1.08	Carpintería	100	5
Costo 1m ²						\$ 399

1 miembros representan 1*15000 = \$ 15000 pesos en 8 horas
 9.3*1.35 = 13 minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y la preparación de la herramienta e insumos.

$$\begin{array}{r}
 \text{Costo del operario} \\
 \$ 15000 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\
 X \longleftarrow 4.3 \text{ minutos} \\
 X = \$ 135 \text{ Pesos}
 \end{array}$$

1 Pliego corresponde a 632.5 Cm²

$$\begin{array}{r}
 632.5 \text{ cm}^2 \longrightarrow \$ 1015 \\
 80.5 \text{ cm}^2 \longrightarrow X \\
 X = \$ 130
 \end{array}$$

Con la suma de estos valores y con el promedio del volumen, podemos hallar el costo de lijado a mano de 1 m² de machihembre, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{r}
 1 \text{ m}^2 \longrightarrow X \\
 3.9 \text{ m}^2 \longleftarrow \$ 536 \\
 X = \$ 134
 \end{array}$$

– *Sellado.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de secado, más los insumos.

El sellado se puede hacer a mano o con pistola, para el cálculo siguiente se tomaron datos usando la pistola de compresión.

Tabla 19. Sellado Machihembre

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos (sellador) Lt	Área m ²	
1	1	Alta	3.40	Carpintería	0.94	4.2	
2	1	Alta	2.50	Carpintería	0.94	3.0	
3	1	Alta	3.60	Carpintería	0.94	3.4	
Promedio	1	Alta	3.2	Carpintería	0.94	3.53	
						Costo 1m ²	\$ 1480

1 miembros representan $1 \cdot 15000 = \$ 15000$ pesos en 8 horas
 $3.2 \cdot 1.35 = 4.3$ minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y la preparación del sellador.

$$\begin{array}{l} \text{Costo del operario} \\ \$ 15000 \xrightarrow{\quad} 480 \text{ minutos} \\ X \xleftarrow{\quad} 4.3 \text{ minutos} \\ X = \$ 135 \text{ Pesos} \end{array}$$

Los insumos corresponden a tiner y sellador, con una proporción de 2 a 1 respectivamente.

El valor de 5 galones de sellador es de \$ 210000 y el de 1 galón de tiner es de \$ 8700 por regla de tres y el valor promedio de insumos podemos hallar el costo de este proceso.

$$0.94 \div 3 = 0.31 \text{ Lt de Sellador} \qquad 0.36 \cdot 2 = 0.62 \text{ Lt de Tiner}$$

$$\begin{array}{l} 1 \text{ galón} \xrightarrow{\quad} 3.785 \text{ Lt} \qquad 3.785 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 42000 \\ 1 \text{ galón} \xrightarrow{\quad} \$ 42000 \text{ Sellador} \quad 1 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 11100 \\ 1 \text{ galón} \xrightarrow{\quad} \$ 8700 \text{ Tiner} \quad 1 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 2300 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Tiner} \\ 1 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 2300 \\ 0.62 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} X \\ X = \$ 1426 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Sellador} \\ 1 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} \$ 11100 \\ 0.31 \text{ Lt} \xrightarrow{\quad} X \\ X = \$ 3441 \end{array}$$

Con la suma de estos valores y con el promedio del volumen, podemos hallar el costo del sellado de 1 m² de machihembre, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^2 \xrightarrow{\quad} X \\ 3.5 \text{ m}^2 \xleftarrow{\quad} \$ 5000 \\ X = \$ 1480 \end{array}$$

– *Lijado a Mano.* Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de sellado más los insumos.

Tabla 20. Lijado a mano Machihembre

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos (Lija) cm ²	Área m ²	
1	1	Media	8	Carpintería	80.5	3.2	
2	1	Media	10	Carpintería	80.5	4.0	
3	1	Media	10	Carpintería	80.5	4.5	
Promedio	1	Media	9.3	Carpintería	80.5	3.9	
						Costo 1m ²	\$ 134

1 miembros representan $1 \cdot 15000 = \$ 15000$ pesos en 8 horas
 $9.3 \cdot 1.35 = 13$ minutos que corresponden al tiempo promediado en las tres muestras multiplicado por el 35% de tiempo gastado en los descansos de los trabajadores y la preparación de la herramienta e insumos.

$$\begin{array}{l} \$ 15000 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\ X \longleftarrow 13 \text{ minutos} \\ X = \$ 406 \text{ Pesos} \end{array}$$

Los insumos corresponden a lija de agua de 150-180 con secciones de 80.5 cm² que pertenecen a una octava parte del pliego. Es la forma en que se divide para facilitar su uso.

1 Pliego corresponde a 632.5 Cm²

$$\begin{array}{l} 632.5 \text{ cm}^2 \longrightarrow \$ 1015 \\ 80.5 \text{ cm}^2 \longrightarrow X \\ X = \$ 130 \end{array}$$

Con la suma de estos valores y con el promedio del volumen, podemos hallar el costo de lijado a mano de 1 m² de machihembre, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{l} 1 \text{ m}^2 \longrightarrow X \\ 3.9 \text{ m}^2 \longleftarrow \$ 536 \\ X = \$ 134 \end{array}$$

– *Carga obra*. Para calcular el costo de este proceso se tienen en cuenta los mismos parámetros involucrados en el proceso de descarga. Es importante suministrar un buen equipo de trabajo

Tabla 21. Carga obra Machihembre

Proceso	# Miembros	Importancia	Tiempo (min)	Ubicación	Insumos	Área m ²	
1	2	Alta	20	Sin definir	ninguno	100	
2	1	Alta	33	Sin definir	Ninguno	150	
3	1	Alta	18	Sin definir	Ninguno	110	
Promedio	1.33	Alta	24	Sin definir	Ninguno	120	
						Costo 1m ²	\$ 15

1.33 miembros representan $1.33 \cdot 15000 = \$ 19950$ pesos en 8 horas

$33 \times 1.35 = 44.5$ minutos que corresponden al tiempo real multiplicado por el 35 % de tiempo que se invierte en descaso de trabajadores y acomodo de machihembre.

$$\begin{array}{r} \$ 19950 \longrightarrow 480 \text{ minutos} \\ X \longleftarrow 44.5 \text{ minutos} \\ X = \$ 1850 \text{ Pesos} \end{array}$$

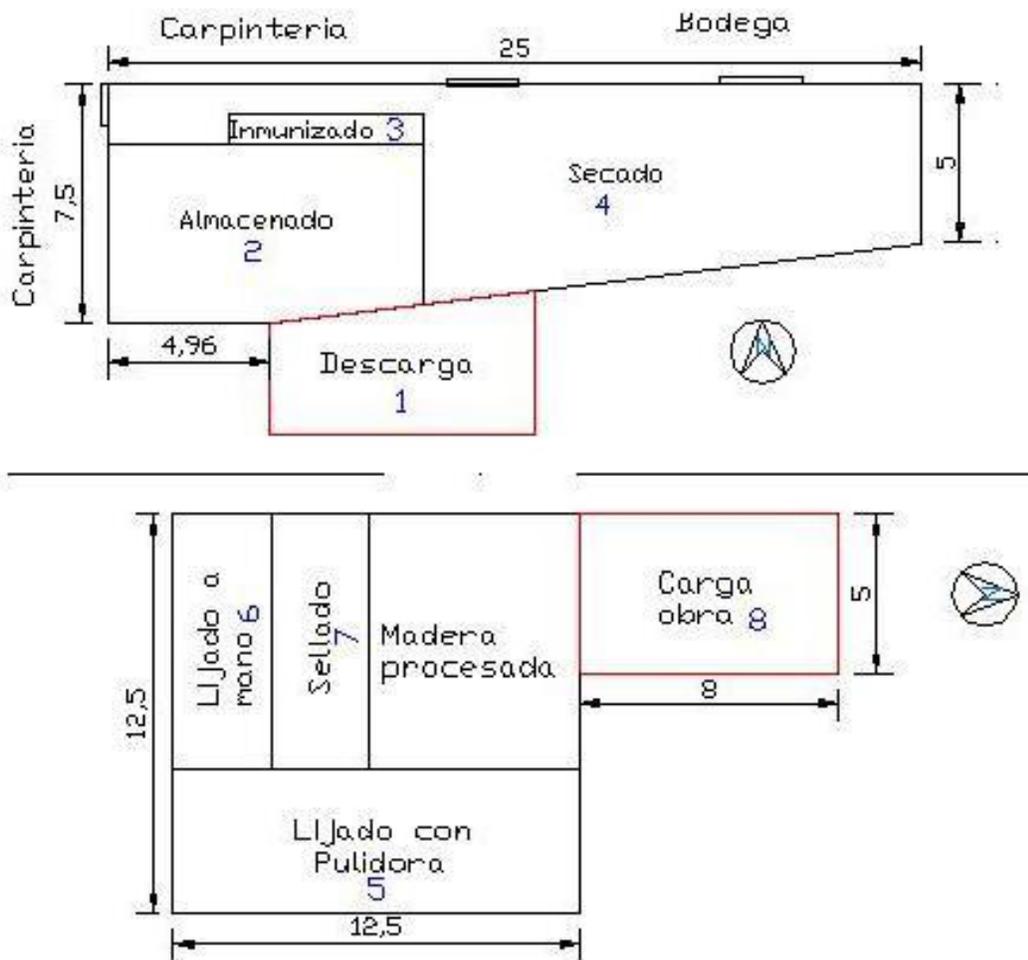
Con este valor podemos hallar el costo de carga a obra de 1 m^2 de machihembre, usando otra regla de tres

$$\begin{array}{r} 1 \text{ m}^2 \longrightarrow X \\ 120 \text{ m}^2 \longleftarrow \$ 1850 \\ X = \$ 15 \end{array}$$

$$\begin{array}{l} \text{Costo de } 1 \text{ m}^2 = 5.5 + 37 + 399 + 1480 + 134 + 15 \\ \text{Costo de } 1 \text{ m}^2 = 2070 \end{array}$$

A continuación se identifican las áreas o espacios de trabajo organizados para cada proceso.

Figura 25. Plano de MADECOL



3.1.4 Descripción de procesos

– *Descarga.* Es el primero de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia alta, ya que se utiliza como el primer filtro de calidad de la madera. Se trata de hacer la revisión y descarga de la madera, teniendo en cuenta la selección y posterior devolución de elementos defectuosos.

Características requeridas

Se recomienda definir un área específica para realizar la descarga, esta área debe ser fácilmente identificable entre todos los miembros de la organización, para facilitar la elección de los elementos con mayor prioridad y evitar mezclar los elementos de distintas dimensiones.

Materiales, Herramientas y Equipos

Por lo general no se usa ningún material ni herramienta en este proceso.

Equipos.

Cinturón ergonómico para esfuerzos: Evita hernias en el personal

Guantes: Protege los miembros superiores de las astillas.

Botas punta de acero: Evita posibles lesiones en los miembros inferiores del personal

Figura 26. Equipos descarga



Se recomienda que los elementos de gran tamaño sean descargados por dos miembros que estén fuera del vehículo, uno que este dentro del vehículo y otro que este organizando la madera en el lugar de almacenamiento, los elementos de menor tamaño pueden ser descargados por un miembro fuera del vehículo, para que simultáneamente él mismo las organice. El vehículo debe hacer las descargas en el mismo lugar siempre para evitar mezclar la madera que llega con la que sale del siguiente proceso.

Prerrequisitos

- El área de descarga debe estar siempre disponible y libre de materiales extraños.
- El área de descarga debe estar cerca al área del siguiente proceso.
- Se debe disponer mínimo de dos miembros para realizar la descarga.
- La ubicación del vehículo debe estar paralela al área de descarga.
- El área de descarga debe tener un piso sólido y con buena compactación
- El área de descarga debe estar seca.

Procedimiento

Figura 27. Descarga 1



Figura 28. Descarga 2



Operaciones críticas

Escogencia y posterior devolución de los elementos con defectos más comunes: Alabeos, torceduras, arista faltante, escamadura, grietas, nudos, rajadura, picadura de insectos.

Rendimiento

Este depende del tamaño de los elementos que se están descargando, del número de miembros disponibles y el tiempo que gaste el proceso. Se estima que 1 m³ de madera de regular tamaño, se puede descartar con dos trabajadores en 10 minutos y un costo de \$ 900 pesos

– *Almacenado.* Es el segundo de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia baja, ya que se puede prescindir del si la capacidad del siguiente proceso lo permite. Se trata de hacer el arrume en forma ordenada de la madera descargada. Sirve de segundo filtro de calidad de la madera.

Características requeridas

Se recomienda definir un área específica para realizar el almacenamiento, después de descargar la madera es imprescindible un correcto almacenamiento para mantener su calidad.

Se deben hacer grupos de elementos de igual dimensión, para evitar mezclar los elementos de mayor tamaño con los de menor tamaño. Esta área puede estar al aire libre o protegida por una cubierta.

Materiales, Herramientas y Equipos

Por lo general no se usa ningún material ni herramienta en este proceso.

Equipos.

Cinturón ergonómico para esfuerzos: Evita hernias en el personal

Guantes: Protege los miembros superiores de las astillas.

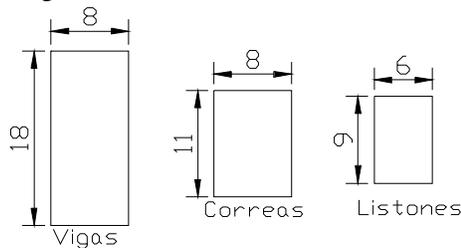
Botas punta de acero: Evita posibles lesiones en los miembros inferiores del personal

Ver figura 26.

Organización de trabajo

Una vez se ha descargada la madera, el personal debe organizar los elementos por sus dimensiones. Las más comerciales son: en cm.

Figura 29. Elementos



Los elementos deben ser arrumados por grupos de igual dimensión para evitar que el elemento de mayor tamaño, flecte a el de menor tamaño o lo aplaste. El almacenado se debe hacer intercalando las filas con pedazos de caucho o madera.

Prerrequisitos

- El área de almacenado debe estar siempre disponible y libre de materiales extraños.
- El área de almacenado debe estar cerca al área del siguiente proceso.
- Se necesita de pedazos de madera o caucho para separar las filas de elementos.
- El área de almacenado debe estar seca y libre de cualquier tipo de humedad.

Procedimiento

Figura 30. El arrume por filas y dimensiones



Figura 31. La separación entre maderas y su posición



Operaciones críticas

Es fundamental que las maderas queden almacenadas con la cara mas larga en forma vertical, para evitar que el peso de las maderas que están encima creen arcos en los vanos de las maderas que están en la base del arrume o apile.

Rendimiento

Este depende de la capacidad que tenga el proceso de inmunizado, ya que podemos prescindir del almacenamiento si la madera que se descarga pudiera pasar directamente a la pileta de inmunizado. Normalmente la madera que se descarga es de mayor volumen, que la madera que cabe en la pileta de inmunizado. Se calcula que 1 m³ de madera puede durar en este proceso 280 minutos con un costo de \$ 2640 pesos.

– *Inmunizado.* Es el tercero de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia alta, ya que de este proceso depende la durabilidad de la madera. Por ser la madera un material orgánico es susceptible a enemigos naturales, como el gorgojo termitas y hongos. Este proceso consiste en sumergir la madera en una solución de veneno y agua durante un tiempo determinado. La madera absorbe el líquido gradualmente, garantizando la eliminación de cualquier insecto y la futura entrada de ellos.

Características requeridas

Se necesita de una pileta hecha en concreto con dimensiones mínimas de 0.9m de alto por 0.7m de ancho y 6m de fondo. La pileta contiene un preservante, mezclado con agua, la pileta debe estar llena una tercera parte del volumen, para garantizar que la madera se sumerja completamente.

Materiales, Herramientas y Equipos

Materiales

- Preservante: Veneno “Dursban”
- Agua para diluir: potable

Equipos.

Botas punta de acero: Evita posibles lesiones en los miembros inferiores del personal

Tapaboca: Evita la inhalación del veneno.

Figura 32. Equipo de Inmunizado



Organización de trabajo

Se recomienda dosificar y diluir los líquidos en una proporción de 1lt de preservante por 500lt de agua con equipo y operario calificado que sea responsable de la dosificación. Esta mezcla tiene una vida aproximada de 3 días y por ello es aconsejable sumergir una tanda de madera en la mañana y otra por la tarde con periodos de 380 min. Se debe tener en cuenta la cantidad de polvo y mugre que puede caer a la pileta por los desechos de otros procesos, así que se aconseja tener la pileta tapada con algún tipo de protección.

Prerrequisitos

- La pileta debe estar libre de materiales extraños antes de empezar la dilución
- La madera debe estar limpia para evitar la suciedad en la dilución.
- Se necesita de un operario para hacer la dilución y sumergir la madera en la pileta.

Procedimiento

Figura 33. El proceso de preparación



Figura 34. La sumergida



Operaciones críticas

Se debe evitar que las maderas queden flotando en la dilución, ya que esto implicaría que no hay una absorción homogénea en el elemento, de igual manera se debe evitar que la madera sumergida no sobrepase la capacidad de la pileta y se rebose el liquido perdiendo concentración.

Rendimiento

El rendimiento depende del volumen de madera que se sumerge en cada proceso y de la capacidad que tenga la pileta. Se estima que el costo de 1m³ de madera inmunizada es de \$ 6270 pesos incluyendo el costo del operario, con un veneno de buena calidad.

Anotaciones

- Si la longitud de la madera excede la longitud de la pileta se debe sumergir un extremo primero y luego sumergir el extremo que quedo al aire libre, con periodos iguales a los establecidos.
- Después de tres días de haberse hecho la mezcla se puede diluir la dosis de preservante determinado sin necesidad de cambiar el agua.

– Secado. Es el cuarto de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia alta. El secado es el proceso por el cual la madera pierde agua paulatinamente; primero, por un proceso de evaporación desde la superficie, que luego va acompañado por la traslación de agua desde las capas internas a las externas por capilaridad y difusión.

Características requeridas

Existen diversos métodos de secado pero el que mas se usa por su economía es el secado al aire. Se debe disponer de una área amplia, con circulación de aire y utilizar técnicas de apilado que reduzcan los defectos a un mínimo.

Materiales, Herramientas y Equipos

Por lo general no se usa ningún material ni herramienta en este proceso.

Equipos.

Botas punta de acero: Evita posibles lesiones en los miembros inferiores del personal

Guantes: Evita las lesiones por astillas en las manos.

Ver figura 26

Organización de trabajo

Deben colocarse las bases o pilotes a unos 40 – 45 cm. del suelo para facilitar la circulación de aire y evitar la acumulación de humedad. La madera se apila alternada con listones o trozos de madera transversales para dejar espacios por donde circule el aire; estos listones deben ubicarse alineados verticalmente y a espacios convenientes para que no se originen deformaciones en los elementos.

Prerrequisitos

- Se necesita un área de aproximadamente 25 m² para maderas de regular tamaño
- Es indispensable tener listones o trozos de madera para separar las filas de elementos
- Se necesita de dos operarios para hacer el apilado de madera.

Procedimiento

Figura 35. Secado al medio ambiente



Figura 36. Secado con aireación.



Operaciones críticas

Se debe tener en cuenta la importancia de la temperatura y saberla manipular, cuando mayor es la temperatura mayor es la velocidad de secado. Sin embargo, las temperaturas de secado demasiado altas degradan la calidad de la madera.

Rendimiento

El rendimiento de este proceso depende directamente de las condiciones climáticas, puesto que con un día nublado y con poca brisa el secado se hace mas lento, creando una demora en el ciclo y una disminución en el rendimiento. Se estima que 1m³ de madera, a condiciones normales, puede durar en este proceso 120 min. con un costo de \$ 1780 pesos.

Anotaciones

- Es importante que el usuario conozca los principios del método y las posibilidades que ofrece respecto a la calidad de la madera obtenida con el proceso.
 - Se debe tener en cuenta el tipo de madera y la densidad de esta, para evitar que el elemento se tuerza por la variación de temperaturas.
- Lijado con pulidora. Es el quinto de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia alta. Antes de llegar a este punto los anteriores procesos han dejado alguna huella en la madeja, que la hacen ver con un aspecto tosco y una superficie áspera, esta situación se puede comparar con la situación que vivimos los seres humanos a la hora de arreglarnos para salir, ya nos bañamos, nos vestimos pero falta perfumarnos y peinarnos.

Características requeridas

Se necesita tener acceso a la corriente eléctrica, para darle energía a la maquina pulidora. De igual forma es indispensable tener un operario capacitado que lleve a cabo el proceso con sus implementos de seguridad y un par de caballetes para poder montar las maderas, se necesita también de un espacio de mínimo 4 mts de ancho por 8 mts de largo.

Materiales, Herramientas y Equipos

Materiales

- Lija : 60

Equipo de seguridad

Mascarilla: Evita la inhalación de polvillo de madera.

Delantal: Evita la adherencia de los residuos a la piel.

Anteojos: Protege los ojos de elementos extraños.

Figura 37. Equipo de seguridad Lijado con pulidora



Herramientas

Se necesita de una pulidora con una potencia de 20 HP
Un par de caballetes o apoyos

Figura 38. Herramientas de trabajo Lijado con pulidora



Organización de trabajo

Se recomienda pulir los elementos de igual longitud para ahorrar tiempo en el movimiento de caballetes. El elemento se colocan a la altura media del operario, cada extremo un caballete. La posición del elemento de ser tal que el operario pueda girarlo para acceder a todas las caras de la madera.

Prerrequisitos

- Se necesita de un área de 4 mts de ancho por 8 mts de fondo.
- Se necesita una fuente de energía cercana al área del proceso.
- Es indispensable tener dos sitios de apoyos móviles para el desarrollo del proceso.

Procedimiento

Figura 39. Acomodamiento de los elementos



Figura 40. Movimiento de la pulidora



Operaciones críticas

Es importante que la lija este bien puesta en la pulidora y que el disco este en buenas condiciones. El operario debe saber cuando cambiar la lija y evitar inhalar el polvillo de desecho, cambiando constantemente el tapabocas.

Rendimiento

El rendimiento de este proceso depende del tipo de lija usado, de la potencia de la pulidora y de lo diestro que pueda llegar a ser el operario. Se estima que 1m³ de madera, con un operario calificado y una lija de 60, puede durar en este proceso 130 min. Con un costo de \$ 5500 pesos

Anotaciones

- El buen uso del equipo es fundamental si se quiere que la madera no tenga defectos en su superficie y que los equipos se dañen por sobreesfuerzo.
- Sellado. Es el sexto de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia alta. Este proceso se puede llevar a cabo de distintas formas, las mas comunes son el uso de brocha para esparcir el sellador, una vez por elemento o con pistola de aire la cual hace el proceso mas eficiente esparciendo el sellador en cantidades de 5 a 12 elementos de una sola vez, según las dimensiones de los elementos. Las funciones del sellado son dos; una es darle a la madera una superficie mas homogénea, esto se hace tapando los diminutos poros que por naturaleza la madera tiene en su estructura de tejidos leñosos, para darle una textura artificial en la cual se facilite la aplicación de laca o pintura, la otra es darle protección a la madera de posibles mal tratos en la obra como: las manchas que producen las mezclas del friso, la posible absorción de agua y la adherencia de elementos extraños.

Características requeridas

Es necesario tener un espacio de 4mts de ancho y 9mts de largo para que el operario pueda manipular las maderas de distintas longitudes. Igualmente es necesario el uso de dos caballetes los cuales sirvan de apoyo para los extremos de los elementos.

Equipo de seguridad

Cinturón ergonómico para esfuerzos: Evita hernias en el personal

Botas punta de acero: Evita posibles lesiones en los miembros inferiores del personal

Mascarilla: Evita la inhalación de gases tóxicos.

Ver figura 32

Equipos de trabajo

Si el proceso se hace con pistola se necesita de un compresor.

Si se hace manual, se necesita de una brocha.

Un par de caballetes o apoyos

Figura 41. Herramienta de trabajo Sellado



Organización de trabajo

Se hace la mezcla según lo especificado, teniendo en cuenta que la mezcla no debe estar más de 5 min. en el recipiente, antes de empezar a esparcir el material sobre la madera. Se recomienda sellar los elementos de igual longitud para ahorrar tiempo en el movimiento de caballetes. El elemento se coloca a la altura media del operario, cada extremo en un caballete. La posición del elemento debe ser tal que el operario pueda girarlo para acceder a todas las caras de la madera.

Prerrequisitos

- Se necesita de un área de 4mts de ancho por 9mts de fondo.
- Se necesita una fuente de energía cercana al área del proceso si se trata de una pistola de aire

Procedimiento

Figura 42. Aplicación de sellador con pistola de aire



Figura 43. Aplicación de sellador con brocha



Figura 44. Aplicación de sellador al machihembre



Operaciones críticas

Se recomienda hacer la dilución del sellador por dosis no mayores a 500 ml para evitar que se seque antes de aplicarse.

Rendimiento

El rendimiento de este proceso depende del tipo de sellador o catalizador que se use y de lo diestro que pueda llegar a ser el operario. Se estima que 1m³ de madera, con un operario calificado y con un catalizador bueno, puede durar en este proceso 90 min. con un costo de \$ 18660 pesos, si se hace a mano. Con pistola el costo es mayor ya que el desperdicio del material es 5 veces más que a mano, sin incluir el gasto de energía usada por el compresor.

– *Lijado a mano.* Es el penúltimo de 8 procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia media. El sellador por ser un material químico, contiene en su composición sustancias que hacen que la madera produzca un rechazo natural, produciendo contracciones en las fibras alargadas, que se separan del

grupo y forman en la superficie de la madera una especie de diminutos alfileres. El lijado se hace a mano, con lija de agua y su principal función es hacer que estos diminutos alfileres sean eliminados de la madera, para darle el acabado final.

Características requeridas

Las características de este proceso son similares a las de los dos procesos anteriores. Es necesario tener un espacio de 4mts de ancho y 9mts de largo para que el operario pueda manipular las maderas de distintas longitudes. Igualmente es necesario el uso de dos caballetes los cuales sirvan de apoyo para los extremos de los elementos.

Este proceso se debe hacer con suavidad y delicadeza, para que la madera no pierda su textura natural, lo cual hace que la mujer sea una buena opción para este trabajo.

Materiales herramientas y equipo

Botas punta de acero: Evita posibles lesiones en los miembros inferiores del personal
Ver figura 26

Equipos

Un par de caballetes o apoyos

Ver figura 41

Organización de trabajo

Se apoya el elemento o grupo de elementos, según su tamaño en los caballetes, se divide la lija en pedazos de 14cm por 11cm para facilitar la manipulación de esta y se procede a realizar el trabajo.

Prerrequisitos

- Se necesita de un área de 4mts de ancho por 9mts de fondo.
- Se necesita de un operario.
- Es indispensable tener dos sitios de apoyos móviles para el buen desarrollo del proceso.
- Debe ser un espacio ventilado para evitar la aglomeración de desechos

Procedimiento

Figura 45. Lijado a mano



Operaciones críticas

Se recomienda que este proceso no este muy cerca al proceso de lijado con pulidora, para evitar que los desechos caigan sobre la madera o el operario.

Rendimiento

El rendimiento de este proceso depende del tipo de lija que se use. Se estima que 1 m³ de madera, con un operario calificado y con una lija entre 150 y 180, puede durar en este proceso 100 min. Con un costo de \$ 5000 pesos.

– *Carga a obra.* Es el último de los procesos que conforman el ciclo de tratamiento de la madera, con una importancia alta. Sirve como ultimo filtro de calidad, antes de enviar la madera al lugar de instalación. Sabemos que al trasportar la madera a la obra se puede deteriorar por no estar bien acondicionada o por no llevar las condiciones mínimas de seguridad. Se debe realizar poniendo la madera en el vehículo, de tal forma que conserve la características adquiridas en los procesos anteriores y entregar en el lugar de obra los elementos con el menor deterioro posible.

Características requeridas

Se recomienda definir un área específica para realizar la carga, esta área debe ser fácilmente inidentificable entre todos los miembros de la organización y debe estar cerca al proceso de lijado para que no se pierda tiempo transportando la madera de un lugar a otro, es indispensable que la persona que acomode la madera en el vehículo tenga experiencia y conciencia de el daño que puede causar si no se hace correctamente.

Materiales, Herramientas y Equipos

Herramientas.

– Cuerda o laso: para amarrar las maderas a la carrocería del vehículo

Equipos.

Cinturón ergonómico para esfuerzos: Evita hernias en el personal

Guantes: Protege los miembros superiores de las astillas.

Botas punta de acero: Evita posibles lecciones en los miembros inferiores del personal

Ver figura 26

Organización de trabajo

Se recomienda que los elementos de gran tamaño sean cargados por dos miembros que estén fuera del vehículo, uno que este dentro del vehículo. Los elementos de menor tamaño pueden ser cargados por un miembro fuera del vehículo, y otro que este dentro del vehículo adaptando la madera para ser transportada.

Prerrequisitos

- El área de carga debe estar siempre disponible y libre de materiales extraños.
- El vehículo debe disponer de una protección contra el agua y los rayos del sol
- Se debe disponer mínimo de dos miembros para realizar la descarga.
- La madera debe ir fija y haciendo contacto entre si, con las caras ásperas.

Procedimiento

Figura 46. Posición de manos



Figura 47. Posición de piernas.



Operaciones críticas

El área de contacto del vehículo con la madera debe estar limpio y despejado de elementos corto punzantes como: Puntillas, cuchillas, navajas, astillas, etc.

Rendimiento

Este depende del tamaño de los elementos que se están cargando, del número de miembros disponibles y el tiempo que gaste el proceso. Se estima que 1 m³ de madera de regular tamaño, se puede cargar con dos trabajadores en 38 minutos y un costo de \$ 1400 pesos.

Anotaciones

- Se recomienda que el arrume y amarre de elementos de gran dimensión, se haga con lasos adheridos a la carrocería, de tal forma que se conserve la calidad de las maderas.
- La lista de maderas pedidas debe ser confirmada antes del que vehículo salga del aserrio.

3.2 PUESTA EN MARCHA

En la aplicación de los principios mencionados al inicio de este capítulo se optó por hacer una identificación, análisis y descripción de procesos, los cuales fueron mostrados anteriormente para conocer y proponer mejoras en los procesos de la empresa (MADECOL). Con las actividades que se nombraron anteriormente se obtuvo información importante, que se usó en el mejoramiento y redirección de los objetivos de la empresa.

Con un control realizado en la fábrica de MADECOL, se obtuvo información con respecto a cantidad de tiempo invertido en los procesos realizados, para estimar y programar la entrega de obra realizada en cada uno de los frentes, que hacen la instalación de la madera y construyen las cubiertas, esto se hizo con el fin de estimar el tiempo que se invierte en la totalidad de los procesos y ajustarnos a lo programado por las empresas constructoras que requieren los servicios de MADECOL y no dar pie para retrasos y evitar contratiempos en la entrega de cubiertas.

La tabla x mostrada a continuación, sirvió como base para comparar los resultados obtenidos en el análisis de procesos, que se mostró anteriormente y garantizar un margen de error menor, ya que en este tipo de toma de datos suelen ocurrir errores.

La recopilación de información que requiere esta adaptación, depende directamente de la cantidad de producto procesado, en la toma de datos se buscó obtener el menor margen de error posible, para garantizar que los resultados fueran confiables, la toma de datos se hizo en el mes de Mayo y principios de Junio, donde la producción estaba sobre el promedio. Al revisar los datos procesados, los tiempos, la encuesta, la descripción, el análisis y la demás información obtenida, se elaboró un acta de compromiso, para adaptar la empresa y mejorar la capacidad de producción, según lo requerido por las normas ISO 9001:2000, que garantizan una mayor producción de la empresa, más orden, compromiso y mejoramiento continuo. Esta acta está dirigida a los directivos de MADECOL, buscando involucrar más al gerente y el administrador en los pequeños detalles faltantes.

Para garantizar que los objetivos planteados en la empresa están bien enfocados se realizó una encuesta a las empresas que trabajan con MADECOL, buscando generar mayor satisfacción en los consumidores.

A continuación se muestra la encuesta y sus resultados.



ENCUESTA DE SERVICIO

Comunicación: La importancia de la comunicación radica en lo claro y oportuno que se maneje la información, puesto que de ello depende lo resultados finales de cualquier tipo de operación, si el mensaje llega claro y a tiempo los resultados son confiables.	
Cree ud que los miembros de la empresa se comunican clara y oportunamente	Regular
Las sugerencias y reclamos hechos por el consumidor son atendidos adecuadamente	Regular
Son los miembros de la empresa personas tratables y susceptibles a criticas	Bueno
Considera ud personas serias y de confianza a los miembros de la empresa	Bueno
Cree ud que la toma de decisiones en la empresa la hace el personal administrativo	Bueno
<i>Sugerencias sobre la comunicación:</i>	
Organización: Parte fundamental en cualquier área de la ciencia, en la que participen los procesos como cuerpo del desarrollo de un plan, es fundamental para cualquier empresa que cree productos o servicios.	
Es oportuna la llegada de insumos y trabajadores al lugar de la obra	Malo
Son los materiales adecuados y estipulados los que se instalan en las obras	Bueno
Se da una secuencia lógica en los procesos de la instalación de los productos	Regular
Cree ud que los miembros de la empresa tienen sentido de pertenencia	Bueno
Cree ud que hay una clara idea entre los trabajadores con respecto a lo que se va a realizar	Regular
<i>Sugerencias sobre la organización:</i>	
Calidad: De la calidad de un producto depende la elección de un consumidor con respecto a diferentes competidores, es por eso que la calidad debe ser un parámetro de medida que logre la satisfacción de los consumidores y este repita su elección.	
Se hace de forma correcta la instalación de cada producto en las cubiertas	Bueno
Son los mejores materiales los usados en la construcción de las cubiertas	Bueno
Son capaces y diestros los trabajadores que están a cargo de los frentes de trabajo	Bueno
Son adecuadas las herramientas e implementos de seguridad en las obras	Regular
Comparando nuestros servicios con otros contratistas, considera ud que somos	Bueno
<i>Sugerencias sobre la calidad:</i>	

A continuación se muestra el acta de compromiso que se elaboro para orientar los cambios y replantear objetivos.

MADECOL
(MADERAS DE COLOMBIA)
ACTA DE COMPROMISO

“Por la cual se estipulan los objetivos a cumplir”

EL **Gerente General DE LA EMPRESA MADECOL**, en uso de sus facultades legales, las conferidas por la ley y,

CONSIDERANDO:

- Que el Director General de MADECOL, tiene como propósito generar la excelencia en el cumplimiento de la misión institucional y el de vincular a los funcionarios de la EMPRESA MADECOL en el cumplimiento de la metas globales.
- Que el Director General de la, EMPRESA MADECOL para lograr dicho propósito y consciente de la importancia de generar, desarrollar e implementar un sistema de gestión interno de calidad que asegure la satisfacción de las necesidades y expectativas de los clientes de la entidad, ha dispuesto adoptar las normas **ISO 9000**.
- Que es necesario diseñar la conformación y reglamentación del cumplimiento de estos objetivos y definir los miembros que harán cumplir estas metas, como órgano superior de definición de la política de calidad, implementación de la cultura de mejoramiento continuo, coordinación y evaluación del Sistema de Gestión de Calidad en los procesos inherentes a la EMPRESA MADECOL.

- Que con fundamento en lo anteriormente expuesto, se compromete a cumplir con:
 1. Implementar un sistema de comunicación eficiente y económico entre los miembros involucrados en los procesos de construcción de cubiertas y la empresa MADECOL (específicamente con el gerente), que logre superar los contratiempos en las obras.
 2. Garantizar que los reclamos hechos por el consumidor sean atendidos adecuadamente en un tiempo no mayor a tres días y asegurar que el problema no continuara.
 3. La llegada de materiales, insumos y trabajadores a las obras tendrá que ser oportuna, para evitar retrasos en las obras.
 4. La gerencia de MADECOL será la encargada de organizar y dar órdenes a los miembros para iniciar o terminar un proceso.
 5. Los elementos de seguridad, como: arnés, casco, zapatos, guantes, cinturones, gafas, tapabocas y la herramientas usadas en las obras deben se asignados a los miembros de la organización por procesos o por obra realizada.
 6. Se debe definir un área específica para cada proceso con sus elementos de seguridad y un rango de rendimiento.

Eduardo Serrano Mora

Edgar Libardo Becerra

4. MANUAL DE CONSTRUCCIÓN DE CUBIERTAS EN MADERA

4.1 OBJETIVO

Mediante este manual y sus contenidos se busca suministrar la información que permita realizar la construcción de la cubierta o techo en madera de una vivienda, bajo las condiciones requeridas para que se comporte de forma adecuada ante las condiciones climáticas y la ocurrencia de un sismo.

4.2 GENERALIDADES

La cubierta o techo de la vivienda se realiza para proteger a los moradores de la vivienda contra inclemencias del clima como lluvias, viento, frío y calor.

Al realizar la construcción de las cubiertas es importante tener en cuenta el sistema de amarre y el tipo de material a utilizar y no modificar los diseños hechos por el arquitecto o el ingeniero, para que la cubierta resulte lo mas segura y resistente posible. En esta guía solo se expondrá la construcción de cubiertas en estructuras de madera y machihembre, con teja de barro y en teja de fibro-cemento o gres, por ser las más construidas en el país y en donde menos información encontramos.

Con este material se quiere dar mas información a las empresas que contratan a maestros o empresas, para la construcción de cubiertas que tienen un grado de dificultad alto o un diseño especial y en la cual esta la madera como elemento estructural.

Este capítulo es el aporte investigativo que hace el estudiante en practica; sirve tanto a la universidad, como a la empresa en donde se desarrolla y esta basado en lo visto, documentado y aprendido por el estudiante durante los seis meses de práctica, en cada una de las actividades realizadas y resumidas en el capítulo 2 de esta tesis.

4.2.1 Terremoto y sismo resistencia

El terremoto. Es una vibración o movimiento ondulatorio del suelo que se presenta por la súbita liberación de energía sísmica, que se acumula dentro de la tierra debido a fuertes tensiones o presiones que ocurren en su interior. Los sismos o terremotos pueden causar grandes desastres, en especial donde no se han tomado medidas preventivas de protección. Relacionados con la sismo resistencia de las edificaciones. Los terremotos son fenómenos naturales que se presentan por el movimiento de placas tectónicas o fallas geológicas que existen en la corteza terrestre. También se producen por actividad volcánica.

Colombia hace parte del Cinturón de Fuego del Pacífico, que es una de las zonas del planeta en la cual se presenta una alta actividad sísmica y un mayor peligro o amenaza,

Sismo resistencia. Se dice que una edificación es sismo resistente cuando se diseña y construye con una adecuada configuración estructural, con componentes de dimensiones apropiadas y materiales con una proporción y resistencia suficientes para soportar la acción de fuerzas causadas por sismos frecuentes. Aun cuando se diseñe y construya una edificación cumpliendo con todos los requisitos que indican las normas de diseño y construcción sismo resistente, siempre existe la posibilidad de que se presente un terremoto aun mas fuerte que los que han sido previstos y que deben ser resistidos por la edificación sin que ocurran daños. Por esta razón, no existen edificios totalmente sismo resistente. Sin embargo, la sismo resistencia es una propiedad o capacidad que se le provee a la edificación con el fin de proteger la vida y los bienes de las personas que lo ocupan. Aunque se presenten daños, en el caso de un sismo muy fuerte, una edificación sismo resistente no colapsará y contribuirá a que no haya pérdida de vidas y pérdida total de la propiedad.

Una edificación no sismo resistente es vulnerable, es decir susceptible o predispuesto a dañarse en forma grave o a colapsar fácilmente en caso de terremoto. El sobre costo que significa la sismo resistencia es mínimo si la construcción se realizo correctamente y es totalmente justificada, dado que significa la seguridad de las personas en caso de terremoto y la protección de su patrimonio, que en la mayoría de los casos es la misma edificación.

Forma Regular. La geometría de la edificación debe ser sencilla en planta y en elevación. Las formas complejas, irregulares o asimétricas causan un mal comportamiento cuando la edificación es sacudida por un sismo. Una geometría irregular favorece que la estructura sufra torsión o que intente girar en forma desordenada La falta de uniformidad facilita que en algunas esquinas se presenten intensas concentraciones de fuerza, que pueden ser difíciles de resistir.

Rigidez. Es deseable que la estructura se deforme poco cuando se mueve ante la acción de un sismo. Una estructura flexible o poco sólida al deformarse exageradamente favorece que se presenten daños en paredes o divisiones no estructurales, acabados arquitectónicos e instalaciones que usualmente son elementos frágiles que no soportan mayores distorsiones.

Suelo y cimentación. La cimentación debe ser competente para transmitir con seguridad el peso de la edificación al suelo. También, es deseable que el material del suelo sea duro y resistente. Los suelos blandos amplifican las ondas sísmicas y facilitan asentamientos nocivos en la cimentación que pueden afectar la estructura y facilitar el daño en caso de sismo.

Materiales. Los materiales deben ser de buena calidad para garantizar una adecuada resistencia y capacidad de la estructura para absorber y disipar la energía que el sismo le otorga a la edificación cuando se sacude. Materiales frágiles, poca resistentes, con discontinuidades se rompen fácilmente ante la acción de un terremoto. Muros o paredes de tapia de tierra o adobe, de ladrillo o bloque sin refuerzo sin vigas y columnas, son muy peligrosos.

Capacidad para disipar energía. Una estructura debe ser capaz de soportar deformaciones en sus componentes sin que se dañen gravemente o se degrade su resistencia. Cuando una estructura no es dúctil y tenaz se rompe fácilmente al iniciarse su deformación por la acción sísmica. Al degradarse su rigidez y resistencia pierde su estabilidad y puede colapsar súbitamente.

4.2.2 Sismo resistencia en cubiertas

La cubierta debe ejecutarse tan liviana como sea posible. Las cubiertas con tejas o ripias de piedra no son recomendables debido a su peso y al riesgo que estas caigan dentro de la vivienda. Para el diseño de viviendas antisísmicas se recomienda cubiertas a cuatro aguas. Las cubiertas a dos aguas son construcciones sencillas, pero requieren tímpanos que no son recomendables debido a que pueden colapsar si no están bien diseñados.

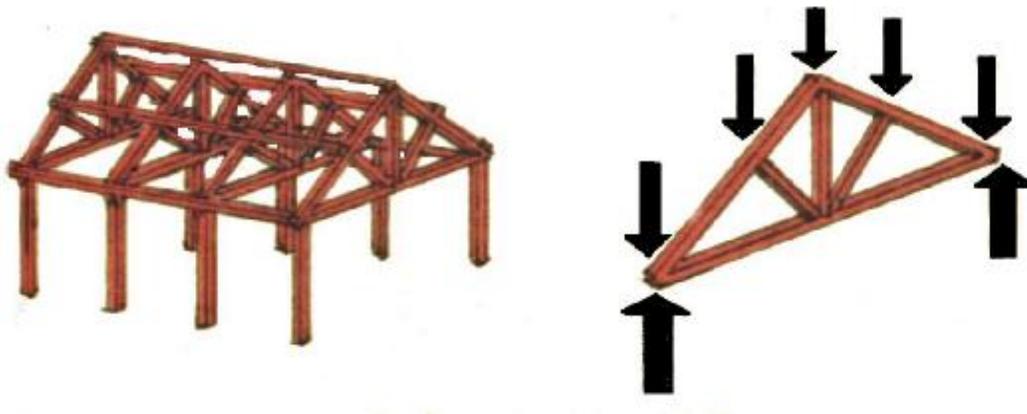
Cubiertas aisladas de la estructura de los muros. Debido a que en el sismo la cubierta tiene una frecuencia de movimiento diferente a la de los muros, es recomendable que esta descansa sobre columnas exentas de la estructura del muro. Las columnas deben estar separadas del muro para poder tener un movimiento independiente.

4.2.3 Sistemas estructurales

Llamamos estructura a un conjunto de elementos resistentes que colaboran entre sí para soportar fuerzas o cargas. En general, la palabra estructura se usa con relación a una edificación, pero también podemos considerar a una mesa como una estructura, que en algún caso soporta el peso de lo que este sobre ella. La fuerza (carga) aplicada se indica como una flecha hacia abajo.

Al analizar una estructura es conveniente estudiar, por separado, diversas partes o elementos. Podemos considerar el equilibrio de cada componente, como cuerpo libre, analizando las fuerzas aplicadas externamente y aquellas que otros elementos ejercen sobre la parte en estudio. Esto nos permite apreciar mejor la forma en que las cargas se distribuyen entre los distintos elementos.

Figura 48. Estructura y cuerpo libre



Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

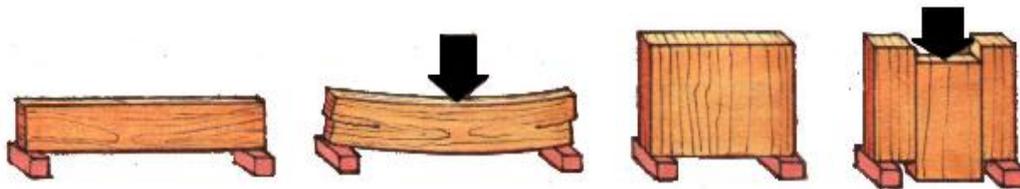
Las cargas que deben resistir las estructuras de madera según el capítulo **G.2.1.1** que hace referencia al capítulo **B.3.2.1** de la **NRS 98** son:

- *Cargas muertas o permanentes.* Se consideran como cargas muertas o permanentes, las que se deben al peso propio de la edificación, incluyendo la estructura resistente y los elementos no estructurales tales como tabiques y acabados.
- *Cargas vivas o sobrecargas de servicio.* Se conoce como cargas vivas o sobrecargas de servicio, a las cargas de muebles, equipos, personas, etc. Su magnitud es determinada considerando los estados de carga más desconsiderado, los estados de cargas más desfavorables de acuerdo al uso de la edificación.
- *Cargas ocasionales.* Son aquellas cuya presencia es eventual, como la nieve, el viento y el sismo.

4.2.4 Análisis y Diseño

Las estructuras de madera deben diseñarse para fallas por: tracción, compresión, cortante, flexión y torsión.

Figura 49. Solicitación de esfuerzos.



Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

Los elementos o piezas sometidas a cargas transversales se flexionan o curvan; esto origina esfuerzos de compresión en una de sus partes y de tracción en la opuesta.

El cambio de compresión a tracción se produce en un plano que se denomina plano neutro, en el que no se producen compresiones ni tracción, pero es donde actúan el máximo esfuerzos de corte horizontal.

La ubicación del plano neutro depende de la forma geométrica de la sección. Para el caso de vigas de madera, se considera que el material es lo suficientemente homogéneo como para suponer, que el eje neutro pasa por el centro de gravedad de la sección.

Los esfuerzos de compresión y tracción en una pieza flexionada no son constantes.

La compresión máxima ocurre en la superficie del elemento, a un lado del plano neutro, mientras que la tracción máxima se presenta en la cara opuesta. En el interior del elemento hay variaciones graduales de los esfuerzos.

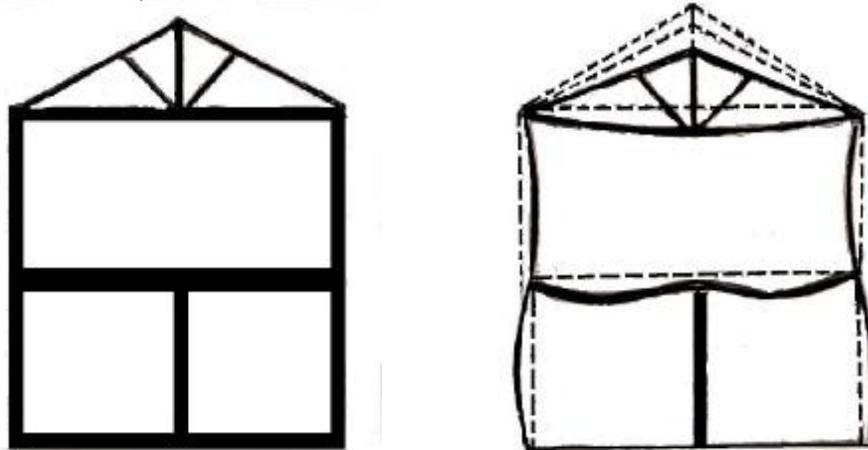
El esfuerzo de corte origina deformaciones que se presentan como una tendencia al deslizamiento de una parte del cuerpo con respecto a la otra. En las vigas, el esfuerzo de corte produce deslizamientos en la dirección longitudinal (horizontal) y en la dirección transversal (vertical). En la figura se muestran estos dos casos.

Para aumentar la resistencia al esfuerzo de corte en elementos formados por capas superpuestas, que es con lo que se puede comparar las fibras de la madera, será necesario evitar el deslizamiento entre ellas, lo cual se logra por medio de un pegamento que las adhiera o por medio de grapas, clavos, etc.

En toda estructura se presentan los diversos tipos de esfuerzos mencionados anteriormente.

Para apreciar el tipo de esfuerzo que se da en cada elemento, puede ser útil imaginar o dibujar la manera como se deformará la estructura por acción de las cargas aplicadas.

Figura 50. Estructura y deformaciones



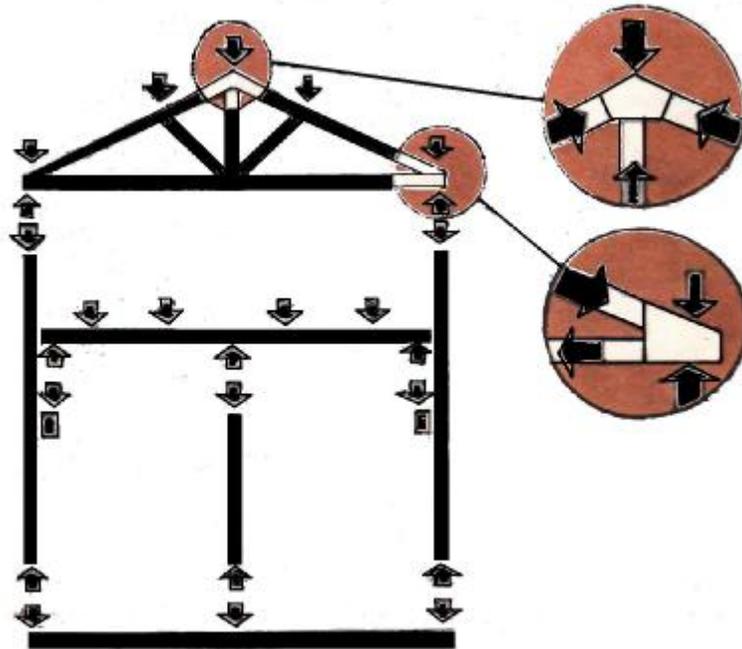
Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

Adicionalmente, podemos imaginar o dibujar a la estructura como separada en distintas partes y considerar el equilibrio de cada una de ellas como cuerpo libre, así como se muestra en la siguiente figura. Esta técnica nos permite determinar, incluso, la magnitud de los esfuerzos que se presentan.

Sin embargo, conocer el tipo de esfuerzo y aun su magnitud, no es suficiente. Para tener una buena estructura, se requiere, además, seleccionar elementos de dimensiones adecuadas y disponerlos en forma eficiente, para que puedan resistir las fuerzas aplicadas sin que se produzcan deformaciones excesivas.

Para poder diseñar con cualquier tipo de material una estructura se debe tener en cuenta la sollicitación de esfuerzos hechos por las cargas o combinación de cargas que afectan la edificación, en un determinado momento. Este estudio lo debe hacer un profesional competente, según las Norma Sismo Resistente del 98, la cual es ley en toda la Nación.

Figura 51. Diagrama de cuerpo libre de una estructura típica en madera



Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

Un mismo elemento se comporta de modo diferente según sea la dirección de las fuerzas que tratan de deformarlo.

Cuando el elemento se coloca con la dimensión mayor de la sección transversal en la dirección de los fuerzas aplicadas, su rigidez aumenta, pudiendo soportar mas carga con menos deformación. Si a un elemento muy esbelto le aplicamos una fuerza de compresión, éste tenderá a curvarse en la dirección de su menor rigidez.

Este concepto se puede aclarar mejor si ponemos tres ejemplos: a) una columna de sección circular, se puede deformar con igual facilidad en cualquier dirección por la acción de una fuerza; b) si la columna es de secciono rectangular muy alargada se deformara mas fácilmente cuando se le aplique la fuerza sobre la cara mas alargada; cuando la columna es de sección cuadrada, se deformara igualmente en la dirección de sus cuatro caras.

Existe una relación entre deflexión, carga y forma, entendiéndose como forma la sección transversal y su longitud

Como no es función de las empresas constructoras de cubiertas y tampoco de MADECOL, hacer el diseño de la estructura o obra falsa de cubiertas, a no ser en casos de cubiertas simples y aplicando conceptos como los expuestos anteriormente, este tesis no hace estudios de análisis de estructuras en madera. Dejamos como referencia para el diseño de este tipo de estructuras los capítulos: **G.2, G.3, G.4, G.5, G.6 y G.7** de la **Norma NRS del 98** en donde se especifica el análisis y diseño.

4.3 ESPECIFICACIONES DE LA CUBIERTA

4.3.1 Definición de cubierta

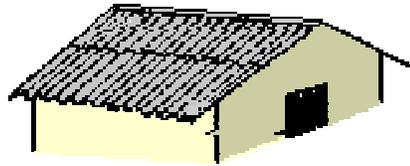
Se da el nombre de cubierta a la estructura que forma el último diafragma de la construcción que se realiza en la parte superior y exterior de una vivienda y que tiene como misión proteger la construcción y a los habitantes, de las inclemencias del clima. Existen diferentes tipos de cubiertas o techos.

La cubierta es la que define el tipo al cual pertenece la construcción de acuerdo a los materiales y a la forma de su empleo, las más comunes son los tipos plano e inclinado, en este tesis no se hablara de los techos planos, ya que en este tipo de cubierta no se usa la madera.

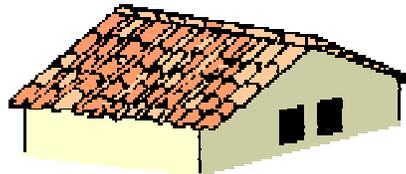
La constitución y material de las cubiertas deben de estar de acuerdo al medio en que se construyan, si estamos en la ciudad podremos encontrar materiales para cubierta como teja de barro, fibro cemento, gres, de fibras sintéticas, vidrio etc. y en la zona rural encontramos materiales para cubierta como: la paja, las hojas de palma, la guadua partida en forma de canales y la tabla de madera o machihembre.

Figura 52. Tipos de teja para cubiertas en madera

Cubiertas En abtstocemento



En teja de barro



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Las principales características que deben tener las cubiertas son:

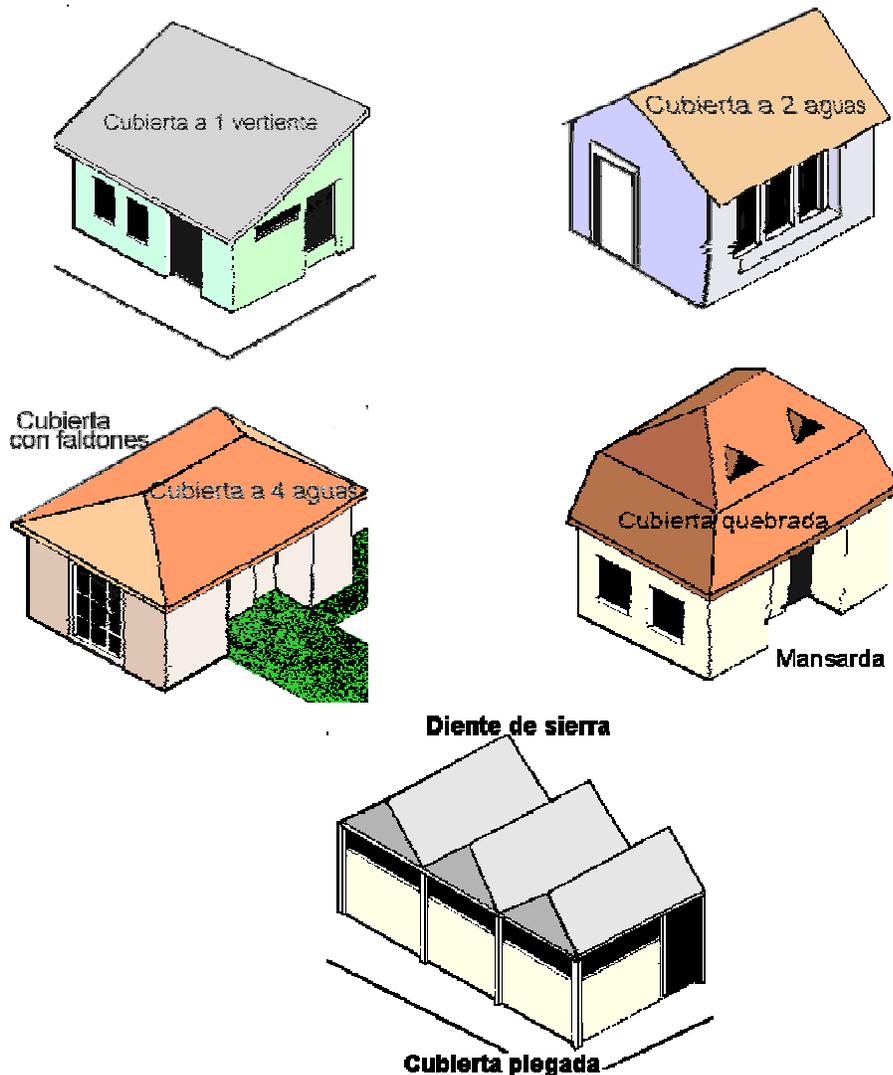
- La impermeabilidad o sea que no deje pasar el agua.
- El aislamiento para que no pase el calor el frío o la nieve.
- Se recomienda poner pendientes fuertes en zonas lluviosas

La elaboración de una cubierta es relativamente sencilla, cuando se trata de una vivienda de interés social o de áreas pequeñas, pero al hacer un diseño para una vivienda de estrato mas alto o con un nivel de dificultad mayor, como es el caso de un salón de fiestas o cualquier otra estructura que requiera de madera de primera calidad y mayor tamaño, por ende mayor peso y mano de obra calificada, el trabajo se dificulta y hace que las cosas sencillas se transformen en actividades de mucho control y cuidado para el constructor.

4.3.2 Formas de la cubierta

La forma de la cubierta depende del tipo de construcción en la cual se va a ejecutar, los tipos más comunes son: cubiertas de una sola vertiente, a dos aguas, a tres aguas, a cuatro aguas y cubiertas plegadas en forma de sierra, en pabellón, cubiertas quebradas o mansardas y las cubiertas compuestas, que se usan para zonas urbanas.

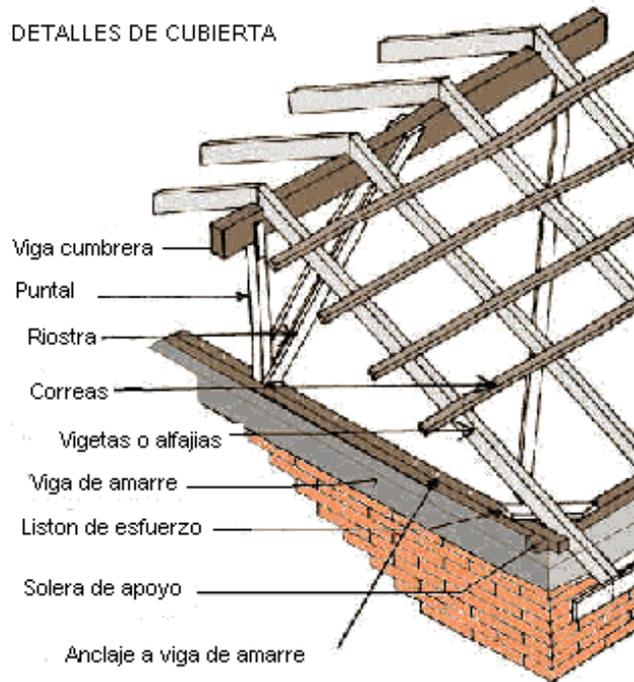
Figura 53. Vertientes de cubierta



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

4.3.3 Partes de una cubierta

Figura 54. Partes de una cubierta



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Estructura o armazón: Es la parte constituida por elementos de madera o en algunos casos en acero (en forma de cerchas), que tiene la función de soportar su propio peso y el del techo o cubierta propiamente, además de las fuerzas externas como la del viento y de las personas que suban al techo para realizar alguna reparación.

En la figura podemos ver las partes fundamentales de la armazón de la cubierta, que en ocasiones, dependiendo de la región donde se este construyendo, se conocen con sinónimos o no hacen parte de la estructura porque no son necesarias.

4.3.4 Techado

Es el conjunto de elementos que va montado sobre la estructura puede ser de paja, teja de barro, teja de zinc, teja de fibro cemento y normalmente en machihembre.

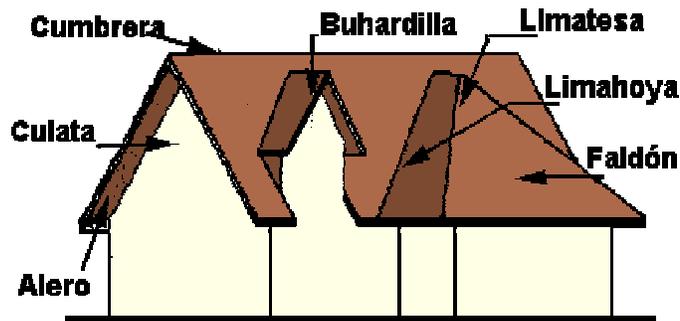
En todos casos se debe complementar con un manto impermeable.

En el mayor de los casos, dependiendo del presupuesto, se hace en machihembre, donde luego se pone el manto y finalmente se instala la teja, bien sea de barro, de fibro cemento o de gres, esto dependerá de la zona en la que se esta construyendo

4.3.5 Accesorios complementarios

Son partes de la cubierta hechos del mismo material y sirven para hacer los remates o en ocasiones como parte del diseño.

Figura 55. Accesorios de cubierta



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Entre ellos se tienen limatesas, limahoyas, caballetes, esquineras claraboyas, flanches, canales, etc.

La figura muestra la cubierta típica de una vivienda residencial, sus partes y sus accesorios, es importante memorizar e identificar con claridad cada uno de estas partes, para que cuando se haga referencia a ellos, no se tenga duda de lo que es y se comprenda lo descrito en el subcapítulo 4.4 de esta tesis.

4.3.6 Pendientes de las cubiertas

Es la inclinación con la que se hacen los techos o vertientes para desalojar con facilidad las aguas y su magnitud depende del material que se utilice como cubierta. Las pendientes que más se utilizan en nuestro medio son las siguientes:

Entre 20% y 27% para cubiertas de cinc y tejas de fibro cemento.

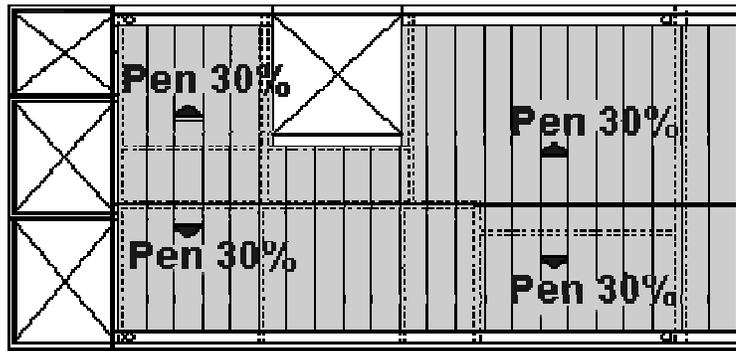
Entre 30% y 60% para los diferentes tipos de teja de barro.

Entre 50% y 80% para techos en paja o palma.

Cuando se dice que un techo tiene pendiente de 20% significa que por cada metro lineal de techo subimos 20 centímetros, así, si son 2.00 metros nos elevamos 40 centímetros y si son 3.00 metros nos levantamos 60 centímetros y así sucesivamente.

Es muy importante saber designar esta propiedad de la cubierta, puesto que si es una zona donde llueve con frecuencia, las pendientes deben ser mayores, para que el agua fluya con rapidez y no haya problemas de estancamiento que puedan ocasionar con el pasar del tiempo goteras o deterioro en el material.

Figura 56. Pendientes

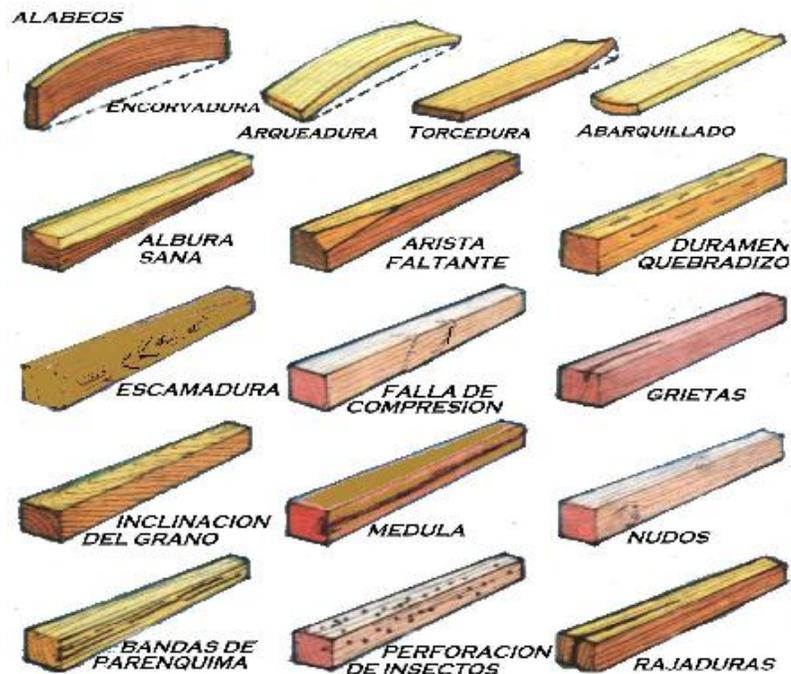


Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Las pendientes son expresadas en los planos en forma de porcentaje, y con una flecha se indica hacia donde corren las aguas. En la figura que se muestra anteriormente podemos ver 4 zonas distintas, pero todas con la misma pendiente, lo que nos da a entender que es una estructura de cubierta a dos aguas con una claraboya o patio de secado de ropa. En algunas ocasiones podemos encontrar planos sin pendientes definidas, ya sea por error del diseño o por simple descuido del dibujante, en estos casos se debe consultar con el constructor o con el dueño de la casa, quienes son los que saben como puede ir la pendiente respectiva.

4.3.7 Dimensiones y defectos de los materiales.

Figura 57. Clasificación visual por defectos



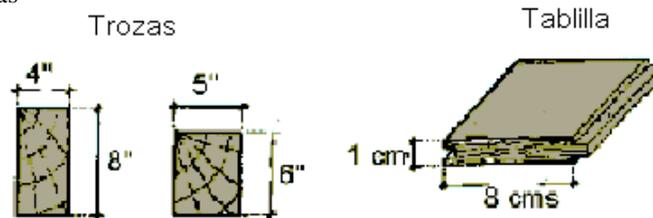
Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

En la construcción de las estructuras o armazones para cubierta, se utiliza madera de buena calidad que debe ser revisada visualmente para detectar que no tenga alabeos, arqueados, abarquillados, encorvados, nudos, pudrición, rajaduras, ataque de insectos y que las dimensiones sean las especificadas en los planos.

La madera utilizada para techos puede ser rolliza o aserrada y el tipo de madera mas utilizado es el abarco para soleras y largueros y el pino ciprés para el machihembre o tablilla. Otras maderas utilizadas son el caimito, chanul, maquí, sapan, aceite, chaquiro, bálsamo y algarrobo.

El abarco se corta en el monte con las siguientes medidas básicas, aunque no muy precisas: 4x8 pulgadas (10 cm x 20 cm) y de 5x6 pulgadas (12.5 cm x 15 cm) y en longitudes que van desde 4 varas (3.2 m) hasta 10 varas (8 m) [una vara = 80 cm.]. Las dimensiones de las maderas dependen directamente del uso que se le va a dar al elemento.

Figura 58. Medidas



Fuente: Cartilla de construcción con madera [4]

Estas medidas son generalmente usadas en zonas rurales donde no hay la tecnología de los aserrios o maquinas industrializadas que puedan hacer cualquier tipo de corte.

Las medidas teóricas deben ser disminuidas en la práctica 10 cm, es decir, cuando se habla de 4 varas no se puede contar sino con un madero que tiene 3.1 m o si es de 5 varas con 3.90 m, esto debido a que generalmente la punta de la madera se pierde al rajarse cuando es arrastrada al sacarla del monte.

Comercialmente se consigue cualquier medida que sea divisor de las dos originales, es decir una troza de 4"x8" se puede partir en 2 de 4"x4" , 2 de 2"x8" , 4 de 2"x4" etc. en estos términos se consigue madera de 2"x3", 2"x4", 2"x6", 2"x8", 2"x1/2"x6", 3"x4", 3"x5", 2"x5', 3"x6", 4"x6", 5"x6", 4"x4" etc.

Las comillas (") significan pulgadas y una pulgada es igual a 2.54 cm, para las medidas de longitud de la madera se utiliza metro, vara, y pulgada; últimamente se a tratado de unificar todas estas medidas a metros y centímetros.

En las maderas se utiliza la medida nominal ya que las medidas reales son un poco menores, pues parte del material se pierde durante el proceso de aserrado y cepillado (de 1/2 cm. a 3/4 cm o sea 7.5 milímetros por cada cara), mientras mas pequeña sea la sección de la pieza mas material se pierde proporcionalmente

La otra madera utilizada es la tablilla que puede ser de pino ciprés, por la abundancia y el menor costo, pero también se utiliza el laurel, el cedro, el roble, el chaquiro, mónico

o el guayacán. Estas maderas, a diferencia del abarco o el sapan, se consiguen en medidas de 2.90 a 3.0 m de longitud. Estas medidas se deben tener en cuenta para la distribución de los elementos portantes (largueros) de la tablilla para que resulte el menor desperdicio posible.

Esta es la razón por la cual las alfardas o correas de amarre se deben colocar distanciadas 50 cm a centro, puesto que 3.0 es divisible exactamente por 50, sin embargo la mejor medida real es de 48 cm a centro pues esto protege de tablillas defectuosas en las puntas y que se tienen que recortar, es mejor colocar mas correas para evitar el desperdicio en las tablillas.

La sección nominal de la tablilla es de 1 x 8 cm y un metro cuadrado lo conforman 4 tablillas de 3.0 m es decir, $4 \times 0.08 \times 3.0 \text{ m} = 0.96 \text{ m}^2$ (metros cuadrados). En el capítulo 1 hablamos de la comercialización de estos materiales mas claramente.

Si la madera no se compra inmunizada, para evitar ataque de insectos se debe inmunizar con un producto comercial que garantice una total inmunización, o con sulfato de cobre disuelto en agua, éste da un color verdoso a la madera. No todas las maderas se dejan inmunizar y el abarco es una de ellas. Si quiere saber algo más sobre los procesos complementarios de tratamiento de madera. Véase capítulo 3.

4.3.8 Ensamblés de madera

Son acoples rígidos continuos o articulados que se realizan para unir dos piezas de madera.

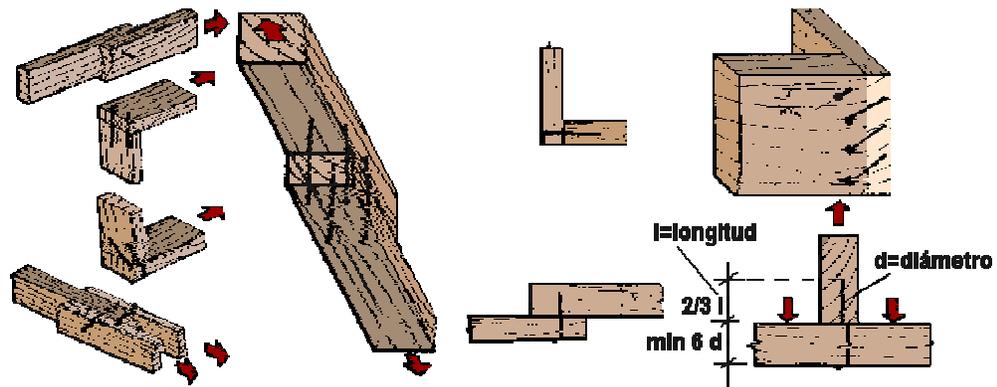
Función de los ensambles: La función de los ensambles es absorber los esfuerzos de tracción, compresión y flexión a los que son sometidas las piezas de madera que trabajan en el armazón de una cubierta. Los acoples transmiten el esfuerzo uniformemente a través de toda la armazón.

Los ensambles más utilizados en la construcción de cubiertas son:

- *A media madera:* Es un ensamble en forma de escala. Se recomienda cuando se trabaja en el mismo sentido de la madera pero esta unión se debe ubicar sobre un apoyo, pues no debe quedar sin soporte directo.
- *Pico de flauta:* Tiene las mismas características que el ensamble a media madera, solo se diferencia en su forma geométrica.
- *Rayo de Júpiter:* Las piezas se cortan en forma de rayo y se ensamblan una con otra, es el empalme ideal para unir vigas de grandes luces pero se le debe agregar un refuerzo con una platina metálica y tornillos.

Los clavos deben penetrar mínimo $\frac{2}{3}$ de su longitud en la madera que servirá de anclaje para que haya una buena unión entre ellas.

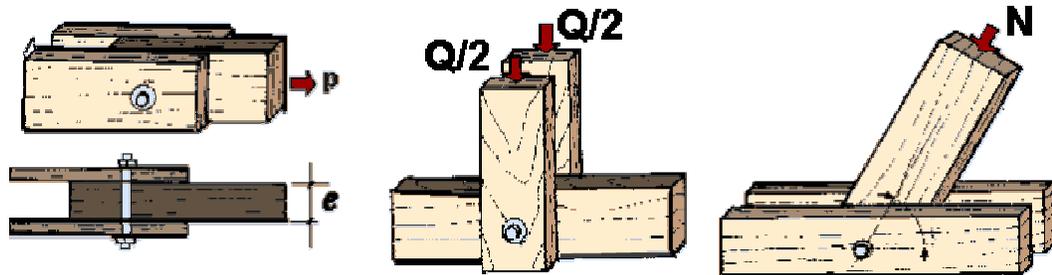
Figura 59. Detalles de uniones clavadas



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Se recomienda hacer ensayos de tracción y compresión a las maderas que se van a utilizar en la construcción de las cubiertas.

Figura 60. Detalles de uniones con tornillos



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

4.4 PROCESOS CONSTRUCTIVOS DE CUBIERTAS EN MADERA

4.4.1 Interpretación de Planos

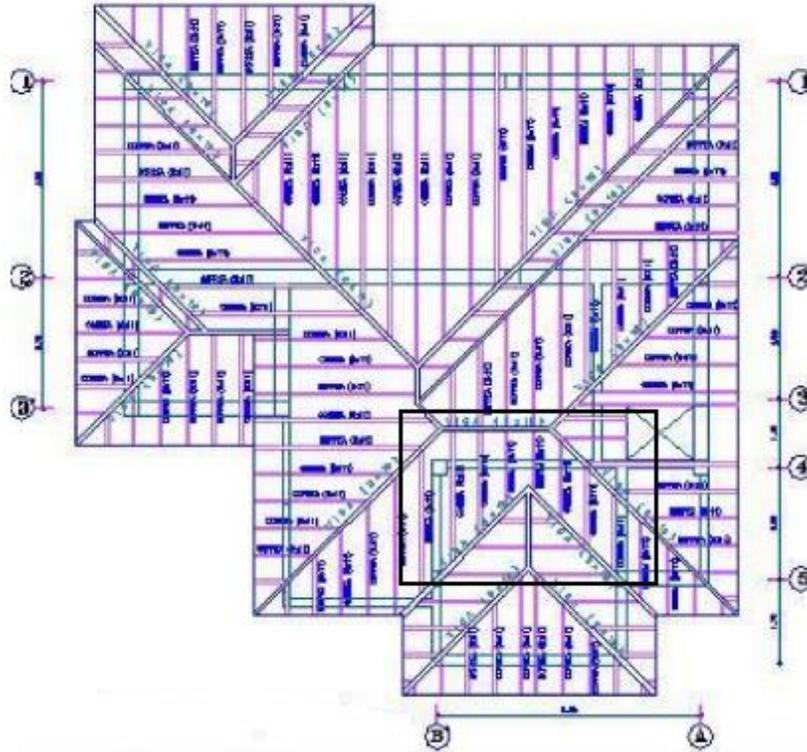
Es importante identificar el tipo de cubierta que se va a construir, si se trata de cubiertas para casas en conjunto residencial, se debe asegurar que sea el plano de esa casa y no de otra que tiene las mismas características, ya que en la obra las diferencias entre una y otra casa pueden cambiar considerablemente, afectando las dimensiones de la cubierta.

Si se trata de una cubierta quebrada, es decir de forma irregular, se deben solicitar al contratante los planos estructurales y arquitectónicos, que por norma debe tener la cubierta, para garantizar que no se va a improvisar a la hora de construir y asegurar un buen funcionamiento de esta.

Los planos se clasifican en.

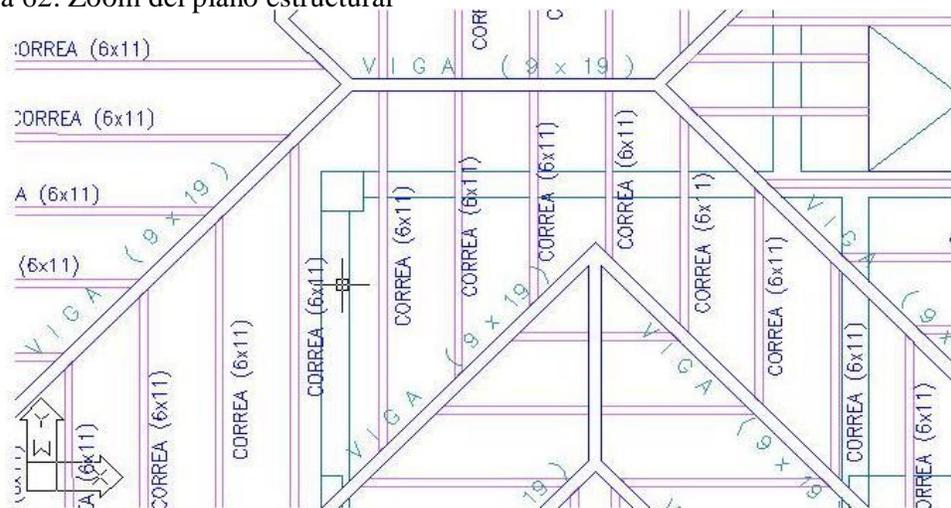
- Estructurales: Son los planos en donde se especifica la longitud, la dimensión, el tipo de elemento, la separación entre ellos, la ubicación, los apoyos, las uniones, los ángulos, etc.

Figura 61. Plano estructural



Fuente: URBANAS constructores [4]

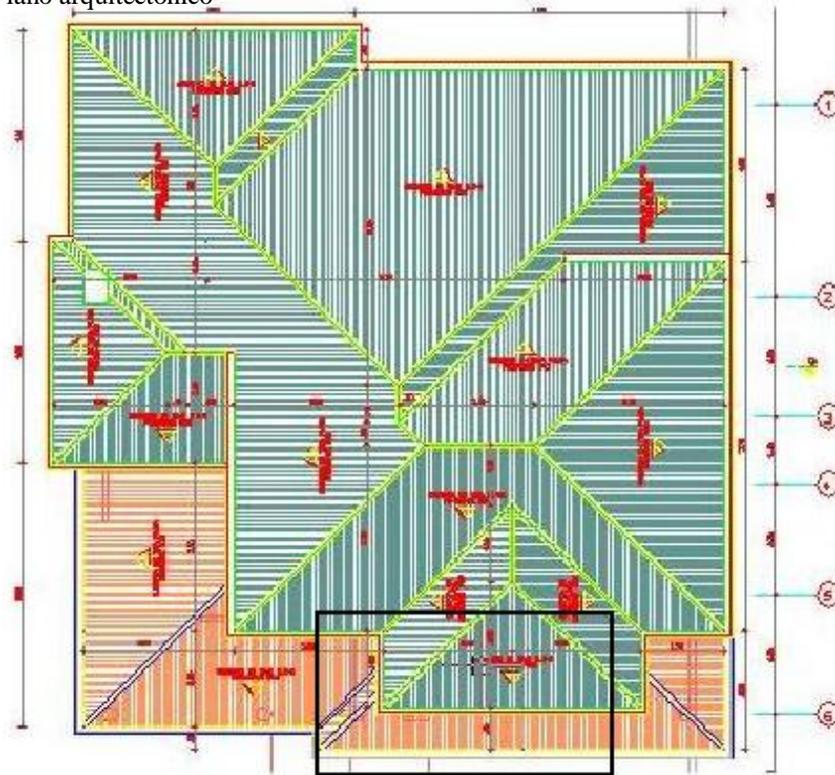
Figura 62. Zoom del plano estructural



Fuente: URBANAS constructores [4]

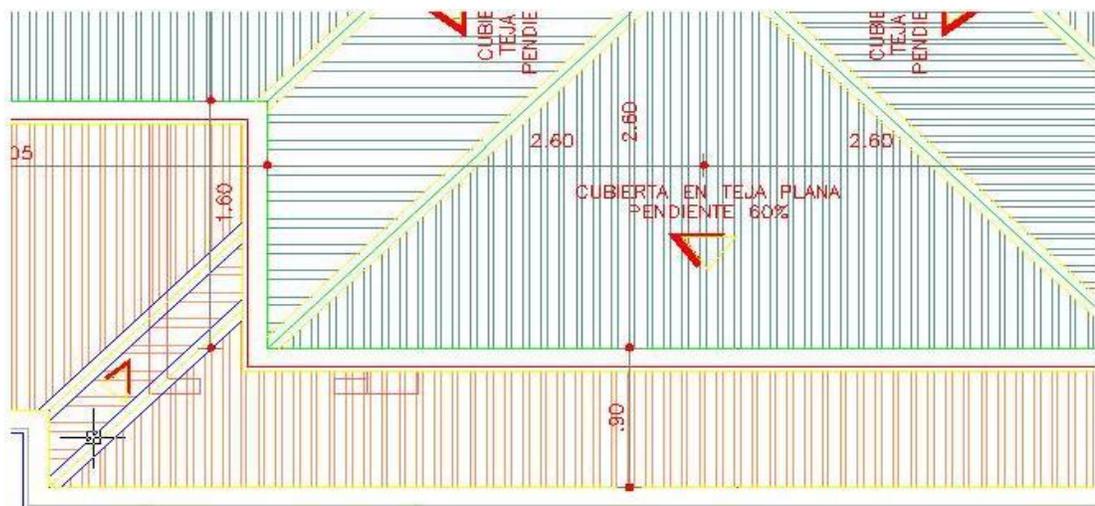
- Arquitectónicos: Son los planos en donde se especifica, la teja, la pintura, los volados, los canales, los colores, los espacios, las pendientes, las alturas y la mayoría de los detalles en el acabado.

Figura 63. Plano arquitectónico



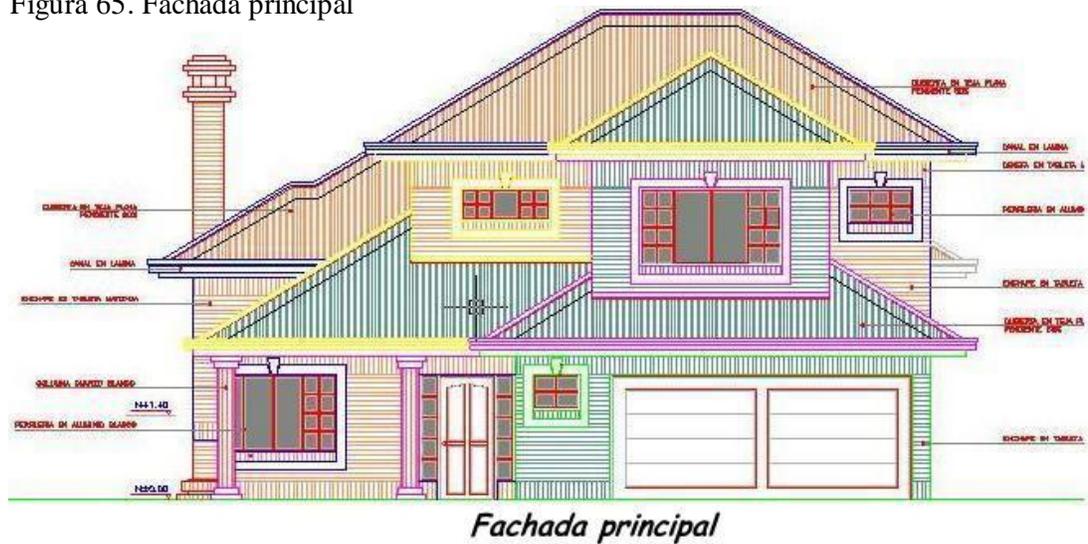
Fuente: URBANAS constructores [4]

Figura 64. Zoom del plano arquitectónico



Fuente: URBANAS constructores [4]

Figura 65. Fachada principal



Fuente: URBANAS constructores [4]

Figura 66. Fachada posterior



Fuente: URBANAS constructores [4]

Es importante tener los dos planos al mismo tiempo, ya que lo que falta en uno esta en el otro, se complementan para hacer un diseño ideal.

Se observa ante todo las pendientes, la separación de los largueros o correas, el tipo de material empleado para la cubierta, las canoas que recogerán el agua, las especificaciones técnicas y los niveles de las cuchillas o vigas de amarre en concreto.

Luego de observar estos planos, se debe clasificar y cuantificar los elementos que conforman la obra falsa o esqueleto, como se conoce vulgarmente la estructura de la cubierta, la cual debe poseer ciertas condiciones de estética e ingeniería.

Las empresas constructoras debe hacer el despiece de cada elemento, según su dimensión, tipo y longitud, con escalímetro o con ayuda de un software si se tienen los planos en formato digital.

Los pasos a seguir son los siguientes.

1. Identificar apoyos: los apoyos son partes de la estructura de concreto, como vigas, columnas, placas o muros, los cuales sirven para apoyar y despuntar las vigas de madera, para luego hacer la continuación de esta, con otro elemento de igual dimensión, pero distinta longitud. Esto con el fin de ahorrar dinero, puesto que entre mas largo sea el elemento mayor es su costo.
2. Identificar elementos: los elementos son relativamente sencillos de identificar en el plano estructural, ya que en este se especifica sobre cada uno de ellos el nombre y su dimensión. Ahora, se debe tener en cuenta que los planos tienen unos elementos en longitud real y otros con proyecciones verticales, las cuales no se ven en un plano en planta, las vigas cumbreras deben ser las primeras en ser identificadas, para no confundirlas con las limahoyas y limatesas, las cuales tienen una longitud agregada por la pendiente de la cubierta. En la mayoría de las cubiertas las correas siempre tendrán la pendiente de desagüe, pero no sobra confirmarlo.
3. Despiece de maderas: se trata de hacer la medición de elemento por elemento teniendo en cuenta la escala a la que este el plano y la pendiente de la cubierta, para posteriormente hacer una lista de elementos, que luego serán acondicionados a las medidas y longitudes comerciales. Se pueden clasificar como, vigas, correas y listones.
4. Revisión: verificar que la lista de elementos (vigas, correas y listones) son en número y en longitud correctos. Esto se puede hacer, chuleando o coloreando los elementos en el plano, que van siendo confirmados en la lista.
5. Pedido: la lista de estas maderas debe hacerse llegar al aserrio con dos o tres días de anticipación, a la fecha preestablecida de iniciación de la cubierta. Este tiempo deberá ser mayor según la distancia del aserrio a la obra.
6. Correcciones: si es notable que en el plano hay algún error, bien sea por el dibujante o por el diseñador, se debe hacer notificación escrita a el residente de la obra para que se tomen los correctivos necesarios y se eviten defectos posteriores, que aumenten el costo a la hora de construir.
7. Modificaciones: las modificaciones que se hagan al plano de cubierta se deben dar a conocer al equipo de trabajo y deben estar autorizadas por el diseñador.

4.4.2 Estudio de costos

Para las empresas o personas dedicada a la construcción de cubiertas es fundamental y de mucho cuidado el estudio de costos, pues de este depende el estado de pérdidas o ganancias que se puedan obtener.

El estudio se puede hacer en los siguientes pasos.

1. Luego de tener el estándar o lista de maderas que se va a usar en la construcción se debe calcular el área de la cubierta. Esta se puede calcular de la siguiente manera: se subdivide el área total en áreas geoméricamente definidas, como son el triángulo, el rectángulo y el cuadrado, los cuales nos permiten hacer el cálculo más sencillo. La suma de todas estas áreas nos dará como resultado el área total de la cubierta, pero se debe tener en cuenta que el área calculada no tiene la perspectiva de la pendiente puesto que es un plano en planta, habrá que multiplicar esta área por un número el cual está definido por la pendiente de la cubierta, por ejemplo: si la cubierta tiene una pendiente del 60% y según Pitágoras.

$$\sqrt{a^2 + b^2} = z$$
$$\sqrt{1^2 + 0.6^2} = 1.6619 \quad \text{Si se trata de una pendiente del 45\%} \quad \sqrt{1^2 + 0.45^2} = 1.096$$

Si la pendiente cambia solo necesitaremos cambiar la variable b, del segundo término de la fórmula, el cual corresponde al lado corto del triángulo rectángulo que forman las vigas secundarias entre el nivel de la cumbrera y los apoyos en concreto. El valor z será el número por el cual se multiplicará el área calculada según el plano en planta.

2. Con la lista de elementos que se sacaron del plano, se hace el cálculo del volumen total de madera que se instalara en la cubierta, este volumen se obtiene multiplicando la cantidad de elementos por sus dimensiones, por ejemplo: si se tienen 25 listones de 9x6x300 cm el volumen de madera de estos listones será $25 \times 0.09 \times 0.06 \times 3 = 0.405 \text{ m}^3$ de madera.
3. Este volumen se divide en el área total de cubierta calculada anteriormente, el resultado de esta división será la cantidad de madera usada por metro cuadrado en la construcción de la cubierta. Por ejemplo: Área de cubierta = 238.16 m^2 ; volumen de madera = 15.62 m^3

$$\text{Volumen} \times \text{m}^2 = \frac{15.62}{238.16} = 0.065 \text{ m}^3 \quad \text{Por metro cuadrado de cubierta}$$

4. Con el volumen calculado por metro cuadrado de cubierta, se puede calcular el dinero que se va a invertir en madera por metro cuadrado, esto se obtiene multiplicando el valor del metro cúbico (m^3) y si es el caso el pie tablar (FBM), por el volumen de madera por metro cuadrado. Por ejemplo: si se trata de pasar los metros a pies tablares se utiliza la conversión enunciada en el capítulo 1 de esta tesis. $1 \text{ m}^3 = 424 \text{ FBM}$ entonces 0.065 m^3 corresponderán a 27.91 FBM este valor se multiplica por el valor actual del pie tablar. Si la madera se compra por metro cúbico se multiplica 0.065 m^3 por el valor actual del m^3 .

5. Otra forma de calcular el valor de la madera por metro cuadrado de cubierta es sumando el valor de cada uno de los elementos sacados en la lista y dividirlo sobre los metros cuadrados de cubierta, por ejemplo: Área de cubierta = 238.16 m², valor total de la lista de maderas \$ 5.530.500 pesos. Precio de madera por metro cuadrado de cubierta = 5.530.500 / 238,16 = \$ 23.200 pesos.
6. Otro material que se debe calcular es el machihembre, se estima que por cada metro cuadrado de cubierta, se usa 1.2 m² de machihembre, ya que el 20% de este material se desperdicia en la instalación.
7. Uno de los materiales que mas valor agregado suma a la cubierta, además de la madera, es el manto de impermeabilización, el cual se calcula multiplicando el área total de la cubierta por 1.3, pues se estima que el 30% se desperdicia en la instalación.
8. Para la construcción de cubiertas, se requiere de una serie de materiales y herramientas las cuales serán explicadas y detalladas mas adelante en esta tesis, que deben estar en la lista de costos.

El estudio de costos se debe complementar con una serie valores de materiales, que están estimados por las empresas constructoras y que le dan un valor agregado al m² de cubierta.

Para calcular el valor de un m² de cubierta se puede diseñar una hoja de cálculo en donde se hace un análisis de precios unitarios.

Para el proceso de *Análisis de Precios Unitarios* se requiere de la previa definición de una completa base de datos en la cual se relacionen los insumos, equipos y de más requeridos en el proceso de construcción de la cubierta, con su respectivo precio actualizado y su proveedor.

En éste proceso constructivo el equipo necesario para la construcción de la cubierta en madera, consiste en elementos como cierras para madera y machihembre, taladros, tableros, andamios metálicos, párales de soporte, herramienta de mano y tablones de madera.

A continuación se muestra un ejemplo de estudio de costos y análisis de precios unitario para la cubierta de una urbanización estrato 4

Tabla 23 Cotización de cubierta

ESTUDIO DE COSTOS		25/09/2003				
MUEBLE		CUBIERTA EN MADERA				
ESPECIFICACIONES		TERRAZAS TORRES DE SEVILLA				
OBRA		TORRES DE SEVILLA				
DIRECCION		FLORIDABLANCA				
CONSTRUCTOR		CARLOS WILSON PARDO				
SECCION	MATER.	MEDID.	U.M.	CANT.	V UND	V TOT
	Madera	Elemento	M3	0.065	25.000	25.000
	Machihembre	1,2 x M2	M2	120%	5.500	6.600
	Hierro	3/8 liso kilo	5%	5%	5.000	250
	Hierro	1/2 corrugado 6 Mt	3%			0
	Impermeabilización	Manto 2 mm	1,3%	130%	5.000	6.500
	Platinas					5.000
	Anclajes de 3/8"	20 uds				500
	Gas	Libra	3%	3%	22.000	660
	Flanches	Zinc liso 28(2x1)	4%			0
	Anticorrosivo	1/4 G x 200 Mt.				0
	Gavera			2	1.500	3.000
	4 mm	cuadros (25 x 2,5)(6x2x) mt	12 M ²			0
	Alambre galvanizado # 18	18 kilos x 200 Mt	10%			0
	Discos	10 x 200 M2	5%	2%	12.000	240
	Seguetas			2%	3.000	60
	Brocas acero rápido			2%	15.000	300
	Brocas tungsteno			2%	15.000	300
	Puntilla de 11/2"			10%	1.700	170
	Puntilla 3 x 9			10%	1.700	170
	Puntilla de 1 x 16			10%	1.800	180
	Andamios	21 días x 200 M2 9 secc a \$200	M2	1		0
	Madera andamios	Caracolí (20 x 4 x 240) (9) x		1		0
		\$ 360 / 200 M2				0
	MDO Impermeabilización			1	1.000	1.000
	MDO Instalación			1	7.000	7.000
	MDO Pintura			1	2.000	2.000
	Materiales de pintura	Laca mate		5%	25.000	1.250
		Laca Brillante		5%	25.000	1.250
		Sellador		4%	25.000	1.000
		Lija		50%	1.000	500
		Thiner		5%	6.500	325
	Canales	metro lineal \$9000=				0
		Transporte sin madera 3 viajes				0
		\$45,000 / 200		1	1.000	1.000
		ISS 30% X 2/3 \$7,200		1		0
		Pólizas 1%		1%		0
		Supervisión 2/3 \$400,000 / 200 M		1		0
		Comisiones 2% \$				0
		Retención 3% \$		1%		0
		Varios 1% \$		1%	65.000	650
	TOTAL					64.905
	MARGEN ERROR			3%	65.000	1.950
	COSTO TOTAL					66.855
	A.I.U.			23%	67.000	15.410
MADECOL	VALOR TOTAL M2					82.265

4.4.3 Instalación de madera (Enmaderada)

La construcción de la vivienda debe cumplir ciertos requisitos antes de iniciar la instalación de madera, como son: tener las vigas de amarre fundidas, las cuchillas debe estar niveladas y se recomienda que ya tengan friso los muros.

Figura 67. Vivienda lista para la instalación de madera



Origen: Casa 15 Pico del águila [1]

La estructura en madera es la parte fundamental de la cubierta, pues es esta la que va a soportar todo el peso, se debe anclar bien y tener cuidado con las uniones.

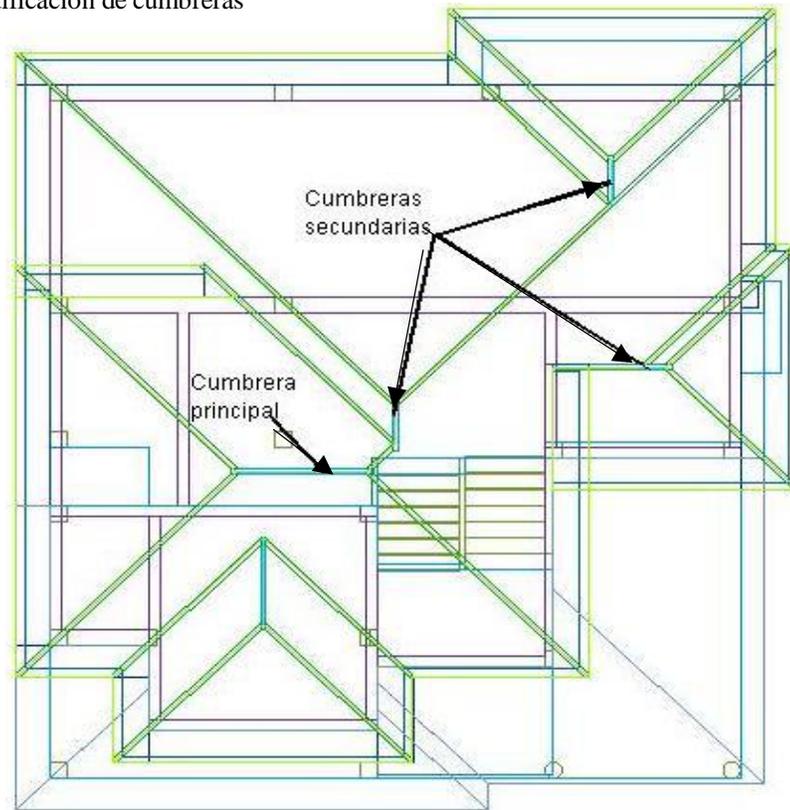
Los pasos para la instalación de madera son:

1. Ubicar las vigas cumbre: en el caso de que la casa tenga dos niveles o varias vigas cumbres, se deben ubicar en el espacio indicado por el plano e identificar la cumbre principal. Si la cubierta no tiene si no una sola cumbre se debe ubicar según lo especifica el plano y corregir los niveles con las cuchillas o vigas de amarre.

En la figura x se identifican las cumbres de la cubierta a construir. Para ubicar la posición de estas en la obra se debe tomar las distancias que hay de la cumbre principal a los muros o columnas que están dibujados en el plano, esto se hace para referenciar la posición exacta que tendrá este primer elemento estructural y que es el mas importante a la hora de construir. Si no se ubicare bien la cumbre principal la cubierta estaría mal construida desde el principio.

Es importante saber a que espacio de la casa corresponde la ubicación que tiene la cumbre, pues este espacio servirá para armar los andamios, almacenar la madera, hacer los cortes y tomar las medidas de corte. En caso de que la madera no se pueda almacenar en el espacio donde ira la cumbre es importante sugerir un lugar de almacenamiento, no muy lejano y donde no haya que subir escaleras, pues esto demoraría la instalación más de lo normal, también para que la madera no se deteriore por la humedad o los desechos del friso.

Figura 68. Identificación de cumbreras



Fuente: URBANAS constructores [4]

No debemos olvidar que la herramienta que se utiliza para la instalación de madera funciona con corriente eléctrica, este detalle parece simple pero en ocasiones se convierte en un problema. Si no se tiene un acceso de corriente cercano al lugar de trabajo no se puede iniciar la instalación, por eso se recomienda antes de empezar la instalación ubicar un toma corriente o llevar una extensión con mas de 30 metros de longitud.

La cumbrera se debe ubicar en planta y también en perfil, es decir, la cumbrera debe tener una posición con respecto a los muros y también con respecto a la placa del ultimo piso, para ubicarla se deben armar las secciones de andamios, la cantidad de secciones para armar esta definida por la altura que tiene la cumbrera con respecto al piso.

Es impórtate anunciar al director de la obra que los andamios estarán ubicados en una determinada posición y que estarán allí por mas de dos días, este tiempo varia según la dificultad de la cubierta. Esto se hace con el fin de prevenir que otras cuadrillas de obreros se incomoden con la ubicación de los andamios y cause retrasos en el normal desarrollo de la obra.

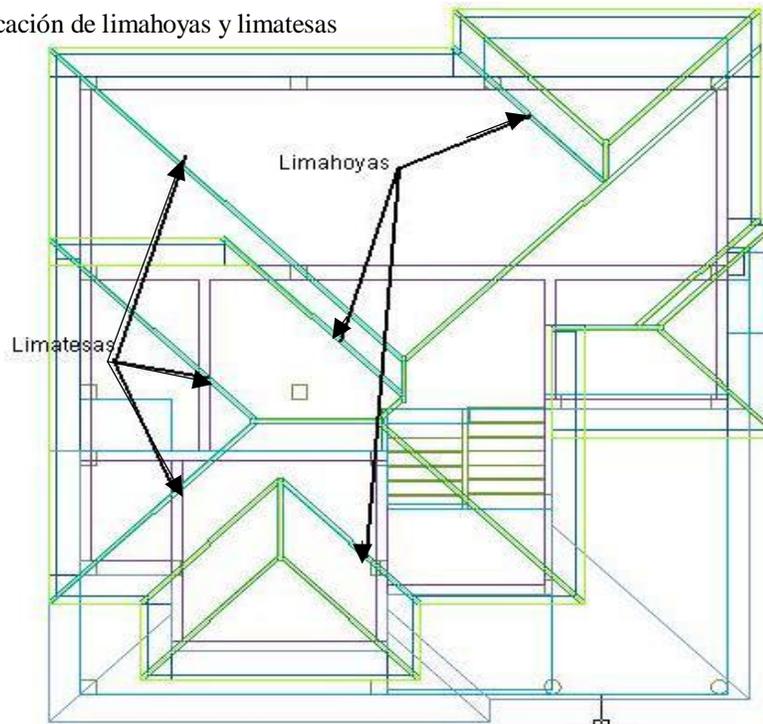
Figura 69. Posición de la cumbrera



Origen: Casa 43 Remanso [2]

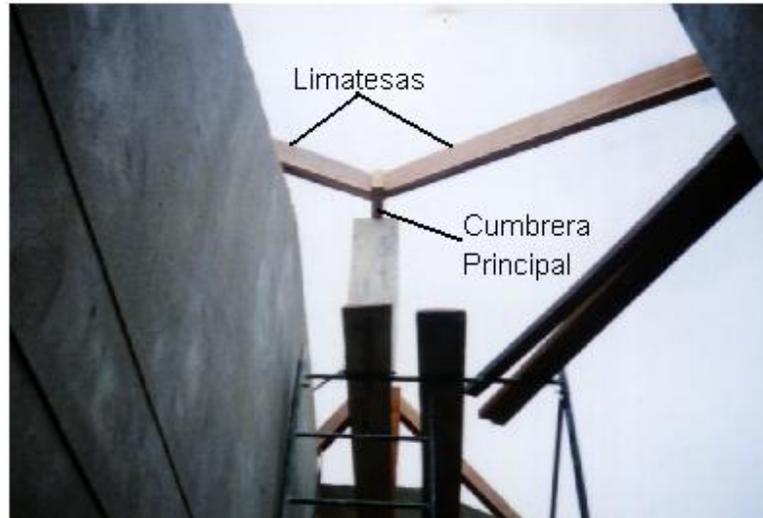
- Ubicación de vigas secundarias: Luego de que la viga cumbrera esta ubicada, se deben templar unos hilos simulando la posición que tendrán las vigas secundarias, conocidas como limahoyas y limatesas, esto se hace con el fin de corregir la altura, pues si la cumbrera esta por debajo del nivel, los hilos chocaran con las cuchillas o con las vigas de amarre y si esta por encima del nivel, las vigas secundarias no tendrán la longitud requerida. Además, se debe comprobar que la pendiente es la especificada en el plano.

Figura 70. Identificación de limahoyas y limatesas



Fuente: URBANAS constructores [4]

Figura 71. Ubicación de limahoyas y limatesas



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

3. Uniones entre cumbrera y vigas secundarias: Como podemos apreciar en los planos las vigas secundarias (limahoyas y limatesas) están haciendo un ángulo de 45° con la viga cumbrera, esta unión hace que la esquina superior de la limahoya o limatesa según sea el caso, este cortada a un ángulo de 45° oblicuo, es decir, que tenga un plano oblicuo en su extremo superior. A este corte se le conoce como corte de falsa.

Figura 72. Corte de falsa oblicua



Las falsas se pueden clasificar como falsas con uniones oblicuas o falsas con uniones inclinadas, estos dos tipos de cortes se deben medir y dibujar sobre la madera antes de ser cortados por la sierra.

Figura 73. Corte de falsa inclinada



A medida que se van haciendo los cortes se debe verificar que el ángulo de corte no se modifique, pues esto es señal de que las limahoyas y limatesas no están quedando bien ubicadas, ya que si el ángulo de unión entre las limas y la cumbrera es diferente de 45° , el ángulo entre estos dos elementos está por encima o por debajo de los 45° y quiere decir que no se están cumpliendo al pie de la letra los planos.

Figura 74. Detalles del corte

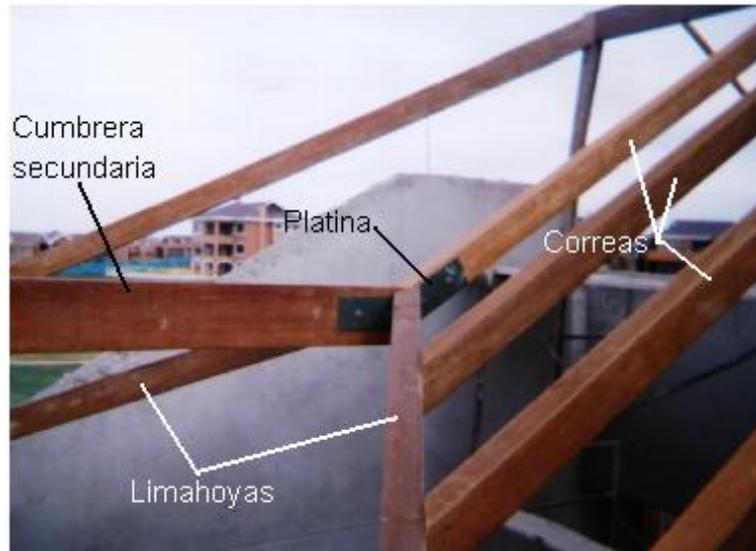


Las vigas cumbreras, vigas secundarias y correas, se suben al techo por medio de lazos o simplemente con la fuerza de dos o tres obreros, eso depende de la longitud de los elementos.

Las uniones entre cumbreras y limahoyas de dimensiones mayores a 14×8 cm. se deben hacer con puntillas de tres pulgadas y con mínimo tres puntillas, puestas en línea recta y clavadas hasta la cabeza.

En caso de que las dimensiones de estos elementos aumenten mas de 18x8 cm. se debe pensar en uniones con laminas metálicas y tornillos, conocidas como platinas, que aseguran una mayor rigidez entre lo dos elementos.

Figura 75. Unión con platina metálica.



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

Luego de colocadas las limas se debe garantizar que el nivel de la una con la otra, al ser ancladas en las estructuras de concreto tengan exactamente las misma altura, o como se conoce normalmente que estén a nivel, de no ser así la cubierta quedaría con una pendiente diferente a la establecida por el plano, y además con el desagüe inclinado hacia alguno de los dos extremos. Este requisito se verifica con una manguera de aproximadamente 10 mt, que contiene ACPM en su interior, conocida como manguera de nivel.

Figura 76. Manguera de niveles y unión con puntilla

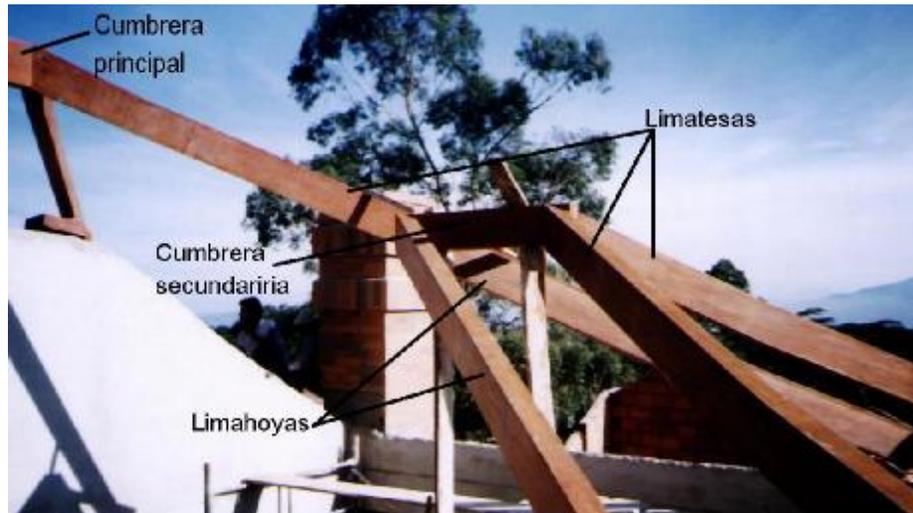


La figura x muestra la forma como se debe apuntillar las vigas secundarias, antes de ser ancladas a las estructuras de concreto, para luego ser colocadas a nivel.

4. Ubicación de vigas cumbreras secundarias: luego de que las vigas secundarias (limahoyas y limatesas) estén colocadas en la estructura se continúa con la

instalación de vigas cumbreas secundarias, las cuales hacen parte de la vistosidad y diseño de la cubierta. Comúnmente estas vigas están unidas a las limas con ángulos de 45° y paralelas o haciendo ángulos de 90° con las cumbreas principales, es notable que las vigas cumbreas secundarias estén por debajo del nivel de las vigas cumbreas principales.

Figura 77. Viga cumbrea secundaria



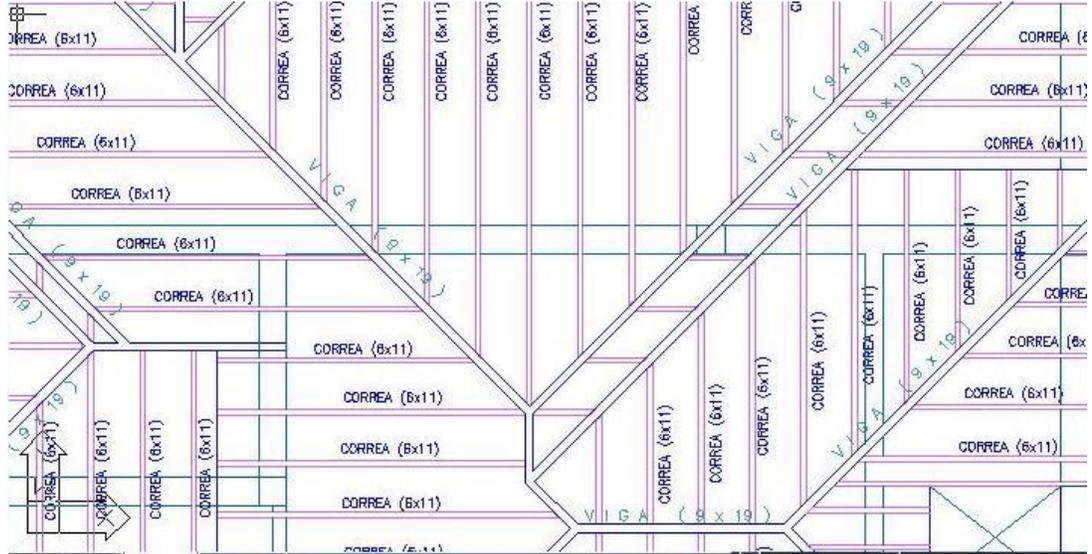
Origen: Casa 42 Remanso [2]

5. Instalación de correas o alfajías: Las correas son los elementos que le dan a la cubierta solidez y tienen la función de elemento de amarre entre la cubierta y las estructuras en concreto, también sirven para unir y rigidizar el esqueleto o estructura de madera. Las correas cambian de dimensión según los espacios que hay entre vigas secundarias y vigas de amarre, si las longitudes son mayores de 4 metros y dependiendo del tipo de teja, las correas deben tener mínimo 8x11cm de dimensión, puesto que con menor sección se fletarían y deformarían, formando una ondulación en el plano de desagüe.

La separación entre correas está especificada en los planos estructurales, pero en ocasiones por naturaleza de la obra en construcción, se deben modificar y volver a calcular, estos espacios no pueden ser mayores de 58 cm ni menores de 42 cm entre ejes. Las correas se ubican por espacios y es recomendable llevar una secuencia, es decir, si se enmadera el espacio que corresponde a la sala, se debe continuar con el espacio que está inmediatamente al lado. No importa si se empieza a enmaderar por el frente de la casa o por la parte posterior, eso dependerá de los espacios que en ese momento estén libres.

Al igual que las vigas principales y secundarias, las correas deben ir unidas a las limas por caras o falsas oblicuas y diagonales.

Figura 78. Identificación de correas o alfajías.



Fuente: URBANAS constructores [4]

La figura anterior muestra la forma como deben ir colocadas y ordenadas las correas, formando ángulos de 90° entre sí y de 45° con las vigas estructurales que las separan. A esta figura se le conoce como espina de pescado y es muy importante que al repartir los espacios entre correas, se acomoden de tal forma que se mantenga este requisito de estética, el cual se vera en todos los espacios de la cubierta y es característica de un buen diseño.

Figura 79. Espina de pescado.



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

Es fundamental que el equipo de trabajo este bien organizado, es decir, que las cosas se hagan de manera que no se pierda tiempo, ni se desperdicien maderas. Se puede dejar a dos ayudantes apuntillando y ubicando las correas en la parte superior de los andamios y al maestro u oficial en la parte inferior, cortando la madera y pasando los elementos, si el peso de las correas excede la capacidad de un obrero se puede contratar un ayudante más en la instalación de madera.

Figura 80. Forma de subir y ubicar los elementos.



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

La medida de las correas debe ser verificada antes de cortar el elemento, esto se hace con el fin de prevenir que la lista de maderas no se descomplete por un error de construcción, también para corroborar que la posición en la que se ubicará la correa cumple con los espacios establecidos.

Figura 81. Corrección de posición y de medida de correas



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

En ocasiones las uniones de correas y limas no son exactas, lo que produce un defecto en las falsas que deben ir a 45° y que se corrigen raspando la parte inferior o posterior de la cara de unión (falsa) con la cierra de mano.

El defecto no se debe convertir en una constante a la hora de instalar las correas, pues si se vuelve común la corrección de falsas en un mismo espacio, como el mostrado en la figura, se debe verificar que los ángulos de unión entre las vigas secundarias (limahoyas y limatesas) y las cumbreras están cumpliendo los 45° que se especifican en los planos de diseño estructural de cubierta. De no ser así, se deben tomar los correctivos necesarios para garantizar que los elementos estructurales están bien ubicados.

Figura 82. Cortes y corrección de falsa



Para verificar que la instalación de correas se esta haciendo correctamente se puede medir los espacios entre correas y observar que los elementos están formando la espina de pescado.

6. Corrección de niveles: este procedimiento se hace para corregir que el alero de la cubierta o volado quede horizontal y paralelo a la placa, también para alinear las correas y garantizar que todas tienen un mismo nivel, esto se hace con el fin de que al instalar el machihembre, no se vean ondulaciones en los planos de desagüe o faldones.

Figura 83. Corrección de niveles



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

En la figura se aprecia la diferencia de niveles que debe haber entre la cuchilla de concreto y las maderas.

El hilo esta amarrado a una puntilla que esta clavada provisionalmente en las vigas secundarias, este hilo se temple de viga a viga buscando corregir las correas que están por encima o por debajo del nivel del hilo, luego se corrige la altura de estos elementos. Es importante mencionar que si alguna correa esta fuera del nivel del hilo, bien sea por encima o por debajo, el faldón que forman las vigas se vera con una ondulación en alguno de sus extremos o en la mitad, en el caso de que la correa

que esta desnivelada se encuentre en el centro. Las correas con alabeos o con defectos de arista deben ser eliminadas desde su descarga, para evitar estas ondulaciones que se hacen sobre el faldón de la cubierta.

7. Anclajes: consisten en atravesar las maderas con pines de hierro, que van enterrados dentro de las vigas de amarre o vigas cintas, para luego fijarse dentro del concreto. Los pines oscilan entre 40 y 60 cm. de longitud y tienen un diámetro de 1 cm. (varilla 3/8) tienen dos funciones principales, una es de servir de apoyo a las maderas y la otra es la de darle fijación al nivel inferior de los elementos, los pines atraviesan las maderas, para luego clavarse en el sitio de apoyo, que normalmente es en concreto, esto con el fin de estabilizar la estructura, ya que se le resta carga a las vigas cunbreras y secundarias.

Figura 84. Corte de pines y Anclaje



Todos los elementos externos de la estructura deben ir anclados al concreto, el procedimiento es relativamente sencillo de realizar con la ayuda de un taladro y una broca de tungsteno bien afilada, se perfora la madera formando un ángulo de 45° con el elemento o buscando que el pin quede vertical, luego se ubica el sitio exacto donde debe ir anclado el pin, recordemos que el sitio de ubicación lo da la separación que hay entre correas, conocido como cajón, y en el caso de las vigas los apoyos identificados en el plano.

Figura 85. Cajón y taladrado



Luego de ubicado el sitio exacto de anclaje, se procede a perforar el concreto en donde ira enterrado el pin, la profundidad del hueco de anclaje estará definida por el peso del elemento que se este anclando y por el sitio donde se va anclar, si es un

muro de carga o una viga estructural podemos perforar mas de 10 cm, teniendo cuidado de no tocar los aceros de refuerzo, pero si se trata de una viga de amarre o viga cinta no podemos perforar mas de 6 cm.

Es normal que a la hora de anclar los elementos se tenga que desbastar o romper el concreto en cantidades considerables, a este proceso se le conoce vulgarmente como escafilar, es producto de un cálculo mal hecho en el nivel de las cuchillas que amarran los muros divisionales.

Figura 86. Escafilar



La forma mas utilizada para anclar los elementos en la región es la mencionada anteriormente, pero existe otra forma de anclar los elementos a las vigas de amarre que es muy utilizada en el centro del país, consiste en atornillar alfajías o listones a las vigas de amarre en concreto, para luego apuntillar o atornillar las estructura de la cubierta sobre esta madera.

Figura 87. Partes del anclaje



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

8. Encoroce: cuando las correas, vigas y listones han sido anclados sobre la estructura de concreto, queda un espacio a través de los pines, es decir, entre madera y madera, este espacio se debe cubrir con ladrillos, en algunos casos el encoroce

debe ser frisado, estucado y pintado, ya que desde la parte interna de la vivienda se observa.

Figura 88. Encoroce



En las figura 96 podemos ver los dos tipos de encoroce; el encoroce perimetral, el cual se ve desde la parte exterior de la vivienda y es donde van los canales instalados y el encoroce de división, el cual tiene la función de dividir los espacios internos de la vivienda y que solo se ven desde el interior.

La cubierta debe tener toda la estructura de madera instalada o por lo menos el 80%, para proceder a la instalación de machihembre, que es el siguiente paso para la construcción de una cubierta.

Figura 89. Casa enmaderada.



Origen: Casa 14 Pico del águila [1]

Es obligación de la empresa constructora de cubiertas asegurar en cualquier entidad promotora de salud (EPS) a los ayudantes y oficiales que laboren en la obra, además de suministrarles un buen equipo de seguridad.

Entre los equipos de seguridad se encuentran objetos como: cascos, arnés, botas punta de acero, chalecos con bolsillos para facilitar el movimiento de materiales (puntillas)

4.4.4 Instalación de machihembre (Machihembrado)

El machihembre es una tablilla de madera liviana poco densa, que se utiliza como techo para las viviendas, va adherido a la estructura de madera por medio de puntillas y cumple la función de soportar el peso de la teja, para luego transmitirlo a la estructura de madera, hay dos tipos de tablilla o machihembre, el machihembre de alero y el machihembre de calidad o interno, como el nombre lo dice el machihembre de alero va tapando el perímetro de la cubierta y en la mayoría de casos no se ve. Ver capítulo 1 y 4

Es requisito para la instalación del machihembre que la cubierta tenga el encoroce perimetral y divisional.

Los pasos para la instalación del machihembre son:

1. Machihembre de alero: La instalación del machihembre se inicia de los aleros de la cubierta hacia arriba, es decir de la parte externa hacia la parte interna de la cubierta. Luego de despuntar los pines que anclan las maderas, se apuntilla el primer machihembre sobre la esquina de las maderas, de tal forma que estas no se vean desde la parte superior de la cubierta.

Figura 90. Instalación del machihembre de alero



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

El machihembre viene en paquetes de 5 m² y en longitudes de 3, 2.5, 2, 1.5, 1, se utilizan según el espacio que se va a tapar y se traba uno con el otro por las orillas, las cuales tiene una forma especial para hacer el empalme, conocidas como macho y hembra.

2. Repuntillado: se recomienda usar puntillas de 1 o 1½ pulgadas máximo para repuntillar el machihembre, es obvio que la puntilla debe atravesar la tablilla para luego enterrarse dentro de las maderas, este es un procedimiento de cuidado ya que si las puntillas que fijan el machihembre con la cubierta, no están ubicadas exactamente encima de los elementos de madera, atravesarán el machihembre y se verán desde el interior de la vivienda. Se utilizan dos puntillas para unir la tablilla con las maderas que esta debajo de ella, es decir, que en cada correa se deben clavar dos puntillas.

Figura 91. Repuntillado



3. Machihembre de calidad: Es el machihembre que debe ir desde el final del alero hacia la cima de la cubierta, como su nombre lo dice es un material de calidad, al cual se le deben hacer unos procesos previos a su instalación. Véase capítulo 3

Para hacer el cambio de machihembre de alero a machihembre de calidad, debemos referenciar la posición que tiene el friso del muro de forma ascendente, es decir, medir o ubicar verticalmente la posición que tendrá el friso cuando se extienda hacia la cubierta, se puede hacer de distintas formas, una de ellas es templar un hilo desde el muro perimetral, hasta las maderas de la cubierta, otra puede ser pegando una regla al friso del muro.

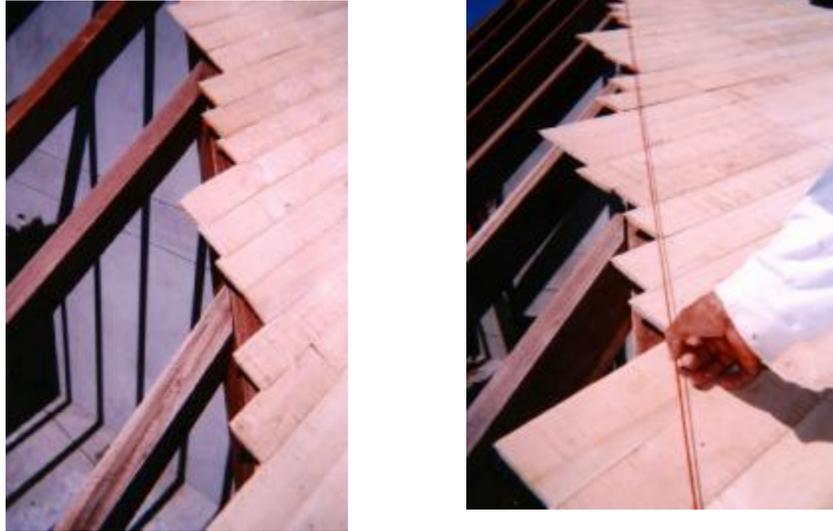
Figura 92. Ubicación machihembre de calidad



Luego de que se marca el lugar donde debe iniciar la instalación del machihembre de calidad se temple un hilo de color rojo que al sacudirlo sobre las maderas deja una marca, este hilo se conoce como “cimbra”, la marca queda sobre todas las correas y es de ahí en adelante donde ira ubicado el machihembre de calidad. Esto se hace con el fin de que las tablillas no queden corridas o que el machihembre quede trabado.

4. Corte de puntas: al machihembrar un faldón las tablillas que quedan sobre las limas no terminan exactamente en la mitad de las vigas principales, como debe ser, esto produce un sobrado de machihembre en los extremos de los faldones, llamados vulgarmente puntas y que forma una especie de cierra.

Figura 93. Puntas



Para hacer el corte de este sobrado, primero se utiliza la “cimbra” para marcar el trayecto por donde debe ir el corte, se toma la “cimbra” y se ubica en la parte superior de la cubierta, para luego templar el hilo hacia abajo sobre la mitad de la viga secundaria, en este caso la limatesa, luego se sacude el hilo para dejar la marca por donde ira el corte.

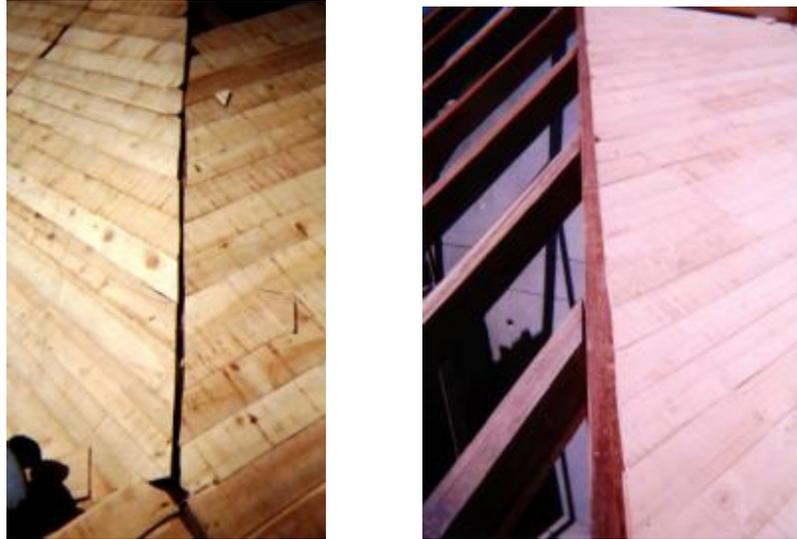
Figura 94. Corte de puntas



El corte de puntas se hace con una cierra de mano, se pasa suavemente sobre el machihembre siguiendo la línea guía, evitando cortar la madera que esta debajo de esta.

Luego de hacer el corte de las puntas se procede a machihembrar el faldón que esta inmediatamente al lado y se repiten los pasos ya mencionados.

Figura 95. Machihembre cortado



El proceso de machambrado es relativamente sencillo, lo que implica la inversión de menos tiempo en su desarrollo comparado con la enmaderada. A diferencia de la machambrada el proceso de impermeabilización, que es el que le sigue, se puede hacer por partes, es decir, si solo el 20% de la casa tiene machihembre, se puede empezar a impermeabilizar sin ningún problema. Es importante programar la machambrada y la impermeabilización, con un margen de tiempo relativamente corto, menos de un día.

Como se había mencionado anteriormente el machihembre proviene de una madera poco densa (tipo C), lo que quiere decir que es poco durable, esto implica que se debe tener un cuidado mayor y prevenir que la lluvia y las temperaturas bajas lo afecten o que el sol lo caliente y se tuerza, es aconsejable taparlo con plástico si no se puede impermeabilizar a tiempo.

Figura 96. Machihembre protegido



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

4.4.5 Instalación del manto (impermeabilización)

La impermeabilización consiste en poner sobre el machihembre, un material para evitar que el agua lluvia penetre al interior de la vivienda y produzca goteras. Una de las principales funciones de la cubierta es proteger a los moradores de la vivienda de las inclemencias del clima. La combinación de desechos asfálticos y polímeros, ha creado un material impermeable, es decir, un material que evita que el agua pase a través de él, conocido en la construcción como mantos impermeables, usados en la construcción de cimientos, vías, cubiertas, etc.

Existe dos formas de impermeabilizar, en frío y en caliente, en esta tesis se hablará de la forma como se hace en caliente, ya que es la mas utilizada en Santander. Para la instalación del manto la obra debe cumplir unos requisitos.

Figura 97. Material de impermeabilización



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

La instalación del manto se puede hacer antes de la instalación de las canoas en lámina o canales de desagüe, pero luego de instalados estos se debe hacer un requeme, el machihembre debe estar repuntillado y empalmado según se especificó anteriormente.

En la forma como se va a instalar la teja depende los pasos para la instalación del manto, hay dos formas de instalar teja, una con gaberías y otra con malla electro soldada, si la instalación de teja se hace con gabería se debe adherir al machihembre delgadas reglillas de madera, conocidas en la construcción como gaberías, de las cuales hablaremos en el proceso de entejado, si se hace con malla se debe tener cuidado con las puntas de metal.

Los pasos para la instalación de manto o tela asfáltica (impermeabilización) son:

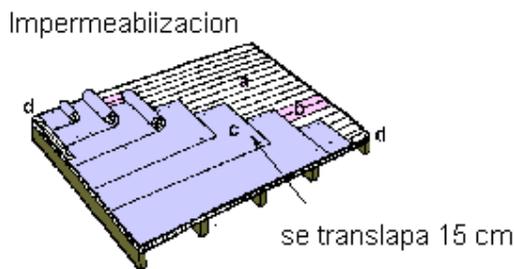
1. Preparación del manto: El manto viene en rollos de 10 mts. de longitud por 1 m de ancho, existen diferentes tipos de manto, según el grosor y la calidad de este, como es obvio el manto debe estar en la parte superior de la cubierta para ser instalado, se recomienda subir 6 o 7 rollos para que absorban calor y se vuelvan menos rígidos.

Figura 98. Tela asfáltica



2. Limpieza: Después de despuntado el machihembre quedan una cantidad de residuos considerables sobre la superficie de la cubierta, la cubierta debe ser barrida o limpiada antes de la instalación del manto.
3. Traslape del manto: se inicia colocando la primera tela asfáltica (manto) en la parte inferior y luego colocando la siguiente remontada o traslapada unos 15 cm sobre la anterior.

Figura 99. Traslapo



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Se recomienda iniciar la instalación del manto de la parte exterior de la cubierta hacia la parte interior en forma ascendente, esto nos da la seguridad de que el fluido pasara de un manto al otro sin la oportunidad de filtrarse, ya que la unión entre uno y otro, estará debajo del manto que esta en la parte superior de la pendiente.

La tela asfáltica o manto posee características químicas similares a la del caucho, lo que permite que con la ayuda del calor se pueda manipular mientras está caliente, es de esta forma como se hace la unión o traslapo del manto impermeable. Se utiliza para calentar el manto un soplete, el cual esta unido a un cilindro de gas, por medio de una manguera, a medida que se abre la válvula del soplete el gas sale en mayor proporción y quema el manto haciéndolo manipulable, luego se pasa una espátula sobre el manto derretido para garantizar que los dos rollos se convertirán en uno solo. Como se mencionó anteriormente hay dos formas de instalar teja, eso afecta la instalación del manto, cuando se ponen gaberías en el machihembre se debe tener

mayor cuidado con la instalación del manto, puesto que los espacios que quedan debajo del manto entre el machihembre y la gabela pueden producir filtraciones que se transmitan directamente al interior de la vivienda.

Figura 100. Impermeabilización con gabela.



Origen: Casa 44 Portal de Oviedo

- 4 Cortes: Cuando se ha impermeabilizado todo un plano de pendiente (faldón) se debe hacer un corte diagonal del manto que describa la diagonal que llevan las limas y que tape los cortes esquineros del machihembre.

Figura 101. Cortes y uniones



Luego de hacer el corte en forma diagonal se debe hacer la unión con el manto que esta iniciando la impermeabilización del siguiente faldón, esta unión se hace de igual forma como se unen un rollo con el otro, se aplica calor y se pasa una espátula sobre el manto caliente para adherirlo al que esta debajo.

5. Detalles: La cubierta normalmente tiene orificios por donde salen o entran partes de la construcción de la vivienda, como: tuberías, chimeneas, aire acondicionado, etc. Esto hace que por medio de esos orificios se filtre el agua, hay que tener cuidado al impermeabilizar estas partes de la cubierta, ya que son estos detalles los principales creadores de goteras en las cubiertas con madera.

Se recomienda capacitar al oficial en algún centro que tenga acreditación en los procesos de impermeabilización de cubiertas.

Figuras 102. Detalles de impermeabilización



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

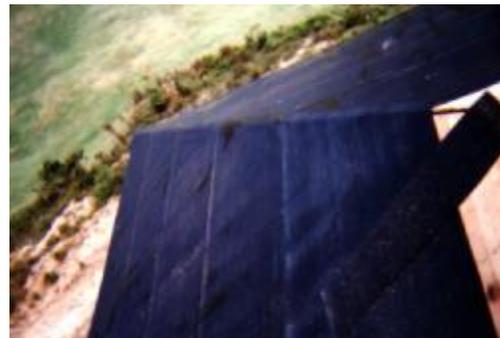
Para el caso de los tubos que salen a la cubierta se utiliza un método práctico, que consiste en cortar un trozo de manto en forma circular, al cual se le hacen pequeños cortes sobre el perímetro, para lograr una flexibilidad al ponerlo al rededor del tubo de aireación, luego se calienta, teniendo cuidado de no quemarlo, para esparcirlo sobre y alrededor del orificio, al endurecerse el manto, hace que el tubo quede adherido.

Figura 103. Terminado de detalles



Las dos formas de impermeabilizar, son de cuidado y se debe verificar que cada detalle y unión este correctamente elaborado

Figura 104. Cubierta con manto



4.4.6 Instalación de teja (Entejado)

La instalación de teja consiste en colocar sobre el manto una protección para la cubierta, que evite que el manto se deteriore, es la parte que se vea desde el exterior de la vivienda, debe poseer algunas condiciones de estética, es de un material muy resistente y su función principal es la de evitar que el sol y la lluvia, deterioren la estructura.

Existen varias formas de instalar teja, las mas utilizadas en la región son: la instalación con gabela y la instalación con malla electro soldada. Esta tesis habla de las dos formas de instalar teja.

Los pasos para la instalación de teja con gabela (método tradicional) son:

1. Gabela sobre machihembre: cuando se va a instalar la teja con gabela, se debe colocar una reglilla de madera, en la misma dirección que tiene la pendiente de la cubierta, es decir, de forma tal que calque la posición de las correas, en donde irán apuntilladas las gabras.

Figura 105. Gabela interna o de machihembre



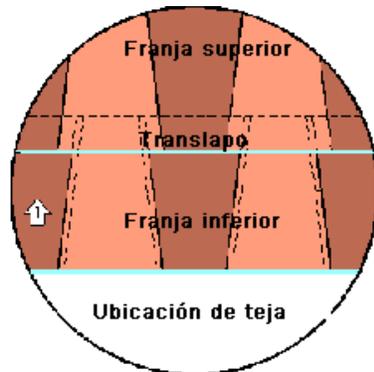
Origen: Casa 44 Portal de Oviedo

Las gabras deben ir apuntilladas con puntilla de 2 o 2½ pulgadas máximo, las figuras x y x muestran la gabras y la posición en la cual deben quedar, la puntilla debe atravesar la gabela, luego el machihembre, para finalmente sujetarse a la correa, se debe tener cuidado de que las puntillas que están siendo colocadas para sujetar las gabras no queden fuera de las correas, pues al atravesar el machihembre se verán desde el interior de la vivienda. Para evitar esto se hace un tanteo sobre el machihembre, dando golpes suaves con el martillo, hasta encontrar la posición donde esta la madera, también se pueden guiar por la línea que describe las puntillas del machihembre.

La función que cumple la gabela de machihembre es la de apoyar la gabela de manto con la cual se forma una cuadrícula que le da orientación a la posición de la teja, también sirve para dar mayor altura a la parte superior de la teja, esto con el fin de formar una pendiente sobre cada franja.

2. Gabera sobre manto: Luego de instalada la gabera de machihembre se procede a impermeabilizar. La gabera debe ir sobre el manto impermeable y sujetarse a la gabera de machihembre por medio de puntillas de 2 o 2½ pulgadas máximo, lo que se busca con la unión de estas reglillas en ángulos de 90°, es formar una cuadrícula que guíe la posición que tendrá la teja de barro o gres, sobre cada uno de los planos de desagüe (faldón).

Figura 106 Detalle de traslapo e instalación



Fuente: Guía 10 de construcción SENA [7]

Como se mencionó anteriormente la separación que tienen las gaberías de machihembre es la misma que tienen las correas, para saber que posición tendrán las gaberías que van sobre el manto se debe repartir el área del faldón, es decir, si el faldón tiene desde la cumbre hasta el volado 5 metros, se debe dividir esta distancia en partes iguales a las longitudes que tiene la teja, para asegurar que la última franja que llegue al volado, no quede fuera o dentro del volado. La distancia mínima de traslapo horizontal entre teja y teja es de 5 cm. Luego de repartir los espacios se marca con la ayuda de una “cimbra” la línea donde irá colocada la gabera de manto.

3. Canales en lámina (flanches): cuando hablamos de la impermeabilización dejamos la opción de instalar los canales internos y externos de la cubierta antes o después de la instalación del manto. A los canales internos se les conoce vulgarmente como “flanches” estos cumplen la función de recoger el agua que va por las limahoyas y transportarla a los canales externos de la cubierta, es algo así como un refuerzo para el manto, ya que evacua el agua con mayor rapidez.

Figura 107. Flanches sobre gabera externa o de manto



La unión del flanche a las cubierta se hace por medio de puntillas de 2 pulgadas o por grapas metálicas, que van sujetadas a las gabereras externas, los flanches se cortan de 30 a 40 cm. de ancho y su longitud dependerá de la distancia que se quiera canalizar, son de lámina galvanizada y se comercializa en dimensiones de 2m x 1m, con diferente tipo de grosor.

4. Ubicación de teja: este proceso se realiza de la parte interior de la cubierta hacia la parte exterior, o sea de la cumbre hacia los volados.

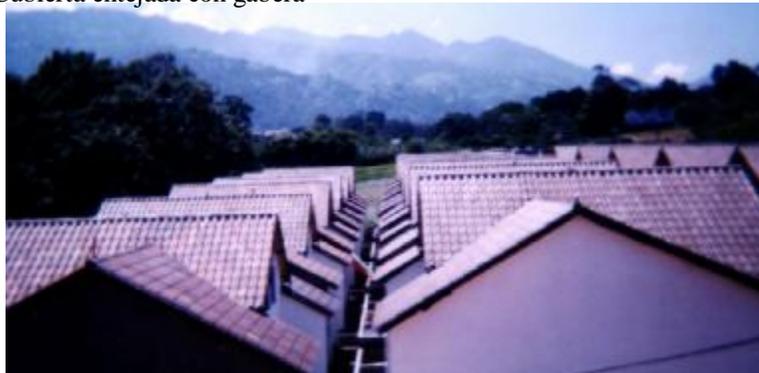
Figura 108. Ubicación de teja con gabela



Origen: Casa 36 Portal de Oviedo [3]

Se debe subir la teja a la cubierta por montones de 12 a 15 unidades, este número dependerá de las dimensiones de la teja, la figura x muestra la forma como deben ir ordenadas los grupos antes de ser ubicadas en la posición final, luego se procede a traslapar las tejas en sentido vertical, esta unión se hace por medio de puntillas que atraviesan las dos tejas y se fijan a la gabela de madera, la teja tiene dos orificios en sus extremos que permiten que las puntillas las atraviese sin que estas sufran daño alguno. Luego de armar la primera franja se procede a hacer el traslapo horizontal, no olvidemos que la franja superior de tejas debe ir sobre la franja inferior, para garantizar que el agua pasa de una franja a la otra sin hacer contacto con la unión, las tejas se apuntillan en el extremo inferior derecho donde tienen un orificio para unirla con la que esta debajo y fijarla sobre la gabela.

Figura 109. Cubierta entejada con gabela



Origen: Conjunto Portal de Oviedo [3]

Los pasos para la instalación de teja con malla electro soldada (método nueva) son:

- 1 Instalación de flanches: a diferencia de la instalación de teja con gabela, los flanches tienen una función más importante en la instalación de teja con malla, en este caso los canales van tanto en las limahoyas como en las limatesas, la función que cumple en las limahoyas es la de recoger el agua y la que cumple en ambas limas es la de proteger el manto de las esquinas filosas, producto del corte que se le hace a la malla para que cubra los planos de desagüe (faldones).

Figura 110. Canales internos (flanches)



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

En la figura x podemos apreciar el flanche instalado en la limahoya y en la figura x lo vemos instalado en la limatesa, hay una diferencia entre los dos, al que está cóncavo se le da un ancho de 50 cm. mínimo y para el que está convexo se le da un ancho de 33 cm. mínimo, los flanches van adheridos al manto por medio de grapas metálicas, a cada grapa se le debe agregar un sebo para evitar que el agua se filtre por los orificios.

- 2 Instalación de malla: La malla reemplaza la cuadrícula de gabelas usadas en la instalación de teja con gabela, su costo es menor pero no garantiza un buen desempeño de la teja, la malla forma cuadrados de 25 cm. y viene de 5m x 5m.

Figura 111. Malla electro-soldada



La malla se ubica en la parte superior de la cubierta sobre el manto, y se corta buscando moldear los planos de desagüe, la malla debe ir sujeta a la cubierta por medio de puntillas de 2 o 2½ pulgadas las cuales atraviesan el manto y el machihembre para luego fijarse en las correas, se acostumbra colocar una puntilla cada 3 cuadros, o sea cada dos correas, que se dobla y abraza la varilla de la parte inferior de la cuadrícula. Esto se hace con el fin de fijar la malla a la cubierta.

Luego de instalada la malla se debe agregar alrededor y encima, de cada una de las puntillas que están fijando la malla, un conglomerado de polímeros que al secarse se adhiere al manto para tapar los huecos producidos por las puntillas.

- 3 Ubicación de teja: Las teja que se utiliza con malla se diferencia de la que se usa con gabela porque es plana, mientras una va traslapada por medio de puntillas la otra se traslapa por alambres, la teja plana se adhiere a la malla por medio de alambres y se traslapan entre ellas por el macho y la hembra que tiene en sus extremos.

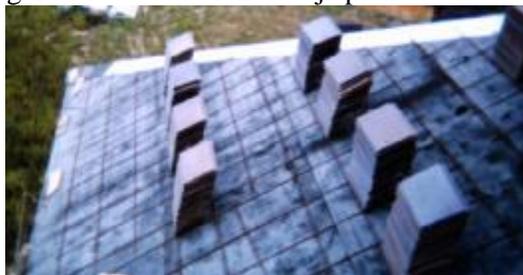
Figura 112. Empalme de teja plana



La teja se arregla antes de subirla a la cubierta, se le atraviesa el alambre por la parte superior izquierda donde tiene un oficio especialmente para eso, la teja no va unida a la malla si no por una sola parte, lo que hace un poco menos estable la teja.

La teja se debe subir a la cubierta por grupos de 15 a 20 unidades. Es bueno anotar que para subir la teja a la cubierta se debe tener una forma de apoyo para el obrero, ya que el manto con el pasar de los días se vuelve liso, como no hay gabelas para apoyarse se corre el riesgo de dañar la malla, por eso es aconsejable adherir escaleras provisionales de madera a la cubierta.

Figura 113. Ubicación de teja plana



Origen: Casa 25 Pico del águila [1]

El orden de ubicación de la teja dependerá de la malla que este instalada y resanada, se puede empezar de afuera hacia dentro de la cubierta.

Al terminar de instalar toda la teja de los faldones, se instala la teja que va en las limahoyas y limatesas, a esto se le conoce como instalación de caballetes, los cuales hacen la unión de la teja que hay entre los dos planos de desagüe, bien sea en forma convexa o cóncava, la unión se hace con mortero 1:6 debidamente traslapadas.

Figura 114. Cubierta con teja plana



Origen: Casa 17 Pico del águila [1]

- 4 Instalación de canales: Luego de instalada la teja en su totalidad, se procede a la instalación de los canales perimetrales, consiste en colocar una lámina metálica en forma de canoa o con sección rectangular, sobre el alero o perímetro de la cubierta, para que reciba el agua lluvia y la transporte hacia el alcantarillado.

Figura 115. Canal



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

La unión del canal de desagüe a la cubierta debe hacerse por medio de una lámina metálica que va sujeta al canal por grapas y que debe ir ubicada debajo del manto, luego se debe hacer un requeme sobre la lámina que une estas dos piezas esto con el fin de evitar que el agua lluvia escurra por los muros exteriores de la vivienda. La mayoría de los canales son hechos con láminas de zinc, tienen diseños de forma variados y deben ir con un acabado en pintura.

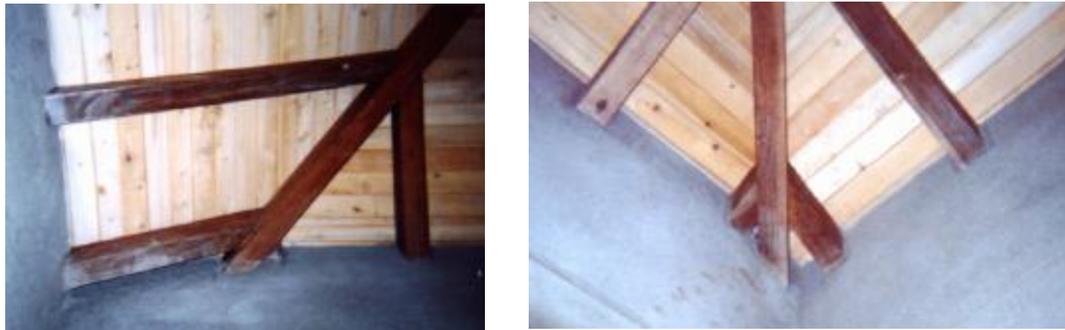
4.4.7 Instalación de pintura

Es el último proceso de la construcción de cubiertas y consiste en dar acabado a la parte interior de esta, se hace con el objeto de dar elegancia y vistosidad a la madera y machihembre que se ven desde el interior de la casa, normalmente se pinta con la laca para darle un tono más oscuro y brillante al material.

Los pasos para la instalación de pintura son:

- 1 Preparación: A medida que se termina la instalación de teja y canales, la parte interior de la vivienda está siendo terminada, esto implica que la madera que se ve desde el interior, está expuesta al deterioro que causan los acabados de los muros, como el friso del encoroce y el estuco, es recomendable hacer la preparación de la cubierta antes de ser aplicado este último.

Figuras 116. Cubierta sin preparar y preparada



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

La parte izquierda de la figura x muestra la cubierta luego de aplicado el friso, como podemos apreciar, sobre las correas y las vigas quedan manchas grises causadas por el friso, se le conoce como preparación a la limpieza y lijado de estas manchas, se hace comúnmente con tiner y disolventes o detergentes, que no afecten las maderas. Este trabajo puede demorar entre 2 y tres días según el tamaño de la cubierta, puesto que también se debe limpiar el machihembre.

La parte derecha de la figura 116 muestra como debe quedar la cubierta, luego de preparada, en condiciones ideales para pintar.

- 2 Pintura: es bueno mencionar que herramientas y materiales se usan en la instalación de pintura, ya que de ellos depende que este procedimiento se haga acorde a lo programado en la obra. La pintura se esparce desde un andamio, con una pistola que está unida a un compresor de aire, se debe limpiar bien el orificio de la pistola por donde sale la pintura y poner una boquilla que no esparza demasiado el líquido.

El tono que se le debe dar a la cubierta dependerá de la cantidad de luz que recibe el espacio que se está pintando, por ejemplo, si tiene mucha luz se diluye 30% de

laca brillante y 70% de laca mate, si tiene poca luz se hace lo contrario, normalmente se pinta con una mezcla de 50% de mate y 50% de brillo.

Figura 117. Mezcla de productos para pintura



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

El secado de la laca puede durar aproximadamente 36 horas lo que implica que no se pueda realizar ningún trabajo cerca o alrededor de ella, es por eso que se le debe agregar un catalizador para que el tiempo de secado disminuya y se puede proseguir con el estuco y pintado de muros. La figura 117 muestra la forma como se debe diluir el catalizador en la laca, esto se hace en proporciones de 1/4 de laca por 1/25 de catalizador.

Figura 118. Pintada y terminada de cubierta



Origen: Casa 23 Pico del águila [1]

La entrega de la cubierta se debe hacer cuando la pintura este seca y se le debe entregar al ingeniero o arquitecto que este de residente en la obra, los arreglos posteriores se deben cobrar por aparte de lo contratado, a no ser por arreglos de defectos de construcción, como goteras, tejas caídas o partidas, machihembre rajado, etc.

5. CONCLUSIONES

- * Es evidente que las grandes empresas constructoras en el afán de competir optan por tomar decisiones, que no favorecen a los profesionales de la construcción y a los consumidores, en ocasiones arriesgando el patrimonio y la vida misma de estos, eliminando los análisis y diseños, de estructuras que por ley (NRS 98, Capítulo G) deben ser dimensionados y fundamentados en un cálculo hecho previamente.
- * Es parte fundamental de la construcción de estructuras en madera, la identificación y despiece de elementos, ya que es allí donde inicia el ahorro de materia prima y transporte por la misma.
- * Con la elaboración de este documento y refiriéndose más concretamente al capítulo 4, se busca reducir las fallas que ocurren en la construcción de cubiertas y que afectan su funcionalidad como: goteras, desplomes de elementos, ruptura de tejas, inconsistencia de correas, faldones desnivelados, etc.
- * Si el trabajo en el aserrio se hace acorde a lo expuesto en el capítulo 3, se garantiza una rentabilidad mayor en la construcción de cubiertas y una mayor eficiencia en los procesos que se le hacen a la madera.
- * La oportunidad que la Universidad y las empresas brindan a los estudiantes, de realizar su proyecto de grado en forma de práctica, es de gran aporte al futuro profesional, puesto que se enfrenta a la cruda realidad que vive el sector constructor, aun con su escudo de aprendiz, sin sentir que es vulnerada su autoestima.

6. RECOMENDACIONES

- * Es de gran importancia resaltar el hecho de que las empresas constructoras de cubiertas, sigan con estricta disciplina los diseños estructurales y arquitectónicos, elaborados por profesionales capacitados en el área de la ingeniería, y que si es de obligatoriedad su modificación, se le consulte al diseñador los cambios a realizarsen.
- * En caso de que no exista el plano arquitectónico o las especificaciones de acabados, se sugiere la utilización de tejas livianas y consistentes, que resten peso a la estructura de la cubierta.
- * Cuando se construyan estructuras que no tengan diseños hechos por profesionales, como son un mezanine, un quiosco, o la cubierta de un garaje, se recomienda empotrar los elementos de madera a estructuras en concreto, como son: muros de carga, vigas de amarre, columnas, pórticos, zapatas, etc.
- * Se recomienda dotar a los oficiales y ayudantes que construyen las estructuras en madera, con herramientas óptimas para el buen desarrollo de la obra y con elementos de seguridad acorde a sus funciones.
- * El uso de la madera y sus variedades en la construcción, deben ser promovidos por las universidades y entidades educativas, que enseñen y promuevan nuevas tecnologías para el uso y la explotación racional de este valioso material.

BIBLIOGRAFÍA

CIFUENTES ARANDA Miguel

Página de Internet, <http://www.anatomiadelamadera.com.es>.

Editado en España: Universidad de Cataluña, 2003, Referenciado a [1]

CENTRO COLOMBO CANADIENSE DE LA MADERA. (SENA) Regional Antioquia, *Las maderas en Colombia* Referenciado a [2]

DÁVALOS SOTELO Raymundo

Página de Internet, <http://www.ecologia.edu.mx/publicaciones/> *Diseño y estructuras en madera*, Editado en USA: Universidad de la Columbia Británica 1996, Referenciado a [3]

JUNTA DEL ACUERDO DE CARTAGENA, Proyectos andinos de desarrollo tecnológico en el área de los recursos forestales tropicales. *Cartilla de construcción con madera*. Referenciado a [4]

DE WALK, Catalogo de maquina para aserrado.

Editado en USA: DE WALK INDUSTRI 2004. Referenciado a [5]

ASOCIACIÓN COLOMBIANA DE INGENIERIA SÍSMICA, Zonas de amenaza sísmica. *Normas Colombianas de Diseño y Construcción Sismo Resistente (NRS-98) Tomo 4*, Ley 400 de 1997. Referenciado a [6]

CENTRO DE LA CONSTRUCCIÓN, (SENA) Regional Antioquia.

Página de Internet, <http://www.senamed.edu.co/cursos%20virtuales/> *Guía de estudio N° 10 Cubiertas*. Referenciado a [7]

