

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la
Producción**

“El uso de la guadua como madera alternativa para la
construcción y su aplicación en la elaboración de tablas para
encofrado”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del Título de:

INGENIERO INDUSTRIAL

Presentada por:

Angel Fabricio Muirragui Zambrano

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2004

AGREDECIMIENTO

A todas las personas que contribuyeron en la realización de este trabajo, en especial a la Arq. Rosa Rada Director de Tesis y a los miembros del INBAR por su invaluable ayuda.

DEDICATORIA

A MIS PADRES,
MIS HERMANOS,
MI FAMILIA, Y EN
ESPECIAL A LA
MEMORIA DE MI
PAPU.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Eduardo Rivadeneira P.
DECANO DE LA FIMCP

Arq. Rosa Rada A.
DIRECTOR DE TESIS

Ing. Horacio Villacís M.
VOCAL

Ing. Jorge Abad M.
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

Angel Fabricio Muirragui Zambrano

RESUMEN

La actividad maderera ha estado siempre presente en el desarrollo económico del Ecuador. Constituyéndose en parte fundamental de diversos sectores industriales, entre ellos el de la construcción. Sin embargo, nunca ha existido un verdadero control de la explotación de nuestros recursos naturales. Aproximadamente 1'170.000 m³ del total de madera extraída de los bosques, son destinados a la construcción civil (encofrados principalmente), paletas y otros. Es decir, que el 14% de la deforestación del país se debe al uso de la madera en la fabricación de tablas para encofrado.

Las diferentes maderas que tradicionalmente se utilizan en el encofrado presentan algunas desventajas, siendo las principales: la desmesurada deforestación destinada a esta actividad, la limitada utilización de la madera (1 o 2 veces como máximo), desperdicios en el orden del 30% (cortes en el encofrado y destrucción en el desencofrado), hinchazón y agrietamiento de la madera y deficiencias en los acabados de la obra. Lo que conlleva a un mayor tiempo en la ejecución y un aumento en los costos de la obra.

Debido al alto nivel de deforestación que existe, la importancia de la madera para encofrado en la construcción, los problemas que esta presenta y el repunte que ha tenido el sector de la construcción en los últimos años, resulta imperioso buscar un tipo de madera alternativa que mitigue el impacto ambiental, supere las desventajas del encofrado tradicional y permita una mayor rentabilidad en cuanto a costos y aprovechamiento.

Esta tesis tiene como objetivo principal demostrar que la tabla elaborada de Caña Guadua, representa una mejor alternativa para su utilización en encofrados. Cuyo uso permitirá la reducción de la deforestación y el incremento de la eficiencia en la construcción de encofrados.

Este proyecto se divide en dos etapas:

A) Presentación de la Caña Guadua como madera alternativa.

En esta etapa se analizarán y compararán las diferentes propiedades físicas, mecánicas y demás propiedades de la caña guadua con los diferentes tipos de maderas que actualmente se utilizan en la construcción, principalmente en los encofrados. Con lo cual se buscará justificar la propuesta de que sea utilizada como madera alternativa.

B) Diseño del proceso de fabricación de tablas para encofrado

Se determinará el proceso necesario para la elaboración de tablas para encofrados de Caña Guadua. A partir de información de la demanda, se establecerá un mercado a satisfacer con este producto, lo que nos permitirá realizar la determinación de los recursos y equipos necesarios, con su respectivo balanceo de línea y estableciendo el costo de producción de la tabla de Caña Guadua.

Finalmente se comparará la tabla elaborada de Caña Guadua con las que actualmente se utilizan en nuestro país para la elaboración de los encofrados. Considerando factores como: costos, tiempo de reforestación, impacto ambiental, propiedades físico-mecánicas, acabados, entre otros, para su comparación.

Se espera demostrar que la caña guadua es una alternativa mucho más rentable y ecológica para su utilización en el sector de la construcción, específicamente en lo que a encofrados se refiere. Presentar el proceso para la producción de las tablas para encofrados a partir de la Caña Guadua. A su vez presentar diferentes materiales elaborados de caña Guadua ideales para la construcción, con lo que se dará a conocer el gran potencial que existe en la industrialización de este tipo de madera.

INDICE GENERAL

	Pág.
RESUMEN	II
INDICE GENERAL	III
ABREVIATURAS	IV
SIMBOLOGÍA.....	V
INDICE DE FIGURAS	VI
INDICE DE TABLAS	VII
CAPÍTULO 1	
1. EL BOSQUE EN LA ECONOMIA DEL ECUADOR	3
1.1. Recursos forestales	3
1.2. Deforestación	9
1.3. Actividad maderera en el Ecuador	19
1.3.1. La madera y sus propiedades	19
1.3.2. Tipos de madera en el Ecuador	36
1.3.3. El sector maderero en el PIB	47

CAPÍTULO 2

2. EL ENCOFRADO EN LA CONSTRUCCIÓN	57
2.1. La industria de la construcción en el Ecuador	58
2.2. El uso del encofrado en la construcción	65
2.2.1. Técnicas de encofrado	67
2.2.2. Maderas utilizadas	76

CAPÍTULO 3

3. LA CAÑA GUADUA	80
3.1. Características generales	81
3.2. Producción y actual comercialización	93
3.3. Comparación con las maderas tradicionales utilizadas en encofrados	101

CAPÍTULO 4

4. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA GUADUA	127
4.1. Producción de tablas para encofrado	128
4.1.1. Ubicación de la planta	134
4.1.2. Fases de producción	137
4.1.3. Determinación de recursos y equipos necesarios	146
4.1.4. Esquema general de la planta	153

4.2. Comparación de la tabla elaborada de guadua con las utilizadas tradicionalmente en los Encofrados.	154
4.3. Producción de otros materiales y sus posibles usos en la construcción.	158
5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	161
APENDICES	
BIBLIOGRAFÍA	

ABREVIATURAS

AIMA	Asociación de Industriales Madereros
BMB	Bamboo Matboard
BCE	Banco Central del Ecuador
cm	Centímetro
CH	Contenido de humedad
CFN	Corporación Financiera Nacional
COMAFORS	Corporación de Manejo Forestal Sustentable
CORPEI	Corporación para la Promoción de Exportaciones e Importaciones
PF	Fenol Formaldehído
PTF	Fenol-Tanin Formaldehído
°C	Grados Celsius
gr/cm ³	Gramo por centímetro cúbico
Ha.	Hectárea
INBAR	International Network for Bamboo and Rattan
INEFAM	Instituto Ecuatoriano Forestal de Areas Naturales y Vida Silvestre
INEC	Instituto Nacional de Estadísticas y Censos
JAC	Junta Acuerdo de Cartagena
kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado
MDF	Medium Density Fiberboard
Mpa	Mega Pascales
m	Metro
m ²	Metro cuadrado
m ³	Metro cúbico
MOP	Ministerio de Obras Públicas
OIMT	Organización Internacional de Maderas Tropicales
FAO	Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación
PIB	Producto Interno Bruto
PRONAF	Programa Nacional Forestal
PSF	Punto de Saturación de las Fibras
SCN	Sistema de Cuentas Nacionales
UF	Urea Formaldehído

SIMBOLOGÍA

∂_L	Variación Longitudinal
∂_R	Variación Radial
∂_T	Variación Tangencial
%	Porcentaje

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1.1.	Zona boscosa en plena deforestación	11
Figura 1.2.	Cambios dimensionales por el contenido de humedad	24
Figura 1.3.	Influencia del contenido de humedad	25
Figura 1.4.	Curvas Esfuerzo-deformación para maderas	33
Figura 1.5.	Diagrama de flujo de fases de producción	50
Figura 1.6.	Diagrama de flujo de cadena de valor	51
Figura 1.7.	Usos de la madera en el Ecuador	53
Figura 2.1.	Distribución porcentual de los permisos de construcción En el país, según usos de la edificación, tipos de Residencia, tipo de obra y financiamiento	61
Figura 2.2.	Índice de construcción en las ciudades más importantes del Ecuador	63
Figura 2.3.	Índice de construcción en otras ciudades	64
Figura 2.4.	Crecimiento poblacional censos 1950-2001	65
Figura 2.5.	Elaboración de encofrados en una construcción	69
Figura 2.6.	Encofrado tradicional de madera	70
Figura 2.7.	Encofrado metálico	73
Figura 3.1.	Sistema rizomático de la Guadua Angustifolia	87
Figura 3.2.	Guadua Angustifolia: Nudos, entrenudos y ramas	89
Figura 3.3.	Espinas presentes en las ramas	90
Figura 3.4.	Piezas de la Guadua para el comercio	96
Figura 3.5.	Usos de las cañas como puntales para entresijos	99
Figura 3.6.	Uso de cañas para la elaboración de andamios	100
Figura 3.7.	Exportaciones de Bambú Ecuatoriano (FOB)	101
Figura 3.8.	Exportaciones de Bambú Ecuatoriano (TM)	101
Figura 3.9.	Densidad seca al aire	114
Figura 3.10.	Contracción Volumétrica	115
Figura 3.11.	Tiempo de secado a CH de 20%	117
Figura 3.12.	Resistencia a la flexión	119

Figura 3.13. Módulo de Ruptura	120
Figura 3.14. Cizallamiento	122
Figura 3.15. Resistencia a la Compresión	123
Figura 3.16. Módulo de Elasticidad	125
Figura 4.1. Cortes en la Guadua	140
Figura 4.2. Deformación en el secado	141
Figura 4.3. Diagrama general de Procesos	145
Figura 4.4. Grupos y sub lotes obtenidos de un lote de 450 cañas	147
Figura 4.5. Flujos de caja del Proyecto	152

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Tabla 1.	Tipos de Bosques y su distribución	6
Tabla 2.	Patrimonio forestal del Ecuador	7
Tabla 3.	Aptitud de los suelos	8
Tabla 4.	Usos de la tierra	8
Tabla 5.	Estimaciones de la tasa de deforestación en el Ecuador	11
Tabla 6.	Variación de las propiedades mecánicas para una variación unitaria en el contenido de humedad	25
Tabla 7.	Conductividad térmica de materiales	28
Tabla 8.	Esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad para Maderas del grupo andino	41
Tabla 9.	Propiedades físicas y mecánicas de las maderas	42
Tabla 10.	Distribución del sector maderero por región	49
Tabla 11.	Evolución de la industria maderera del Ecuador	54
Tabla 12.	Influencia del sector de la construcción en el PIB	59
Tabla 13.	Edificación proyectada: Quito, Guayaquil y Cuenca	60
Tabla 14.	Tensiones admisibles de la madera para cálculo de Encofrados	77
Tabla 15.	Características mínimas de las maderas para Encofrado	78
Tabla 16.	Propiedades físico mecánicas de la caña guadua	93
Tabla 17.	Exportaciones de Bambú Ecuatoriano	100
Tabla 18.	Características generales de las maderas más utilizadas Para elaboración de encofrados	112
Tabla 19.	Propiedades de resistencia del Bamboo Matboard con Resina PF (mejorado)	133
Tabla 20.	Distancia entre capitales de provincia	135
Tabla 21.	Red vial estatal	136
Tabla 22.	Cantidad de latas de acuerdo al ancho de las mismas y al diámetro interno del culmo	140

Tabla 23.	Características de las máquinas requeridas	146
Tabla 24.	Cantidad de equipos y personal requeridos	147
Tabla 25.	Costos directos de producción mensual	150
Tabla 26.	Índices financieros para los diferentes PVP	153
Tabla 27.	Dimensiones de los equipos necesarios.....	154
Tabla 28.	Algunas propiedades mecánicas del Plywood de Densidad media	155

APÉNDICES

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo propone el uso de la guadua como madera alternativa para la construcción y su aplicación en la elaboración de tablas para encofrado, siendo una mejor alternativa que permitirá mitigar el impacto ambiental ocasionado por esta actividad e incrementar la eficiencia en la construcción de encofrados.

En la primera parte se muestra la actual situación de los recursos forestales de nuestro país, las diferentes causas de los niveles de deforestación que tenemos, la actividad maderera y los diferentes tipos de maderas que posee el Ecuador.

Posteriormente se presenta la industria de la construcción y la importancia del encofrado. Además los diferentes materiales utilizados para este fin y las características que poseen los tipos de maderas empleados para la elaboración de tablas para encofrado.

En el tercer capítulos se analizan las diferentes características y propiedades que posee la caña guadua y se las compara con las maderas tradicionales utilizadas en los encofrados.

Finalmente se presentará el tipo de tablero de guadúa que será utilizado como madera alternativa para la elaboración de tablas de encofrado. Se compararán sus propiedades con las de las maderas tradicionales y se determinarán los diferentes recursos necesarios para poner en marcha una fábrica de este tipo.

CAPÍTULO 1

1. EL BOSQUE EN LA ECONOMIA DEL ECUADOR

Es indiscutible la importancia del capital forestal en la economía de un país. La existencia de estos permite obtener madera, productos medicinales, plantas ornamentales, artesanales, etc.; y servicios como: la regulación del ciclo hídrico, la mitigación de gases de efecto invernadero, la belleza escénica, la investigación científica, etc.

En Ecuador, el uso y comercio de la madera y sus derivados son actividades que han estado siempre presentes en su economía. De hecho, el país ha sido autosuficiente en productos madereros por tradición, exceptuando el papel.

1.1 Recursos Forestales

Bosque es el nombre que recibe una considerable extensión de terreno cubierta de árboles. Sin embargo, científicamente tiene mayor significación que la de un simple conjunto de árboles, ya que se trata de

una verdadera sociedad vegetal en la que cada individuo lucha por el espacio, la luz y el alimento, influyendo en sus vecinos de diversos modos. En esta sociedad habitan además: plantas epifitas, arbustos, hierbas, musgos y otros vegetales. Como colectividad posee vida, carácter, forma, leyes propias, influye y se deja influir por el medio.

El Ecuador, ha sido considerado país forestal por destino, más que por vocación. Efectivamente, grandes extensiones de su territorio comprenden bosques que proporcionan las más variadas y exóticas maderas para ser utilizadas en diferentes áreas industriales. Es imprescindible cuantificar esta riqueza forestal para fundamentar cualquier proyecto que utilice la madera como materia prima para su transformación posterior.

La cuantificación de esta riqueza forestal, requiere estudios técnicos que comprenden: inventario de bosques, identificación y cuantificación de especies, determinación de propiedades físicas y mecánicas, facilidad para trabajarlas, posibles usos, etc. Pese a los distintos organismos estatales creados para este fin, la información con la que se cuenta no es muy confiable, sus datos difieren mucho unos de otros y en ciertos casos son obsoletos.

Los bosques en Ecuador pueden ser clasificados de la siguiente manera:

Bosques productores: Se designan con este nombre a los bosques en los cuales se obtiene un apropiado aprovechamiento de los productos forestales, tanto en cantidad como en calidad de ellos. Su explotación constituye un muy buen negocio. Están principalmente constituidos por formaciones ecológicas clasificadas como bosques tropicales húmedos o muy húmedos. Con precipitaciones pluviales entre 2000 y 6000 mm/año y temperatura media sobre los 24°C, se encuentran primordialmente en las provincias de la costa (en especial Esmeraldas) y en los declives cordilleranos.

Bosques protectores: Se denominan así a los bosques que protegen otros recursos naturales tales como: vida silvestre, suelos, agua, clima, etc. El área cubierta por este tipo de bosques, corresponde a zonas altas de las estribaciones de la cordillera de Los Andes y a las regiones montañosas de la costa.

Bosques Artificiales: Son bosques ubicados a lo largo del callejón interandino, corresponden a plantaciones de eucalipto (*Eucaliptus Globulus*).

Tierras forestales desarboladas: Son tierras susceptibles de formación boscosa.

Los datos que a continuación se presentan, corresponden a los diferentes tipos de bosques ya mencionados, existentes en 1969. (Ver Tabla 1).

Tabla 1. TIPOS DE BOSQUES Y SU DISTRIBUCION Superficie aproximada en miles de Ha. (1969)						
REGION	TIPO DE BOSQUE				TOTAL REGION	% POR REGION
	PRODUCTOR	PROTECTOR	ARTIFICIAL	TIERRAS FORESTALES		
Interandina	-	-	45	1760	1805	4.92
Litoral	5087	977	-	500	6564	17.91
Declives	-	3247	-	40	3287	8.97
Oriente	25000	-	-	-	25000	68.2
Totales	30087	4224	45	2300	36656	100
% por tipo de Bosque	82.08	11.52	0.13	6.27	100	

*Fuente: "La madera y su Tratamiento" Quiricamp del Ecuador S.A.

Factores como la ubicación geográfica del país, la presencia de la Cordillera de los Andes y la influencia de corrientes marinas determinan que el Ecuador disponga de climas tan variados y formaciones vegetales, situándose entre los 10 países de mayor diversidad del mundo. Parte de esta riqueza la constituyen sus bosques, en los cuales crecen alrededor de 5000 especies de arbóreas. Se estima que el país tiene 14.4 millones de hectáreas de tierra con uso preferente forestal, aproximadamente el 50% del territorio nacional.

La superficie forestal del país es de aproximadamente 11.6 millones de hectáreas; 99% es bosque nativo. De 1990 a 1995 la superficie forestal del Ecuador se redujeron 945.000 hectáreas (158.000 hectáreas deforestadas por año).

El patrimonio forestal del Ecuador (superficie cubierta por bosques), se encuentra distribuido actualmente de la siguiente manera (Ver Tabla 2):

Tabla 2. PATRIMONIO FORESTAL DEL ECUADOR			
ITEM	SUPERFICIE (Ha.)	% PATRIMONIO FORESTAL	% DE LA SUPERFICIE DEL PAIS
Sistema Nacional de Areas Protegidas	4'669.871	40.13	17.25
Bosques y Vegetación Protectores	2'391.029	20.54	8.83
Patrimonio Forestal del Estado	1'900.000	16.32	7.02
Otros Bosques Naturales Privados	2'512.100	21.59	9.28
Subtotal de Bosques Naturales	11'473.000	-	-
Plantaciones	165.000	1.42	0.01
TOTAL	11'638.000	100.00	42.39

* Fuente: AIMA/CORPEI, Proyecto Corpei - CIB Sept. 2001

Según datos presentados por el INEFAN en 1995, la mayor parte de la aptitud del suelo es forestal, con aproximadamente de 12 millones de hectáreas, que equivale al 45% del área total del país. La aptitud del suelo se divide de la siguiente forma (Ver Tabla 3).

Tabla 3. APTITUD DE LOS SUELOS

CATEGORIAS	Miles de Ha.	%
Agrícola	6.951	26
Pecuaria	5.496	20
Forestal	12.093	45
Improductiva	1.726	6
Territorio Insular	801	3
TOTAL	27.067	100

* Fuente:"Principales Estadísticas Forestales Ecuatorianas"
INEFAN 1995

Actualmente, de las 27'067.000 ha. de tierra que posee Ecuador, la mayor parte esta destinada a la actividad Forestal y a la Agricultura y Ganadería. Cerca del 43% se encuentra cubierta por bosques (ya sean naturales o plantaciones) mientras que aproximadamente un 29% está dedicada a la Agricultura y Ganadería. Sin embargo, es esta última la que ha venido mostrando un repunte significativo en las últimas décadas.(Ver Tabla 4).

Tabla 4. USO DE LA TIERRA

USO	Miles de Hectareas	%
Agricultura y Ganadería	7.733	28.6
Salinas	25	0.1
Camaroneras	139	0.5
Bosques Naturales	11.473	42.4
Plantaciones Forestales	143	0.5
Tierras con Potencial Forestal	2.523	9.3
Otros usos	5.031	18.6
TOTAL	27.067	100

* Fuente:"Principales Estadísticas Forestales Ecuatorianas"
INEFAN 1995

1.2 Deforestación

La deforestación es el proceso de eliminación de la cobertura vegetal, producida por la tala de árboles en las selvas o bosques naturales. De acuerdo con la FAO, un bosque de la zona tropical es una superficie de tierra cubierta, al menos en un 10 por ciento, por copas de árboles o bambúes que crecen sin estar sujetos a sistemas agrícolas. La deforestación implica una reducción de cubierta de copas hasta menos del 10 por ciento o bien, un cambio de uso de tierras.

La angustiosa carrera de los países del Tercer Mundo por alcanzar el llamado “desarrollo” ha tenido como resultado palpable la destrucción de la economía de los procesos naturales y la economía de la supervivencia humana. Estos países, a lo largo de su historia han venido cediendo sus riquezas naturales y sociales con la creencia de que a cambio, las potencias les proporcionarían el ansiado “desarrollo económico”. Llegando al punto de acabar con varios de sus recursos, hipotecando el bienestar de sus futuras generaciones.

El inicio del proceso de deforestación en Ecuador coincide con la llegada de los colonizadores españoles. Sin embargo, este proceso fue prácticamente inexistente en el Oriente, poco pronunciado en la Costa y

algo más intenso en la Sierra, donde los europeos centraron su accionar.

La deforestación adquiere una mayor importancia con la producción de cacao al inicio del periodo de independencia, seguido posteriormente, ya en las primeras décadas de este siglo, por el cultivo de banano. A partir de la década del 50, la deforestación se acelera, particularmente en la Costa y en la década del 70 en el Oriente.

En el ámbito nacional, la tasa de deforestación se estimaba, para los años 1990-93, en 100.000 - 300.000 ha. Anuales (Stewart & Gibson 1995). Sin embargo las estimaciones varían ampliamente entre un mínimo de 75.000 ha. Anuales (Dinaf 1988) y un máximo de 400.000 (Banco Mundial 1985). Se considera que en la región de la Costa se ha deforestado más del 80 por ciento del bosque original, en tanto que en el Oriente se lleva deforestado el 30 por ciento.

A continuación se presenta diferentes tasas de deforestación obtenidas en diversos estudios realizados en nuestro país. (Ver Tabla 5 y Figura 1.1).

Tabla 5. Estimaciones de tasa de deforestación en el Ecuador			
FUENTE	PERIODO	DEFORESTACION	
		Ha. / año	Tasa (%/año)
World Resources Institute (1994)	1981-1990	238.000	1.7
Schmidt (1990)	1981-1990	60.000	0.5
Amelung & Diehl (1992)	1980-1988	306.000	-
SUFOREN (1991)	-	200.000	-
World Resources Institute (1990)	1980's	340.000	2.3
USAID (1988)	-	75.000	-
Repetto (1988)	1981-1985	340.000	2.4
Brewer-Fox & Bender (1987)	-	200-300.000	-
World Resources Institute (1987)	-	277.000	2.4
CLIRSEN (1983)	1976-1983	400.000	-
FAO (1982)	-	34.000	-

* Fuente: "La deforestación en el Noroccidente del Ecuador 1983-1993" Rodrigo Sierra



FIGURA 1.1 ZONA BOSCOSA EN PLENA DEFORESTACIÓN.

La deforestación no se produce por una causa, sino que es el resultado de una cadena de causas vinculadas las unas a las otras. La deforestación en el Ecuador es un fenómeno complejo de analizar

debido a la multiplicidad de factores que la explican. Entre las principales causas de la deforestación, podemos mencionar las siguientes:

La política agraria

Desde la colonia a la fecha, el Estado ha considerado a los bosques como "tierras baldías" e improductivas, a partir de lo cual ha llevado a cabo una activa y efectiva política de deforestación, con varios objetivos centrales: ampliar la frontera agrícola, desactivar presiones sociales generadas por la mala distribución de la tierra y desarrollar el sector exportador.

Este proceso se acelera a partir de la década del 60, cuando el gobierno implementa una reforma agraria que, de acuerdo con la mayoría de los analistas, se proponía lograr un impacto mínimo sobre la distribución de la tierra y fortalecer al sector agrícola capitalista moderno. Para aliviar la presión de los campesinos pobres, la complementó con una política de colonización de las "tierras baldías", es decir de los bosques. Cualquier propiedad que tuviera un 80 por ciento de bosques podía ser considerada "improductiva" y, por tanto, ser ocupada y expropiada. Este enfoque absurdo llevó a la tala innecesaria de amplias áreas boscosas para demostrar que la tierra

estaba siendo utilizada. Tanto los propietarios -para evitar la invasión de su tierra o su expropiación- como los colonos -que debían demostrar que estaban utilizando la tierra- se vieron obligados por este sistema a talar entre el 50 y el 80% del bosque existente en sus predios.

La industria maderera

El Estado también ha apoyado el desarrollo de una industria maderera de tipo extractivo, cuyas operaciones ni siquiera han sido efectivamente controladas, lo cual ha dado lugar a importantes procesos de deforestación y degradación de bosques. Las empresas han operado fuera de las áreas de concesiones, no han respetado los planes de manejo ni han reforestado, en tanto que los pagos al gobierno han sido más simbólicos que otra cosa.

El impacto de la tala comercial ha sido mayor en la zona de la Costa que, pese a contar sólo con el 13 por ciento de la superficie boscosa del país, aportó entre 1985 y 1991 el 48% de la producción nacional de madera. En la Amazonía, con un 70% de la cobertura boscosa nacional, se produjo en el mismo período el 30%. Un estudio llega a la conclusión de que la industria maderera es responsable del 7 al 33% de la deforestación en Ecuador durante la década del 80, en el mejor y en el peor de los casos.

La ineficiencia del sector es uno de sus principales problemas. En 1990 el volumen de madera extraída de los bosques y montañas se calculó en 9.5 millones de m³. Pero, sólo un promedio del 30% fue aprovechado, apenas 2.9 millones de m³. El 70% restante se perdió en el mismo lugar de explotación por el uso de técnicas de aserrío y extracción rudimentarias. Sólo uno de cada 10 árboles en la amazonía ecuatoriana se aprovecha como producto terminado.

La apertura de carreteras

La apertura de carreteras es reconocida internacionalmente como una de las causas más importantes de deforestación. En efecto, las carreteras son las vías de penetración a áreas boscosas hasta entonces protegidas por su difícil acceso. Las empresas madereras han sido uno de los principales constructores de vías de penetración en el Occidente, tanto para su propio uso como para facilitar la extracción de madera por parte de las comunidades locales que les proveen de materia prima barata.

La industria petrolera

La explotación petrolera, también promovida activamente por el gobierno, ha sido otro importante factor de deforestación. La tala de bosques vinculada a esta actividad ocurre en distintos escenarios:

Apertura de líneas sísmicas. Se abrieron 30.000 kilómetros de líneas sísmicas, lo que significó una deforestación de un millón de hectáreas de bosque tropical.

Construcción de 500 kilómetros de carreteras. A la tala realizada para la propia carretera se sumó la colonización a cada uno de sus lados, lo que implicó un promedio de 12 kilómetros de intervención a cada lado de las carreteras.

Construcción de las plataformas. Se talaron tres hectáreas por pozo (en un total de unos 400 pozos) y se impactaron 15 hectáreas por pozo para extraer la madera requerida para cada plataforma.

La industria camaronera

La moderna industria camaronera de exportación, auspiciada por el gobierno, constituye el factor de mayor importancia de la destrucción del bosque costero de manglares. En los últimos 20 años Ecuador ha perdido más de la mitad de sus manglares, fundamentalmente para dar lugar a la construcción de piscinas para la cría del camarón. En la provincia de El Oro, por ejemplo, las 25.000 hectáreas de manglar existentes a mediados de la década del 80 se han reducido a apenas 4.000.

Muchas de las piscinas son luego abandonadas por problemas de producción vinculados a la total artificialización del ecosistema, sin embargo las empresas simplemente se mudan a otras áreas de manglares para reanudar el mismo proceso

Los monocultivos industriales: cacao, banano, palma africana

Los monocultivos industriales han significado la sustitución total o parcial de los bosques nativos donde se han instalado y han agravado los problemas sociales en el ámbito regional. El cacao fue el principal monocultivo desarrollado a gran escala e implicó no sólo la sustitución de numerosos bosques, en particular de la Costa, sino que además resultó en la concentración de tierras en manos de un pequeño número de familias. El auge del cacao terminó en la segunda década de este siglo, debido a la aparición de enfermedades que afectaban el cultivo.

A principios de los años 30, la estadounidense United Fruit inició la plantación del banano y su cultivo se extendió ampliamente, con el apoyo directo del Estado. Esto significó la destrucción de bosques, promocionada incluso por el Banco Nacional de Fomento, que otorgó créditos a pequeños y medianos productores, a condición de que cortaran el bosque y plantaran bananeros. Durante esa época se

destruyeron los mejores bosques de Ecuador y la proporción de la superficie forestal del país disminuyó del 75 al 62 por ciento .

Un caso algo más reciente está constituido por los monocultivos de palma africana (*Elaeis guineensis*). Hacia el año 1982, ya se habían plantado unas 12.000 hectáreas en el Occidente del país, promovidas con créditos del Banco Interamericano de Desarrollo. En la actualidad se estima que el total de plantaciones de palma africana en el país ocupa unas 120.000 hectáreas. La implantación de monocultivos de palma africana implica la deforestación total del terreno. Gran parte de estas plantaciones se instalaron en selva virgen, por lo que son un importante factor de deforestación.

Débil política de reforestación

Pese a los planes de reforestación llevados a cabo por los diferentes gobiernos, las acciones tomadas resultan insuficientes. Según datos de Fundación Acción Ecológica, en Ecuador, en la práctica , se ha reforestado menos del 1% del total de bosques deforestados.

La política de reforestación adoptada por nuestro gobierno y que se encuentra auspiciada principalmente por organismos internacionales, tales como el Banco Mundial, la FAO, entre otros. Consiste en la

plantación de monocultivos industriales de especies exóticas (fundamentalmente eucaliptos y pinos). Esta “solución “ se basa en la creencia de que las plantaciones son bosques y que, por ende, cumplen con las mismas funciones. Sin embargo se ha demostrado que el objetivo central de la plantación de estas especies apunta a asegurar un abastecimiento continuo de materia prima barata y homogénea a la industria papelera del Norte (Carrera & Lohmann 1996).

Resulta desde todo punto de vista absurdo que en un país con una biodiversidad tan rica como Ecuador y con especies forestales tan valiosas, la actividad plantadora esté centrada en unas pocas especies exóticas y de mucho menor valor maderero. Dejando a un lado especies maderables que se encuentran al borde de la extinción como: Caoba, Roble, Guayacán, Laurel, Cedro entre otras. Además con algunos de estos programas han quedado enajenadas miles de hectáreas de nuestro territorio por un período de 20 a 30 años, tiempo durante el cual sus verdaderos dueños no podrán hacer uso de las mismas para la producción de alimentos o cualquier otro tipo de plantaciones. Sólo después de ese tiempo verán algún tipo de beneficio económico por haber participado, básicamente con engaños, en este tipo de programas.

1.3 ACTIVIDAD MADERERA EN EL ECUADOR

La actividad industrial maderera tiene mas de 70 años de historia en el Ecuador y actualmente es uno de los sectores productivos con mayor potencial de desarrollo y crecimiento.

Antes de profundizar en el tema del sector maderero en el Ecuador, debemos conocer primero los diferentes tipos de propiedades que posee la madera, los diversos factores que se consideran para la clasificación de la misma y la variedad de productos que de ella se obtienen.

1.3.1 Características y propiedades físicas de la madera

La madera está sujeta a una serie de transformaciones de orden biológico, químico, físico y mecánico, durante su ciclo de vida.

Color: El color es un elemento de diferenciación de las maderas, además de ser indicio de su duración y densidad. La extensa gama de coloración de las maderas, va desde las blancas, tostadas, rojizas y hasta las negras. Generalmente las maderas duras son las de color más oscuro y las blandas más claras.

Lustre: El lustre o brillo que poseen las maderas se presenta en diversos grados, y pueden ser satinadas, brillantes, metálicas, nacaradas; pero cabe anotar que siempre son más lustrosas en el corte radial que en los otros sentidos. Con el pulido, barnizado o encerado, el lustre en las maderas se intensifica.

Translucidez: El grado de translucidez de una madera varía según los siguientes aspectos: cuando tiene poco espesor sólo determinadas maderas son translúcidas; cuando aumenta el porcentaje de resina aumenta la translucidez; y finalmente aumenta cuando el corte se ha efectuado cercano o contiguo a la albura, ya que ésta es mucho más translúcida que el durámen. Cabe anotar también, que las especies que poseen mayor cantidad de agua son más translúcidas.

Olor: Cada especie de madera posee un olor característico, o que sirve para diferenciarlas e incluso clasificarlas. El olor es producto de la evaporación lenta de sus resinas y aceites. Cuando el olor que se perciba de ella es agradable significa que la madera está sana, caso contrario, es síntoma de alteración.

Textura: La textura o disposición y orden de las partículas en las maderas, es el resultado de la relación que existe entre la anchura de la zona tardía y la del anillo de crecimiento. La textura de una madera influye en su apariencia, lo que le puede dar una sensación agradable al tacto y acogedora.

Sabor: Las maderas que tienen un sabor bien definido son escasas, y se las pueden agrupar en: amargas, acres, dulzonas, amargo-dulces, entre otras.

Contenido de Humedad

La madera contiene agua bajo tres formas:

Agua libre.- se encuentra llenando las cavidades celulares.

Agua higroscópica.- se halla contenida en las paredes celulares.

Agua de constitución.- se encuentra formando parte integrante de la estructura molecular.

Cuando se expone la madera al medio ambiente, empieza a perder agua iniciándose el proceso de secado. En el transcurso del secado se pierde primero el agua libre y después el agua higroscópica, el agua de constitución no se pierde sino por

combustión de la madera. En función de la cantidad de agua que contenga la madera pueden presentarse tres estados:

Verde.- cuando ha perdido parte del agua libre.

Seco.- cuando ha perdido la totalidad del agua libre y parte del agua higroscópica.

Anhidro.- cuando ha perdido toda el agua libre y toda el agua higroscópica.

El contenido de humedad (CH) es el porcentaje en peso, que tiene el agua libre más el agua higroscópica con respecto al peso de la madera anhidra. Para una muestra de madera el CH será:

$$CH\% = \frac{\text{Pesohúmedo} - \text{Pesoanhidro}}{\text{Pesoanhidro}} \times 100$$

El peso anhidro es conseguido mediante el uso de un horno a $103 \pm 2^\circ\text{C}$, también se llama peso seco al horno.

Existen dos valores de CH que son particularmente importantes, al primero se le llama Punto de Saturación de las Fibras (PSF) y es el CH que tiene la madera cuando ha perdido la totalidad del agua libre y comienza a perder el agua higroscópica. Al segundo

CH se le llama Contenido de Humedad de Equilibrio (CHE) cuando la madera expuesta al aire pierde parte del agua higroscópica hasta alcanzar un CH en equilibrio con la humedad relativa del aire. El PSF varía de 25 a 35%. Cuando el CH es menor que el PSF la madera sufre cambios dimensionales, también varían sus propiedades mecánicas.

Cambios dimensionales

Las variaciones en el CH producen cambios dimensionales en la madera, estos cambios se deben principalmente a la pérdida o ganancia del agua higroscópica en la pared celular.

La contracción y la expansión presentan valores diferentes en las tres direcciones de la madera. La contracción longitudinal (CL) es del orden del 0.1 por ciento. La contracción tangencial (CT) y la contracción radial (CR) son las principales responsables del cambio volumétrico.

En la figura 1.2, podemos observar los diferentes cambios dimensionales que experimenta la madera en función del contenido de humedad.

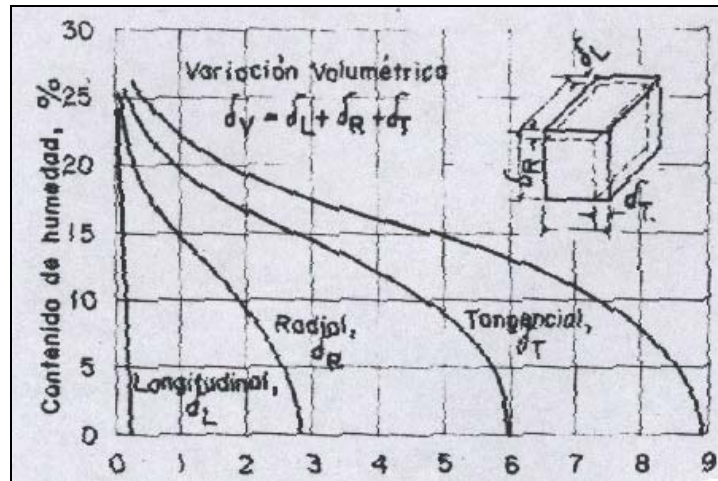


FIGURA 1.2. CAMBIOS DIMENSIONALES POR EL CONTENIDO DE HUMEDAD

La contracción (expansión) es para efectos prácticos una función lineal del CH. Considerando que la contracción (expansión) es igual a 0 por ciento cuando CH es mayor o igual a PSF, e igual a K cuando el CH ha descendido a 0 por ciento, se tiene que para una variación a un CH cualquiera, la contracción (expansión) será igual a:

$$EoC\% = \frac{CH_f - CH_i}{PSF} \times K$$

En la figura 1.3, se presenta una curva típica, que representa la variación de la resistencia con el contenido de humedad para probetas pequeñas libres de defectos. En ella se puede observar cómo la madera pierde resistencia cuando aumenta el contenido

de humedad, se puede observar también, que la resistencia permanece constante cuando el contenido de humedad varía por encima del PSF. (Ver Figura 1.3).

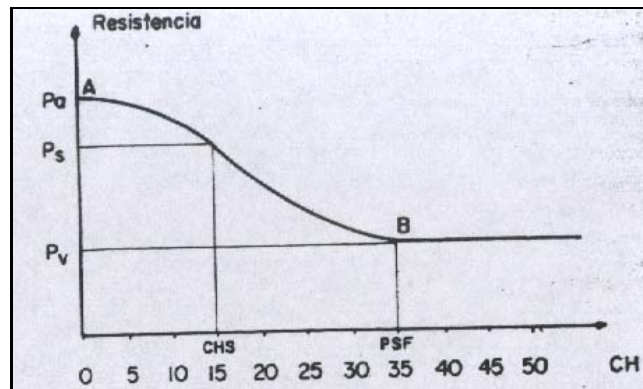


FIGURA 1.3. INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

Para maderas tropicales, se han encontrado los siguientes valores de variación en las propiedades mecánicas debido a la variación de la humedad en la madera. (Ver Tabla 6).

Tabla 6. VARIACION DE LAS PROPIEDADES MECANICAS PARA UNA VARIACION UNITARIA EN EL CONTENIDO DE HUMEDAD

PROPIEDAD	% DE VARIACION
Compresión Paralela	4 a 6
Tracción Paralela	3
Corte	3
Flexión	4
Módulo de Elasticidad	2

*Fuente: "Manual de Diseño para maderas del grupo Andino"
PADT-REFORT 1982

Densidad y peso específico

La relación que existe entre la masa y el volumen de un cuerpo se llama densidad. Por costumbre cuando se usa el sistema métrico se toma la masa como el peso del cuerpo. El peso de la madera es la suma del peso de la parte sólida más el peso del agua. El volumen de la madera es constante cuando está en estado verde, el volumen disminuye cuando el CH es menor que el PSF y vuelve a ser constante cuando ha alcanzado el estado anhidro o seco al horno. Se pueden distinguir en consecuencia cuatro densidades para una misma muestra de madera.

Densidad Verde (DV).- la relación que existe entre el peso verde (PV) y el volumen verde (VV).

Densidad Seca al Aire (DSA).- la relación que existe entre el peso seco al aire (PSA) y el volumen seco al aire.

Densidad Anhidra (DA).- la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen seco al horno.

Densidad Básica (DB).- la relación entre el peso seco al horno (PSH) y el volumen verde (VV). Es la menor de las cuatro.

La densidad básica es la que se usa con ventaja ya que las condiciones en las que se fundamenta (peso seco al horno y volumen verde) son estables en una especie determinada. La densidad de la parte sólida de la madera es 1.56 g/cm^3 con variaciones insignificativas entre especies.

El peso específico (Pe) es la relación entre el peso de la madera, a un determinado contenido de humedad, y el peso del volumen de agua desplazado por el volumen de la madera. Considerando que el agua tiene densidad igual a 1 puede decidirse que la relación entre la densidad de la madera dividida entre la densidad del agua, igualan a su peso específico. En el sistema métrico la densidad y el peso específico tienen el mismo valor, con la diferencia que este último no tiene unidades. La gravedad específica es equivalente al peso específico.

Expansión y conductividad térmica

La medida de la cantidad de calor que fluye de un material sometido a un gradiente de temperatura, se llama conductividad térmica, este valor se expresa comúnmente en kilocalorías por metro por hora y por grado centígrado.

En la siguiente tabla se comparan diferentes valores de conductividad térmicas para diferentes materiales, con ello nos damos cuenta que la madera es por lo tanto un material aislante por excelencia debido a su naturaleza porosa. (Ver Tabla 7).

Tabla 7. CONDUCTIVIDAD TERMICA DE MATERIALES	
Material	Conductividad en Kcal/hora-m-°C
Aire	0.0216
Lana mineral	0.03
Madera anhidra (DA=0.4)	0.03
Madera anhidra (DA=0.8)	0.12
Corcho	0.08
Mortero de Yeso	0.3
Ladrillo	0.5 -0.8
Concreto	1.15 - 1.40
Acero	35.00 - 50.00
Cobre	350

*Fuente: "Manual de Diseño para maderas del grupo Andino"
PADT-REFORT 1982

La conductividad térmica de la madera es directamente proporcional al contenido de humedad y a la densidad. Es 2 a 2.8 veces mayor en la dirección longitudinal que en la dirección radial o tangencial. La madera cambia de dimensiones cuando sufre variaciones de temperatura. La madera como material anisotrópico posee valores diferentes de dilatación térmica en sus tres direcciones anatómicas.

Transmisión y absorción de sonido

Una de las principales ventajas de la madera es su capacidad para absorber vibraciones producidas por las ondas sonoras. Esta propiedad está íntimamente relacionada a su estructura fibrovascular, su naturaleza elastoplástica y su densidad. La capacidad que tiene un cuerpo de absorber ondas es directamente proporcional a su densidad.

La madera es menos efectiva en bloquear la transmisión del sonido ya que esta propiedad depende del peso del material y la madera es más liviana que otros materiales estructurales. Por ello es conveniente seguir recomendaciones de diseño que permiten a las construcciones a base de madera aumentar su capacidad de aislamiento.

Conductividad eléctrica

La resistencia eléctrica de las maderas es muy sensible a cambios en su contenido de humedad, variando exponencialmente entre resistencias tan altas como 10.000 Megaohms, para contenidos de humedad del orden del 5%, hasta resistencias de menos de 1 Megaohm en el punto de saturación de la fibra. Sin embargo, bajo condiciones normales

de uso, la madera en estado seco al aire se comporta como un material aislante debido a que su resistencia eléctrica es aproximadamente 500 Megaohms.

PROPIEDADES MECÁNICAS DE LA MADERA

La fuerza expresada por unidad de área es conocida como esfuerzo. Existen tres tipos de esfuerzos fundamentales a los que puede estar sometida una pieza de madera: esfuerzo de compresión, esfuerzo de tracción y esfuerzos de flexión y corte o cizallamiento.

Las principales propiedades resistentes de la madera son: la compresión paralela al grano, la compresión perpendicular al grano, la flexión, tracción y corte paralelo al grano. Los esfuerzos básicos para cada una de estas propiedades resistentes son obtenidos de probetas pequeñas libre de defectos y ensayadas según la norma ASTM D-143 y las normas COPANT.

Resistencia a la Compresión Paralela

La madera presenta gran resistencia a los esfuerzos de compresión paralela a sus fibras. Esta proviene del hecho que

las fibras están orientadas con su eje longitudinal en esa dirección y que a su vez coincide, o está muy cerca de la orientación de las micro fibrillas que constituyen la capa media de la pared celular. Esta es la capa de mayor espesor de las fibras.

La capacidad está limitada por el pandeo de las fibras más que por su propia resistencia al aplastamiento. Cuando se trata de elementos a escala natural. La resistencia a la compresión paralela a las fibras en la madera es aproximadamente la mitad que su resistencia a la tracción.

Valores del esfuerzo de rotura en compresión paralela a las fibras para ensayos con probetas de laboratorio varían entre 100 y 900 kg/cm² para maderas tropicales. Esta variación es función de la densidad (entre 0.2 y 0.8 de DB). El esfuerzo en el límite de proporcionalidad es de aproximadamente el 75% del esfuerzo máximo y la deformación es del orden del 60% de la máxima. (Figura 1.4a)

Resistencia a la Compresión Perpendicular

Las fibras reciben la carga perpendicularmente a su eje y en el sentido de los orificios de las mismas. Esto permite que se pueda

aplicar carga a la madera prácticamente sin que ocurra una falla. Al progresar la magnitud de la carga la pieza se va comprimiendo, aumentando su densidad y también su misma capacidad de resistir mayor carga. La resistencia está caracterizada por el esfuerzo al límite proporcional. Este varía entre 1/4 a 1/5 del esfuerzo al límite proporcional en compresión paralela. (Figura 1.4b).

Resistencia a la Tracción

La resistencia a la tracción paralela en especímenes pequeños libres de defectos es aproximadamente 2 veces la resistencia a la compresión paralela (Figura 1.4c). El valor típico que caracteriza este ensayo es el esfuerzo de rotura que varía entre 500 y 1500 kg/cm². La resistencia a tracción paralela es afectada significativamente por la inclinación del grano. Para efectos prácticos la resistencia a la tracción perpendicular es nula. La influencia de otros defectos característicos de la madera hacen que la resistencia de elementos a escala real puede ser tan baja como un 15% del esfuerzo de rotura en tracción en probetas.

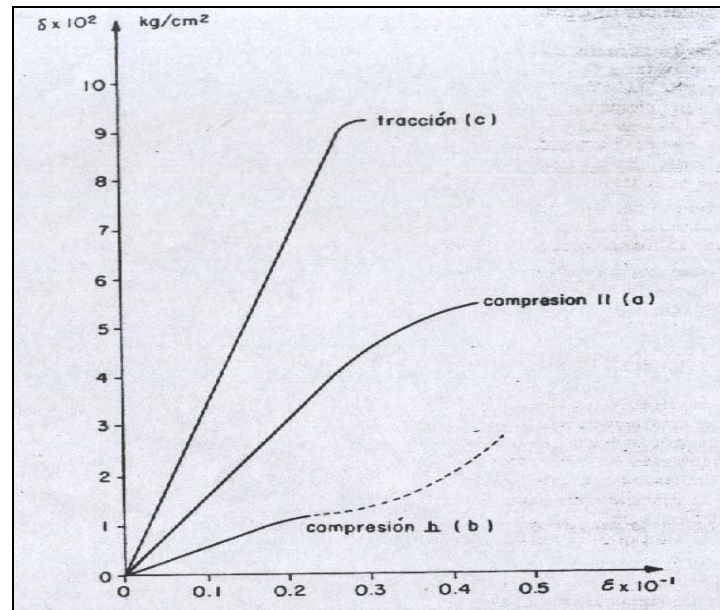


FIGURA 1.4. CURVAS ESFUERZO-DEFORMACIÓN PARA MADERAS

Resistencia al Corte

En elementos constructivos el esfuerzo por corte o cizallamiento se presenta cuando las piezas están sometidas a flexión (corte por flexión). Los análisis teóricos de esfuerzos indican que en un punto dado los esfuerzos de corte son iguales tanto a lo largo como perpendicularmente al eje del elemento. Como la madera no es homogénea, sino que sus fibras se orientan por lo general con el eje longitudinal de la pieza, presentan distinta resistencia al corte en estas dos direcciones. La menor es aquella paralela a las fibras y que proviene de la capacidad del “cementante” de las fibras - la lignina - a este esfuerzo. Perpendicularmente a las fibras la resistencia es de tres a cuatro veces mayor que en

dirección paralela. El esfuerzo de rotura aumenta con la densidad aunque en menor proporción que la resistencia a la compresión.

Resistencia a la Flexión Paralela al Grano

La diferencia entre la resistencia a la tracción y a la compresión paralela resulta en un comportamiento característico de las vigas de madera en flexión. Como la resistencia a la compresión es menor que a la tracción, la madera falla primero en la zona de compresión. Con ello se incrementan las deformaciones en la zona comprimida, el eje neutro se desplaza hacia la zona de tracción, lo que a su vez hace aumentar rápidamente las deformaciones totales; finalmente la pieza se rompe por tracción.

La resistencia a la flexión resulta en esfuerzos mayores que en los de compresión y menores que en los de tracción. En ensayos de probetas pequeñas libres de defectos los valores promedios de la resistencia a la flexión varían entre 200 y 1700 kg/cm² dependiendo de la densidad de la especie y el contenido de humedad.

PROPIEDADES ELÁSTICAS DE LA MADERA

El módulo de elasticidad, el módulo de corte y el módulo de Poisson representan las características elásticas de un material. La madera como material ortotrópico tiene tres módulos de elasticidad, tres módulos de corte y seis módulos de Poisson, orientados y definidos según los tres ejes ortogonales. Desde el punto de vista ingenieril puede suponerse que el material es homogéneo lo que permite considerar sólo tres.

Módulo de Elasticidad (MOE)

El módulo de elasticidad de la madera puede ser obtenido directamente de una curva esfuerzo-deformación. Puede ser hallado también por métodos indirectos como en los ensayos de flexión. Según los resultados obtenidos en maderas tropicales, el MOE en compresión paralela es mayor que el MOE en flexión estática, no obstante, usualmente se toma el segundo como genérico de la especie, por ser las deflexiones en elementos a flexión criterio básico en su dimensionamiento.

Módulo de Corte o Rigidez (G)

El módulo de corte relaciona las deformaciones o distorsiones con los esfuerzos de corte o cizallamiento que les dan origen. Existen diferentes valores para este módulo en cada una de las direcciones de la madera. Sin embargo el más usual es el que sigue la dirección de las fibras. Los valores reportados para esta propiedad varían entre $1/16$ y $1/25$ del módulo de elasticidad lineal.

Modulo de Poisson

Se conoce como módulo de Poisson a la relación que existe entre deformación lateral y deformación longitudinal. Para el caso de la madera existen en general 6 módulos de Poisson ya que se relacionan las deformaciones en las direcciones longitudinal, radial y tangencial. La madera presenta diferentes valores según las direcciones que se consideren, se han reportado para maderas coníferas valores del orden de 0.325 a 0.40 para densidades de 0.5 gr/cm^3 .

1.3.2 Tipos de madera en el Ecuador

En Ecuador así como en los demás países de la sub-región Andina, existen muchas variedades de maderas con diferentes propiedades, texturas y colores que son apropiadas para un gran

número de usos como son: diferentes rubros en la construcción de viviendas, fabricación de muebles, construcciones navales, fabricación de instrumentos musicales o de dibujo, xilografía, monturas, cajonería, leña y otros.

CLASIFICACION DE LOS TIPOS DE MADERAS

Para evitar la selectividad de los usuarios hacia una o pocas especies conocidas cuando existen otras de características similares, se ha considerado apropiado agrupar a las especies en tres grupos estructurales, en base al estudio PADT-REFORT/JUNAC.

Las propiedades mecánicas de la madera, especialmente el esfuerzo de rotura en flexión (módulo de rotura MOR), están correlacionados con la densidad básica. Por lo tanto, el agrupamiento de las especies en tres grupos está basado - con algunas excepciones- en las densidades básicas. Los límites entre los grupos han sido establecidos considerando tanto las características de resistencia como de rigidez.

Los tres grupos establecidos son los siguientes:

Grupo A

Grupo de maderas de mayor resistencia, las densidades básicas están por lo general en el rango de 0.71 a 0.90. Se las denomina también “Maderas Duras”. Se caracterizan por ser fuertes, de superior calidad y generalmente difíciles de trabajar. Se las utiliza en rubros que por sus características físico-mecánicas las requieran, como aquellos en que se desea obtener un mejor acabado y una mayor durabilidad.

Basados en las investigaciones realizadas por el Dr. Misael Acosta Solís, entre las maderas duras del Ecuador podemos considerar las siguientes: Achiotillo, Algarrobo de la costa, Amarillo de Guayaquil, Arrayán, Bálsamo, Cabo de hacha o Chiche, Caimito o Cauje, Caimitillo, Canelo Negro, Caoba o Caobano, Casuarina, Cedro de Castilla, Clavelín o Mayo, Colorado, Cuisba, Chachajo, Chanul, Chípero, Dormilón, Ebanó, Eucalipto, Guachapelí, Guayacán, Guayacán Pechiche, Guilmo, Guión o Cabecita, Jagua, Laurel, Laurel de Puná, Macharé, Mangle, María, Matache, Moral Bobo, Moral Fino, Motilón, Motilón Colorado, Madera Negra, Nato, Pacarcá, Pacche, Palo de Vaca, Pambil, Platuquero, Pilche, Piñuelo, Quinuao Pantza,

Quishuar, Quitasol, Roble de Esmeraldas, Roble Andino, Seca Tambán, Teca, Tillo, entre otras.

Grupo B

Grupo de maderas de resistencia intermedia, las densidades básicas están entre 0.56 y 0.70. También se las denomina “Maderas Semiduras”. Se caracterizan por ser medianamente durables, de regular resistencia, buena calidad y generalmente fáciles de trabajar. Debido a sus características puede obtenerse una inferior calidad en el acabado y una menor durabilidad.

A este grupo pertenecen las siguientes maderas: Aguacate, Aguacate de Monte, Aguacatillo, Alcanfor, Amarillo Tainde, Bejuquillo o Colorado, Calade, Caracol, Cascarilla Roja, Cascarilla Amarilla, Cativo, Cedro Colorado, Dormilón, Chichalde o Chiyarde, Guaripito, Guilmo, Jiguas, Laurel Tropical, Manglillo, Naranjillo, Nogal, Pacarcar, Pumamaqui, Roble de Guayaquil, Sajo, Samal, Sangre de Gallina, Tangare, Figueroa, Tarque, Sarar, Seca de Castilla, Seca Olorosa, Sande, Sisín o Sumi, Urcucedro, Uva, Yacasén, entre otras.

Grupo C

Grupo de maderas de menor resistencia, cuyas densidades están entre 0.40 y 0.55. También se las conocen como “Maderas Suaves”. Estas maderas son pocos durables, fáciles de trabajar. Por lo general de muy baja calidad y poca durabilidad.

Entre estas maderas encontramos: Algarrobo de la Sierra, Araucarias Chilenas o Brasileñas, Aliso, Chalviande, Fernán Sánchez, Guanderas, Higuerón, Matapalo, Pandala, Pino insigne o Pino de Monterrey, Piadle, Sangre de Gallina, Tangare, Figueroa, Sapán de Paloma, Sapote de Perro, Sarsafrás o Naranjo de Monte, Yalte, Llanero, Bombón, entre otros.

A continuación se presenta una tabla con los esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad para los diferentes grupos de clasificación de las maderas del grupo andino según el PADT-REFORT. (Ver Tabla 8).

**Tabla 8. ESFUERZOS ADMISIBLES Y MODULO DE ELASTICIDAD
PARA MADERAS DEL GRUPO ANDINO**

PROPIEDADES (Kg/cm ²)	GRUPO		
	A	B	C
Módulo de elasticidad mínimo E_{0.05}	95,000	75,000	55,000
Módulo de elasticidad promedio E_{prom.}	130,000	100,000	90,000
Esfuerzo de tracción o compresión producido por flexión f_m	210	150	100
Esfuerzo de compresión paralela a las fibras f_c	145	110	80
Esfuerzo de compresión perpendicular a las fibras f_c	40	28	15
Esfuerzo de corte en la dirección paralela a las fibras f_v	15	12	8
Esfuerzo de tracción en la dirección paralela a las fibras f_t	145	105	75

*Fuente: "Manual de Diseño para maderas del grupo Andino" PADT-REFORT 1982

Como complemento a la clasificación de los diferentes tipos de maderas del grupo andino realizada en el PADT-REFORT de 1982, existen otros estudios similares en los que también se agrupan las maderas de acuerdo a las propiedades físico-mecánicas de las mismas. A continuación se presenta un cuadro con la clasificación de las propiedades obtenidas en el Centro Forestal de Conocoto, el cual presenta un aceptable marco de

referencia para el análisis de los diferentes tipos de maderas existentes en Ecuador. (Ver Tabla 9).

Tabla 9. PROPIEDADES FISICAS Y MECANICAS DE LAS MADERAS					
PROPIEDADES	CLASIFICACION				
	MUY BAJO	BAJO	MEDIANO	ALTO	MUY ALTO
DENSIDAD (g/cm ³) Seca al aire 20°C y 65% hum. Rel.	<= 0.35	0.36 - 0.50	0.51 - 0.71	0.72 - 1.00	>= 1.01
FLEXION Esf. Lím. Prop.(Kg/cm ²)	<= 250	251 - 500	501 - 750	751 - 1000	>= 1001
MODULO DE RUPTURA (Kg/cm ²)	<= 400	401 - 900	901 - 1350	1351 - 1800	>= 1801
MODULO DE ELASTICIDAD 1.000 (Kg/cm ²)	<= 70	71 - 100	101 - 150	151 - 200	>= 201
COMPRESION PARALELA Esf. Lím. Prop.(Kg/cm ²)	<= 200	201 - 300	301 - 450	451 - 600	>= 601
RESISTENCIA MAXIMA (Kg/cm ²)	<= 300	301 - 450	451 - 700	701 - 950	>= 951
COMPRESION PERPENDICULAR Esf. Lím. Prop.(Kg/cm ²)	<= 35	36 - 75	76 - 120	121 - 175	>= 176
DUREZA Lados (Kg.)	<= 200	201 - 400	401 - 800	801 - 1200	>= 1201
DUREZA Extremos (Kg.)	<= 250	251 - 500	501 - 1000	1001 - 1500	>= 1501
CIZALLAMIENTO (Kg/cm ²)	<= 40	41 - 85	86 - 120	121 - 175	>= 176

* Fuente: "La técnica y el uso de la madera en construcción de viviendas en Gquil." U. Católica Fac. Arq, 1982

Esta tabla es muy utilizada para determinar el tipo de madera requerida para alguna aplicación específica, de esta forma se selecciona el tipo de madera que cumpla con los parámetros de resistencia requeridos para la función que vaya a desempeñar.

PRODUCTOS

A partir de la madera extraída de los bosques, se pueden obtener diferentes tipos de productos dependiendo del grado y proceso de industrialización al que sea sometido. Todos estos derivados pueden ser agrupados en tres diferentes tipos de productos:

- Productos Forestales Primarios
- Productos Semielaborados
- Productos de mayor valor agregado

Dentro de los productos forestales primarios, se consideran los obtenidos directamente del bosque como la madera rolliza y la madera de balsa. Independientemente del empleo de la madera como materia prima única, se encuentran en el mercado otros tipos de materiales que en unos casos pueden considerarse madera transformada y, en otros, simplemente derivados de la madera o incluso, en cuanto al corcho, derivados directamente del árbol.

Entre los productos semielaborados se destacan los tableros aglomerados, contrachapados, MDF, madera industrializada de balsa, duelas, molduras y enchapes decorativos, así como astillas de eucalipto que se utilizan en la elaboración de pulpa.

Tableros Chapados

El chapado consiste en tener una base, ya sea de aglomerado de partículas o bien de otros tipos de madera de inferior calidad, como alma, y mediante encolado de la chapa y posterior prensado, se adhiere la chapa de madera de calidad a alguna de aquellas bases. La base debe estar completamente seca, plana, sin desperfectos, exenta de nudos, hoyos, astillas, agujeros, de clavos o golpes de martillo. Debe tenerse en cuenta que si la base tiene alguna imperfección o defecto después del chapado, se notará, y aún más, después con el lacado o barnizado. La chapa de revestimiento se encola sobre la madera de base de modo que las fibras de ambas queden en la misma dirección, pues de este modo, el revestimiento y la base pueden trabajar conjuntamente.. El chapado puede realizarse en una o dos caras.

Aglomerados de Partículas

Los tableros de partículas de madera aglomeradas fueron un gran acontecimiento cuando aparecieron en el mercado, debido a las diferentes ventajas que presenta sobre la madera tradicionalmente usada, como por ejemplo:

- Grandes dimensiones en largo (hasta 8 mts.) y ancho(hasta 2 mts.), imposibles de obtener en madera.
- Densidades medias entre los 500 y 750 Kg el m³.
- Es resistente al ataque de mohos, parásitos, etc. Porque sus partículas son amorfas y están recubiertas de resina.
- Mayor resistencia a los agentes atmosféricos y a los cambios de temperatura.
- Igual dureza en toda la superficie.
- Ausencia de juntas, defectos, o deformaciones y encoladuras.

Los tableros de aglomerados son paneles formados por virutas o partículas de madera que se encolan por medio de resinas sintéticas termoendurecibles y polimerizadas mediante presión a altas temperaturas. Existe una gran variedad de paneles de aglomerado de partícula, en base a dos métodos de fabricación muy distintos: uno es el de obtención del tablero por prensado plano, y el de obtención del tablero prensado por canto o extrusión.

A partir del primer método se obtienen diferentes calidades de tableros: Tableros de una capa u homogéneos, tableros de tres capas, tableros de capas múltiples, tableros resistentes al agua y

los tableros ignífugos o resistentes al fuego. De la segunda variedad de fabricación se obtienen tableros macizos o tableros de espacios huecos.

Médium Density Fiberboard (MDF)

Esta calidad de tablero se considera “madera reconstituida”. Es un tablero de fibras de madera, unidas en seco mediante resinas sintéticas con un prensado en alta frecuencia, consiguiéndose de este modo un producto de alta calidad, uniforme, fuerte, compacto, estable, liso por ambas caras y con una homogeneidad total en todo su espesor.

El M.D.F. tiene unas características excelentes para sustituir en algunos casos a la madera natural, eliminando sus inconvenientes (nudos, grietas, alabeos, tensiones, polillas, etc.), aunque su peso específico es algo superior al de los otros tableros.

Tableros de Fibras

La diferencia entre el tablero MDF y el tablero de fibra conocido anteriormente como “Tablex”, se encuentra principalmente en que este último se forma sin la adición de ningún tipo de cola.

Las propiedades aditivas tanto de las celulosas como de la lignina son suficientes para la formación del manto del conglomerado. Este tablero es extremadamente resistente a la humedad, no se astilla ni se pudre, y posee muy buenas cualidades térmicas, aislantes y de sonido. El tablero de fibras se presenta en varias calidades, siempre con una cara lisa decorada, y la otra rugosa en forma de malla.

1.3.3 El sector maderero en el PIB

El Sistema de Cuentas Nacionales (SCN) ha considerado el aporte del bosque como el valor agregado de la industria forestal; esta consideración no es real ya que, primero, no refleja los encadenamientos sectoriales generados por la industria forestal y, segundo, no toma en cuenta otros aportes del bosque a la economía o, por lo menos, no los hace explícitos. Por lo tanto, el aporte de la industria forestal al Producto Interno Bruto (PIB) no es un buen indicador para valorar la importancia de los bosques en el Ecuador.

Las estadísticas en el SCN del Banco Central del Ecuador, cuantifican el aporte sostenido del sector forestal al PIB en 1.9%, del cual 1.1% corresponde a la producción anual bruta de

madera (silvicultura y tala) y el 0.8% a la producción maderera industrial. Eso significa que en el año 2.000 el aporte fue de \$146,47 millones y 106,53 millones de USD respectivamente, para un total de \$253 millones de dólares.

Por otro lado, el sector forestal tiene un aporte significativo en el nivel de empleo del Ecuador; se ha estimado que este genera aproximadamente 200.000 empleos directos, es decir, 8.4% de la población económicamente activa. Además, el sector genera cerca de 35.000 empleos indirectos, contribuyendo con un total de 234.708 plazas de empleo.

Según FAO - INEFAN (1995), la industria forestal ecuatoriana estaba compuesta por 2204 establecimientos, con una capacidad instalada para procesar 1.6 millones de metros cúbicos por año. Del total, 26% corresponde a aserraderos, 32% a industrias de muebles y 42% a otras industrias forestales. El 98% de los aserraderos, el 96% de mueblerías y la totalidad de los depósitos están clasificados como pequeñas y medianas industrias forestales. Por lo general, la madera suministrada a la pequeña y mediana industria es de baja calidad (con defectos e imprecisiones en las dimensiones), lo que determina un enorme

desperdicio de la materia prima, altos costos y baja calidad de los productos terminados.

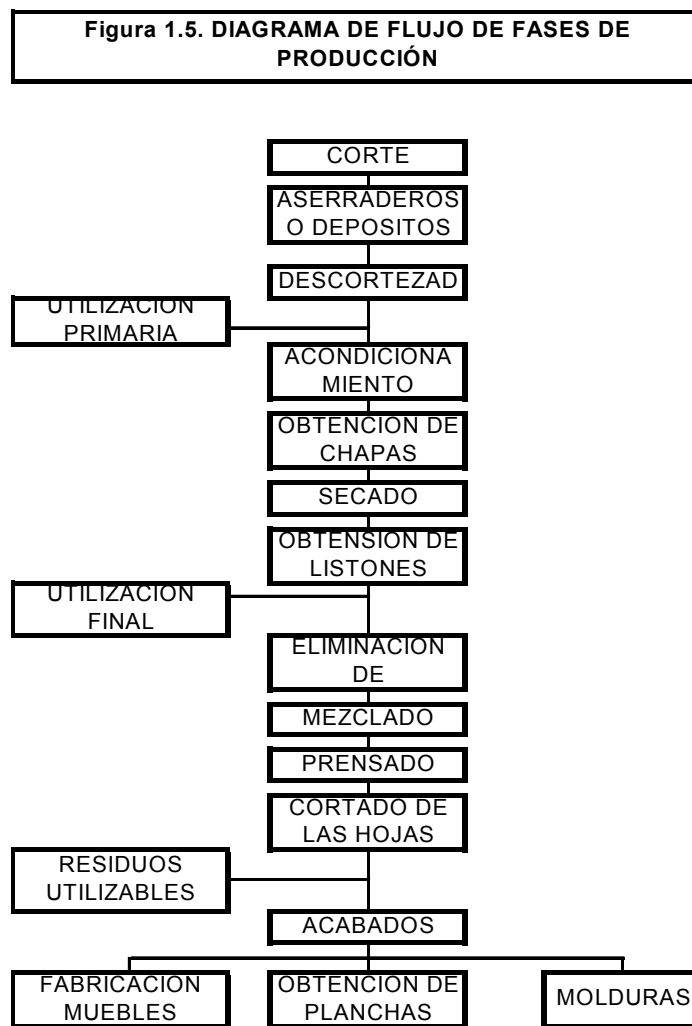
En el país existen 566 aserraderos, 6 productores de contrachapado, 2 productores de aglomerados, un productor de MDF, 694 productores de muebles y 13 productores de papel. Los cuales se encuentran distribuidos de la siguiente forma, (Ver Tabla 10).

Tabla 10. DISTRIBUCION DEL SECTOR MADERERO POR REGION								
TIPO DE INDUSTRIA	COSTA		SIERRA		ORIENTE		TOTAL	
	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%	Cant.	%
Aserraderos	185	33	292	52	89	16	566	25.68
Contrachapados	2	33	3	50	1	17	6	0.27
Aglomerados	0	0	2	100	0	0	2	0.09
MDF	0	0	1	100	0	0	1	0.05
Muebles	147	21	458	66	89	13	694	31.49
Papel / Corrugado	8	62	5	38	0	0	13	0.59
Otras Industrias	306	33	564	61	52	6	922	41.83
TOTAL	648	29	1325	60	231	10	2204	100

* Fuente: AIMA/CORPEI, Proyecto Corpei - CIB Sept. 2001

La variedad de productos fabricados, los distintos tipos de maderas y su utilización final, dificultan la exposición de un solo proceso productivo, por lo que a continuación se presenta un esquema general de las fases por las que deben pasar los productos para su utilización en los distintos subsectores. Cabe destacar que durante todo este proceso, se producen pérdidas

importantes de material, en especial debido al uso generalizado de motosierras en las diferentes etapas de la transformación y a la escasa preparación del personal que maneja los equipos, por lo cual el INEFAN dentro del proyecto PD 154/91, estima que la tasa de aprovechamiento se sitúa en niveles absolutamente ineficientes, entre el 5 % y 10% de la madera en pie. (Ver Figura 1.5).

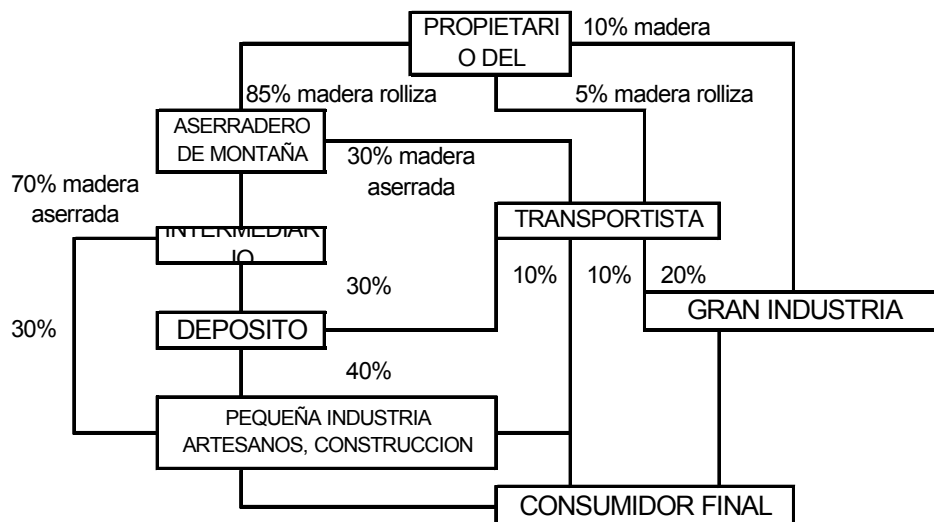


* Fuente: CFN / CORPEI 2001

Uno de los principales problemas en la comercialización de la madera en el Ecuador, según un estudio realizado por la Corporación Financiera Nacional (CFN) en 1996, es la existencia de un sin número de intermediarios entre los propietarios de los bosques o aserraderos y el consumidor final, lo que produce un incremento importante en el costo de la madera.

En el figura 1.6, se muestra la cadena de valor que sigue la madera desde su corte en el bosque, los diferentes caminos, procesos y las diferentes manos por las que pasa hasta llegar al consumidor final. Todo esto produce un incremento significativo en los precios de los diferentes productos elaborados de madera.

Figura 1.6. DIAGRAMA DE FLUJO DE CADENA DE VALOR



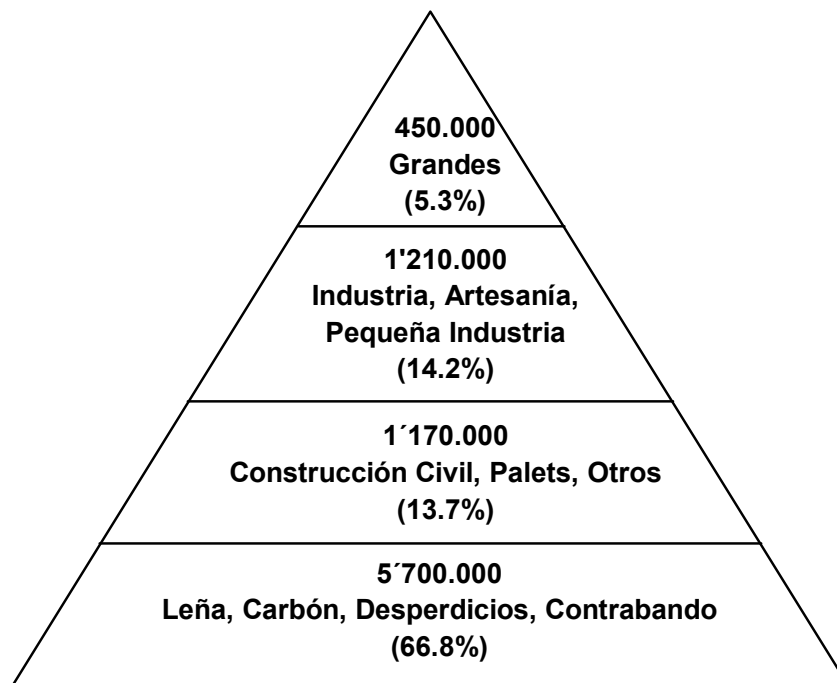
Fuente: CFN / CORPEI 2001

El propietario del Bosque entrega un 85% de la madera rolliza a los aserraderos de montaña o motosierristas, donde es transformada en madera aserrada, que en un 70% es adquirida por el intermediario que a su vez entrega el 30% a la pequeña industria y a la construcción, mientras que las grandes industrias reciben sólo el 10% de la madera rolliza y el 20% de la madera aserrada.

De los 13.4 millones de m³ de madera consumido en 1995 (ultimo censo), el 66.8% corresponde a leña, carbón, desperdicio y contrabando: el 13,7% a construcción civil, pallets y otros; un 14,2% es utilizado por la industria, artesanía y pequeña industria; y por ultimo el 5,3% restante es utilizado por la industria grande.

En la figura 1.7. se muestra el destino que tienen los 13.4 millones de metros cúbicos consumidos en 1995 y cuyos porcentajes de utilización siguen manteniéndose hoy en día.

Figura 1.7. USOS DE LA MADERA EN EL ECUADOR
(miles de m³ / año)



Fuente: FAO, Situación de los Bosques del Mundo, 1999; Datos a 1995

La industria maderera ecuatoriana coloca el 30% de su producción en el mercado internacional, entre tableros aglomerados, muebles, molduras y elementos para la construcción.

El Programa de Reorganización del Sector Agrario del Ministerio de Agricultura y Ganadería (MAG), asegura que el crecimiento promedio de las exportaciones del sector, desde 1988, ha sido

del 6% anual. Este incremento en las exportaciones, ha venido de la mano con un acelerado crecimiento en cuanto a la capacidad operativa del sector. A continuación se presenta un cuadro con la evolución que ha tenido la Industria Maderera del Ecuador desde 1968 hasta 1992. (Ver Tabla 11).

Tabla 11. EVOLUCION DE LA INDUSTRIA MADERERA DEL ECUADOR 1968 -1992 (M3)			
INDICADORES	1968	1992	VARIACION (1968 = 100%)
Número de Aserraderos	138	563	408
Capacidad instalada de consumo en los aserraderos	492.000	1'527.500	310
Aserrío manual de trozas	500.000	1'800.000	360
Consumo de la industria de contrachapados	40.000	95.000	238
Consumo de leña	4'000.000	6'470.000	162
Consumo interno de madera aserrada	336.000	1'404.000	418
Consumo interno de contrachapado	14.000	56.600	404
Consumo interno de papel y cartón	176.000	376.000	192
Consumo de madera rolliza	100.000	140.000	140

* Fuente: Proyecto PD 137/91 "Estrategia para la industria sostenida de la madera en el Ecuador STCP / INEFAM, 1994.

El intercambio global de productos de origen forestal en el período de 1995 a 1998 y que reflejan lo que ha venido ocurriendo con el sector a través de los años (Según cifras del BCE), alcanzó la cifra de 1.039 millones de dólares,

registrándose un saldo negativo en la relación exportaciones vs. Importaciones de 60 millones de dólares. Esto se debió en gran parte a las importaciones significativas de papel y cartón, productos en los cuales nuestro país no ha sido autosuficiente hasta hoy en día.

Los productos de exportación más significativos del sector maderero son:

Tableros: Las exportaciones de aglomerados, tableros de fibra (MDF) y contrachapados, alcanzando un monto total en este período de 131,2 millones de dólares. Las exportaciones se dirigen a mercados exigentes en calidad y precios como son: Japón, Estados Unidos, Colombia, Perú, Venezuela y Cuba.

Madera en Bruto: Los chips se destacan en este rubro al exportarse un promedio de 20 millones de dólares de un total de 102,6 millones del rubro. Los mercados principales fueron: Japón, España y Australia.

Balsa: Ecuador produce aproximadamente el 80% de los suministros mundiales de madera de balsa, destinando sus

exportaciones a 41 países, siendo los más importantes: Estados Unidos, Alemania, Francia y Reino Unido. En este período se exportó un monto de 63 millones de dólares.

Molduras: Estos productos reportaron un total de 13 millones de dólares, siendo sus mercados principales: Estados Unidos, Canadá, Chile, Cuba y Corea del Sur.

Muebles: Las exportaciones de muebles fueron limitadas, presentando saldos deficitarios en el intercambio comercial de 16,7 millones de dólares. Los principales mercados que demandan muebles son los países de la Comunidad Andina (excepto Bolivia), Estados Unidos, Martinica, Panamá, Guatemala, El Salvador, Francia y Rusia.

En cuanto a las importaciones, los productos clasificados en los Capítulos del Arancel Nacional: **47 Pasta de Madera, 48 Papel y Cartón**, son las más representativas, al registrar 38,6 y 542 millones de dólares respectivamente, durante este periodo. Y como consecuencia de aquello se arroja un acentuado déficit en la balanza comercial del sector maderero.

CAPÍTULO 2

2. EL ENCOFRADO EN LA CONSTRUCCIÓN

En 1992, según datos del INEFAN (ITTO PD 137/91), 1'170.000 m³ de madera fueron destinados al sector de la construcción civil (encofrados, principalmente), paletas y otros. En otras palabras cerca del 14% de la deforestación del país se debe al uso irracional de la madera en la “fabricación” de “Tabla de monte”, como usualmente se lo conoce, y que más tarde se utilizará en los encofrados tradicionales. Luego se convierte en desperdicio, pues no puede ser reutilizada. Esta explotación no produce ningún ingreso para el Estado.

Para las personas o empresas que utilizan estas tablas, suele llegar a convertirse en un factor muy influyente en los costos de las obras. Principalmente por la baja calidad de la madera utilizada y su pobre reutilización, los costos producidos por la baja calidad de terminado del hormigón, excesivos enlucidos, desalojos, entre otros. Todo constructor

conoce que el costo de encofrado puede equivaler al costo del hormigón vertido.

Los encofrados que generalmente se emplean en las estructuras de hormigón armado pueden ser más caros que el hormigón o que el acero de las armaduras; e incluso, en ciertos casos, más que la suma de ambos elementos. De aquí se deduce la necesidad de estudiar profundamente la estructura de la obra, con una acertada elección de los materiales para encofrar, con su cálculo y colocación en obra, el desencofrado y planificación de los reúsos, si hubiera lugar a ello, así como el entretenimiento de los materiales.

2.1 La industria de la construcción en el Ecuador

La industria de la construcción siempre ha sido una gran influencia dentro del desarrollo económico del país, brindando gran cantidad de plazas de trabajo directos e indirectos e ingresos representativos para el estado Ecuatoriano. Incluso, el nivel o tasa de construcción de un país es considerada como factor de análisis en el desarrollo del mismo.

Pese al estancamiento que experimentó el sector durante 1999, por la debacle económica sufrida en nuestro país. El sector se encuentra de

nuevo en crecimiento, gracias al impulso que le pretende dar el Estado y a la estabilidad económica que se está experimentando actualmente. Con lo que se espera que el sector recupere su tasa de crecimiento que venía experimentando antes de la crisis o que incluso la supere en muy poco tiempo.

En la siguiente tabla, se muestra la influencia que ha venido teniendo el sector de la construcción en el producto interno bruto del Ecuador. (Ver Tabla 12).

Tabla 12. INFLUENCIA DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCION EN EL PRODUCTO INTERNO BRUTO			
Miles de Dólares			
AÑOS	PIB	CONSTRUCCION Y OBRAS PUBLICAS	% DEL PIB
1990	328,169	13,162	4.01%
1991	491,840	22,239	4.52%
1992	776,544	35,270	4.54%
1993	1,098,044	53,606	4.88%
1994	1,459,135	68,637	4.70%
1995	1,840,218	84,479	4.59%
1996	2,429,070	112,265	4.62%
1997	3,161,601	146,700	4.64%
1998	4,296,842	211,588	4.92%
1999	6,454,015	291,829	4.52%

* Fuente: Banco Central del Ecuador (PIB por Actividad Económica)

La actividad de la construcción se ha venido centrando principalmente en las ciudades más importantes del Ecuador: Quito, Guayaquil y Cuenca. Sin embargo uno de los efectos que ha tenido la migración de

ecuatorianos en los últimos años es el crecimiento del sector en ciudades consideradas pequeñas, principalmente de la sierra.

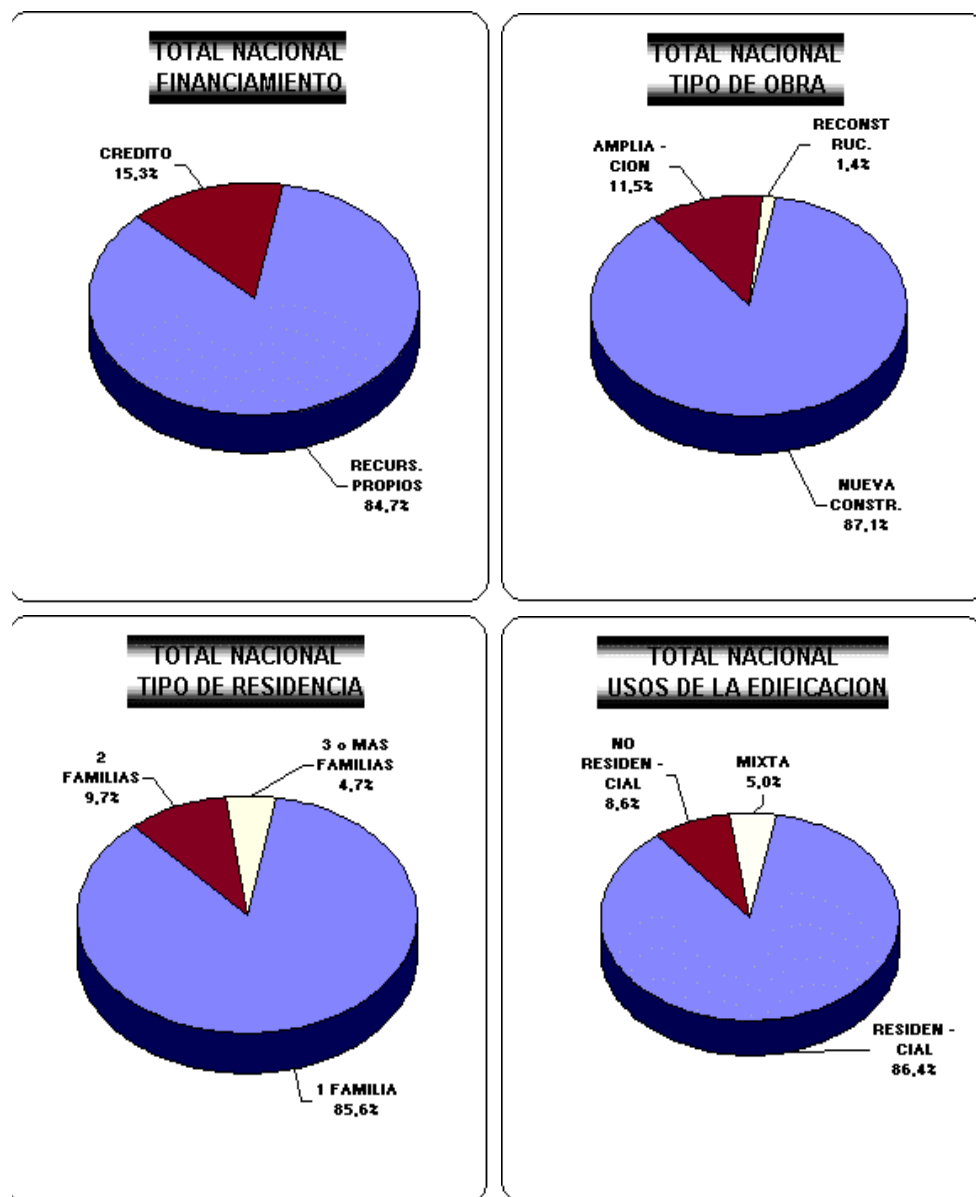
A continuación se presenta las edificaciones proyectadas para las ciudades más importantes y otras que han venido creciendo en los últimos tiempos. (Ver Tabla 13).

Tabla 13. EDIFICACION PROYECTADA : QUITO, GUAYAQUIL Y CUENCA				
AÑO	Miles de metros cuadrados de construcción		Miles de dólares	
	TOTAL	RESIDENCIAL	TOTAL	RESIDENCIAL
1990	1,537	983	3,450	2,182
1991	1,805	1,169	4,969	2,866
1992	1,815	1,269	6,051	3,727
1993	1,842	1,184	11,340	6,867
1994	2,810	1,751	38,310	23,765
1995	3,310	2,663	36,361	24,289
1996	2,530	1,003	29,504	19,898
1997	1,608	1,120	36,365	24,716
1998	2,166	1,429	61,705	41,193
1999	1,630	1,040	51,761	32,258

* Fuente: Banco Central del Ecuador (PIB por Actividad Económica)

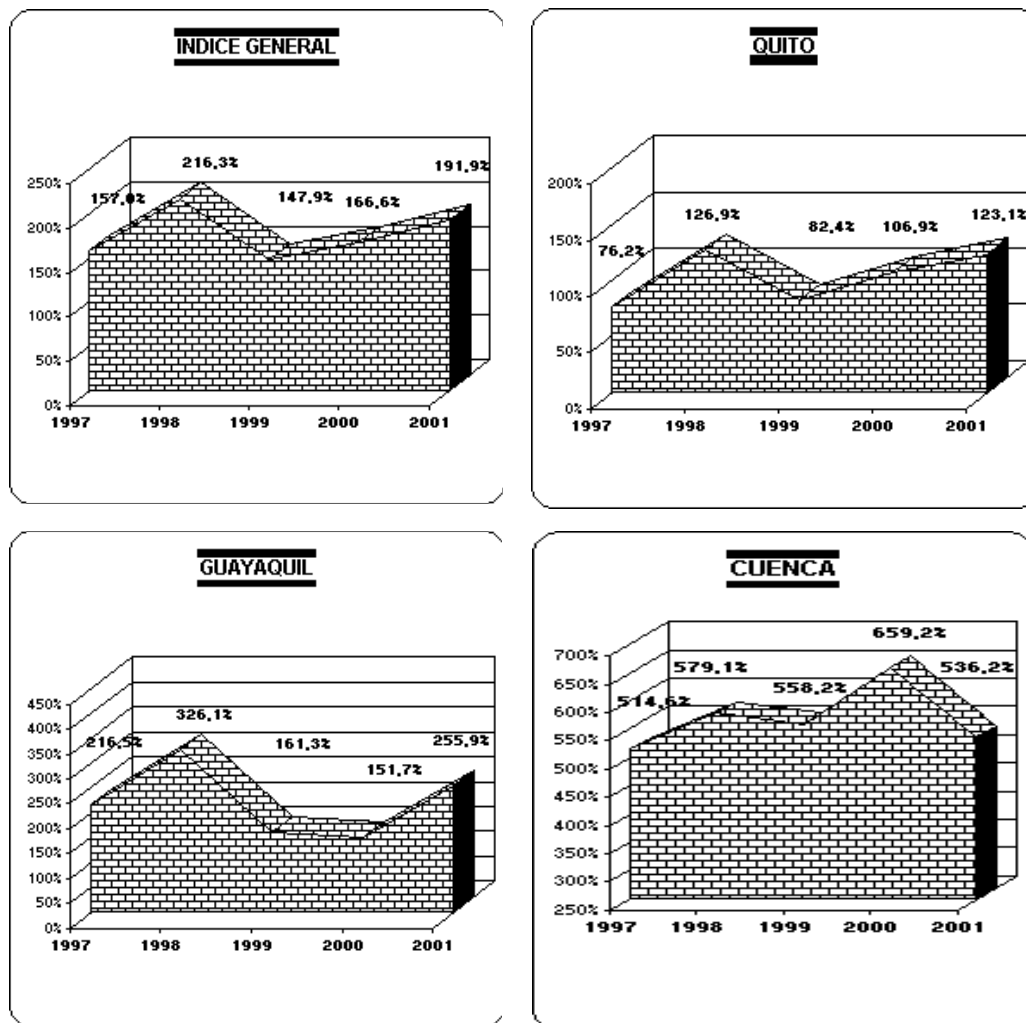
La actividad de la construcción en Ecuador es asumida por el Estado que promueve cerca del 70% del total nacional, siendo el sector privado el que moviliza el 30% restante. (Ver Figura 2.1).

Figura 2.1. DISTRIBUCION PORCENTUAL DE LOS PERMISOS DE CONSTRUCCION EN EL PAIS, SEGUN USOS DE LA EDIFICACION, TIPOS DE RESIDENCIA, TIPO DE OBRA Y FINANCIAMIENTO



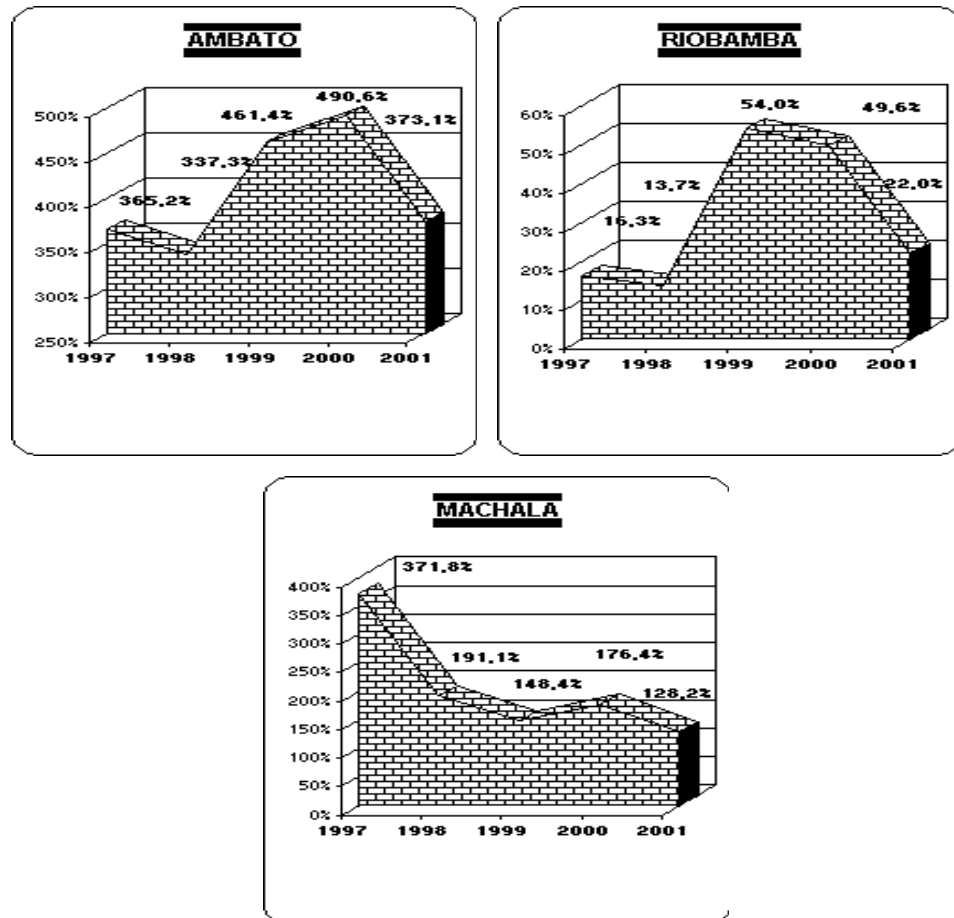
El crecimiento del nivel o tasa de construcción en un país es tomada muchas veces como punto de referencia para analizar el desarrollo del país. Un factor influyente en el incremento de las construcciones es sin duda la tasa de crecimiento de la población en nuestro país, la cual ha venido creando un déficit habitacional, que en los actuales momentos se calcula en 1'300.000 unidades. Por lo cual, si se desea reducir ese déficit se deberán construir 50.000 viviendas por año. Si se compara el índice poblacional con el nivel de construcción, se podrá apreciar la relación que existe en las ciudades más pobladas (capitales de provincias). (Ver Figuras 2.2 , 2.3 y 2.4).

Figura 2.2 INDICE DE CONSTRUCCIÓN EN LAS CIUDADES MAS IMPORTANTES DE ECUADOR



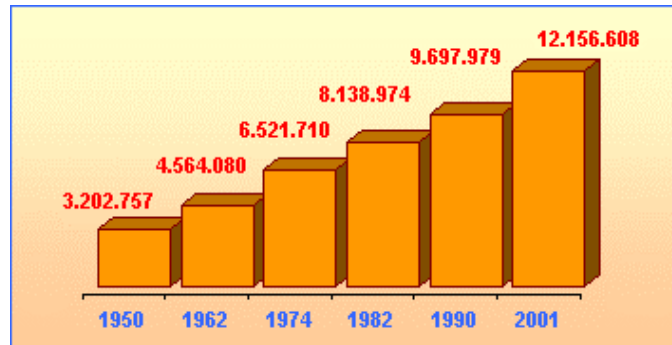
Fuente : INEC Datos de Censo de Vivienda 2001

Figura 2.3 INDICE DE CONSTRUCCIÓN EN OTRAS CIUDADES DEL ECUADOR



Fuente: INEC Datos de Censo de Vivienda 2001

**Figura 2.4 CRECIMIENTO POBLACIONAL
CENSOS 1950 - 2001**



Fuente: INEC Censos Poblacionales 2001

2.2 El uso del encofrado en la construcción

Dentro del proceso de edificación el encofrado de madera cumple un papel predominante en el Ecuador, aunque este no está suficientemente reconocido. El proceso de extracción y transformación de la materia prima, el costo de la madera de encofrado, la experiencia de la mano de obra para su ejecución, las técnicas disponibles, así como el hecho de que la madera no sea en general reutilizable, determina una situación preocupante, tanto para los industriales del sector forestal, como para el sector de construcción civil, que representa el mayor mercado de consumo.

En el sector de la construcción, son muchos los contratistas que no se interesan suficientemente por el uso de la madera en encofrados, y

descuidan su importancia en la obra. En muchos casos no sólo no la proyectan, sino que dejan a la iniciativa del maestro de obra o capataz la fabricación, montaje y desmontaje de los encofrados. Tampoco es común en Ecuador, como ocurre en otros países, que el contratista, subcontrate a destajo a un encofrador, que trae su propia madera y que una vez terminado el fraguado del concreto, la recupera y reutiliza en otras obras, reduciendo los desperdicios y optimizando el uso del recurso.

Otro gran problema de la madera para encofrado o “madera de monte” como también se la conoce, es su bajo costo de comercialización, producto de su origen de bosques talados para la ganadería o agricultura o del uso de motosierras que reducen los costos de producción, en perjuicio de la óptima utilización del recurso forestal. Existen alternativas que pueden remplazar a la madera para encofrados como por ejemplo los contrachapados, pero cuyos costos pueden llegar a ser inclusive 10 veces más caros que la tradicional madera de monte.

El encofrado, destinado a dar al hormigón su forma definitiva, se compone de dos elementos distintos construidos en previsión a que el desencofrado resulte fácil y cómodo: el apuntalado o apeo y el molde. Estos dos elementos deben estar en condiciones de soportar, sin

deformación perjudicial o visible, las cargas a que se les someta durante la ejecución de la obra.

De manera general una cimbra, como también se conoce al encofrado, puede definirse como una estructura provisional cuya finalidad es soportar, durante su construcción, una estructura permanente hasta que esta sea auto- soportante. En las estructuras de concreto la cimbra debe soportar el concreto fresco, el refuerzo de acero, y las cargas vivas de construcción (materiales, equipos y trabajadores). El término de obra falsa se utiliza con sentido semejante al de cimbra aunque suele aplicarse más bien a las estructuras que soportan elementos que están en contacto directo con el concreto dándole forma.

2.2.1 Técnicas de encofrado

Existen diferentes técnicas de encofrado, las cuales utilizan diversos materiales para la elaboración de los moldes que posteriormente le darán el acabado o forma al hormigón. El método mayormente utilizado es el que implica a la madera como materia prima básica para la fabricación de los encofrados. Para todos los métodos se exige que su montaje se efectúe de forma que queden perfectamente sujetos, para que durante la

consolidación y endurecimiento del hormigón no se produzcan movimientos perjudiciales.

ENCOFRADOS DE MADERA

Existen tres técnicas de uso de la madera en encofrados: el tradicional con madera aserrada o tabla de monte, los tableros machihembrados, y los paneles de madera contrachapados. Los dos últimos mencionados se utilizan únicamente en edificios multifamiliares y en obras en serie, siendo que la mayor actividad de construcción es de viviendas unifamiliares y de autoconstrucción.

Encofrado Tradicional

Se utiliza madera de baja densidad (0.30 – 0.35 de peso específico) que bajo la denominación de “madera de monte” o de “encofrado”, agrupan un número indefinido de especies no clasificadas entre las cuales destacan: Aguacatillo, Cedro blanco, Sajo, Tangama y otras maderas blancas. Se utiliza también Laurel y Sande como maderas más duras y resistentes, que rigidizan la superficie de encofrado. La dimensión más común de la tabla de monte es de 2x25x240 cm. y de los tableros de 4x25x240 cm. (Ver figura 2.5)



FIGURA 2.5. ELABORACIÓN DE ENCOFRADOS EN UNA CONSTRUCCIÓN

Las ventajas que ofrecen los encofrados tradicionales radican en la baja inversión inicial la posibilidad de adaptarse a formas complejas, la facilidad de transporte y la tradición de uso. Las desventajas principales son: la limitada reutilización de la madera (1 o 2 veces máximo), desperdicios del orden del 30% (cortes en el encofrado y destrucción en el desencofrado), hinchazón y agrietamiento de la madera, baja calidad en el acabado del hormigón y mayor tiempo en la ejecución de la obra. (Figura 2.6).

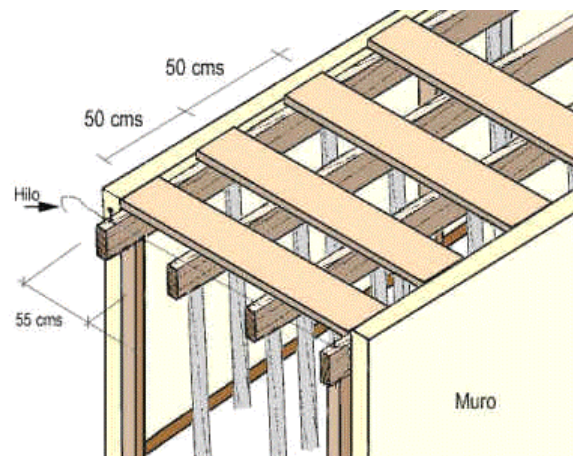


FIGURA 2.6. ENCOFRADO TRADICIONAL DE MADERA

Tablero Machihembrado

Es un tablero de madera cuyos lados se encuentra cortados de tal forma que el acople de un tablero con otro sea más rígido y rápido (acople tipo hembra -macho). Son empleados para el encofrado de muros, columnas y losas de concreto, utilizan duelas machihembradas de Eucalipto (principalmente) de 1.5 cm. de espesor y 10 cm de ancho. Las dimensiones más usuales son de 60x120 cm y de 80x120 cm. Normalmente utilizan 2 ó 3 largueros de canelo o colorado de 4x4 cm y longitud variable. Los paneles pueden ser reutilizados 4 ó 6 veces y se emplean en la construcción de edificios y viviendas multifamiliares.

Las ventajas que tienen son: el ahorro en el tiempo de montaje del encofrado, la relativamente baja inversión inicial, la facilidad de colocación de los elementos con poco trabajo de clavado, la facilidad de desencofrado y las ventajas de almacenamiento. Los inconvenientes son: los posibles agrietamientos, la necesidad de reforzamiento de los extremos para evitar deformaciones y el peso y manipulación de los paneles.

Paneles Contrachapados

Son elementos prefabricados que utilizan tableros contrachapados de madera de 12 ó 15 mm de espesor con colas hidrosistentes y en algunos casos, recubrimientos de protección. El contrachapado tiene la posibilidad de ser rigidizado por elementos de madera o de metal y pueden ser utilizados 8 ó 10 veces.

Se fabrican normalmente en múltiplos o submúltiplos de 1.20 m para aprovechar la modulación del tablero contrachapado que es de 1.2x2.44 m. Se utilizan principalmente en el encofrado de columnas, muros y losas macizas, reemplazando los tableros de madera machihembrada.

Las dimensiones más comunes de los paneles son: módulo I de 0.30x1.20 m, módulo II de 0.40x1.20, módulo III 0.60x1.20 m y el módulo IV de 1.20x1.20 m. Al igual que en el caso de los paneles machihembrados, se utilizan en la construcción de edificios y viviendas multifamiliares, así como también, en otras obras de ingeniería.

Las principales ventajas tienen que ver con la obtención de superficies lisas y mejor acabadas, las numerosas reutilizaciones, gran rigidez y resistencia a la flexión, la posibilidad de cubrir grandes superficies y la flexibilidad de adoptar formas curvas. Las desventajas podrían ser el costo inicial más elevado, de donde su uso se justifica sólo ante determinadas exigencias, aristas y bordes frágiles en caso de caídas y vulnerabilidad a la torsión durante el desencofrado.

ENCOFRADOS DE ACERO

Con esta denominación se engloban dos tipos muy amplios de encofrados, los prefabricados en dimensiones y formas estándar y los que se fabrican especialmente para un uso determinado.

Los encofrados de acero tienen varias ventajas sobre los encofrados realizados con otros materiales, de las que se pueden destacar: su rigidez y resistencia suficientes; se pueden montar, desmontar, transportar y volver a montar con gran rapidez, y, si se dispone del equipo conveniente, todas estas operaciones se pueden realizar con elementos relativamente grandes; son económicos si el número de empleos es grande y si por último, las superficies lisas de hormigón que con ellos se consiguen pueden ser interesantes en cierto tipo de obras. (Ver Figura 2.7).

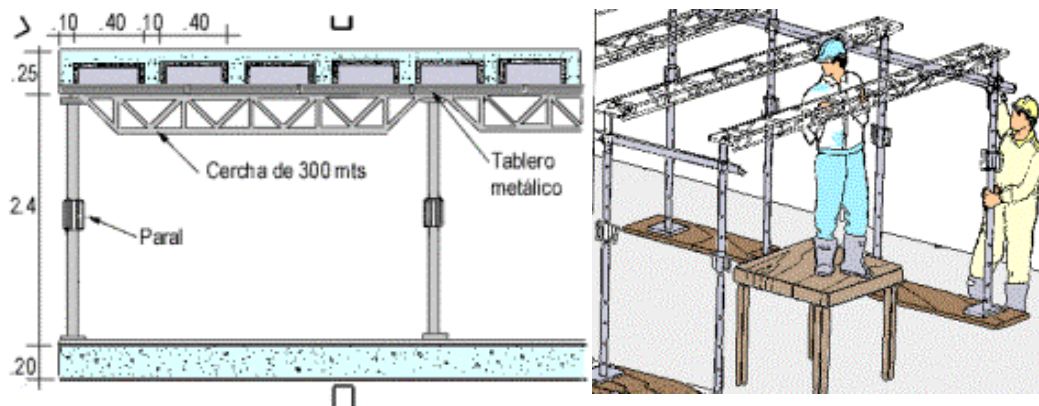


FIGURA 2.7. ENCOFRADOS METÁLICOS

Entre sus desventajas están: a menos que se utilicen muchas veces, son caros, y si no se toman precauciones ofrecen muy

poca protección y aislamiento para el hormigonado en tiempo frío.

ENCOFRADOS DE ALUMINIO

Los encofrados de aluminio son en muchos aspectos similares a los de acero. Su ventaja principal en comparación con ellos es su menor densidad, con lo que los encofrados resultan más ligeros; pero, a causa de que sus resistencias a la tracción, a la compresión y al transporte son menores que los de acero, se precisan mayores secciones en los encofrados.

ENCOFRADOS DE YESO

En la arquitectura de los edificios se proyectan muchas veces figuras y dibujos ornamentales a realizar en hormigón, para los que los encofrados de madera no resultan muy adecuados. Estas figuras se construyen, entonces, en madera o cualquier otro material que se preste para ello, a tamaño natural, y se modela sobre ellas un molde de yeso. Este molde de yeso se utiliza seguidamente como encofrado para la construcción en hormigón de dichas figuras, uniéndolo debidamente al encofrado general de la estructura. Al desencofrar se rompen los moldes, quedando impresa en la superficie del hormigón la figura o dibujo deseados.

ENCOFRADOS DE PLÁSTICO

Como consecuencia del incremento que está tomando la utilización de formas y dibujos complicados de hormigón, ha sido necesario encontrar un material de encofrado con ciertas propiedades que se salen de las corrientes en los encofrados convencionales. Estas propiedades las poseen los plásticos reforzados con fibra de vidrio que están alcanzando un notable y popular desarrollo en el encofrado de elementos de hormigón.

Este material le otorga al constructor la facilidad de realizar simultáneamente el encofrado y el acabado de las superficies. Pueden moldearse con los encofrados dibujos y formas poco comunes, sin que exista limitación de dimensiones ya que los diversos elementos pueden montarse de una forma que disimulen las juntas. Además, puede llegar a ser el material más económico de todos los disponibles si se prevé un gran número de usos. Es ligero, fácilmente desmontable y no presenta herrumbres ni problemas de corrosión. Sin embargo este material no se puede fabricar en condiciones cualesquiera, ya que

requiere un control adecuado de la temperatura y la humedad durante todos los procesos de fabricación.

2.2.2 MADERAS UTILIZADAS

Hay que destacar la importancia que tiene el sector de la construcción en la deforestación de los bosques. Se estima que este sector consume cerca de 1'000.000 de metros cúbicos anuales como madera de encofrado o como elemento constructivo en sí (casas de madera), esto último, especialmente en la costa.

La madera utilizada en encofrado, proviene de lo que se llama el tercer ciclo de explotación del bosque. Primero se extraen las trozas para el contrachapado, en segundo término se extraen las trozas para madera aserrada de valor comercial y en tercer lugar, se extraen las trozas para madera para construcción y otros usos de menor valor agregado, utilizando principalmente las motosierras. El 55% la producción de aserrados depende de los motosierristas, que obtienen productos de muy baja calidad que, en general, tienen que ser reaserrados antes de ser comercializados, con el consecuente aumento de las pérdidas totales de materia prima. El sistema de compra considera

siempre una sobre medida para compensar el mal dimensionamiento y la baja calidad de las tablas aserradas.

La madera que generalmente se utiliza en los encofrados son las que pertenecen al Grupo C, según la “Clasificación de las Maderas del Grupo Andino” del PADT-REFORT/ JUNAC, ya antes mencionada en el capítulo 1. La razón es su bajo costo y la facilidad que brinda para su trabajo. Sin embargo hay ciertas maderas del grupo B que suelen ser utilizadas dependiendo del número de utilizaciones que se quieran alcanzar, pero esto conlleva a un mayor costo en la ejecución de la obra.

Según la Enciclopedia de “Hormigón Armado” 7ma. Edición, las tensiones admisibles para las maderas de encofrado son las siguientes. (Ver Tabla 14)

Tabla 14. TENSIONES ADMISIBLES DE LA MADERA PARA CALCULO DE ENCOFRADOS	
CLASE DE ESFUERZO	RESISTENCIA (kp/cm²)
Compresión Paralela a las fibras	70
Compresión Perpendicular a las fibras	30
Flexión en las fibras extremas	80
Esfuerzo cortante	7
Tracción Paralela a las Fibras	80
Tracción perpendicular a las fibras	0

Fuente: "Hormigón Armado" Tomo 1 (MONTROYA-MESEGUER-MOR)

En nuestro medio, las maderas utilizadas para este fin son las conocidas como maderas suaves o maderas blancas, a excepción de maderas como el Fernansanchez y otras semiduras que suelen utilizarse. Por lo general, se utilizan maderas que

Tabla 15. CARACTERISTICAS MINIMAS DE LAS MADERAS PARA ENCOFRADO		
PROPIEDADES	CLASIFICACION	MINIMO REQUERIDO
Densidad (g/cm ³)	Baja	0.36
Flexión (Kg/cm ²)	Baja a Mediana	251
Módulo de Ruptura (Kg/cm ²)	Baja a Mediana	401
Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	Mediana	101
Compresión Paralela (Kg/cm ²)	Muy Baja a Baja	<=200
Resistencia Máxima (Kg/cm ²)	Muy Baja a Baja	<=300
Compresión Perpendicular (Kg/cm ²)	Muy Baja a Baja	<= 35
Dureza en los lados (Kg.)	Baja	201
Dureza en los extremos (Kg.)	Baja a Mediana	251
Cizallamiento (Kg/cm ²)	Baja	41

* Fuente: "La técnica y el uso de la madera en construcción de viviendas en Guayaquil." U. Católica Facultad de Arquitectura (TESIS), 1984.

cumplan los siguientes estándares, de propiedades físicas y mecánicas. (Ver Tabla 15).

Hay que destacar, que dentro de nuestro medio los maestros especialistas en carpintería de encofrados, un mínimo porcentaje es el que conoce algún nombre de las diferentes maderas que se suelen utilizar, puesto que en el mercado local las maderas para encofrado se las considera en una sola categoría. Principalmente porque sus cualidades tanto físicas como mecánicas tienen un rango mínimo de variación.

En los lugares de depósito y comercialización de maderas, al adquirir madera para encofrado no se las tienen separadas por clases, se las venden mezcladas y simplemente se las conocen como “madera de encofrado”. Con excepción de ciertas maderas como Marañón y Fernansanchez, que han subido de categoría (debido a sus propiedades) y cuyos costos son superiores a las otras.

Pese a la no distinción entre las diferentes maderas utilizadas para este fin, en el anexo A se describen las características y propiedades algunas de las maderas comúnmente utilizadas para la elaboración de encofrados.

CAPÍTULO 3

3. LA CAÑA GUADÚA

Bambú, un recurso natural que en los últimos años ha venido cobrando una significativa importancia para la construcción como material alternativo, por otro lado, el bambú juega un rol extremadamente importante en el balance de la emisión de CO² reforzando una decisión como lo demuestran los diferentes acuerdos como el de Kyoto en 1997, dado en el marco del desarrollo sustentable.

De las especies nativas de América que tienen mayor y más diversas aplicaciones en la construcción, son las correspondientes a los géneros *Chusquea* y al subgénero *Guadua*. De las cuales la *Bambusa guadua* (*Guadua Angustifolia*) que se encuentra en Colombia, Ecuador y parte de

Perú, es la que presenta mejores propiedades físico-mecánicas y será la utilizada para la elaboración de la madera alternativa presentada en esta tesis.

En la década de 1980, debido al creciente déficit en la oferta de maderas tropicales, el interés sobre el bambú se ha venido intensificando. Emergió como el producto alternativo no maderero con mayor potencial, para remplazar a la madera en la construcción y otros usos. La realización de que el bambú produce biomasa mucho más rápido que la mayoría de los árboles de más rápido crecimiento, y que muchas de sus propiedades superan a las obtenidas por dichas especies de maderas, ha despertado el interés en el desarrollo de investigaciones teóricas y prácticas del bambú como sustituto de la madera en la construcción y elaboración de casas, muebles, embalajes, transporte y otros campos.

3.1 Características generales

El bambú es una gramínea herbácea gigante que se desarrolla en forma de culmos (cañas). Durante su crecimiento, una vez que sale de la tierra, está ya constituido de nudos y diafragmas, que la caña presentará en su estado adulto, creciendo de forma rápida.

Su altura depende de la especie, de las condiciones climáticas y del suelo, algunas especies pueden llegar a tener entre 25 a 35 m de altura

o más, con diámetros de 5 a 15 cm. La relación aproximada entre el diámetro exterior y el espesor de la pared de la caña es de 1/10.

Tiene su crecimiento ideal en zonas tropicales y subtropicales entre las latitudes 46 Norte y 47 Sur, y en las altitudes que llegan hasta 4.000 metros, como el Himalaya o Los Andes. Existen aproximadamente 90 géneros y cerca de 1.200 especies de bambú en todo el mundo. (Mc.Clure 1996), con variedad de 42 géneros y 547 especies que se desarrollan en América, representando el 50% de la variedad mundial.

La Bambusa guadua (*Guadua angustifolia*): o simplemente "Guadua". Se encuentra en Colombia, Ecuador y Perú. La altura promedio de su tallo es de 28 metros por 15 cm de diámetro, con internudos relativamente cortos y 2 cm. de espesor. Esta maravillosa gramínea protege los suelos. Al ser la especie vegetal de más rápido crecimiento y por consiguiente un efectivo cobertor de suelos, produce una capa absorbente del agua que favorece su filtración hacia las cuencas hidrográficas, aumentando el nivel de líquido y a su vez previniendo la erosión del cauce.

A) Importancia ambiental

El bambú es una de las plantas más eficientes en la fijación del CO₂ y en la producción de oxígeno porque es una gramínea que el primer año alcanza la estatura y el grosor que tendrá toda su vida, y ese crecimiento acelerado hace que absorba anhídrido carbónico de una manera increíble: fija el carbono y bota el oxígeno. Los bosques de bambú colaboran enormemente en la reconstrucción de nuestra perforada atmósfera, ofreciendo una mejor calidad de aire.

La guadua es una planta, que aporta múltiples beneficios para el ambiente y el hombre; sus productos cuando son empleados como elementos integrales de la construcción de viviendas funcionan como reguladores térmicos y acústicos; el rápido crecimiento de la Guadua permite, según el estudio “Aportes de Biomasa Aérea” realizado en el Centro Nacional para el Estudio del Bambú-Guadua (Colombia), producir y aportar al suelo entre 2 y 4 ton./ha./año de biomasa, volumen que varía según el grado de intervención del guadua; esta biomasa constituye entre el 10 y el 14% de la totalidad de material vegetal que se genera en un guadua. La biomasa es importante, ya que contribuye a enriquecer y mejorar la textura y estructura del suelo. El aporte

anual de biomasa general de un guadual en pleno desarrollo oscila entre 30 y 35 ton./ha./año (mucho mayor que cualquier otra especie vegetal).

Los rizomas y hojas en descomposición conforman en el suelo símiles de esponjas, evitando que el agua fluya de manera rápida y continua, con lo cual se propicia la regulación de los caudales y la protección del suelo a la erosión. El sistema entretrejido de rizomas y raicillas origina una malla, que les permite comportarse como eficientes muros biológicos de contención, que controlan la socavación lateral y amarran fuertemente el suelo, previniendo la erosión y haciendo de la Guadua una especie con función protectora, especial para ser usada en el suelos de ladera cuencas hidrográficas.

Entre los aportes más valiosos de la especie se debe mencionar su comportamiento como una bomba de almacenamiento de agua, absorbiendo importantes volúmenes de agua que almacena tanto en su sistema rizomático como en su tallo. Según el mismo estudio, se ha determinado que una hectárea de Guadua puede almacenar 30.375 litros de agua, es decir agua para 150 personas por día (se asume un consumo promedio de

200 litros/ día/ persona). En época de verano donde las lluvias son escasas y se percibe la necesidad de agua en el suelo, la que se encuentra almacenada en la planta es aportada de manera paulatina al suelo.

B) Taxonomía, morfología y anatomía

La *Guadua angustifolia* pertenece a la especie Angiospermas o plantas con flores, consideradas bastantes complejas a pesar de ser muy familiares entre las plantas; pertenece a las gramíneas, una de las familias más antiguas e importantes del reino vegetal, muy abundante en especies, se encuentra en todas las latitudes y se considera familia cosmopolita.

En América el género *Guadua* se considera y clasifica como un bambú leñoso (Londoño, X. 1992), y es de los de mayor interés debido a la importancia para el hombre ya que es el género más utilizado por las comunidades que habitan entre 0 y 2.000 metros de altura sobre el nivel del mar. Es considerado el bambú más grande en cuanto a longitud y diámetro se refiere y económicamente el más interesante de América Latina, donde se encuentra ocupando áreas aledañas a ríos y quebradas y en los valles entre montañas formando las asociaciones llamadas *guadales*. La temperatura y la precipitación son factores que

determinan y limitan la distribución y desarrollo de esta especie, no obstante, poseen gran capacidad para adaptarse al medio.

En el tallo de Guadua adulto el sistema subterráneo lo conforman tallos indiferenciados con hojas modificadas que se denominan rizomas; estos tallos subterráneos son horizontales y cespitosos, crecen formando macollas y cumplen la función de absorción, conducción y almacenamiento de nutrientes. Están constituidos por tres componentes claramente diferenciados: *el rizoma, las raíces y las raicillas adventicias.*

Los rizomas tienen un tipo de desarrollo y ramificación lateral, el cual hace que los rodales de Guadua sean densos. Normalmente los rizomas alcanzan profundidades entre 1 y 3 metros, lo cual corrobora su alta capacidad de amarre del suelo. Esta parte de la planta es de gran importancia debido a que a partir de ella se realiza su multiplicación vegetativa. Se dice que los rizomas de la Guadua son estructuras de perpetuación razón por la cual se considera potencialmente inmortal. (Ver figura 3.1.).

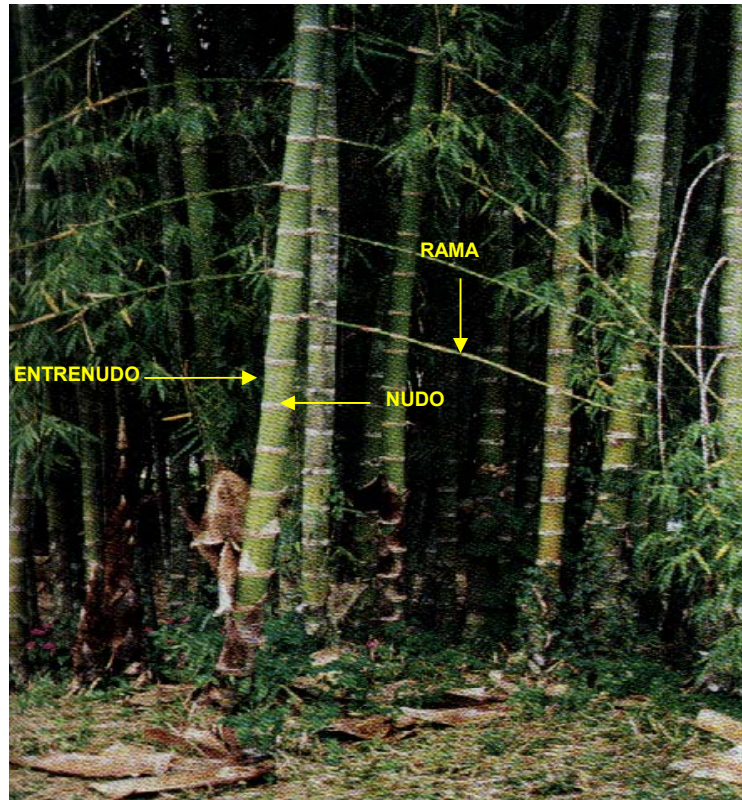


FIGURA 3.1. SISTEMA RIZOMATICO DE LA GUADUA ANGUSTIFOLIA

El tallo de la Guadua presenta estructuras muy especiales. Se destacan los nudos y entrenudos; el nudo es el área del tallo donde crecen ramas con hojas. El nudo ocupa toda la sección del tallo y se caracteriza por formar una zona más abultada, con una contracción o acanalamiento típico de la especie y resultado de la presión que se genera; en la parte interna del nudo se desarrolla un tabique transversal que interrumpe la cavidad que se denomina entrenudo y se clasifica como fistuloso por ser hueco y sin médula central. Deja un espacio separado por el tabique o septun.

En la distribución de los nudos en el tallo de la Guadua existen diferencias poco perceptibles. En cuanto a la longitud, por lo general los nudos, en la base, se encuentran más próximos entre sí, haciendo los entre nudos cortos; hacia el ápice los entre nudos se alargan progresivamente. Un tallo de Guadua, en condiciones normales tiene entre 70 y 80 entrenudos, con longitud promedio de 26 cm.

El tallo o caña aérea, por la dirección normal que toma se ha definido como ascendente o erecto, con dirección vertical y alguna tendencia oblicua en su parte apical; en condiciones ambientales normales alcanza en promedio entre 18 y 20 metros de longitud (aunque se han registrado alturas de hasta 30 metros); por su forma es un tallo con entrenudos cilíndricos que tiene entre 10 y 12 cm. de diámetro y paredes con grosores entre 2 y 5 cm., donde se evidencia de manera notoria la presencia de los vasos conductores; por su textura es un tallo con alto contenido de leño o tejido duro compuesto principalmente de células con paredes gruesas, que constituyen tejidos altamente diferenciados, visibles y muy utilizados como alternativa energética, Leña. (Ver figura 3.2).



**FIGURA 3.2. GUADUA ANGUSTIFOLIA:
Nudos, entrenudos y ramas claramente definidos**

Con base en el tallo y con una disposición alterna a lo largo del mismo, se originan ramas en los primeros 8 ó 9 metros del tallo. Estas ramas poseen entrenudos más cortos en la base, en el nudo de la rama se producen entre 2 y 4 espinas agudas, de las cuales la central es de mayor longitud. Las espinas también se disponen alternamente y conservan simetría visible a lo largo de la rama. Los aprovechadores de Guadua ven en estas estructuras, el principal inconveniente para las faenas de

aprovechamiento, dado el peligro que revisten por sus espinas y su dificultad de manejo. (Ver figura 3.3.).



FIGURA 3.3. ESPINAS PRESENTES EN LAS RAMAS

La Guadua es una planta multicelular con diferente tipo de células organizadas en grupos que se denominan tejidos. Según Lize, las propiedades físicas y químicas del tallo se determinan por su estructura anatómica. El tejido de un tallo de Guadua consta de células de parénquima, fibras y de haces vasculares, compuestos por vasos y tubos cribosos con células acompañantes. La totalidad de la planta comprende aproximadamente 50% de parénquima, 40% de fibra y 10%

haces vasculares o tejidos conductivos (vasos y tubos cribosos) con algunas variaciones.

El porcentaje de distribución de las células, muestra un patrón definido tanto horizontal como vertical. Las células parénquima y conductivas son más frecuentes en el tercio interno de la pared, mientras en el tercio exterior el porcentaje de fibra es significativamente mayor. En dirección vertical la calidad de fibra aumenta desde la base hasta la punta y la parénquima disminuye. La práctica deja sin uso el copo o parte terminal de la Guadua, se considera gran desperdicio ya que en él que alto contenido de fibra. La parte externa de la Guadua está formada de dos capas celulares epidermales, siendo la interna la más gruesa y lignificada; las células externas están cubiertas por una capa cutinizada que posee una cobertura de cera.

C) Propiedades físico-mecánicas de la guadua.

Son varios los factores que pueden influir en las propiedades físicas y mecánicas que tenga una caña de guadua, los mismos que pueden ser intrínsecos de la especie como por ejemplo edad de maduración de la caña y otros factores externos que tiene ver con las condiciones ambientales del lugar de la plantación del guadua (aspectos climáticos y características del tipo de suelo).

Varios estudios han sido realizados para determinar las propiedades de la caña guadua, pero lamentablemente como los estudios sobre esta especie son relativamente recientes, no existen aún estándares establecidos sobre las pruebas que se realizan y las características que deben cumplir los tipos de muestras para dichos ensayos. Ninguno de estos estudios presenta información sobre el grado de maduración que tenían las muestras utilizadas, de que parte del tallo había sido extraída la muestra, ni de las condiciones ambientales a las que habían sido expuestas durante su desarrollo. Debido a esto, los resultados obtenidos en los estudios suelen distar significativamente y no dan un valor específico para las propiedades físicas y mecánicas de la guadua. Mas bien, brindan un rango de resultados obtenidos para las diferentes propiedades, que en ciertos casos llegan a ser muy amplios. Sin embargo a continuación presentamos una tabla con los datos mayormente aceptados y utilizados para las propiedades de esta especie. (Ver Tabla 16).

Tabla 16. PROPIEDADES FISICO-MECANICOS DE LA CAÑA GUADUA				
PROPIEDADES	SECCION	VALORES		
		MAXIMO	MINIMO	PROMEDIO
DENSIDAD SECA *** (g/cm ³)	ENTRENUDO	0.86	0.75	0.83
	EN EL NUDO	0.81	0.70	0.77
CONTRACCION VOLUMETRICA*** (%)	ENTRENUDO	37%	26%	31%
	EN EL NUDO	30%	25%	28%
RESISTENSIA A LA TENCION * (Kg/cm ²)	ENTRENUDO	3,515.50	1,828.00	2,636.62
	EN EL NUDO	3,480.34	1,265.58	2,285.00
MODULO DE ELASTICIDAD A LA TENSION * (Kg/cm ²)	-	316,395.00	140,620.00	228,507.50
RESISTENCIA A LA FLEXION ** (Kg/cm ²)	-	2,760.00	763.00	1,761.50
MODULO DE ELASTICIDAD A LA FLEXION *** (Kg/cm ²)	-	277,689.00	239,743.00	258,716.00
RESISTENCIA A LA COMPRESION ** (Kg/cm ²)	-	863.00	562.48	712.74
MODULO DE ELASTICIDAD A LA COMPRESION ** (Kg/cm ²)	-	199,000.00	151,869.60	175,434.80
MODULO DE ROTURA *** (Kg/cm ²)	-	1,113.00	757.00	935.00
CIZALLAMIENTO **** (Kg/cm ²)	-	-	-	43.85
ESFUERZO CORTANTE *** (Kg/cm ²)	-	75.00	63.00	69.00

FUENTES:

* "Diseño y Construcción de Estructuras de Madera", Julio León Rodríguez, 1986. Tesis Ing. Civil U.C.S.G.

** "Bambú, su cultivo y Aplicaciones", Arq. Oscar Hidalgo Lopez, 1974. Estudios Técnicos Colombianos.

*** "Memorias del Seminario Internacional Bamboo 2001", Guayaquil, Ecuador.

**** "Estudio de Construcción de Viviendas Económicas con Bambú-Concreto", Arq. David Guzman, 2001

3.2 Producción y actual comercialización

La Guadua Angustifolia es el bambú más sobresaliente de todos los nativos de Latinoamérica, no sólo por sus características físicas sino por la diversidad de aplicaciones que tiene en la construcción. Aparentemente tiene una resistencia relativamente alta, tanto a los hongos como a los insectos xilófagos. Se ha observado muchas veces que las maderas empleadas conjuntamente con este bambú en la

construcción, han sido destruidas por los insectos, mientras que la guadua continuaba utilizable.

En el litoral Ecuatoriano, según un inventario realizado por el Programa Nacional Forestal, existen 14.619 ha. de caña guadua con un número aproximado de 27 millones de plantas; de las cuales pueden explotarse anualmente 4.5 millones de unidades, cantidad suficiente para satisfacer las demandas actuales del mercado. Los guaduales inventariados son guaduales naturales (formados sin la intervención del hombre), los guaduales “artificiales” o plantados por el hombre no fueron considerados en este estudio. Sin embargo se estima que en los últimos años, las plantaciones de guaduales se han incrementado notoriamente debido a la importancia que se le está dando a este recurso.

El aprovechador, en este caso el guaduero, es la persona mayorista encargada de abastecer los depósitos y sitios de venta a nivel urbano. En el comercio se maneja para el mercadeo la unidad de medida y conteo denominada pieza, que según la parte del tallo y el uso a que es sometida se conoce como:

Basa

Dependiendo de la longitud total de la guadua, esta pieza puede ser de 4 u 8 metros. Se la considera la más importante desde el punto de vista comercial ya que su uniformidad en el diámetro permite que sea picada y transformada en esterilla o láminas hasta de 60 cm de ancho, lo cual genera mayor valor agregado para el guaduero; ocasiona cerca del 30% de las ganancias de éste. Transformada en esterilla esta pieza es empleada en la conformación de formaletas empleadas en placas de construcción de entrepisos. Cuando no se pica como esterilla, la madera redonda se emplea en la construcción de paneles de vivienda o cercas.

Sobrebasa

Se le utiliza como tacos para construcción; en algunas ocasiones también se aprovecha para esterillas de menor ancho o piezas de construcción que no soportarán pesos excesivos.

Varillón

Es la parte terminal del tallo, tiene como principal características su marcado aguzamiento, con diámetro mínimo de 4 a 6 cm., se emplea como soporte para tejados, para apuntalar o tutorar cultivos de plátano,

tomate, pitaya y otros que requieren de soporte temporal. (Ver figura 3.4.).

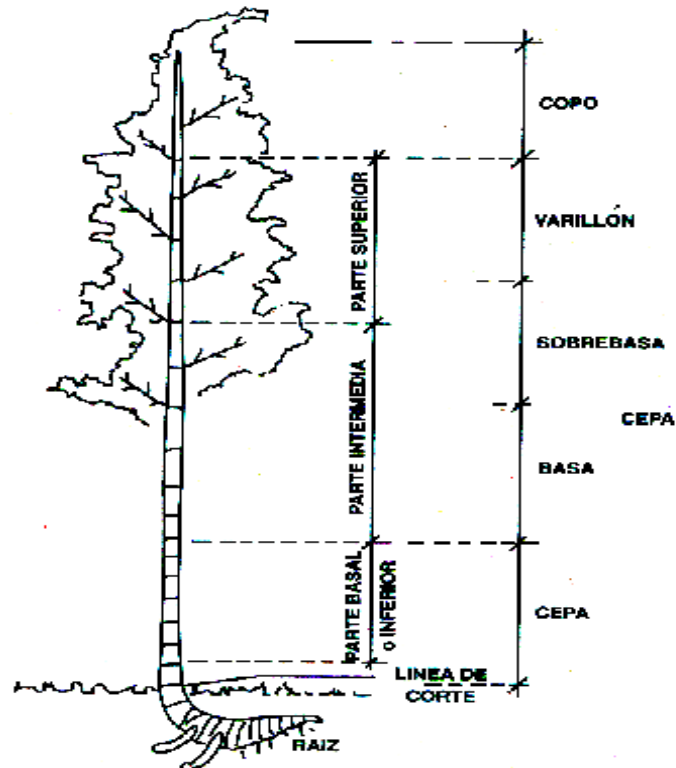


FIGURA 3.4. PIEZAS DE LA GUADUA PARA EL COMERCIO

El uso del bambú se remonta desde hace 10.000 años, en los continentes asiático y americano. China es el país más avanzado en la industrialización del bambú, lleva más de 5.000 años usando esta especie para la fabricación de productos como paneles aglomerados, alimentos, parquet, vestidos, cervezas, artesanías, entre otros.

Existen muestras de que nuestros antepasados ya utilizaban el bambú en la elaboración de balsas como medios de transporte, elaboración de casas, herramientas, armas y diferentes utensilios. En la actualidad la elaboración de productos de Guadua en América del Sur, están concentrados en su mayoría en Ecuador, Colombia y parte de Venezuela. Las mejores zonas de cultivo en el Ecuador son las provincias de Esmeraldas, Los Ríos, Manabí y Guayas, principalmente en las revieras de los ríos por la humedad del suelo.

La construcción con el bambú se ha venido desarrollando desde siglos atrás, sobre todo en lugares donde crece en abundancia como India, Asia, África y América latina sobre todo. Con un crecimiento rápido, hace que tenga un costo reducido (15 ton./ha.) en comparación a otros materiales vegetales como la madera (50-60 m³/ha.), a esto se suman las características mecánicas elevadas, asociadas a la ligereza del material, dando un performance ideal. En el Ecuador se utiliza hace 4.000 años para la construcción de viviendas, sobre todo en el área rural y suburbana, se la ha utilizado en 150 formas, mientras que en China en 1500. Aún cuando a la guadua se la he relacionado siempre con la pobreza, existen grandes construcciones cuya belleza

arquitectónica dista mucho de la percepción que se tienen de las estructuras hechas con este material.

En Ecuador últimamente se está implementando una técnica que ha venido siendo utilizada hace ya varios años en países como Colombia, empleando a la caña guadua como material dentro de la estructura de las losas en la construcción. Esta técnica ha dado grandes resultados como por ejemplo, aligeramiento de la estructura, mayor resistencia sísmica, reducciones en costos de construcción de hasta un 45 %, reducción del impacto ambiental, y por sus propiedades brinda mayor comodidad para su utilización.

A parte de los usos ya antes mencionados, la caña guadua es principalmente utilizada en el sector de la Agricultura, especialmente en el bananero. En la haciendas bananeras son utilizados como puntales para sostener las plantas, para la elaboración de puentes, banderines, esquineros para las cajas de banano, mangas de herramientas, etc. Se estima que la producción de puntales para las bananeras es de 4.750 puntales / ha. Además suele ser utilizado por otros agricultores para formar cortinas rompevientos y así proteger sus cultivos.

La mayor parte de la producción nacional de cañas es consumida localmente, aunque también se exporta el producto principalmente

como materia prima, es decir en su forma natural (caña cortada de 6 m). Los principales compradores locales son empresas dedicadas a la construcción de casas de caña y a la elaboración de parquet y abastecimientos de madera y caña en general. En la construcción se la



utiliza principalmente como puntales para los encofrados de entrepisos y para la elaboración de andamios. (Ver figuras 3.5 y 3.6).

FIGURA 3.5. USOS DE CAÑAS COMO PUNTALES PARA ENTREPISOS



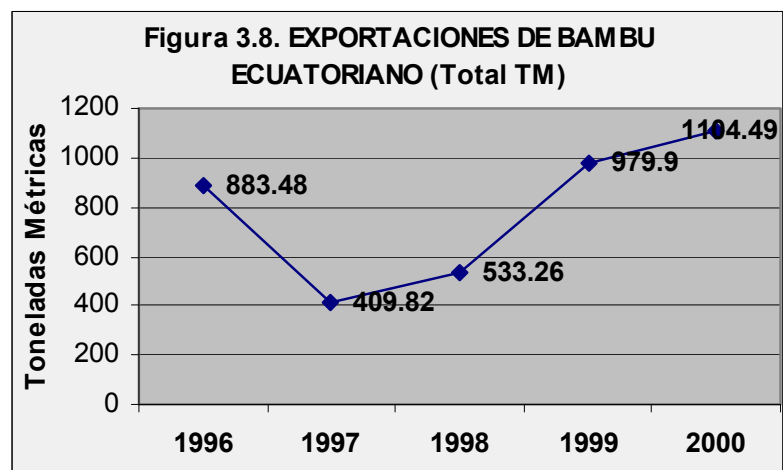
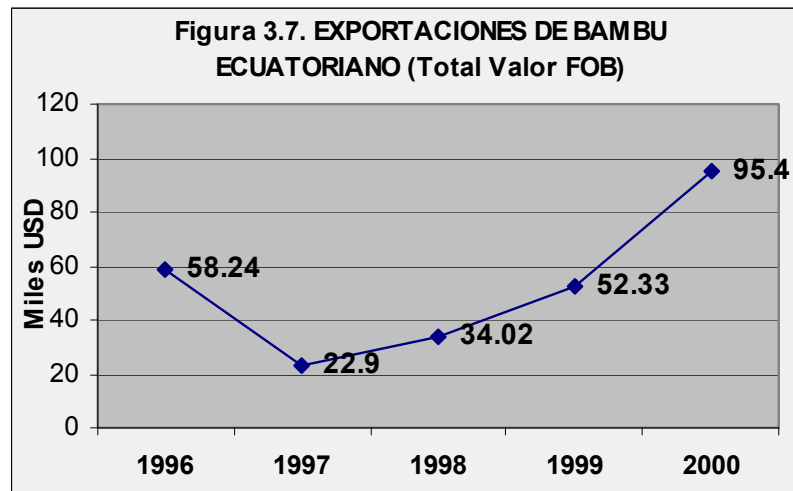
FIGURA 3.6. USO DE CAÑAS PARA LA ELABORACIÓN DE ANDAMIOS

En cuanto a exportación, el principal comprador de cañas de Ecuador es Perú. A continuación mostramos la evolución que han tenido las exportaciones de caña guadua tanto un valores FOB como en Toneladas Métricas exportadas, según datos proporcionados por el CORPEI. (Ver Tabla 17 y Figuras 3.14. y 3.15.).

**Tabla 17. EXPORTACIONES DE BAMBU ECUATORIANO
VALORES FOB EN MILES USD**

DESTINO	AÑOS				
	1996	1997	1998	1999	2000
Perú	58.24	22.6	33.6	52	59.64
Canadá			0.42		
Noruega					0.03
EEUU		0.3		0.33	0.03
Alemania					35.7
TOTAL	58.24	22.9	34.02	52.33	95.4

*Fuente: Banco Central del Ecuador, CORPEI



3.3 COMPARACIÓN CON LAS MADERAS TRADICIONALES UTILIZADAS

EN ENCOFRADOS

El bambú de especie *Guadua Angustifolia*, tiene una serie de ventajas y desventajas comparativas sobre las maderas de mayor utilización en la

construcción, como elemento estructural, de decoración, elaboración de encofrados, etc. Entre las principales podemos mencionar las siguientes:

Crecimiento y Productividad

En comparación con un árbol, la guadua es de muy rápido crecimiento y de mayor productividad. Esta especie alcanza su altura y diámetro máximo dentro de los 6 primeros meses de crecimiento, luego de este tiempo comienza su etapa de maduración o “sazonamiento” en la cual se va lignificando o endureciendo la parte externa de la caña. La guadua esta apta para su corte entre los 3 y 5 años. Esta rapidez de crecimiento es difícilmente superado por cualquier especie maderable. La especie de bambú “Dendrocalamus Gigante” ostenta el record de crecimiento de 1.20 m por día. La guadua es el material natural renovable con más rápido crecimiento sobre la tierra, ya que solo tarda tres años (promedio) en alcanzar las condiciones necesarias para su utilización en la construcción; mientras que el pino especie forestal de más rápido crecimiento, tarda 15 años para ser utilizado.

Si el gradual es adecuadamente manejado, una vez establecido, este puede ser productivo infinitamente. Generalmente, el ciclo de crecimiento de un bambú es 1/3 parte del ciclo de un árbol de rápido

crecimiento, y su productividad por hectárea es dos veces la del árbol (Jiafu, 2000). La productividad por hectárea para la guadua es de 1.350 culmos/ha/año (Londoño, 1993).

En experiencias obtenidas con plantaciones de guadua sobre todo en Colombia. Un gradual ofrece beneficios que no los brindan los bosques que están siendo reforestados en nuestro país (principalmente con la especie *Pinus Radiata*). Durante los dos primeros años las plantaciones de guadua pueden ser intercalados o combinarse con otros cultivos o semillas como hortalizas, etc. Ofrecen un mayor beneficio económico y un mayor y más rápido retorno sobre la inversión realizada por los agricultores dueños de esas tierras, que si las dedicaran a la plantación de especies maderables tradicionales. Posee una fácil adaptabilidad y rápida regeneración de diferentes tipos de suelos aún siendo estos considerados como “destruidos o sobre explotados”.

Servicios Ambientales

Ambientalmente tiene innumerables ventajas. Por ser una gramínea, se adapta con facilidad a suelos pobres como potreros sobre explotados con lo cual ayuda a recuperar tierras degradadas. Controla la erosión y regula el caudal hídrico del suelo gracias a su sistema rizomático. Aporta material orgánico con la gran cantidad de hojas que bota, las

cuales crean nuevas capas de humus. Contribuye a la biodiversidad por ser hábitat de diversa flora y fauna.

Produce cuatro veces más oxígeno que cualquier otro árbol (Revista el Maderero, AIMA, Feb/00). El solo hecho de que después de su tala se efectúe un proceso de transformación de su madera en viviendas, muebles, artesanías, etc., hace de la guadua una planta fijadora de CO₂. Lo que no se puede decir de otros cultivos como la caña de azúcar y el café, ya que el CO₂ que estas plantas absorben durante su crecimiento se libera a la atmósfera cuando se queman para su industrialización. Según datos de organismos internacionales, si los niveles de emisión de CO₂ continúan como hasta ahora, para el 2100 se podría producir un incremento en la temperatura media global de 1.5 °C a 4.5 °C.

Material de Construcción

La especie Guadua Angustifolia sobresale dentro del género por sus propiedades estructurales tales como la relación resistencia / peso que excede a la mayoría de las maderas y que puede incluso compararse con el acero y con algunas fibras de alta tecnología. La capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que este bambú sea un material ideal para construcciones sismorresistentes. Además el

costo de construir con guadua resulta muy por debajo del costo de construir con materiales convencionales, hasta un 45% menos (Mejía, 2000), y por sus características se presta para múltiples expresiones arquitectónicas.

En Ecuador al igual que en muchos países del tercer mundo, debido al poco conocimiento que tenemos sobre este recurso y sus aplicaciones, existe un marcado estereotipo sobre el uso de la caña guadua en la construcción, a la cual se la conoce como “madera de pobres” y su utilización llega a representar un sinónimo de pobreza. Según un estudio presentado por el diario “El Universo” (19/02/01), en nuestro país la guadua es utilizada para la construcción de casas en zonas rurales y barrios urbano marginales. Sólo en Guayaquil, el 41% de las familias que viven en la periferia tienen su casa construida de caña, de estos cerca del 50% espera en menos de cinco años cambiar sus casas con materiales de construcción tradicionales (cemento, ladrillos, etc.) para “mejorar sus condiciones de vida”.

En los últimos años se ha venido aplicando en nuestro país el uso de la caña guadua como parte estructural para la elaboración de entresijos o losas. Esta técnica ha dado excelentes resultados en estudios realizados principalmente en Colombia. La función de la caña es la de

reemplazar al hierro o mallas metálicas del entrepiso, con lo cual se logra un importante aligeramiento de la losa, además gracias a las propiedades mecánicas de la guadua, se mejora enormemente la resistencia sísmica de la estructura. A su vez, disminuye el volumen de concreto necesario, el encofrado solamente se requiere durante el tiempo de fundición y agiliza la ejecución de la obra. También proporciona excelente aislamiento acústico. Se estima que proporciona una disminución de costos en un 45% con relación a la losa de concreto reforzado.

Sin embargo las cañas que van a ser utilizadas con este propósito, deben ser previamente tratadas. Uno de los principales problemas que presenta este material es su alta contracción volumétrica al secarse, lo cual puede ocasionar problemas estructurales en la losa. Existen diferentes alternativas para reducir o eliminar este problema y los riesgos que podrían ocasionar.

Además de usarse como elemento estructural, el bambú puede tener otras formas de empleo en la construcción, tales como en tuberías para el transporte de agua, y en pequeñas secciones para drenaje, etc. De igual forma puede utilizarse en combinación con otros materiales de

construcción, incluso con el concreto, como elemento de refuerzo. (Hidalgo 1974).

Usos múltiples

La guadua presenta un sin número de aplicaciones en la vida diaria de los pobladores rurales, desde utensilios para el hogar, hasta infraestructuras agropecuarias. La guadua forma parte del arraigo cultural de muchos pueblos Latinoamericanos, en donde sus pobladores la utilizan en la fabricación de instrumentos musicales, en sus fiestas tradicionales, en ceremonias religiosas, en infraestructuras para el agro, para guiar y apuntalar cultivos, y en vivienda y artesanías.

Hoy en día las artesanías y los muebles de guadua presentan diseños modernos e innovadores y son una gran fuente generadora de mano de obra. Las artesanías de guadua acompañan a la industria del turismo; y día a día se convierten en productos exportables de alta demanda. Es indispensable secar e inmunizar la guadua de acuerdo a las exigencias internacionales del mercado para garantizar la calidad del producto y asegurar su demanda.

Está demostrado que con la guadua se pueden desarrollar diversos productos industrializados de altísima calidad, tales como aglomerados, laminados, pisos, paneles, viviendas, artesanías, etc. De todos estos

productos, los paneles son los de mayor demanda mundial, debido a su elegancia y a su similitud de textura con la del mármol, además son fuertes, durables, suaves, limpios, antideslizantes y resistentes a la humedad.

China es el país con mayor producción de paneles de bambú en el mundo, produciendo actualmente entre 15 y 20 millones de m², sin lograr satisfacer la demanda del mercado internacional (Qinsheng, 2000). Los paneles para pisos producidos en China son de la especie *Phyllostachys hererocycla*, los cuales tienen una resistencia de hasta 600 gr/cm², sin embargo los paneles producidos con *guadua angustifolia* llegan a tener una resistencia de hasta 800 gr/cm².

Cabe recalcar que la elaboración de todos los productos antes mencionados utilizando la *guadua* como materia prima, reduciría significativamente el impacto que existe sobre los bosques nativos y la selva tropical, además de generar más plazas de trabajo.

Calidad de Fibra y Propiedades físico-mecánicas

La *Guadua Angustifolia* tiene fibras naturales muy fuertes que la colocan entre las 20 mejores especies de bambúes del mundo. Lo que ha despertado gran interés con la realización de diferentes

investigaciones sobre esta especie, sus características y sus posibles aplicaciones. Entre los investigadores más reconocidos por la cantidad de trabajos realizados sobre esta especie podemos citar a Alfonso Barreto “Construcción con Guadua” y Oscar Hidalgo “Bambú, su cultivo y aplicaciones”. Las cuales son dos de las principales obras que sirvieron como referencia para la elaboración de esta tesis. Sin embargo en comparación con los estudios que existen internacionalmente sobre otras especies de Bambúes y sus aplicaciones, especialmente de India y China, muestran que aún queda mucho por descubrir sobre las bondades que nos brinda la especie *Guadua Angustifolia* y las diferentes aplicaciones que podría dársele.

De las obras ya mencionadas y de otras que a su vez fueron consultadas, se obtuvieron algunos datos sobre las propiedades de la caña guadua en comparación con las especies maderables tradicionales.

Con respecto a propiedades físico-mecánicas se tiene que de acuerdo a pruebas como la ASTM 1037 (prueba de la bola de Janka o de dureza) el bambú demuestra tener una dureza de 1.350. Más duro que el Álamo Rojo e incluso más duro que el Maple (maderas tipo A). La densidad seca de la guadua, su módulo de elasticidad, su resistencia en

compresión y flexión, son superiores que la mayoría de especies maderables del Ecuador. No así su esfuerzo cortante que presenta una resistencia menor. El esfuerzo cortante para la madera es un 10% del módulo de rotura, mientras que para la guadua es un 8%. La relación módulo de rotura / densidad o lo que es lo mismo la relación resistencia / densidad, es similar a muchas maderas Ecuatorianas (Tipo A – JAC). Su contracción volumétrica total (aprox. 30%) es significativamente alta si se compara con la madera (aprox. 8% a 15%). Siendo el problema de la contracción uno de los más críticos, se recomienda: secar la guadua con la mayor longitud posible, almacenarlo en un ambiente seco con buena circulación de aire, protegerlo de la intemperie (sol y lluvia) y colocarlo en forma vertical.

A su vez la Guadua presenta otros beneficios en comparación con las especies maderables Ecuatorianas. Para su utilización no hay que talar sino podar, debido a que es una gramínea y no una especie forestal. Reduce los procesos de aserrado, pulido y lijado, generando poco desperdicio, ahorro energético y rápida ejecución. La superficie natural del bambú es lisa, limpia, de color atractivo y no requiere ser pintada, raspada o pulida. Los bambúes no tienen corteza o partes que puedan considerarse desperdicio.

La constitución de las fibras de las paredes del bambú, permite que pueda ser cortado transversal o longitudinalmente en piezas de cualquier longitud, empleando herramientas manuales sencillas, tales como un machete. Es liviano y muy resistente a la flexión y tracción, lo cual favorece su utilización para la construcción de estructuras sismorresistentes. Su forma circular y su sección, por lo general hueca, lo hacen un material liviano, fácil de transportar y almacenar, lo cual permite la construcción rápida de estructuras temporales o permanentes. En cada uno de los nudos del bambú existe un tabique o pared transversal que además de hacerlo más rígido y elástico evita su ruptura al curvarse. Por esta característica es un material apropiado para construcciones antisísmicas.

La *Guadua Angustifolia* es la especie de bambú con las mejores características físico-mecánicas y mayor resistencia al ataque de insectos. Tiene una resistencia relativamente alta, tanto a los hongos como a los insectos xilófagos. Se ha observado muchas veces que las maderas empleadas conjuntamente con este bambú en la construcción, han sido destruidas por los insectos, mientras que la *Guadua* continuaba utilizable.

Además de su alto nivel de contracción volumétrica, posee otras desventajas como por ejemplo: una alta combustibilidad cuando está seco, la pérdida de resistencia cuando envejece y sus alteraciones volumétricas cuando se seca o humedece. Sin embargo estas pueden ser fácilmente superadas con el correcto tratamiento y aplicación de los preservantes apropiados.

En el capítulo 2 de esta tesis, se mencionaron algunas de las maderas más utilizadas para la fabricación de tablas para encofrado y sus diferentes propiedades. En la siguiente tabla mostramos un resumen de lo antes mencionado (Ver Tabla 18).

Tabla 18. CARACTERISTICAS GENERALES DE LAS MADERAS MAS UTILIZADAS PARA LA ELABORACION DE ENCOFRADOS				
TIPO DE MADERA	CARACTERISTICAS			
	Densidad Seca al aire (g/cm³)	Tiempo de secado al aire (días)	Contracción Volumétrica (%)	Propiedades Físico-mecánicas (Clasificación)
EUCALIPTO	0.72	75	19.90	MEDIANO
FERNANDSANCHEZ	0.63	60	12.00	MEDIANO
JIBARO	0.45	45	11.00	BAJO
LAGUNO	0.45	120	14.30	BAJO
MASCAREY	0.77	180	19.10	MEDIANO - ALTO
PIASTE	0.53	30	11.87	BAJO
PINO MONTERREY	0.49	60	11.90	MUY BAJO - BAJO
ROMERILLO	0.54	120	12.50	BAJO
SANDE	0.49	210	11.80	MEDIANO
SEIQUE	0.45	75	12.00	BAJO
TANGAMA	0.41	45	12.00	BAJO
TANGARE	0.6	200	12.90	MEDIANO - ALTO

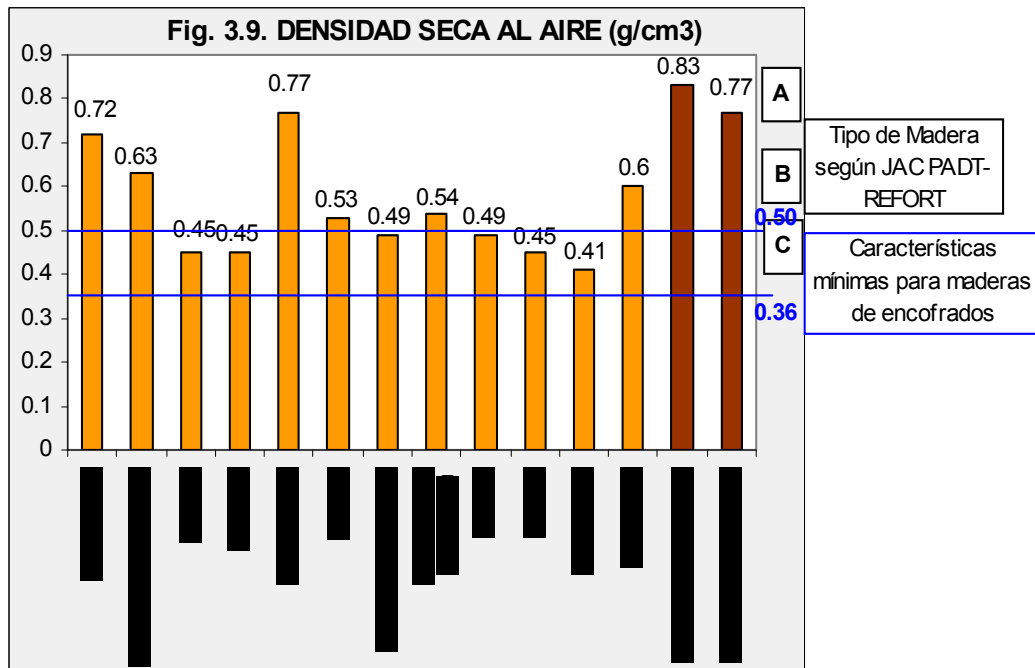
* Fuente: "Maderas Económicas del Ecuador". M. Acosta Solís.

"Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino", PADT-REFORT, 1982

Luego de comparar los datos presentados en las tablas: Tabla 8 (Esfuerzos admisibles y módulo de elasticidad para maderas del grupo andino), Tabla 9 (Propiedades físicas y mecánicas de las maderas), Tabla 14 (Tensiones admisibles de la madera para encofrados), Tabla 15 (Características mínimas de las maderas para encofrados), Tabla 18 (Características generales de las maderas más utilizadas para la elaboración de encofrados) con los datos de las propiedades físico-mecánicas de la Caña Guadua presentadas en la Tabla 16, se obtuvieron las siguientes conclusiones:

A) Comparación de Densidad Seca al Aire (g/cm^3).

A partir de los datos presentados en las tablas antes mencionadas podemos obtener el siguiente gráfico para comparar las densidades de las diferentes maderas utilizadas para encofrados con la de la caña guadua. (Ver Figura 3.9).

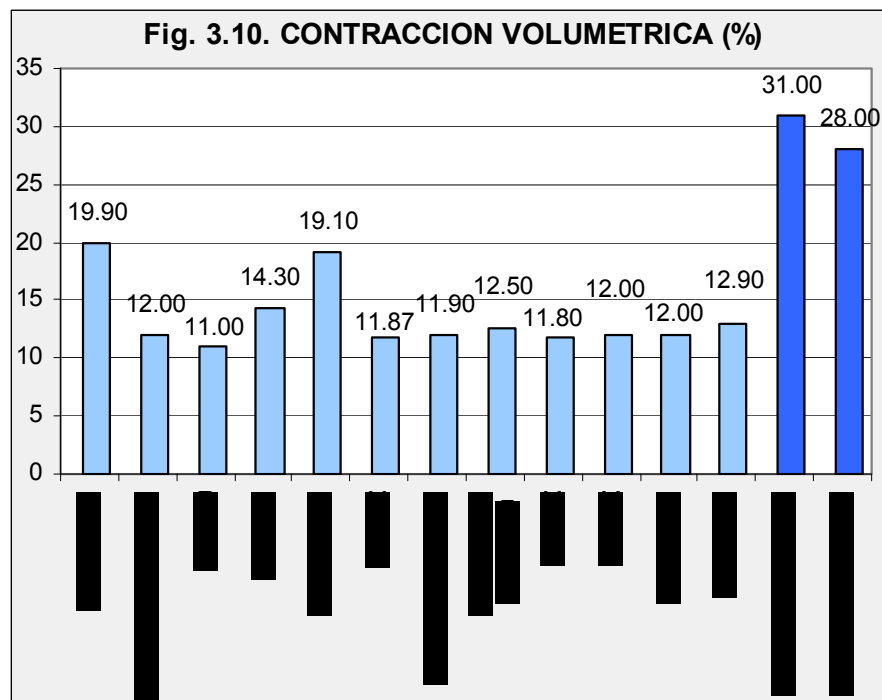


Como podemos observar, la densidad seca de la Guadua, tanto en el nudo como en el entrenudo, supera a la mayoría de las maderas utilizadas en encofrados y ampliamente al rango mínimo que deben cumplir las maderas destinadas para este uso. Inclusive vemos que se ubica dentro del grupo de maderas Tipo A de la clasificación PADT-REFORT, es decir dentro del grupo de las maderas más resistentes y de mayor valor. Dado que las propiedades físico-mecánicas que tienen las maderas están relacionadas directamente con su densidad seca, se

comprueba que la Guadua Angustifolia brinda mejores propiedades que las especies de maderas tradicionales.

B) Comparación de la Contracción Volumétrica (%).

Como en el caso anterior, podemos obtener el siguiente gráfico para comparar el porcentaje de contracción volumétrica que experimentan al secarse cada una de las especies de maderas tradicionales y la que experimenta la guadua. (Ver Figura 3.10.).

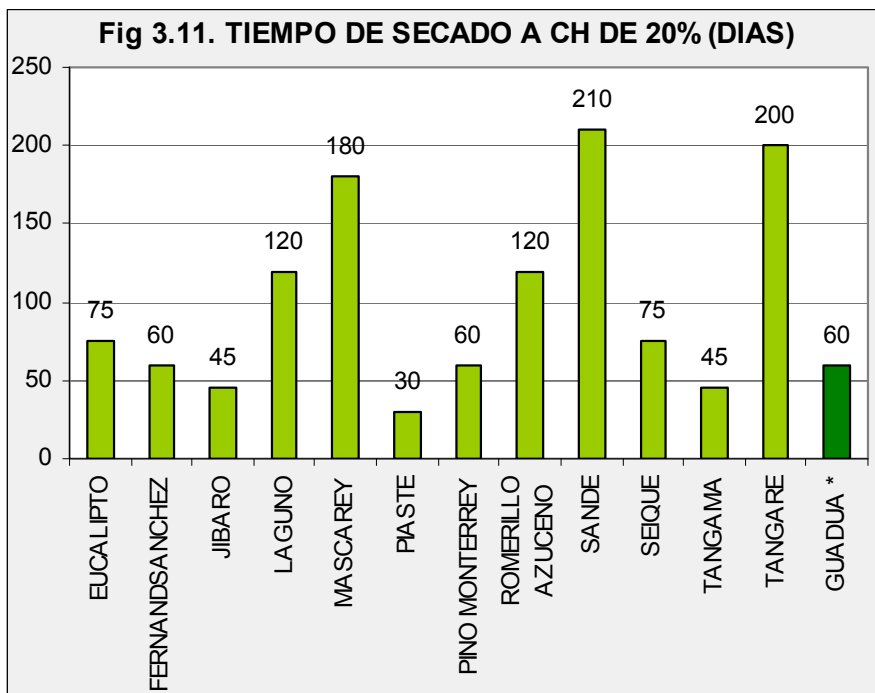


Como mencionamos antes, unos de los principales problemas que presenta la guadua para su utilización es su alto porcentaje de contracción volumétrica en relación a otras especies de maderas, lo que

se evidencia claramente en el gráfico presentado. Sin embargo este problema es fácilmente superado, dándole a la caña el tratamiento adecuado luego de su corte y utilizando los preservantes apropiados.

C) Comparación de Tiempo de Secado (días).

Existen diferentes métodos de obtener el contenido de humedad (CH) apropiado de una madera para su posterior utilización, sin que esta experimente mayores problemas. De todos los métodos el Secado al Aire es el que se utilizó como punto de comparación entre las especies. Siendo este el método más lento, fue utilizado ya que todas las maderas están expuestas a las mismas condiciones de secado, mientras que para los otros métodos, cada especie requiere de ciertas condiciones específicas para obtener un secado apropiado. De esta forma obtenemos el siguiente gráfico con los tiempos de secado al aire de las maderas hasta que alcanzan un contenido de humedad del 20%. (Ver Figura 3. 11.).

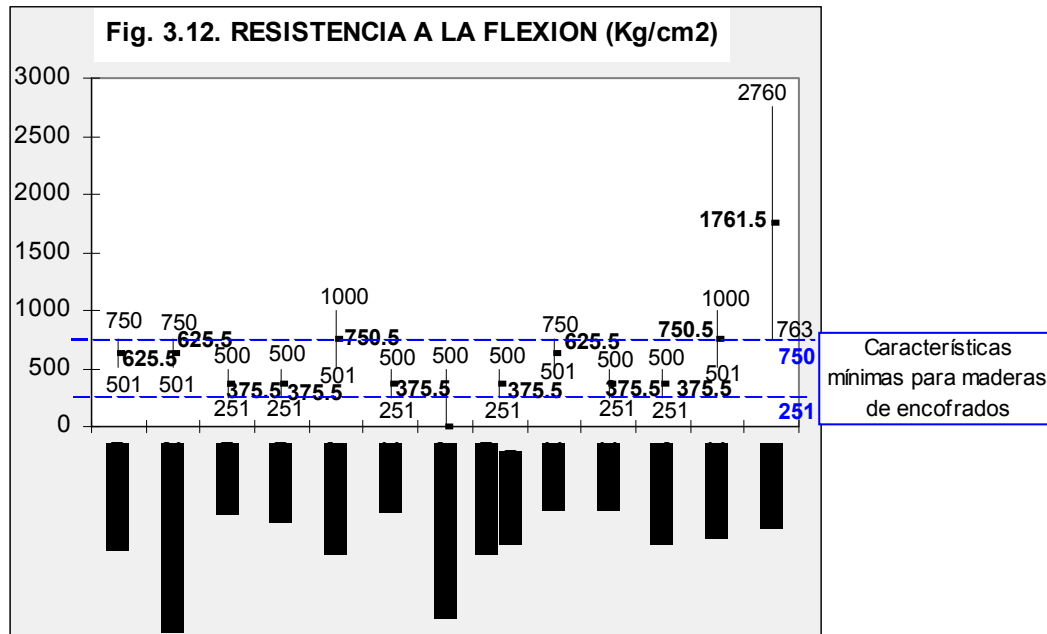


Aún cuando podemos observar que el tiempo de secado de la Guadua moderadamente rápido, en comparación con las otras especies. Cabe señalar que el tiempo de secado para esta gramínea es relativo. Este depende del tratamiento y preservantes que se le vayan a aplicar la caña para el tipo de producto final que se quiera obtener. Por ejemplo, algunos autores recomiendan que para obtener un mejor resultado en preservación de la caña y sus propiedades en el producto final, esta debe ser tratada no más de 12 horas luego de haber sido cortada. Otros recomiendan que luego de cortadas, se las debe dejar en forma vertical

sobre alguna plataforma (para evitar que se contaminen las bases) por períodos de 2 días o hasta una semana, tiempo en el cual expulsa por gravedad la savia, aún cuando su CH no sea el apropiado. Luego se trata la caña, se la procesa en tirillas o latillas (si es el caso) y posterior a esto se las seca hasta obtener el contenido de humedad que sea requerido (aprox. 15% –20%).

D) Comparación de Resistencia a la Flexión (Kg/cm²).

Utilizando las tablas mencionadas antes, podemos obtener un gráfico que nos permita comparar la resistencia a la flexión que tienen las diferentes especies maderables con la guadua. A partir de esta propiedad físico-mecánica en adelante los gráficos presentarán rangos (mínima y máxima) de resistencia obtenidos para cada una de las diferentes maderas y sus promedios. (Ver Figura 3.12.).

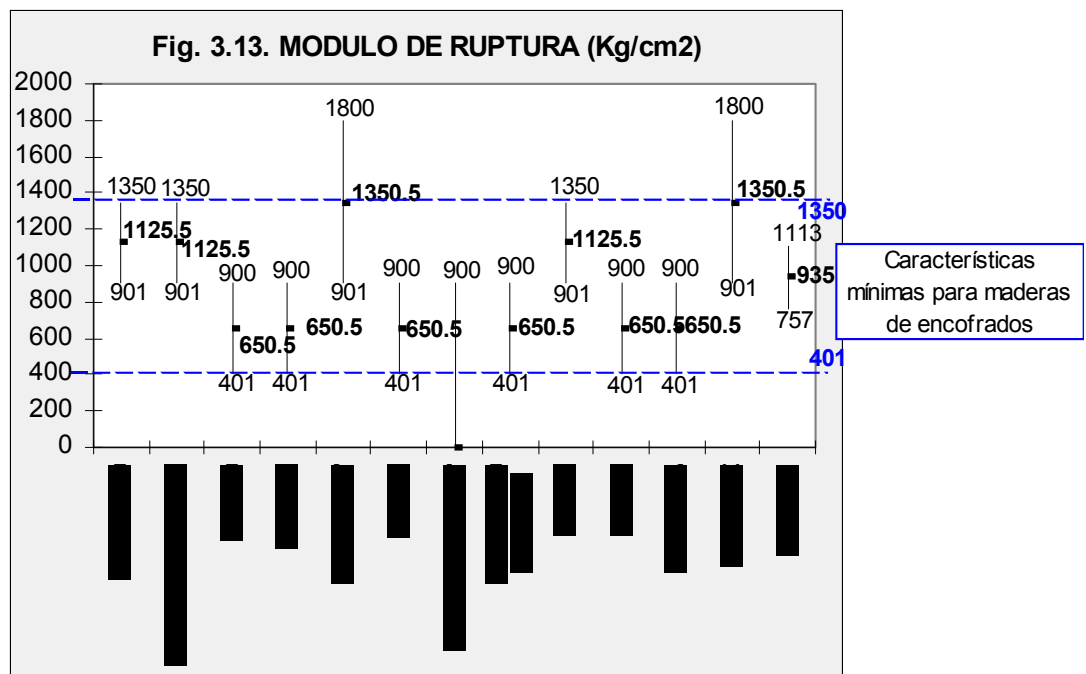


Como ya se había mencionado, la Guadua Angustifolia posee excelentes propiedades físico-mecánicas en comparación con las especies maderables tradicionales y en especial con aquellas que son utilizadas para encofrados. Como podemos observar en la gráfica la resistencia a la flexión de la guadua es muy superior a todas las maderas tradicionales e inclusive supera ampliamente el rango requerido para su utilización como madera para encofrado. Comparando los promedios, vemos que la guadua supera en más del 200% a las maderas tradicionales para encofrado que tienen la mayor resistencia a la flexión, en otros casos llega a ser cinco veces superior.

Esta propiedad le permita a la guadua a que sea utilizada para la fabricación de estructuras sismo resistentes.

E) Comparación del Módulo de Ruptura (Kg/cm²).

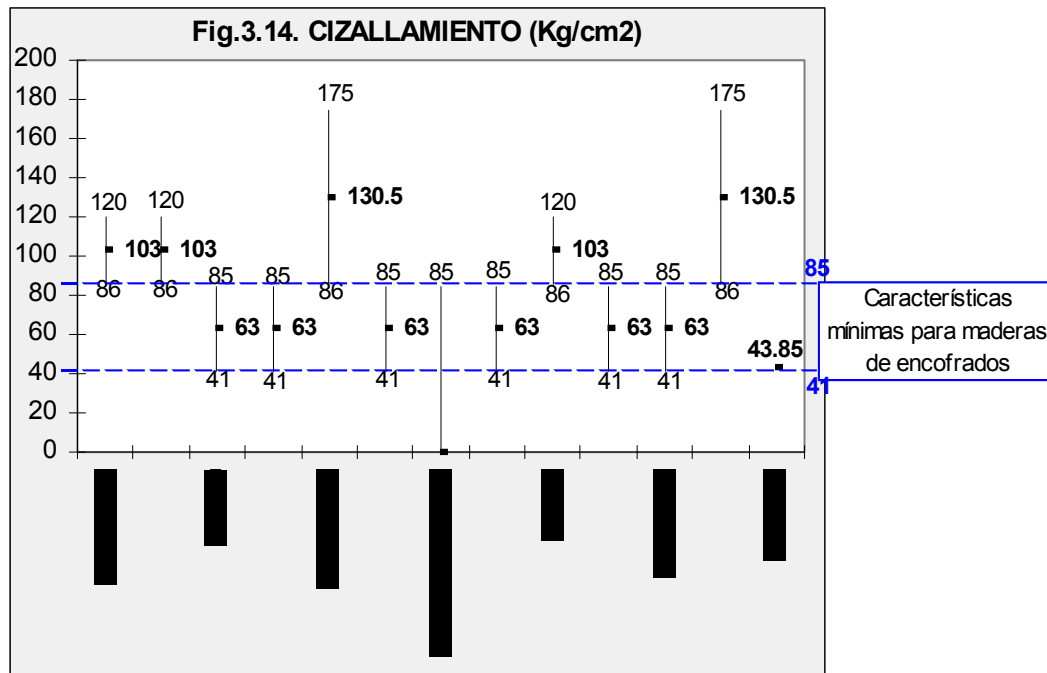
Con las mismas tablas, se elaboró una gráfica que permite comparar el módulo de ruptura entre las diferentes especies con la Guadua. En la siguiente gráfica se presentan los rangos de esta propiedad para cada una de las especies. (Ver Figura 3.13.).



Podemos observar en la gráfica que el módulo de ruptura para la guadua es superior a la mayoría de las especies tradicionales, en especial aquellas de baja calidad o de Tipo C, según PADT-REFORT. Aún cuando existen maderas que tienen módulos de ruptura superiores a la de la guadua, especies del Tipo B, vemos que los resultados obtenidos por la caña le permiten cumplir eficientemente con las características mínimas requeridas para las maderas que vayan a ser utilizadas en encofrados ya que se encuentran dentro del rango requerido.

F) Comparación del Cizallamiento (Kg/cm²).

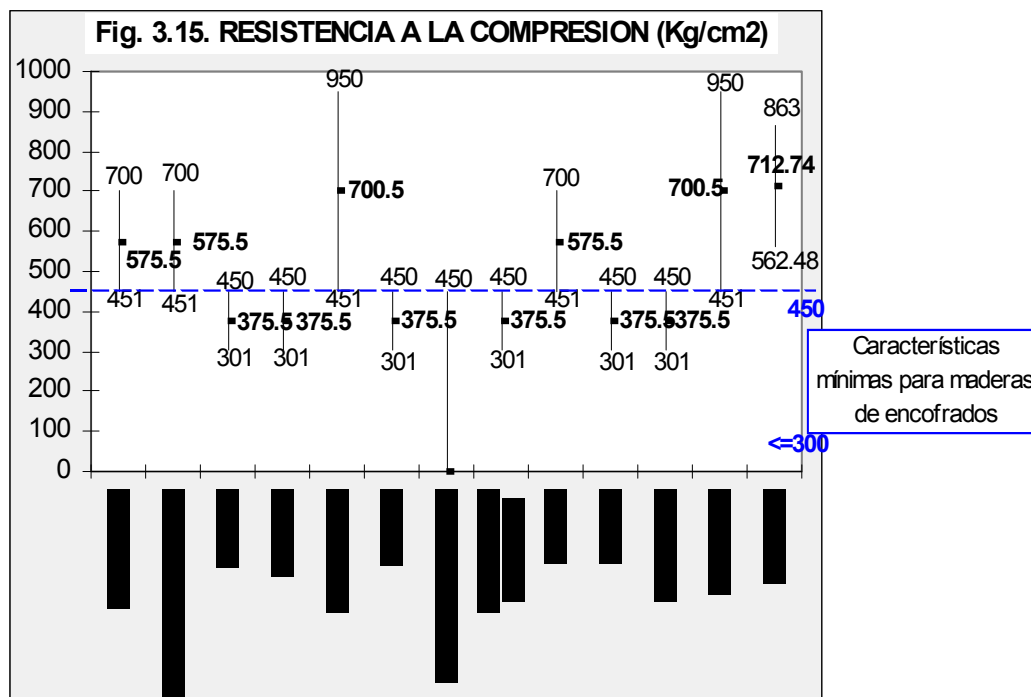
Obteniendo los datos de la misma manera que en las comparaciones previas, se elaboró una gráfica que nos permite comparar el cizallamiento de las especies maderables tradicionales utilizadas en encofrados con la guadua. En este caso se presentan los rangos de cizallamiento para las diferentes especies, pero para la Guadua Angustifolia solo se presenta el promedio ya que fue el único dato que se pudo obtener. Sin embargo nos sirve para compararlo con los promedios de las otras especies. (Ver figura 3.14.).



Como ya se había mencionado y como podemos comprobar en el gráfico, el cizallamiento de la guadua es relativamente más bajo que las especies tradicionales utilizadas en encofrados. Su promedio es menor que el promedio de todas las otras especies aún de aquellas de tipo C y es superado ampliamente por maderas de superior calidad Tipo B. Sin embargo su promedio se encuentra dentro del rango requerido para las maderas que van a ser utilizadas en encofrados, por lo que no va a presentar problema alguno para su aplicación a este fin.

G) Comparación de la Resistencia a la Compresión (Kg/cm²).

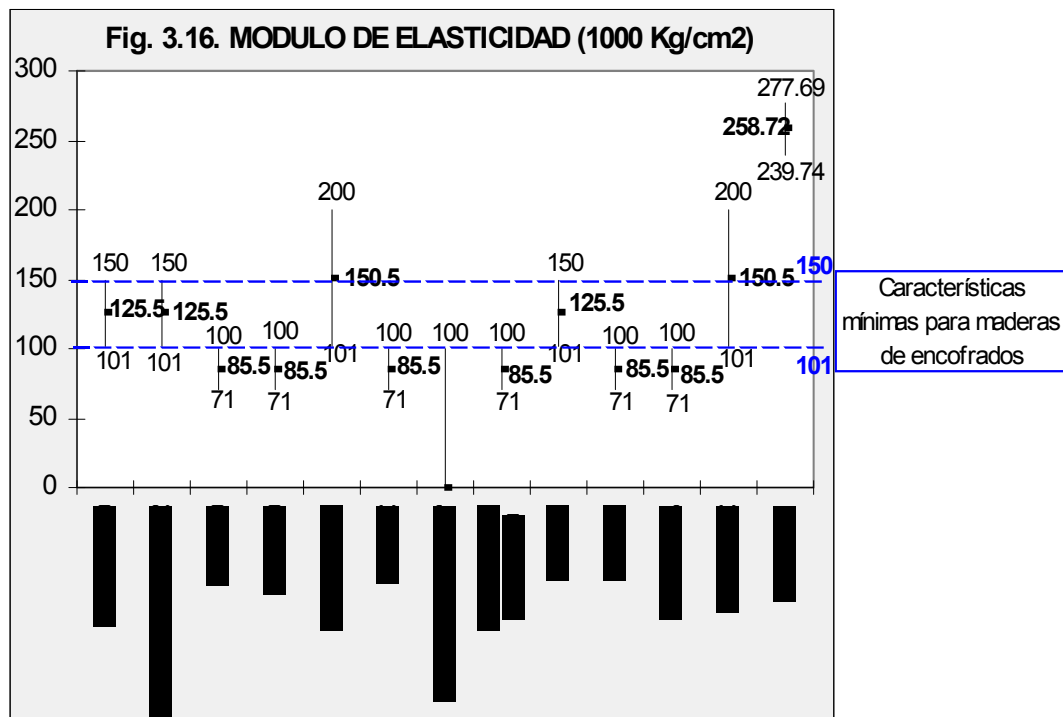
Tomando los datos de las tablas ya mencionadas al principio de las comparaciones, se pudo realizar una gráfica que nos permite comparar la resistencia a la compresión que tienen las diferentes especies de maderas tradicionales con la resistencia que presenta la Guadua Angustifolia. En la siguiente gráfica presentamos los rangos de resultados para esta propiedad de estas especies. (Ver Figura 3.15.).



Como ya lo habíamos anticipado, la resistencia que presenta la guadua es superior a la gran mayoría de las especies maderables tradicionales. Esto queda confirmado con lo que nos presenta el gráfico, donde la resistencia a la compresión es superior a la mayoría de las especies tradicionales y aún cuando existen dos especies cuyos rangos tienen datos un poco mayor que la guadua, el promedio de resistencia a la compresión de la caña guadua es superior al promedio de todas las especies y sobrepasa ampliamente los requerimientos de resistencia a la compresión para las maderas que vayan a ser utilizadas para encofrados. Esta propiedad le permite ser considerado como material para la fabricación de estructuras que vayan a soportar grandes cargas y por lo cual es muy utilizado como material soportante (puntales) en la construcción o en bananeras, etc.

H) Comparación del Módulo de Elasticidad (1000 Kg/cm²).

Con los datos de las tablas ya mencionadas se realizó un gráfico que nos permite comparar el módulo de elasticidad de las diferentes especies maderables tradicionales con el módulo de elasticidad de la guadua. En este gráfico presentamos los rangos para cada una de las especies y el requerimiento mínimo para las maderas de encofrado, los datos presentados están dados en miles. (Ver Figura 3.16.).



Con los resultados presentados en el gráfico, demostramos lo que ya se había mencionado sobre la superioridad en esta propiedad sobre las especies maderables tradicionales. Como podemos observar, el módulo de elasticidad de la *Guadua Angustifolia* es superior a todas las maderas presentadas, con un promedio de casi un 200% mayor al promedio de las maderas con mejores módulos de elasticidad y tres veces mayor al promedio de las demás maderas. De igual forma sus resultados superan ampliamente los requerimientos mínimos para ser utilizada como madera para encofrado. Esta propiedad también le

permite ser utilizada como material para la elaboración de estructuras sismorresistentes, por su capacidad de absorber impactos.

I) Comparación del Esfuerzo Cortante (Kg/cm²).

Para esta propiedad no se elaboró ningún gráfico, ya que no se pudo obtener la cantidad de datos necesarios de las diferentes especies. Sin embargo, según los datos presentados en la tabla 14 donde se especifica que el mínimo esfuerzo cortante requerido de las maderas para encofrados es de 7 Kg/cm² , la Guadua Angustifolia posee un esfuerzo cortante cuyo rango va de 63 como mínimo hasta 75 como máximo, con un promedio de 69 Kg/cm². Con lo cual se demuestra que supera ampliamente al mínimo requerido para su utilización como madera para encofrado.

CAPÍTULO 4

4. INDUSTRIALIZACIÓN DE LA CAÑA GUADÚA

A través de los años, varios estudios se han realizado en diversos países con la finalidad de convertir al Bambú en una alternativa para la obtención de madera. Cientos de procesos han sido desarrollados con este fin, los mayores avances se han dado en China e India.

Cada proceso varía de acuerdo a la especie de bambú con el que se trabaja y al producto que se desea obtener. A pesar de que muchos de estos procesos en la actualidad han sido tecnificados por razones comerciales, la mayoría siguen utilizando los mismo procesos artesanales desarrollados por aldeanos que viven cerca de las plantaciones de bambú.

4.1 Producción de tablas para encofrado

De los diferentes productos elaborados de bambú, se escogió al Bamboo Matboard (BMB), el cual se produce a partir de tapetes entretejidos de bambú. El BMB está entre los que mayor cantidad de bambú aprovechan (mayor rendimiento del culmo) y a su vez es uno de los que requieren menor inversión para su puesta en marcha. Su resistencia, fácil elaboración, poco capital y alto rendimiento lo convierten en la mejor alternativa para el producto final que se desea obtener y su posterior uso.

Bamboo Matboard (BMB)

El bambú matboard a través de los años se ha convertido en un atractivo sustituto de la madera. Está elaborado básicamente por capas de tejidos de bambú, las cuales son cubiertas con pegamento y luego son prensadas con calor para convertirlas en tableros parecidos al plywood.

La tecnología que se utiliza no es nueva, al principio había sido descartada por varios empresarios debido a su ineficiencia y altos costos de producción. Sin embargo, se han venido perfeccionando los métodos para su elaboración, especialmente en países como China e

India, logrando resultados extraordinarios y que ha permitido retomar esta alternativa comercialmente.

Los productos tejidos de bambú son producidos a partir tirillas o listones de bambú. Existe una gran variedad de estos productos y han sido estrechamente relacionados con el desarrollo de las civilizaciones en las regiones productoras de bambú por muchos milenios. Inicialmente fueron elaborados para su utilización en la agricultura y el hogar, como por ejemplo: contenedores para vegetales, cereales, granos, animales, además de vasos, jarros, tapetes, ventiladores, etc.

Los culmos de bambú son cortados longitudinalmente en secciones muy delgadas y flexibles (tirillas o listones). Luego estas son utilizadas para tejer los productos. Las técnicas utilizadas para la elaboración del producto final dependen del tipo de producto requerido y de los recursos de la empresa que lo elabora. Los métodos de tejido difieren considerablemente. Por ejemplo, los tapetes son tejidos colocando las tirillas de bambú una a través de otra ya sea longitudinalmente o diagonalmente, mientras que las cestas son tejidas en tres direcciones o siguiendo un patrón circular.

China es el país que destaca en este tipo de productos con más de 5000 variedades de productos y un desarrollo de 200 productos nuevos cada año. Este tipo de empresas tienen la facilidad de dar plazas de trabajo descentralizadas. La mayoría de los tapetes son elaborados en las casas de los obreros, por parte de mujeres, niños, personas de la tercer edad, etc. Lo que brinda mayores ingresos a las familias y oportunidades de desarrollos para las comunidades.

El BMB es el primer panel de bambú en ser producido comercialmente. Su versatilidad ha sido mundialmente reconocida y muchas investigaciones se han realizado para mejorar su eficiencia, incrementar su potencial de aplicaciones y optimizar sus costos de producción. Los principales productores son China, India, Tailandia y Vietnam.

En 1940, estos tableros eran producidos con cola casera y su uso principal era para los interiores de las aeronaves. Su proceso, aunque muy sencillo, resultaba ineficiente por el desperdicio de material. Sólo se utilizaban los segmentos internodales, los cuales eran abiertos en tiras de 5 a 6 mm de ancho. Luego de manera tangencial se cortaban en tirillas, de las cuales, las más próximas a la capa exterior eran entretejidas (en patrones diferentes). Los entretejidos se revestían con

la cola casera y luego con un prensado en frío se unían dos o tres capas, para finalmente ser cortados en la dimensión deseada.

Posteriormente el BMB de resina sintética fue elaborado en China en la década del 70. Se utilizaban principalmente resinas como Urea Formaldehído (UF), Fenol Formaldehído (PF) y Fenol-Tanin Formaldehído (PTF), las uniones con PF son las más utilizadas para elaborar tableros de BMB. Su proceso de elaboración es parecido al anterior. Se cortaba el bambú en tiras y luego en tirillas uniformes de 6 a 12mm de ancho y 0.6 a 1.2 mm de grosor (de forma manual o mecánica). Estas eran entretrejidas en planchas de 2500 x 1300 mm, los cuales se secaban hasta alcanzar un contenido de humedad entre el 8 y 16%. El revestimiento con la resina era de aproximadamente 280 a 500 g/cm² y se solía utilizar Cloruro de Amonio (NH⁴Cl) de 5% de concentración como agente curativo. Con un prensado caliente (temperatura: 110-120 °C para resina UF, 140-150 °C para resina PF; tiempo de prensado: 1.5 a 2 minutos/ mm de espesor; presión específica : 4-5 Mpa) se obtienen planchas de BMB.

El primer BMB producido en India fue de resina de PF, al igual que en China su proceso fue mejorado con fines comerciales. Como resultado se logró desarrollar un tablero mejorado y económicamente eficiente.

Esta tecnología ha sido estandarizada, aceptada y puesta en marcha en varios países del mundo. Dentro de los principales logros obtenidos destacan: la reducción de la cantidad de resina PF necesaria de 1.3 kg/cm² a 0.3 kg/cm²; un mejor método de aplicación de resina asegurando un pegado y superficie más uniforme; suave desprendimiento de los paneles de la prensa; incremento en la durabilidad con la incorporación de un preservante en la cola.

El BMB es muy versátil y puede producirse hasta con un grosor de 6 mm, variando el número de capas a ser prensadas, usualmente se trabaja con 2, 3, 5 o 7 planchas de tirillas de bambú entretrejido. El BMB tiene propiedades comparables con el plywood, con la ventaja de ser más flexible que este, a demás es muy resistente al ataque de insectos, condiciones climáticas extremas y al fuego. Las propiedades de los paneles fabricados son los siguientes (ver tabla 19):

Tabla19. Propiedades de Resistencia del Bambú Matboard con resina PF (Mejorado).				
PROPIEDADES	Número de capas de entretejidos utilizados			
	2	3	5	7
Densidad (g/cm3)	0.75	0.76	0.77	0.79
Resistencia de adhesión interna (kg/cm2)				
Seco	22.74	22.23	24.68	20.09
Húmedo	18.25	20.19	21.82	17.64
Resistencia superficial a la falla por torque (kg/cm2)				
Seco	123.79	116.45	114.51	96.57
Húmedo	112.27	116.45	106.76	92.79
Resistencia a la Tensión (kg/cm2)	-	231.37	271.14	301.23
Resistencia a la Compresión (kg/cm2)	-	171.01	309.49	359.96
Módulo de Ruptura (kg/cm2)	-	517.41	574.20	605.20
Módulo de Elasticidad (kg/cm2)	-	37505.30	32834.98	31754.08
Módulo de Rígidez (kg/cm2)	55075.08	59969.73	61693.06	61856.22

Fuente: "Bamboo Panel Boards" Inbar PDF.

Una empresa de este tipo requiere para su puesta en marcha de un abastecimiento regular de materia prima (estar cerca de las plantaciones), mano de obra especializada y no especializada, poco capital, acceso al mercado objetivo y relativamente poco terreno para las plantaciones (depende del tipo de empresa). Sin embargo si se requiere de asistencia técnica para la producción, organización de

seminarios y cursos de entrenamiento (administración, producción y mantenimiento), para los trabajadores directos e indirectos.

4.1.1 Ubicación de la planta

No es uno de los objetivos de esta tesis, el presentar el lugar más idóneo para el establecimiento de una fábrica de este tipo. Sin embargo se realizará un breve para determinar su posible localización. Se recomienda realizar un estudio más profundo en este tema para poder tomar una decisión sobre la ubicación de la planta.

Los factores considerados como más influyentes sobre la posible ubicación son: distancia con nuestros proveedores y clientes, calidad de vías, disponibilidad de mano de obra especializada y no especializada, perspectivas de crecimiento del sector de la construcción en la zona y facilidades para la importación de maquinarias y exportación del producto.

Según datos del INEC, las principales plantaciones de guadua en nuestro país se encuentran en las provincias de Guayas, Pichincha, Esmeraldas y Manabí. Estas provincias abarcan alrededor del 70% de las plantaciones existentes.

De acuerdo a los datos presentados en el capítulo 2 de esta tesis, las ciudades con mayor índice de construcción son: Guayaquil, Quito y Cuenca (las tres más importantes del Ecuador). Además son estas tres ciudades las que mayores perspectivas de crecimiento presentan en el sector de la construcción. Este crecimiento tiene como principales causantes, el trabajo realizado por los gobiernos seccionales para el desarrollo de sus urbes, la apertura de nuevas líneas de créditos, la migración interna hacia estas ciudades (aumentando la demanda habitacional), entre otros.

En las tablas 20 y 21 se muestran datos de las distancias entre las capitales de provincias que están consideradas como posibles proveedores y clientes, así como la red vial de las provincias en cuestión.

Tabla 20. Distancia entre Capitales de Provincias						
CIUDADES	DISTANCIA (Km)					
	1	2	3	4	5	Total
1 Guayaquil		420	250	194	472	1336
2 Quito	420		442	355	318	1535
3 Cuenca	250	442		444	667	1803
4 Portoviejo	194	355	444		447	1440
5 Esmeraldas	472	318	667	447		1904

Fuente: Diario el Universo / Ministerio de Obras Públicas (Enero 2001)

Tabla 21. Red Vial Estatal	
Provincia	Longitud (2000Km)
Esmeraldas	508.6
Guayas	996.6
Manabí	1050.21
Pichincha	724.45

Fuente: El Universo/MOP (2001)

Como podemos observar en estas tablas, la ciudad mas próxima a las demás involucradas es Guayaquil (Guayas), seguida por Portoviejo (Manabí) y Quito (Pichincha). La Provincia de Manabí es la que mayor red vial estatal posee, seguida de Guayas y Pichincha. Sin embargo de estas tres Guayas es la que tiene mejor calidad de vías.

Con esta información, las ciudades más adecuadas para el establecimiento de la fábrica serían: Guayaquil y Quito, ya que ambas tienen tanto a los clientes como a los proveedores, lo que disminuiría los costos en transporte de materia prima y de producto final. Debido a las características del producto que se desea elaborar, es fundamental la reducción de costos para poder sacar al mercado un producto económicamente competitivo.

Ambas ciudades poseen los mayores porcentajes en cuanto a disponibilidad de mano de obra especializada (según datos del INEC), aproximadamente 40%. Sin embargo, de estas dos ciudades Guayaquil otorga las mayores facilidades a la importación de maquinarias para el establecimiento de la fábrica y la exportación (a futuro) de los tableros producidos.

Con este breve análisis se determina que Guayaquil es la ciudad más indicada para establecer una fábrica productora de tablas para encofrado a partir de al caña Guadua.

4.1.2 Fases de producción

Las dimensiones comerciales más comunes tanto en el mercado local como en el de exportación es de 1225x2450 milímetros (4x8 pies) para tableros y 250x2400x20 milímetros para las tablas de encofrado. Es por ello que la dimensión de los tableros a fabricar deberá ser de 1250x2500 mm, de los cuales se obtienen 5 tablas para encofrado de 250x2500 mm. Los diferentes procesos aquí presentados van orientados a obtener un tablero con las características antes mencionadas.

Abastecimiento de cañas

Como no contamos con una plantación propia de guadua, tendremos que comprar las cañas directamente en las plantaciones. Los tallos son cortados en el campo por los propietarios, en culmos de 6 metros de longitud. Estas cañas son transportadas hasta el comprador en camiones con capacidad de 450 cañas. (Datos proporcionados por depósitos de maderas).

Corte en segmentos

Se debe trabajar únicamente con tallos maduros de bambú, debido a las características físicas que poseen (explicadas en el capítulo anterior). Los culmos son cortados perpendicularmente en segmentos según el largo deseado. Debido a las dimensiones requeridas, serán cortados en dos segmentos de 1300 mm y uno de 2600 mm, tratando siempre de utilizar la parte más recta de los culmos.

Corte longitudinal 1 (Tiras)

Luego los segmentos son cortados longitudinalmente para obtener tiras. El ancho de las tiras que se obtienen dependen del tipo de bambú, su edad y diámetro interno. Mientras más anchas las tiras, menor cantidad de tiras. El porcentaje de materia prima

aprovechada aumenta con la reducción del ancho de las tiras, sin embargo se requiere de mayor labor y pegante para su procesamiento. Para nuestro propósito el número de tiras que se pueden obtener por culmo va de 10 a 12, lo que nos ayudará a obtener un alto porcentaje de aprovechamiento.

En un estudio realizado en la Universidad de Pereira se determinó la cantidad promedio de latas que se obtienen de acuerdo al ancho de la lata y al diámetro interno del culmo. En la tabla 22 se presentan los datos obtenidos.

Tabla 22. Cantidad de latas de acuerdo al ancho de las mismas y al diámetro interno del culmo.						
Diámetro interno (cm)	Circunferencia Interna (cm)	Ancho de latas en cm.				
		2.5	3	3.5	4	4.5
7	22.0	6.3	5.5	4.9	4.4	4.0
8	25.1	7.2	6.3	5.6	5.0	4.6
9	28.3	8.1	7.1	6.3	5.7	5.1
10	31.4	9.0	7.9	7.0	6.3	5.7

Fuente: "Proyecto Latas y Laminados de Guadua", Jörg Stamm, Pereira 2002

Las latas con las que se va a trabajar son de 2cm de ancho ya que de esta forma maximizamos el aprovechamiento de la materia prima. En la figura 4.1, se demuestra lo antes mencionado. Observar que el segmento D es el más pequeño, pero el que mayor cantidad de fibra aprovecha en el culmo.

Debido a esto podemos trabajar con una cantidad de 10 latas por culmo cuyo ancho está entre 2 y 2.5 cm.

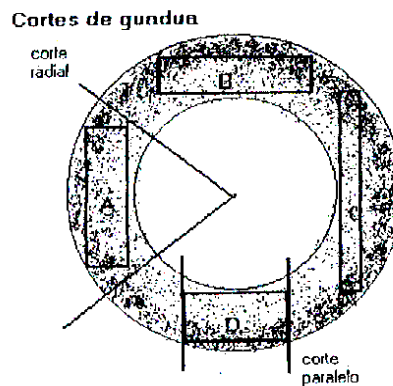


Figura 4.1 Cortes en la Guadua “Proyecto latas y laminados” Jörg Stamm.

Secado 1

Uno de los principales problemas que presenta nuestra materias prima, es su alto contenido de humedad en estado verde (60%). Las tiras deben ser secadas al aire o con ventilación artificial hasta obtener un contenido de humedad por debajo del 15%. El secado debe realizarse en esta etapa, si se lo hace antes, con el culmo entero, pueden presentar fallas (colapsos, grietas, etc) en los nudos principalmente. El porcentaje de deformación radial (5%) es menor que el tangencial (10%), por lo que no se recomienda realizar el secado una vez dimensionadas las tiras

(cortados los cuatro lados). En la figura 4.2 se muestra es porcentaje de deformación que sufre la caña durante el secado.

Deformación por el secado

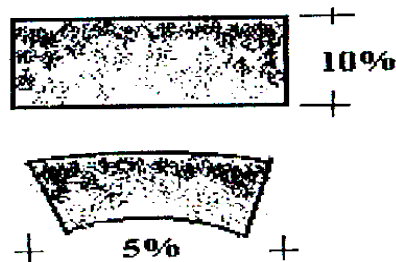


Figura 4.2 Deformación en el Secado “Proyecto latas y laminados” Jörg Stamm.

Dimensionamiento de latas.

Una vez alcanzado este CH%, se remueven los nudos para facilitar los procedimientos siguientes. Se debe quitar la capa externa de los segmentos (epidermis), ya que por su composición y textura no permite una eficiente acción de la resina a utilizar. De igual forma se deben cortar excesos laterales que tiene las tiras con la finalidad de darle uniformidad. Con esto se obtendrán latas uniformes de 2600 o 1300 mm de largo x 20 a 25 mm de ancho y un promedio de 10 mm de grosor.

Corte longitudinal 2 (Listones)

Se cortan las tiras en dirección de su espesor para obtener los listones o tirillas que luego van a ser tejidas para obtener los tapetes. El grosor de los listones no debe ser menor a 0.5mm y su ancho debe estar entre los 5mm y 15mm. Hay que tener precaución de no tener variaciones en el grosor mayores al 10%, ya que esto puede perjudicar el acabado final e incrementar considerablemente la cantidad de resina a utilizar.

Tejido

Posteriormente estos listones son entretejidos siguiendo el patrón y las dimensiones requeridas. Los patrones más comunes son los de 45° de inclinación y la de 90° o rectangular. Las dimensiones comercialmente utilizadas son: 2500x1250mm, 1800x1250mm y 1800x1500mm. Los tapetes pueden ser almacenados hasta por 4 semanas sin tratamiento alguno. Los tapetes a tejer serán de 2600x1300mm.

Recubrimiento con resina

El Fenol Formaldehído (PF) es la resina mayormente utilizada en la fabricación de BMB. El PF se elabora en un tanque de acero, sus componentes principales son: Fenol, Formaldehído e

hidróxido de Sodio. Debe tener una viscosidad: $663 \pm 204 \text{ Kg/cm}^2$ a 25°C o un tiempo de fluido de $27 \pm 5 \text{ seg.}$ a 25°C en una copa B-4. Una resistencia al agua de 1:6 a 1:20 dependiendo de la cantidad de hidróxido de Sodio utilizado y un contenido de sólidos de $48\% \pm 2\%$.

La aplicación de la resina es la parte más importante del proceso, visto desde punto de la calidad y economía del producto final. Aproximadamente 200 Kg. de PF es suficiente para producir 575 a 600 tableros de BMB de 3 capas. Dos Kg. de Octaborato de Sodio Tetrahídrico disueltos en 400 Kg de agua son agregados a la resina como un preservante. Este le brinda una mayor resistencia al ataque de hongos e insectos. Alrededor de 60 tapetes son sumergidos a la vez en un reservorio con la mezcla por 5 minutos, luego son sacados y colocados de forma inclinada para eliminar los excesos de resina por alrededor de 30 minutos.

La cantidad requerida de PF por unidad de área del BMB depende del número de capas que este tenga, en promedio va de 0.33 a 0.35 Kg / m^2 para un tablero de 3 capas. La resina se

la puede adquirir directamente a los fabricantes de gomas y resinas en nuestro país (ej.: Borden)

Secado Final

Los tapetes recubiertos con resina son posteriormente secados al aire o con la ayuda de una cámara de secado a $95^{\circ} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que su CH% disminuya a $10\% \pm 2\%$.

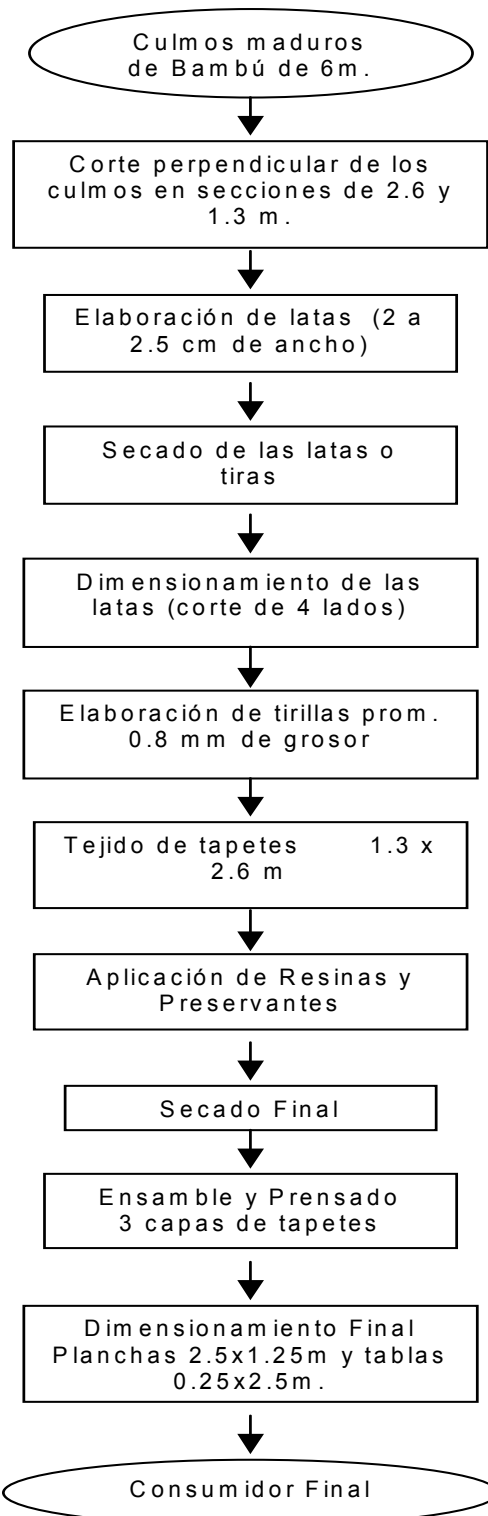
Ensamblaje y prensado

Los tapetes recubiertos ya secos son apilados o ensamblados según el número de capas que se desean. Y posteriormente pasan a la prensa caliente, sometiéndolos a una presión entre 15.29 kg/cm^2 a 20.39 kg/cm^2 , temperatura de $145^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$ y por un tiempo de 6 minutos para tres capas con un minuto adicional por cada capa extra. El agente debe ser aplicado cada 15 o 20 ciclos de prensado.

Dimensionamiento Final

Los bordes de las planchas son cortados hasta obtener la dimensión requerida 2500×1250 mm para luego cortarlas en tablas de 2500×250 mm que servirán como tablas para encofrado.

El proceso estandarizado que se sigue para la elaboración del BMB es el que se presenta en la Figura 4.3.

**FIGURA 4.3 DIAGRAMA GENERAL DE PROCESOS**

4.1.3 Determinación de los recursos y equipos necesarios.

Las cañas vienen del proveedor en un camión con capacidad de transportar 450 cañas de 6 metros de largo. En la tabla 23, se presentan las diferentes maquinarias necesarias para nuestro proceso y sus capacidades de producción.

Tabla 23. Características de las máquinas requeridas				
PROCESO	EQUIPO	PRODUCCION / MAQUINA	ENTRA	SALE
Corte Horizontal	Sierra Circular	60 cañas / hora	1 caña de 6m.	2 segmentos de 1.3m
				1 segmento de 2.6m
Corte Longitudinal	Prensa Circular	240 segmentos 1.3m / hora	1 segmento de 1.3m	10 tiras de 1.3m
		120 segmentos 2.6m / hora	1 segmento de 2.6m	10 tiras de 2.6m
Secado 1	Horno de Secado	1 m3 / hora	1 m3 de caña	1 m3 de caña
Dimensión 1	Removedor de Nudos	720 tiras de 1.3m / hora	1 tira de 1.3m	1 tira de 1.3x 0.02x 0.01 m
		360 tiras de 2.6m / hora	1 tira de 2.6m	1 tira de 2.6x 0.02x 0.01 m
Listones	Cortador de Listones	600 listones de 1.3m / hora	1 tira de 1.3m	25 listones de 1.3m
		1200 listones de 2.6m / hora	1 tira de 2.6m	25 listones de 2.6m
Tejido	Manual	6 tapetes / hora	130 listones de 2.6m y 260 de 1.3m	1 tapete de 2.6 x 1.3m
Resina	Tanque de inmersión	600 tapetes / hora	50 tapetes	50 tapetes
Secado 2	Secado al aire	50 tapetes / hora	50 tapetes	50 tapetes
Prensa	Prensa Caliente	14 paneles / hora	3 tapetes	1 panel de 2.6 x 1.3m
Dimensión Final	Sierra Circular	30 paneles / hora	1 panel de 2.6 x 1.3m	5 tablas de 0.25 x 1.25 m

Autor: Fabricio Muirragui

Considerando nuestro lote de 450 cañas y los diferentes tiempos producción de cada máquina, se estableció la cantidad de máquinas y de personal requeridos. En la tabla 24, se muestra el número de equipos y personal requeridos.

IT	PROCESO	# MAQUINAS	# PERSONAL
1	Corte Horizontal	1	2
2	Corte Longitudinal	1	2
3	Secado 1	1	1
4	Dimensión 1	2	3
5	Listones	2	3
6	Tejido	0	10
7	Resina	1	2
8	Secado 2	1	0
9	Prensa	1	2
10	Dimensión Final	2	4

Autor: Fabricio Muirragui

Para procesar óptimamente el lote de 450 cañas con los recursos antes mencionados y con los tiempos requeridos en cada proceso, se lo dividió en 6 grupos de 75 cañas cada uno. De un grupo se obtienen 750 tiras las cuales luego de salir del horno de secado (Secado 1) se subdividen en 3 grupos de 250 tiras cada uno, para luego continuar con el proceso de producción. En la figura 4.4. se presentan los 18 sub-lotes generados de un lote inicial de 450 cañas. En el Anexo B, se presenta el flujo del material, la corrida total de un lote y la corrida de una semana.

CAMILION	450 CAÑAS	SUB LOTES (TIRAS)				
		CAÑAS	TIRAS	250	250	250
		75	750	A	B	C
		75	750	D	E	F
		75	750	G	H	I
		75	750	J	K	L
		75	750	M	N	O
		75	750	P	Q	R

Figura 4.4: Grupos y sub lotes obtenidos de un lote de 450 cañas

La capacidad que tiene el horno de secado es de 1 m^3 . Con las 75 cañas se obtienen 75 segmentos de 2.6m de largo y 150 de 1.3m. De los cuales salen 750 y 1500 tiras respectivamente, que en conjunto tienen 0.975 m^3 .

La aplicación de la resina se lo hace por inmersión, el tanque tiene la capacidad de sumergir 50 tapetes a la vez. Por ello, luego del secador se subdividen en 3 grupos de 250 tiras de 2.6m y 500 de 1.3m cada uno. Con esta cantidad de tiras se tejen 48 tapetes de 2.6 x 1.3 metros.

De un lote de 450 cañas se fabrican 288 paneles (3 capas) de 2.5x1.25 metros, de los cuales se obtienen 1440 tablas de 2.5x.25 metros (5 tablas por panel). El último panel que se obtiene es terminado al cuarto día luego de que este ingresa al proceso. Sin embargo, debido a la forma en que se agrupa el lote para su procesamiento, la planta está en capacidad de recibir un nuevo lote pasando un día. Es decir que mensualmente se trabajarán 10 lotes de 450 cañas. Lo que permitirá producir 14400 tablas (de 2880 paneles) al mes y 172800 tablas (de 34560 paneles) al año.

La inversión inicial requerida para montar una fábrica de tablas para encofrado, de estas características es de \$140,000 dólares. De los cuales \$85,000 USD corresponden a maquinarias, \$45,000 USD al terreno y los \$15,000 USD restantes a la edificación y al mobiliario. Además del personal mostrado en la tabla 24, se requerirá un Gerente, un Supervisor y una Secretaria para la parte administrativa de la planta. En la Tabla 25 se muestran los diferentes costos directos mensuales para producir 2880 paneles.

Tabla 25. COSTOS DIRECTOS DE PRODUCCION MENSUAL**MATERIA PRIMA**

MP	U / LOTE	UNIDADES/ mes	\$ / UNIDAD	SUBTOTAL
Cañas	450.00	4,500.00	\$0.90	\$4,050.00
Resina (Glns)	17.04	170.35	\$21.50	\$3,662.57

Subtotal Materia Prima	\$7,712.57
-------------------------------	-------------------

MANO DE OBRA

MO	CARGO	UNIDADES	\$ / MES	SUBTOTAL
Planta	Operadores	29	180.00	5,220.00
Administrativo	Gerente	1	330.00	330.00
	Supervisor	1	275.00	275.00
	Secretaria	1	250.00	250.00

Subtotal Mano de Obra	\$6,075.00
------------------------------	-------------------

OTROS GASTOS

CONCEPTO	MONTO	\$ / MES
Gastos Operacionales	15% de Materia Prima	1,156.89
Gastos No Operacionales	10% de Mano de Obra	607.50

Subtotal Otros Gastos	\$1,764.39
------------------------------	-------------------

SUBTOTAL DE COSTOS DIRECTOS	\$15,551.95
------------------------------------	--------------------

PRODUCCIÓN AL MES

Lotes al mes	10
Planchas por lote	288
Planchas por mes	2880

RESINA	KG/M2	M2/PLANCHA	Kg/plancha	\$ / Caneca*	\$ / Kg
	0.35	3.38	1.18	20.00	1.00

* 1 caneca de 5gln pesa 20Kg.

Elaborado por: Fabricio Muirragui

Asumiendo que el financiamiento para el proyecto se obtendrá por medio de créditos bancarios, se eligió abrir un crédito con la CFN por \$40,000 USD y otro con la banca privada por \$100,000 USD a una tasa de 12.5% anual (ambos) y con un plazo de 5 años más uno de gracia y de 10 años respectivamente.

El valor de una tabla de madera tradicional para encofrado es de \$2.40 USD (P.V.P.). Por ello el precio de venta para las distribuidoras de nuestras tablas para encofrado elaboradas de bambú deberá oscilar entre \$ 1.50 USD y \$2.00 USD por tabla, para que resulte atractiva su inversión y pueda tener un precio competitivo en el mercado. En el Anexo C, se muestra una tabla con las amortizaciones de los créditos bancarios necesarios para la puesta en marcha del proyecto así como los flujos de caja considerando los diferentes valores antes mencionados.

En la figura 4.5 se muestran los flujos de caja para cada uno de estos valores y en la tabla 26 se presentan la tasa interna de retorno, el valor actual neto y el período de recuperación de la inversión para cada uno de estos casos.

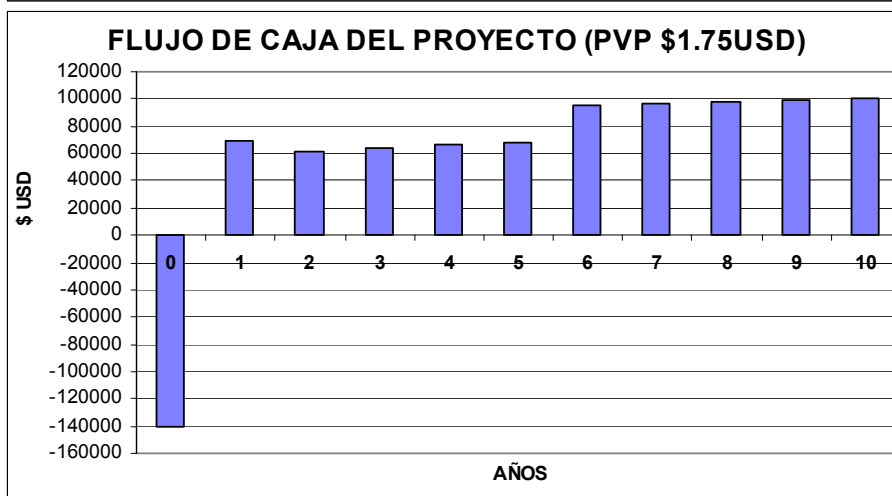
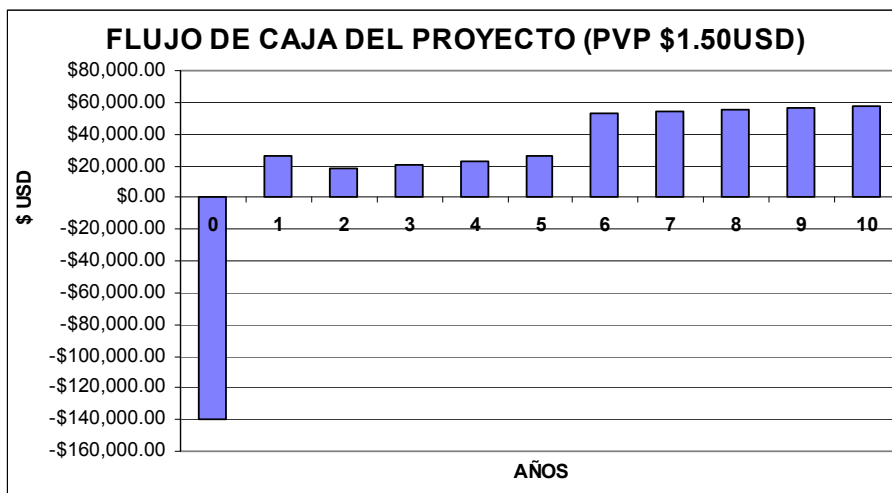


Figura 4.5 Flujos de Caja del Proyecto

Tabla 26. INDICES FINANCIEROS PARA LOS DIFERENTES P.V.P.			
INDICES FINANCIEROS	PRECIO DE VENTA AL PUBLICO		
	\$ 1.50	\$ 1.75	\$ 2.00
TIR (%)	19.10%	48.80%	78.66%
VAN (dólares)	\$ 50,673.05	\$ 287,455.12	\$ 524,237.19
RECUPERACIÓN DE LA INVERSIÓN	7 años	3 años	2 años
COSTO UNITARIO	\$ 1.35	\$ 1.35	\$ 1.35
UTILIDAD BRUTA	\$ 26,653.31	\$ 69,421.31	\$ 112,189.31
RENTABILIDAD	10.28%	22.96%	32.46%
PUNTO DE EQUILIBRIO (unidades)	154,852	132,730	116,139
PUNTO DE EQUILIBRIO (m3)	1,858	1,593	1,394

Elaborado por: Fabricio Muirragui

4.1.4 Esquema general de la planta

Con los datos sobre el proceso productivo del BMB, requerimientos de maquinaria y personal, así como con el tipo y volumen de materia prima, producto en proceso y producto final que se va a manejar. Podemos proponer en esquema general tentativo para la planta de producción.

En la tabla 27, se muestran las dimensiones de las maquinarias requeridas para la fabricación del BMB.

Tabla 27. Dimensiones de los equipos necesarios

IT	PROCESO	MAQUINA	CANTIDAD REQUERIDA	DIMENSIONES (mm)		
				LARGO	ANCHO	ALTO
1	Corte Horizontal	Sierra Circular	1	600	700	900
2	Corte Longitudinal	Prensa Circular	1	4570	1350	1200
3	Secado 1	Horno de Secado	1	5130	2940	2700
4	Dimensión 1	Removedor de Nudos	2	3000	1000	1200
5	Listones	Cortador de Listones	2	3000	1200	1200
6	Resina	Tanque de inmersión	1	3000	3000	1500
7	Secado 2	Secado al aire	1	3000	3000	1800
8	Prensa	Prensa Caliente	1	2800	1400	2500
9	Dimensión Final	Sierra Circular	2	600	700	900

Fuente: EASON MACHINE ENTERPRISE CO.; ANJI XIANGLING BAMBOO-WOOD MACHINERY CO.

Autor: Fabricio Muirragui

Uniendo esta información, con la presentada en las tablas 23 y 24, se elaboró un plano con la distribución de los diferentes componentes de la fábrica de BMB, el cual se lo muestra al final de la tesis.

4.2 Comparación de la tabla elaborada de guadua con las utilizadas tradicionalmente en los encofrados.

Una vez presentada las características que posee el panel BMB, resulta imperiosa la comparación de estas con las de las maderas tradicionales, con el fin de evaluar la factibilidad de su aplicación en la elaboración de tablas para encofrados. En esta comparación se

incluirán además, ciertos datos de los paneles de Plywood tradicional, cuyo proceso de fabricación es similar al del BMB.

En la tabla 28 se presentan lagunas de las propiedades mecánicas del Plywood tradicional.

Tabla 28. ALGUNAS PROPIEDADES MECANICAS DEL PLYWOOD DE DENSIDAD MEDIA			
IT	PROPIEDAD	MIÍNIMO	MÁXIMO
1	Densidad (g/cm ³)	0.4	0.7
2	Módulo de Rotura (Kg/cm ²)	100.0	500.0
3	Módulo de Elasticidad (Kg/cm ²)	80000.0	120000.0
4	Resistencia a la Tracción paralela a la superficie (Kg/cm ²)	50.0	250.0
5	Resistencia a la Tracción perpendicular a la superficie (Kg/cm ²)	5.0	20.0
6	Resistencia a la Compresión paralela a la superficie (Kg/cm ²)	100.0	200.0

Fuente: "Diseño y Construcción de Estructuras de Madera", Julio León Rodríguez, 1986. Tesis Ing. Civil U.C.S.G.

Utilizando los datos presentados en las tablas 8, 9, 14, 15 y 28, observamos que:

- La densidad que presenta el BMB es "Alta" (0.76 g/cm³), siendo el mínimo requerido 0.30. Igualmente es superior a la densidad del Plywood cuyo máximo valor es de 0.7.

- Su resistencia a la compresión (171 Kg/cm^2) es “Alta” y muy superior al mínimo requerido que es de 35. Además, se encuentra dentro del rango del Plywood (100 – 200),
- Su resistencia Módulo de Rotura es “Bajo” (517.41 Kg/cm^2), pero es superior al mínimo requerido (401) y al del Plywood cuyo máximo es de 500 Kg/cm^2 .
- Su Módulo de Elasticidad es “Bajo” (37505.30 Kg/cm^2) siendo inferior que el Plywood y que el mínimo requerido.

Sin embargo debemos considerar que los datos presentados para el BMB fueron obtenidos en India y China a partir de tableros elaborados con especies de Bambúes diferentes a la Guadua. Recordemos que la guadua ecuatoriana es una de las especies de bambú de mejores propiedades mecánicas del mundo, superando a las especies nativas de los países antes mencionados. Lamentablemente en nuestro país no se fabrica este tipo de tableros, por lo que no fue posible obtener los valores para un BMB elaborado con Guadua.

En nuestro país se elaboran tablas de parquet para pisos con la guadua con una resistencia de 800 g/cm^2 siendo muy superior a los parquets

elaborados en China e India, cuya resistencia máxima es de 600 g/cm². Es por ello que podemos presumir que los valores para tableros elaborados con nuestro bambú, serán muy superiores a los presentados en la tabla 19.

Además de las comparaciones ya presentadas, podemos agregar que dentro de los beneficios que brinda el trabajar con tableros de BMB tenemos que:

- El bambú es de muy rápido crecimiento necesitando entre 4 y 5 años para estar listo para el corte, mientras que un árbol tradicional requiere entre 15 y 20 años para poder ser aprovechado.
- El número de bambúes que se pueden plantar por hectárea es muy superior al que se podría realizar con árboles.
- Para su utilización no hay que talarlo sino podarlo, lo que reduce los procesos y costos de aserrado, pulido y lijado, generando poco desperdicio , ahorro energético y rápida ejecución. Una planta de producción requiere de menor inversión para su puesta en marcha.

- Produce cuatro veces más oxígeno que cualquier otro árbol y la producción de biomasa de un guadual (30 – 35 ton/ha/año) es muy superior a la producida por una plantación de árboles.
- El bambú es una planta efectiva para la recuperación de tierras degradadas, gracias a su sistema rizomático.

Por todo lo antes mencionado, podemos considerar al tablero de BMB como una buena alternativa para la elaboración de tablas para encofrado.

4.3 Producción de otros materiales y sus posibles usos en la construcción

Como se mencionó anteriormente, a partir de la caña se pueden obtener gran variedad de productos, muchos de los cuales ofrecen muy buenas posibilidades para su aplicación en la construcción. China e India son sus principales productores y mantiene una política de constante apoyo al desarrollo de los mismos. Entre los principales productos a partir del bambú que son utilizados en la construcción como madera alternativa, podemos mencionar los siguientes:

Bamboo Plywood (Plybamboo)

El Plybamboo es un tablero de gran resistencia, alta dureza y durabilidad. Generalmente se fabrican tableros de 4 a 6 metros longitud, 0.9 a 1.0 metros de ancho y 15 milímetros de espesor. Gracias a las propiedades mecánicas que ofrece, su principal aplicación radica en la elaboración de pisos para buses y camiones. También se suelen fabricar tableros de 4 x 8 pies y de 10 a 16 mm de espesor recubiertos con una película de PF para su aplicación en el encofrado.

Su proceso de producción consiste en cortar los culmos en segmentos con la dimensión requerida. Cada segmento es cortado longitudinalmente en 3 latas, removiendo a su vez los diafragmas Internodales. Las tiras son tratadas con agua hirviendo durante 4 horas para luego suavizarlas con una corriente de aire a 160⁰ C con lo que se incrementa su plasticidad. Luego se cortan ambas caras para obtener tiras de grosor uniforme y se secan. Finalmente se los cubren con la resina y con una prensa caliente se obtienen las planchas deseadas.

Paneles de Bamboo Curtain and Matboard

El Proceso es muy parecido al de BMB, solo que entre los tapetes se intercalan “cortinas” de laminas de bambú puestas en paralelo. Con ello se adquiere una mayor resistencia. Es un panel muy utilizado en China

para la construcción, en especial para la fabricación de andamios y encofrados.

Paneles de Bambú Aglomerado

Este producto se elabora generalmente con culmos de diámetros pequeños, culmos irregulares y con los residuos de industrias de bambú. Es una de las mejores formas de optimizar la utilización del culmo. Su proceso de fabricación es similar a los aglomerados de madera. Es usualmente utilizado en la construcción civil debido a su alta resistencia y bajo nivel de hinchazón comparada con los aglomerados de maderas tradicionales.

Además de los tipos de paneles ya mencionados, en China se han desarrollado productos en los que se combina el bambú con la madera tradicional, de los cuales se han obtenido muy buenos resultados. Existen varias formas y procesos (un poco más complejos) con los cuales se elaboran estos paneles, los mismos que tienen gran variedad de aplicaciones algunas de ellas en la construcción.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. El BMB presenta muy buenas propiedades mecánicas para su utilización en tablas para encofrados, a pesar de que su módulo de elasticidad es menor al de las maderas tradicionales. Su densidad (0.76 g/cm^3) y resistencia a la compresión (171 Kg/cm^2) son mayores que las del plywood y que las maderas tradicionales. Su módulo de rotura (517.41 Kg/cm^2) es bajo, pero superior al mínimo requerido.
2. Debemos recordar que los datos sobre las propiedades del BMB, fueron obtenidos en China e India con las especies de bambú de esos países y cuyas características son inferiores a la de la caña Guadua Ecuatoriana. Lamentablemente no se contaron con los recursos económicos necesarios durante la realización de esta tesis para producir muestras de BMB a partir de nuestra Guadua.
3. La caña guadua posee propiedades fisiológicas y mecánicas muy superiores a las que presentan las maderas tradicionales. Su densidad ($0.77-0.83 \text{ g/cm}^3$) está dentro del grupo de maderas tipo A; su tiempo

de secado (60 días) es uno de los más bajos; su resistencia a la flexión (1761.5 Kg/cm^2) y módulo de elasticidad (258720 Kg/cm^2) son muy superiores a los de las maderas tradicionales; su resistencia a la compresión (712.7 Kg/cm^2) es mucho mayor a la mayoría de las maderas comúnmente utilizadas en encofrados. Aunque su contracción volumétrica (27 –31%) es mayor que el de las maderas este inconveniente puede superarse dependiendo del proceso de producción y del tratamiento que se le dé previamente.

4. El cultivo y explotación del bambú brinda grandes beneficios ambientales sobre el de árboles. El tiempo necesario para su utilización, después de ser plantado, es de 4 a 5 años mientras que para el árbol es de 15 años (el de más rápido crecimiento). Por ser una gramínea, se adapta con facilidad a suelos pobres o sobre explotados con lo cual ayuda a recuperar tierras degradadas. Controla la erosión y regula el caudal hídrico del suelo gracias a su sistema rizomático. Aporta material orgánico con la gran cantidad de hojas que bota, las cuales crean nuevas capas de humus. Produce cuatro veces más oxígeno que cualquier árbol. Contribuye a la biodiversidad por ser hábitat de diversa flora y fauna.

5. Estos factores deben ser considerados para la explotación de esta especie como un posible sustituto de los árboles para la obtención de la madera y sus diferentes derivados, como se lo ha venido realizando con gran éxito en otros países.

6. La especie *Guadua Angustifolia* sobresale por sus propiedades estructurales tales como la relación resistencia / peso que excede a la mayoría de las maderas y comparable con el acero y con algunas fibras de alta tecnología. La capacidad para absorber energía y admitir una mayor flexión, hace que este bambú sea un material ideal para construcciones sismorresistentes.

7. Los paneles, dentro de los diversos productos de bambú, son los de mayor demanda mundial, debido a su elegancia y a su similitud de textura con la del mármol, además son fuertes, durables, antideslizantes y resistentes a la humedad.

8. Gracias a los resultados obtenidos en China e India con el BMB utilizado en tablas para encofrado, se conoce que puede ser reutilizado de 10 a 15 veces a diferencia de la tabla de monte (1 o 2 veces) y que da un mejor acabado al hormigón lo que permite eliminar

el enlucido, logrando así reducir considerablemente los costos de construcción.

9. Económicamente el montar una fábrica que elabore tablas para encofrado de BMB resulta muy atractivo. Considerando que el precio actual en el mercado para una tabla de encofrado es de \$2,40 dólares y que sus características son inferiores al BMB. Sin embargo, se recomienda realizar previamente las pruebas mecánicas antes mencionadas.
10. Se debe dar mayor impulso a investigaciones que permitan obtener productos alternativos, cuya materia prima permita reducir los niveles de contaminación y destrucción de nuestros recursos naturales.
11. El desarrollo de este tipo de industrias permitirán la generación de nuevas fuentes de empleo y de ingresos muy significativos para sus inversionistas, además de los beneficios que generarán para nuestro país.
12. Existen organismos internacionales como el INBAR. (con sede para Latinoamérica en Guayaquil) que pueden asesorar a las personas interesadas en la investigación, desarrollo e implementación de industrias de bambú y productos a partir de este.

13. La caña Guadúa es un importante recurso que se ha venido desaprovechando en nuestro país, con usos muy rudimentarios como el de puntales para la agricultura y construcción, la elaboración de andamios, herramientas, etc. Diferentes productos que no le agregan valor alguno y sin una verdadera explotación de este recurso.

14. Esta tesis servirá como guía para la elaboración de muestras de BMB y así poder realizar los ensayos mecánicos que permitan obtener datos exactos sobre las propiedades del BMB de Guadua y como fuente de información para la posible implantación de una fábrica de este tipo.

BIBLIOGRAFÍA

1. ANJI XIAN GLING BAMBOO - WOOD WORKING MACHINERY CO. LTD., "Machinery Catalog" (2000).
2. A. SOLÍS, "Las maderas Económicas del Ecuador y sus Usos", (Casa de la Cultura Ecuatoriana, 1960).
3. Arq. DAVID GUZMÁN, "Estudio de la Construcción de Viviendas Económicas con Bambú – Concreto Ligero de Madera", (Escuela Politécnica Federal de Lausanne, Noviembre 2001).
4. BCE, Boletín Anuario del Banco Central del Ecuador, 1993.
5. BIBLIOTACA ATRIUM DE LA MADERA, "La Madera", (Ediciones Atrium S.A., 1995).
6. C. ARBIAZA, "Diagnóstico Ecuador, El Uso de Madera en Encofrado", 1995.
7. CIDEIBER, "Ecuador Actividades del Sector de Servicios, Construcción y Viviendas" (1999).

8. CORPEI, "Bambú Caña Brava, Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador", (CORPEI-CBI, Agosto 2001).
9. CORPEI, "Perfil de Producto: Materiales de Construcción Madera, Expansión de la Oferta Exportable del Ecuador", (Proyecto CORPEI-CBI, Septiembre 2001).
10. "Desarrollo Tecnológico de la Construcción con Bambú y Caña", Revista Domus, Marzo – Abril, 1998.
11. EASON, "Processing Equipment for Bamboo", (2000).
12. "El Bambú", Revista Diners Club, No. 207, Agosto, 1999.
13. E. GIRALDO y A. SABOGAL, "Una Alternativa Sostenible La Guadua, Técnica de Cultivo y Manejo", (Corporación Autónoma Regional de Quindío, Colombia, 1999).
14. ENVIRONMENTAL BAMBOO FOUNDATION, "Training Manual for Bamboo Preservation", (EBI, Indonesia, 1994).
15. "Estudio Preliminar Tecnológico de 20 Especies Forestales del Ecuador", (Centro de Capacitación e Investigación Forestal, Conocoto, Mayo 1981).

- 16.E. ZAMBRANO, "Sistemas y Métodos en Estructuras de Madera para Viviendas en la ciudad de Guayaquil", (Tesis, Facultad de Arquitectura, Universidad Católica de Guayaquil, 1984).

- 17.FUNDACIÓN NATURA, "Cartilla Forestal: Manual para la Reforestación con Especies Exóticas y Autóctonas", (Fundación Natura, Mayo 1985).

- 18.G. BARRANTES, H. CHAVES, M. VINUESA, "El Bosque en el Ecuador: Una Visión Transformada para el Desarrollo y la Conservación", (Imprefepp, 2000).

- 19.G. BAUD, "Tecnología de la Construcción", (Editorial Blume, Tercera Edición, 1978).

- 20.H. GUAJALA, "Análisis del Sector Maderero en el Ecuador desde 1980 a 1990, respecto a deforestación, reforestación, exportación de madera y su Proyección para el 2000", (Tesis de Post-grado ESPAE, Marzo 1996).

- 21.INBAR, "Bamboo, Equipment and Technologies for Processing Bamboo.Rettan",

- 22.INBAR, "Laminated Bamboo Flooring at - a - glance", (Transfer of Technology Model, 1999).

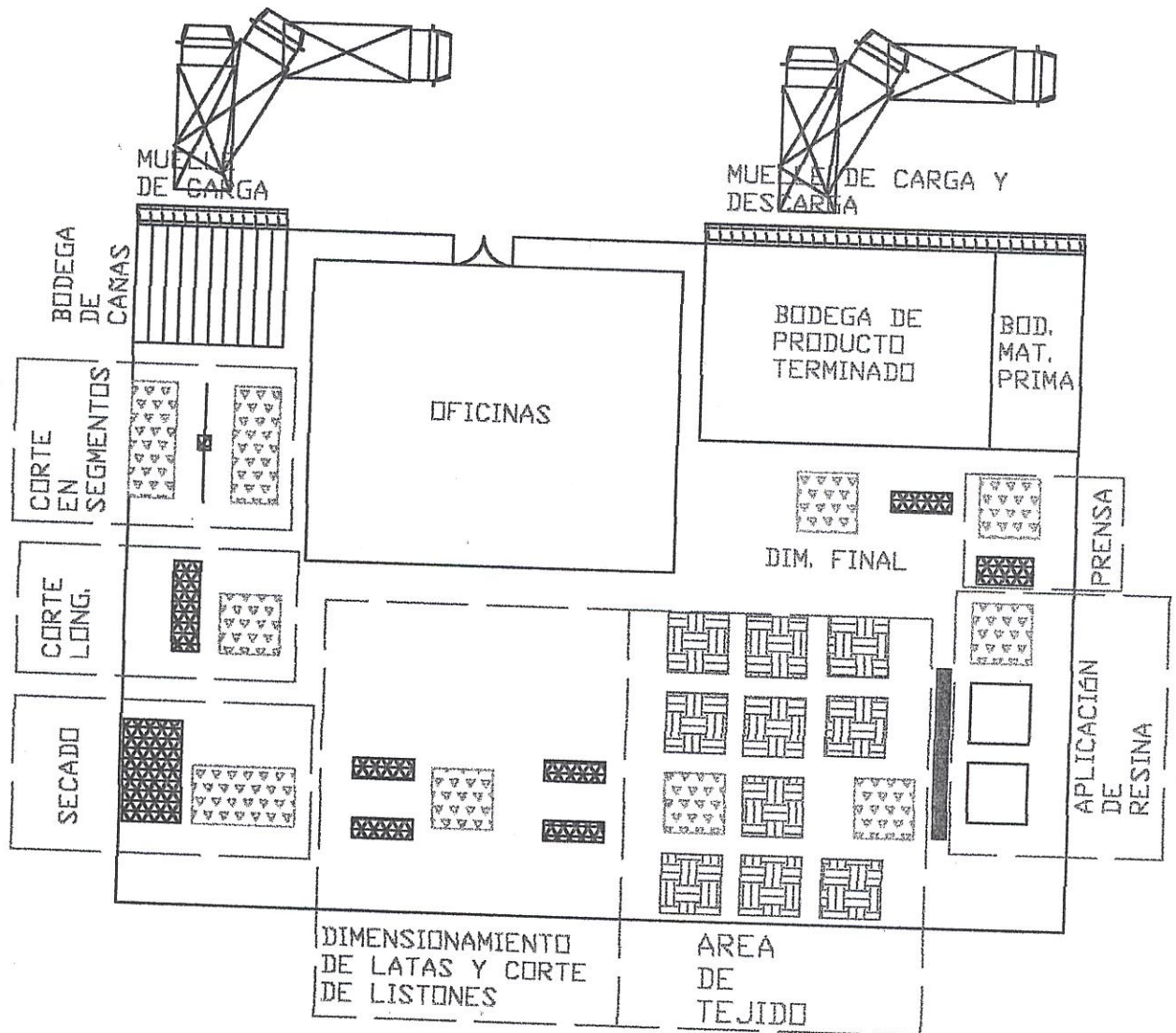
23. INBAR, "Bamboo Matboard at - a - glance", (INBAR-IPIRTI, Transfer of Technology Model, 1999).
24. INBAR, "Bamboo Mat Board, The Timber of the Future", (INBAR, 1999).
25. INBAR, "Bamboo Preservation by Sap Displacement at – a – glance", (Transfer of Technology Model, 1999).
26. INBAR, "Bamboo Splits and Slivers at -a- glance", (INBAR-IPIRTI Transfer of Technology Model, 1999).
27. INBAR, "Village Bamboo Preservation Unit at- a - glance", (Transfer of Technology Model, 1999).
28. INBAR, "Woven Bamboo Products at- a - glance", (INBAR-RISF, Transfer of Technology Model, 1999).
29. INEFAM, "Cuaderno Forestal: Bosque Protector Cerro Blanco", (INEFAM, Septiembre 1995).
30. INEFAM, "Planes de Manejo Sustentable de los Bosques Tropicales Húmedos Ecuatorianos", (INEFAM, Septiembre 1996).
31. INEFAM, "Principales Estadísticas Forestales del Ecuador", (INEFAM, 1995).




32. INEFAM, Proyecto PD 137/91, "Estrategia para la industria Sostenida de la Madera en el Ecuador", (INEFAM, Moya 1994).
33. INEFAM, Proyecto PD 150/91 Rev. I "Identificación y Nomenclatura de las Maderas Tropicales Comerciales en la sub Región Andina" , (Lima Perú, Primera Edición, 1991).
34. INEFAM, Proyecto PD 154/91 Rev. 2, "Desarrollo Integral de la Estructura de Comercialización de las Maderas sus Productos en el Ecuador" (ITTO- INEFAM, 1991).
35. INEFAM, "Resumen de un Estudio de Durabilidad Natural de Varias Maderas Ecuatorianas", (Centro de Investigación Forestal "Luciano Andrade Marín", Conocoto, 1986).
36. J. CIFUENTES, "Un Nuevo Producto: BambúPanel", Revista El Maderero, AIMA, No. 16, Noviembre 2000).
37. J. JANSEN, "Designing and Building with Bamboo", (INBAR, Technical Report No. 20, 2000).
38. J. LEÓN, "Diseño y Construcción de Estructuras de Madera", (Tesis, Ingeniería Civil, Universidad Católica de Guayaquil, 1986).

- 39.J. SHENXUE, “Industrial Bamboo-based panels in China, (Nanjing Forestry University, China, 2002).
- 40.J. SHENXUE, Z. QISHENG, “Application of Bamboo in Construction en China”, (Nanjing Forestry University, China, 2002).
- 41.JÖRG STAMM, “Proyecto de Latas y Laminados”, (Pereira, Marzo de 2002).
- 42.J. RODRÍGUEZ., “ Notas de Construcciones I”, (ESPOL, Facultad de Ingenierías en Ciencias de la Tierra, 1993).
- 43.M. BURNEO, “El Bambú y la Caña Guadua en el Ecuador y el Mundo”, Revista El Maderero, AIMA, No. 15, Febrero 2000).
- 44.Memorias del 1 Seminario Internacional Bamboo 2001, Agosto 8-10, 2001, “Construcción de Entrepisos con Bambú y su uso en el Paisajismo, por Lucy Amparo Bastidas” , 2001.
- 45.Memorias del Seminario “Desarrollo sostenible de la Industria Forestal en el Grupo de los Países Andinos”, (Quito, ITTO – INEFAM, Febrero 1994).

46. Memorias del 1 Seminario Internacional Bamboo 2001, Agosto 8-10, 2001, "La Guadua: Un Bambú Importante de América por Ximena Londoño", Guayaquil, 2001.
47. Memorias del 1 Seminario Internacional Bamboo 2001, Agosto 8-10, 2001, "Necesidad de Guadúa en la Agroindustria Bananera Ecuatoriana por Fausto Quelal", 2001.
48. M. TERÁN, "La Realidad de la Deforestación en el Ecuador", Revista El Maderero, AIMA, No. 4, Mayo, 1994.
49. O. BARRIONUEVO, "Ecología y Medio Ambiente", (Universidad de Guayaquil, 1997).
50. O. HIDALGO, "El Bambú, Su Cultivo y Aplicaciones en Fabricación de Papel, Construcción, Arquitectura, Ingeniería y Artesanía", (Estudios Técnicos Colombianos, 1974).
51. PADT-REFORT, "Manual de diseño para maderas del grupo andino", (Junta del Acuerdo de Cartagena 1982, 4ta. Edición).
52. P. JIMÉNEZ, A. GARCÍA, F. MORÁN, "Hormigón Armado", (Séptima Edición, Editorial Gustavo Gili S.A. 1989).

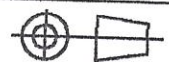
53. P.M. GANAPATHY, ZHU HUAN-MING, S.S. ZOOLAGUD, D. TURCKE, Z.B. ESPILOY, "Bamboo Panel Boards", (INBAR, Technical Report No. 12, 1999).
54. R.L. PEURIFOY, "Encofrados para Estructuras de Hormigón", pp 20 - 102.
55. R. SIERRA, "La deforestación en el Noroccidente del Ecuador 1983-1993", (Ecociencia, Fundación Ecuatoriana de Estudios Ecológicos, 1995).
56. R. CARRERE, "Deforestación y Monocultivos en Ecuador", 1998.
57. TREVOR DAGILIS, "Bamboo Composite Materials for Low-Cost Housing", (Queen's University, Ontario – Canada, Septiembre 1999).
58. T.S. RANGARAJU, S.S. ZOOLAGUD, H.N. JAGADEESH, "Bamboo Mat Composite Panel – A Potential Construction Material", (INBAR, 1999).
59. ZHE JIANG AN XIANG MU GONG JI XIE CHANG, "Machinery Catalog" (2000).



-  MESA DE TEJIDO
-  ALMAC. TEMPORAL
-  MAQUINARIA

FACULTAD DE INGENIERÍA EN MECÁNICA Y CIENCIAS DE LA PRODUCCIÓN

Dibujado: fecha F. MUIRRAGUI (24/11/03)	Revisado: fecha R. RADA (24/11/03)	Escala:
ESPOL		Contiene: ESQUEMA GENERAL DE DISTRIBUCIÓN DE LA PLANTA
PLANO No.:		1



APÉNDICE A

CARACTERÍSTICAS DE VARIAS ESPECIES MADERERAS

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS GENERALES	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICOS	SECADO	PRESERVACIÓN	DURABILIDAD RELATIVA	TRABAJABILIDAD	USOS GENERALES
EUCALIPTO (<i>Eucalyptus Globulus</i>)	Color habano, castaño claro con tintes grisáceos. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Medianamente pesada y dura. Textura mediana. Grano recto, desviado por nudosidades. Alcanza alturas de hasta 60 m. Con diámetros de 1 m.	Madera de mediana resistencia mecánica. Densidad seco al aire: 0.72; MOR Flexión: 1070 kg /cm ² ; Resistencia máxima en Compresión Paralela: 487 kg/cm ² .	Madera de secado rápido; bajo al 20% de contenido de humedad en 75 días. En secado al horno, secó sin problemas de defectos mediante el horario suave.	Especie imposible de tratar con sales a presión, en igual forma con pentaclorofenol a presión e inmersión; retenciones de 91,07 1/m ³ , 44,07 1/m ³ , 25,81 1/m ³ respectivamente, penetración nula.	El comportamiento a las pudriciones con porcentaje promedio de pérdida de peso de 10,59, en consecuencia se clasificó como no resistente.	Presenta defectos muy leves de cepillado, se debe hacerlo a VAL de 6 – 9 m/min. El moldurado también se realiza con defectos muy leves, se debe hacerlo con un AM de 0,5 – 1 mm. Los defectos de taladro son leves, la penetración media es de 0,8 cm/seg. (Velocidad).	Construcciones, cerchas, pisos, parquet, encofrado, postes eléctricos, muebles, se lo utiliza mucho como leña o carbón.etc.
FERNANSANCHEZ (<i>Triplaris guayaquilensis</i>)	Color: albura crema, corazón crema-rosado con vetas grises y marrón. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Moderadamente suave y liviana. Textura mediana. Grano recto. Árbol de 30 m. de altura y diámetro de hasta 50 cm.	Densidad seca al aire 0,63, junto a sus propiedades mecánicas, la clasifican como madera de mediana resistencia. MOR (estático) 99.9 Mpasal, MOE (flexión) 12544 Mpasal.	Secado rápido, en 60 días alcanza un 20% de contenido de humedad. El porcentaje de contracción total: RADIAL 4.3%, TANGENCIAL 7,9%, VOLUMÉTRICA 11,9%.	Madera difícil de tratar con sales y pentaclorofenol a presión; resistencia de 105,45 1/m ³ y 127,67 1/m ³ ; penetración parcial irregular. Imposible de tratar con pentaclorofenol por inmersión; retención de 47,98 1/m ³ .	Esta especie experimentó un porcentaje de pérdida de peso de 9,78, en consecuencia se la clasifica como moderadamente resistente a la pudrición marrón; pero en cambio, a la pudrición blanca resulta ser no resistente.	Con V.L. de 6 – 9 m/min. Presenta defectos muy leves de cepillado. Con AH de 0,5 – 1 mm. Los defectos de moldurado son muy leves. Presenta defectos de muy leve a moderado con taladro, con una presentación media de 0,6 cm/seg. (Velocidad).	Chapas, chapas decorativas, muebles, revestimientos, parquet, embalaje, encofrado, construcciones.

JIBARO (<i>Pithecellobium latifolium</i>)	Color rosado-cremoso. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Suave y liviana. Textura gruesa. Grano algo entrecruzado. Alcanza alturas de hasta 35 m. Y 70 cm. de diámetro.	Con densidad seca al aire de 0,45, posee bajas resistencia mecánica.	Madera de secado rápido, alcanzó al 20% de contenido de humedad en 45 días. En la estufa seca bien con empleo de horario severo.	Madera moderadamente tratable a presión con sales y pentaclorofenol, retenciones de 165 1/m ³ y 179,30 1/m ³ , respectivamente, penetración irregular. Imposible de tratar por inmersión con pentaclorofenol; retención de 1/m ³ .	Resistente a la pudrición marrón; porcentaje de pérdida de peso de 4,28 y moderadamente resistente a la pudrición blanca, porcentaje promedio de pérdida de peso 6,22.	En el cepillado presenta defectos de muy leve a moderado, la VAL recomendable es de 6 m/min. En el moldurado los defectos son de muy leve a leve, se minimizan a un AM de 0,5 mm. En el taladrado los defectos son leves, la penetración media es de 1,2 cm/seg.	Chapas, pulpa y papel, embalaje y encofrado.
---	---	--	--	---	--	--	--

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS GENERALES	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICOS	SECADO	PRESERVACIÓN	DURABILIDAD RELATIVA	TRABAJABILIDAD	USOS GENERALES
LAGUNO (<i>Vochysia macrophylla</i>)	Color: albura blancuzca, corazón rosado-amarillento. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Liviana y suave. Textura gruesa. Grano recto.	0,45 de densidad al aire y sus bajos valores mecánicos la clasifican como tal.	De secado moderado; baja al 20% de contenido de humedad en 120 días. Seca bien al horno con horario moderado.	Madera fácil de tratar con sales a presión; retención de 360,86 1/m ³ . Penetración total. Difícil de tratar con pentaclorofenol a presión e inmersión; retención de 148,61 1/m ³ . y 147,17 1/m ³ . respectivamente, penetración irregular.	A la pudrición blanca resultó ser moderadamente resistente con un porcentaje promedio de pérdida de peso de 9,21; a la pudrición marrón tuvo un comportamiento de no resistente	No presenta casi defectos en el cepillado, se puede trabajar con VAL de 6 a mayor que 14 m/min. Se moldura con defectos muy leves. Los defectos en el taladrado van de leve a moderados, la penetración media es de 1 1/m ³ .	Casos, pulpa y panel, chapas, embalaje y encofrados.

<p>MASCAREY (<i>Hyeronima chocoensis</i>)</p>	<p>Color: albura blancuzca, duramen morado oscuro o rojizo, con vetas oscuras. Olor y sabor ausente o indistinguibles. Moderadamente dura y pesada. Textura gruesa. Grano recto y entrecruzado. Alcanza unos 32 m. de altura y 1 m. de diámetro.</p>	<p>Su densidad seco al aire de 0,77 y sus propiedades mecánicas: MOR flexión 1392, RM 668 Kg/cm², la determinan como especie de madera mediana y alta resistencia.</p>	<p>Secado moderado; alcanza el 20% de contenido de humedad en 180 días. El porcentaje de contracción total: RADIAL 3.8%, TANGENCIAL 8.3%, VOLUMÉTRICA 11.8%.</p>	<p>Madera fácil de tratar con sales a presión, retención de 261,49 1/m³; penetración irregular. Especie difícil de tratar con pentaclorofenol a presión e inmersión, retenciones de 121,02 1/m³. y 129,80 1/m³., penetración irregular.</p>	<p>Comportamiento similar a la pudrición marrón como la blanca, el porcentaje promedio de pérdida de peso fue de 5,20; razón por la cual se la considera como moderadamente resistente a las pudriciones.</p>	<p>Comportamiento similar a la pudrición marrón como la blanca, el porcentaje promedio de pérdida de peso fue de 5,20; razón por la cual se la considera como moderadamente resistente a las pudriciones.</p>	<p>Muebles, parquet, construcciones en general, chapas.</p>
<p>PIASTE (<i>Guarea</i> sp)</p>	<p>Color rosado con franjas (vetas) más oscuras. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Más bien suave y liviana. Textura moderadamente gruesa. Grano recto. El árbol alcanza 30m. de altura y 70 cm. de diámetro.</p>	<p>CH:157%, densidad de 0,53, contracción volum. total de 11.87%. MOR en flexión 873 Kg/cm², en compresión paralela 403 Kg/cm² y su compresión perp. de 51 Kg/cm² la clasifican como de resistencia baja.</p>	<p>Madera de secado rápida, alcanza el 20% de contenido de humedad en 30 días. Al secar al horno se recomienda un horario severo.</p>	<p>Madera difícil de tratar con sales a presión; retención de 137,13 1/m³. penetración periférica. Moderadamente tratable a presión con pentaclorofenol, retención de 165,35 1/m³; penetración periférica.</p>	<p>El porcentaje promedio de pérdida de peso de esta especie es de 24,91, en consecuencia está clasificada como no resistente a las pudriciones en general.</p>	<p>No presenta defectos de consideración al cepillarlo, la VAL recomendable es de 6 – 14 m/min. También las molduras se realizan casi sin defectos con un AM de 0,5 mm. En el taladrado presenta defectos de leves a moderados, la penetración media es de 1,2 cm/seg. (velocidad).</p>	<p>Chapas, pulpa y papel, embalaje y encofrados.</p>

NOMBRE	CARACTERÍSTICAS GENERALES	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICOS	SECADO	PRESERVACIÓN	DURABILIDAD RELATIVA	TRABAJABILIDAD	USOS GENERALES
--------	---------------------------	------------------------------	--------	--------------	----------------------	----------------	----------------

PINO MONTERREY (Pinus radiata)	Color crema. Olor fragante cuando fresca. Sabor ausente o indistinguible. Moderadamente suave y liviana. Textura media. Grano recto. Alcanza una altura de 40m. y un diámetro de 80 cm.	Su densidad seco al aire arroja el valor de 0,49 y sus propiedades mecánicas hacen que se la clasifique como una especie de muy baja a baja resistencia mecánica.	Esta especie es de secado rápido, demora 60 días hasta llegar al 20% de contenido de humedad. Al horno se debe usar un programa severo.	Madera fácil de tratar en los tres casos: a presión con sales y pentaclorofenol y por inmersión con el preservante oleosoluble; retenciones de 592,03 1/m ³ , 413,53 1/m ³ y 213,77 1/m ³ ; penetración total.	Experimentó un comportamiento similar a las pudriciones, el porcentaje promedio de peso perdido fue de 18,61 correspondiendo en tal razón al casillero de no resistente.	Defectos muy leves en el cepillado, puede hacerse con VAL de 6 – 14 m/min. Defectos muy leves en el moldurado, el AM apropiado es 1 mm. Los defectos de taladrado son leves, la penetración media es de 1,2 cm/seg. (velocidad).	Pulpa y papel, revestimientos, cajonería, encofrado, chapas.
ROMERILLO AZUCENO (Podocarpus olofolius)	Color crema-rosáceo, con vetas marrón claro. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Peso y dureza medianos. Textura mediana. Grano recto. Con frecuencia alcanza una altura de 40 m. más de 1 m. de diámetro.	El valor de 0,54 al 12% de contenido de humedad como madera de mediana densidad, sin embargo mecánicamente sus propiedades la ubican como de baja resistencia.	Madera de secado lento, alcanza el 20% de contenido de humedad en 200 días. Al horno seca bien empleando el horario moderado.	Madera fácil de tratar a presión con sales y pentaclorofenol y por inmersión con este último; retenciones de 579,75 1/m ³ , 355,01 1/m ³ y 274 1/m ³ ; penetración total.	Moderadamente resistente a la pudrición marrón, porcentaje de pérdida de peso 5,30; peor resistencia a la pudrición blanca, porcentaje promedio o pérdida de peso 3,94.	En el cepillado presenta defectos de muy leve a leve, la VAL aconsejada es de 6 – 9 m/min. Casi no tiene defectos en el moldurado, se debe trabajar con un AM de 0,5 a 1 mm. En el taladrado los defectos van de leve a moderado, la penetración media es de 1 cm/seg. (velocidad).	Pulpo y papel, muebles, revestimientos, chapas, embalaje y encofrado.
SANDE (Brosimum utile)	Color café claro o blancuzco con vetas oscuras. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Textura gruesa. Grano recto. Alcanza altura de hasta 35 m. y diámetro de 70 cm.	Densidad seco al aire de 0,49, se trata de madera que se le puede clasificar de baja a mediana resistencia mecánica.	Madera de secado moderado, baja al 20% de CH en 210 días. El % de contracción total es : RADIAL 3.8%, TANGENCIAL 8.3%, VOLUMÉTRICA 11.8%.	Madera fácil de tratar a presión con sales y pentaclorofenol, así como también por inmersión con pentaclorofenol; retenciones de 519,05 1/m ³ , 396,23 1/m ³ , 341,25 1/m ³ respectivamente; penetración total.	Especie por demás susceptible a las pudriciones en general, su porcentaje promedio de pérdida de peso fue de 54,62%.	Los defectos de cepillado son muy leves, se debe hacerlo a un VAL de 6 – 14 m/min. Se moldura casi sin defectos, se recomienda un AM de 0,5 a 1,5 mm. En el taladrado presenta defectos de leve a moderado, la penetración es de 0,8 cm/seg. (velocidad).	Chapas, pulpa, encofrados, cajones y con cierto tratamiento para construcciones.
NOMBRE	CARACTERÍSTICAS GENERALES	PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICOS	SECADO	PRESERVACIÓN	DURABILIDAD RELATIVA	TRABAJABILIDAD	USOS GENERALES

<p>SEIQUE (<i>Cedrelinga catenaeformis</i>)</p>	<p>Color rosado. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Liviana y suave. Textura gruesa. Grano alto entrecruzado. Árbol de hasta 30 m. de alto y 65 cm. de diámetro.</p>	<p>Densidad seca al aire de 0,45, concuerda con sus propiedades mecánicas que la clasifican dentro de maderas de bajo resistencia.</p>	<p>De secado rápido, llega al 205 de contenido de humedad en 75 días. En el horno se recomienda emplear un horario severo.</p>	<p>Especie imposible de tratar a presión con sales e inmersión con pentaclorofenol; retenciones de 96,07 1/m³ y 60,53 1/m³, difícil de tratar a presión con pentaclorofenol, retención de 135,30 1/m³; penetración irregular.</p>	<p>Experimenta un porcentaje promedio de pérdida de peso de 3,96, catalogándose por lo tanto como resistente a las pudriciones en general.</p>	<p>Defectos de cepillado de muy leve a leve, se recomienda VAL de 6 – 12 m/min. El moldurado casi no presenta defectos, el AM apropiado es de 0,5 – 1,5 mm. El taladrado tiene defectos de leve a moderado, la penetración media es de 1,2 cm/seg. (velocidad).</p>	<p>Pulpa y papel, chapas, embalaje y encofrado.</p>
<p>TANGAMA (<i>Parquia sp</i>)</p>	<p>Color crema grisáceo. Olor y sabor ausentes o indistinguibles. Suave y liviana. Textura gruesa. Grano recto. Alcanza una altura de 28m. y diámetro de 55 cm.</p>	<p>Contenido de humedad 220%, densidad seca al aire de 0,41. Contracción total de 12%, es una madera de características mecánicas bajas.</p>	<p>Al aire libre es una madera de secado rápido, llega al 20% de contenido de humedad en 45 días. El secado artificial se lo debe hacer empleando un horario severo.</p>	<p>Madera moderadamente tratable a presión con sales y pentaclorofenol, retención de 194,95 1/m³ y 168,96 1/m³ respectivamente; penetración parcial irregular. Imposible de tratar con pentaclorofenol por inmersión; retención de 64,53 1/m³.</p>	<p>Experimenta un porcentaje promedio de pérdida de peso de 15,90, catalogándose por lo tanto a esta especie como no resistente a las pudriciones en general.</p>	<p>Defectos muy leves a moderados en el cepillado, VAL recomendable es de que 6 a 14 m/min. Defectos muy leves en moldurado. En el taladrado los defectos son de leve a moderado, la penetración es de 1,4 cm/seg. (velocidad).</p>	<p>Chapas, pulpa y papel, embalaje y encofrado.</p>
<p>TANGARE (<i>Carapa guianensis</i>)</p>	<p>Árbol grande que alcanza un diámetro de hasta 1 m. y altura de 40m. Durámen de color café rojizo uniforme, parecido a la caoba, a menudo oscuro y sin brillo, albura de color blanco sucio. La madera no tiene ningún olor ni sabor distintivo, es dura y densa pero variable.</p>	<p>Densidad seca al aire de 0,60. MOR 100.8 Mpa. y MOE 13230 Mpa. Al 12 % de contenido de humedad.</p>	<p>Al aire libre es una madera de secado lento. El encogimiento total de madera verde a la totalmente seca al horno es: RADIAL 4.7%, TANGENCIAL 8.2%, VOLUMÉTRICO 12.6%.</p>	<p>Moderadamente durable, comparable con caoba.</p>	<p>Fácil de preservar, con penetración parcial periférica.</p>	<p>Fácil de labrar, se logra un acabado liso, que acepta bien la pega y pintura. Tiene buenas propiedades para el cepillado, la formación en molduras, el tallado, torneado, el lijado y la perforación., pero se tiende a partir cuando se usan clavos.</p>	<p>Construcción de muebles en general, chapas, embalaje, encofrados de hormigón y construcciones navales.</p>

APÉNDICE B
FLUJO DE MATERIAL

CAMION				Cant Lotes												
cant	t horas			6												
450	1.5			6												
CAÑAS	SEGMENTOS			longitud (m)	TIRAS			SECADO 1			DIMENSION			LISTONES		
cant	entra (un)	t horas	sale (un)		entra (un)	t horas	sale (un)	entra (m3)	t horas	sale (m3)	entra (un)	t horas	sale (un)	entra (un)	t horas	sale (un)
75	75	1.25	75	2.6	75	0.625	750	0.4875	1	0.4875	750	2.08333	750	750	1.25	18750
			150	1.3	150	0.625	1500	0.4875		0.4875	1500		1500	1500		1500
						1.25		0.975		0.975						
SUBLOTES										250	0.69444	250	250	0.41667	6250	
										500		500	500		12500	

TEJIDO			RESINA			SECADO 2			PRENSA			D. FINAL		
entra (un)	t horas	sale (un)	entra (un)	t horas	sale (un)	entra (un)	t horas	sale (un)	entra (un)	t horas	sale (un)	entra (un)	t horas	sale (un)
18750	2.40	144.23	144	0.24	2.88	2.88	3	2.88	144	3.20	48	48	0.80	240
37500														
6250	0.80128	48	48	0.08	48	48	1	48	48	1.06667	16	16	0.26667	80
12500														

T / PROCESO	
segm	1:15
tiras	1:15
secd 1	1:00
dimen	0:42
liston	0:25
tejido	0:48
resina	0:05
secd 2	1:00
prensa	1:04
d final	0:16

CAMILION	450 CAÑAS	SUB LOTES (TIRAS)				
		CAÑAS	TIRAS	250	250	250
		75	750	A	B	C
		75	750	D	E	F
		75	750	G	H	I
		75	750	J	K	L
		75	750	M	N	O
		75	750	P	Q	R

8:00	MIÉRCOLES										JUEVES											
	segm	tiras	secd 1	dimen	liston	tejido	resina	secd 2	prensa	d final	segm	tiras	secd 1	dimen	liston	tejido	resina	secd 2	prensa	d final		
A				12:12	12:37	13:25	13:30	14:30													12:16	12:32
B	9:15	10:30	11:30	12:54	13:19	14:07	14:12	15:30													13:20	13:36
C				13:36	14:01	14:49	14:54	16:30													14:24	14:40
D				14:21	14:46	15:37	15:42	16:42													15:28	15:44
E	10:33	11:48	12:48	15:03	15:28										8:48	8:56	9:59					
F				15:45										8:25	9:36	9:41	10:59					
G													8:42	9:07	10:24	10:32	11:59					
H	11:51	13:06	14:06										9:24	9:49	11:12	11:17	12:59					
I								9:04	9:20				10:06	10:31	12:00	12:05	13:59					
J								10:08	10:24				10:48	11:13	12:48	12:53	14:59					
K	13:09	14:24	15:24					11:12	11:28				11:30	11:55	13:36	13:41	15:59					
L								9:00	12:16	12:32			12:12	12:37	14:24	14:29						
M								10:00	13:20	13:36			12:54	13:19	15:12	15:17						
N	14:27	15:42						11:00	14:24	14:40			13:36	14:01	16:00	16:05						
O						8:48	8:53	12:00	15:28	15:44			14:18	14:43								
P						9:36	9:41	13:00					15:00	15:25							9:04	9:20
Q	15:45				8:25	10:24	10:29	14:00				9:15	10:15	15:42							10:08	10:24
R				8:42	9:24	11:12	11:17	15:00													11:12	11:28

T / PROCESO	
segm	1:15
tiras	1:15
secd 1	1:00
dimen	0:42
liston	0:25
tejido	0:48
resina	0:05
secd 2	1:00
prensa	1:04
d final	0:16

		SUB LOTES (TIRAS)				
		CAÑAS	TIRAS	250	250	250
CAMION	450 CAÑAS	75	750	A	B	C
		75	750	D	E	F
		75	750	G	H	I
		75	750	J	K	L
		75	750	M	N	O
		75	750	P	Q	R

VIERNES											
8:00	segm	tiras	secd 1	dimen	liston	tejido	resina	secd 2	prensa	d final	
A				12:12	12:37	13:25	13:30	14:30			
B	9:15	10:30	11:30	12:54	13:19	14:07	14:12	15:30			
C				13:36	14:01	14:49	14:54	16:30			
D				14:21	14:46	15:37	15:42	16:42			
E	10:33	11:48	12:48	15:03	15:28				9:04	9:20	
F				15:45					10:08	10:24	
G											11:12 11:28
H	11:51	13:06	14:06								12:16 12:32
I											13:20 13:36
J											14:24 14:40
K	13:09	14:24	15:24								15:28 15:44
L											9:00
M											10:00
N	14:27	15:42									11:00
O						8:48	8:53	12:00			
P						9:36	9:41	13:00			
Q	15:45				8:25	10:24	10:29	14:00			
R				8:42	9:24	11:12	11:17	15:00			

APÉNDICE C

TABLA CONSOLIDADA DE AMORTIZACIÓN DE OBLIGACIONES BANCARIAS							
Año	Interes	Capital	Dividendo	Saldo	Fecha	Promedio Mensual	Total Anual
1	\$4,325.00	\$2,500.00	\$6,825.00	\$137,500.00	31-Mar-04	\$2,275.00	\$26,831.25
	\$4,246.88	\$2,500.00	\$6,746.88	\$135,000.00	29-Jun-04	\$2,248.96	
	\$4,168.75	\$2,500.00	\$6,668.75	\$132,500.00	27-Sep-04	\$2,222.92	
	\$4,090.63	\$2,500.00	\$6,590.63	\$130,000.00	26-Dic-04	\$2,196.88	
2	\$4,012.50	\$5,000.00	\$9,012.50	\$125,000.00	26-Mar-05	\$3,004.17	\$35,131.25
	\$3,859.38	\$5,000.00	\$8,859.38	\$120,000.00	24-Jun-05	\$2,953.13	
	\$3,706.25	\$5,000.00	\$8,706.25	\$115,000.00	22-Sep-05	\$2,902.08	
	\$3,553.13	\$5,000.00	\$8,553.13	\$110,000.00	21-Dic-05	\$2,851.04	
3	\$3,400.00	\$5,000.00	\$8,400.00	\$105,000.00	21-Mar-06	\$2,800.00	\$32,681.25
	\$3,246.88	\$5,000.00	\$8,246.88	\$100,000.00	19-Jun-06	\$2,748.96	
	\$3,093.75	\$5,000.00	\$8,093.75	\$95,000.00	17-Sep-06	\$2,697.92	
	\$2,940.63	\$5,000.00	\$7,940.63	\$90,000.00	16-Dic-06	\$2,646.88	
4	\$2,787.50	\$5,000.00	\$7,787.50	\$85,000.00	16-Mar-07	\$2,595.83	\$30,231.25
	\$2,634.38	\$5,000.00	\$7,634.38	\$80,000.00	14-Jun-07	\$2,544.79	
	\$2,481.25	\$5,000.00	\$7,481.25	\$75,000.00	12-Sep-07	\$2,493.75	
	\$2,328.13	\$5,000.00	\$7,328.13	\$70,000.00	11-Dic-07	\$2,442.71	
5	\$2,175.00	\$5,000.00	\$7,175.00	\$65,000.00	10-Mar-08	\$2,391.67	\$27,781.25
	\$2,021.88	\$5,000.00	\$7,021.88	\$60,000.00	08-Jun-08	\$2,340.63	
	\$1,868.75	\$5,000.00	\$6,868.75	\$55,000.00	06-Sep-08	\$2,289.58	
	\$1,715.63	\$5,000.00	\$6,715.63	\$50,000.00	05-Dic-08	\$2,238.54	
6	\$1,562.50	\$2,500.00	\$4,062.50	\$47,500.00	05-Mar-09	\$1,354.17	\$15,781.25
	\$1,484.38	\$2,500.00	\$3,984.38	\$45,000.00	03-Jun-09	\$1,328.13	
	\$1,406.25	\$2,500.00	\$3,906.25	\$42,500.00	01-Sep-09	\$1,302.08	
	\$1,328.13	\$2,500.00	\$3,828.13	\$40,000.00	30-Nov-09	\$1,276.04	
7	\$1,250.00	\$2,500.00	\$3,750.00	\$37,500.00	28-Feb-10	\$1,250.00	\$14,531.25
	\$1,171.88	\$2,500.00	\$3,671.88	\$35,000.00	29-May-10	\$1,223.96	
	\$1,093.75	\$2,500.00	\$3,593.75	\$32,500.00	27-Ago-10	\$1,197.92	
	\$1,015.63	\$2,500.00	\$3,515.63	\$30,000.00	25-Nov-10	\$1,171.88	
8	\$937.50	\$2,500.00	\$3,437.50	\$27,500.00	23-Feb-11	\$1,145.83	\$13,281.25
	\$859.38	\$2,500.00	\$3,359.38	\$25,000.00	24-May-11	\$1,119.79	
	\$781.25	\$2,500.00	\$3,281.25	\$22,500.00	22-Ago-11	\$1,093.75	
	\$703.13	\$2,500.00	\$3,203.13	\$20,000.00	20-Nov-11	\$1,067.71	
9	\$625.00	\$2,500.00	\$3,125.00	\$17,500.00	18-Feb-12	\$1,041.67	\$12,031.25
	\$546.88	\$2,500.00	\$3,046.88	\$15,000.00	18-May-12	\$1,015.63	
	\$468.75	\$2,500.00	\$2,968.75	\$12,500.00	16-Ago-12	\$989.58	
	\$390.63	\$2,500.00	\$2,890.63	\$10,000.00	14-Nov-12	\$963.54	
10	\$312.50	\$2,500.00	\$2,812.50	\$7,500.00	12-Feb-13	\$937.50	\$10,781.25
	\$234.38	\$2,500.00	\$2,734.38	\$5,000.00	13-May-13	\$911.46	
	\$156.25	\$2,500.00	\$2,656.25	\$2,500.00	11-Ago-13	\$885.42	
	\$78.13	\$2,500.00	\$2,578.13	\$0.00	09-Nov-13	\$859.38	
TOTALES	\$79,062.50	\$140,000.00	\$219,062.50				

Elaborado por: Fabricio Muirragui

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO (PVP \$1.50 USD)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
VENTAS										
Tablas vendidas al año	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800
Total Ventas	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00	\$259,200.00
GASTOS										
Costo de producción	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44
Obligaciones Bancarias	\$26,831.25	\$35,131.25	\$32,681.25	\$30,231.25	\$27,781.25	\$15,781.25	\$14,531.25	\$13,281.25	\$12,031.25	\$10,781.25
Depreciación	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00
Gastos de Ventas (1%)	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00	\$2,592.00
Total Gastos	\$232,546.69	\$240,846.69	\$238,396.69	\$235,946.69	\$233,496.69	\$206,196.69	\$204,946.69	\$203,696.69	\$202,446.69	\$201,196.69
UTILIDAD BRUTA	\$26,653.31	\$18,353.31	\$20,803.31	\$23,253.31	\$25,703.31	\$53,003.31	\$54,253.31	\$55,503.31	\$56,753.31	\$58,003.31

PORCENTAJE DE GASTOS RESPECTO A LAS VENTAS 89.72%
MARGEN DE UTILIDAD BRUTA 10.28%

INVERSION INICIAL **\$140,000.00**

PRECIO DE VENTA POR TABLA	\$1.50
TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO	19.10%
VALOR PRESENTE NETO DEL PROYECTO	\$50,673.05
TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN	7 años

Elaborado por: Fabricio Muirragui

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO (PVP \$1.75 USD)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
VENTAS										
Tablas vendidas al año	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800
Total Ventas	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00	\$302,400.00
GASTOS										
Costo de producción	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44
Obligaciones Bancarias	\$26,831.25	\$35,131.25	\$32,681.25	\$30,231.25	\$27,781.25	\$15,781.25	\$14,531.25	\$13,281.25	\$12,031.25	\$10,781.25
Depreciación	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00
Gastos de Ventas (1%)	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00	\$3,024.00
Total Gastos	\$232,978.69	\$241,278.69	\$238,828.69	\$236,378.69	\$233,928.69	\$206,628.69	\$205,378.69	\$204,128.69	\$202,878.69	\$201,628.69
UTILIDAD BRUTA	\$69,421.31	\$61,121.31	\$63,571.31	\$66,021.31	\$68,471.31	\$95,771.31	\$97,021.31	\$98,271.31	\$99,521.31	\$100,771.31

PORCENTAJE DE GASTOS RESPECTO A LAS VENTAS 77.04%
MARGEN DE UTILIDAD BRUTA 22.96%

INVERSION INICIAL **\$140,000.00**

PRECIO DE VENTA POR TABLA **\$1.75**

TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO **48.80%**

VALOR PRESENTE NETO DEL PROYECTO **\$287,455.12**

TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN **3 años**

Elaborado por: Fabricio Muirragui

FLUJO DE CAJA DEL PROYECTO (PVP \$2.00 USD)

	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
VENTAS										
Tablas vendidas al año	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800	172,800
Total Ventas	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00	\$345,600.00
GASTOS										
Costo de producción	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44	\$186,623.44
Obligaciones Bancarias	\$26,831.25	\$35,131.25	\$32,681.25	\$30,231.25	\$27,781.25	\$15,781.25	\$14,531.25	\$13,281.25	\$12,031.25	\$10,781.25
Depreciación	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$16,500.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00	\$1,200.00
Gastos de Ventas (1%)	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00	\$3,456.00
Total Gastos	\$233,410.69	\$241,710.69	\$239,260.69	\$236,810.69	\$234,360.69	\$207,060.69	\$205,810.69	\$204,560.69	\$203,310.69	\$202,060.69
UTILIDAD BRUTA	\$112,189.31	\$103,889.31	\$106,339.31	\$108,789.31	\$111,239.31	\$138,539.31	\$139,789.31	\$141,039.31	\$142,289.31	\$143,539.31

PORCENTAJE DE GASTOS RESPECTO A LAS VENTAS 67.54%
MARGEN DE UTILIDAD BRUTA 32.46%

INVERSION INICIAL **\$140,000.00**

PRECIO DE VENTA POR TABLA **\$2.00**

TASA INTERNA DE RETORNO DEL PROYECTO **78.66%**

VALOR PRESENTE NETO DEL PROYECTO **\$524,237.19**

TIEMPO DE RECUPERACIÓN DE INVERSIÓN **2 años**

Elaborado por: Fabricio Muirragui