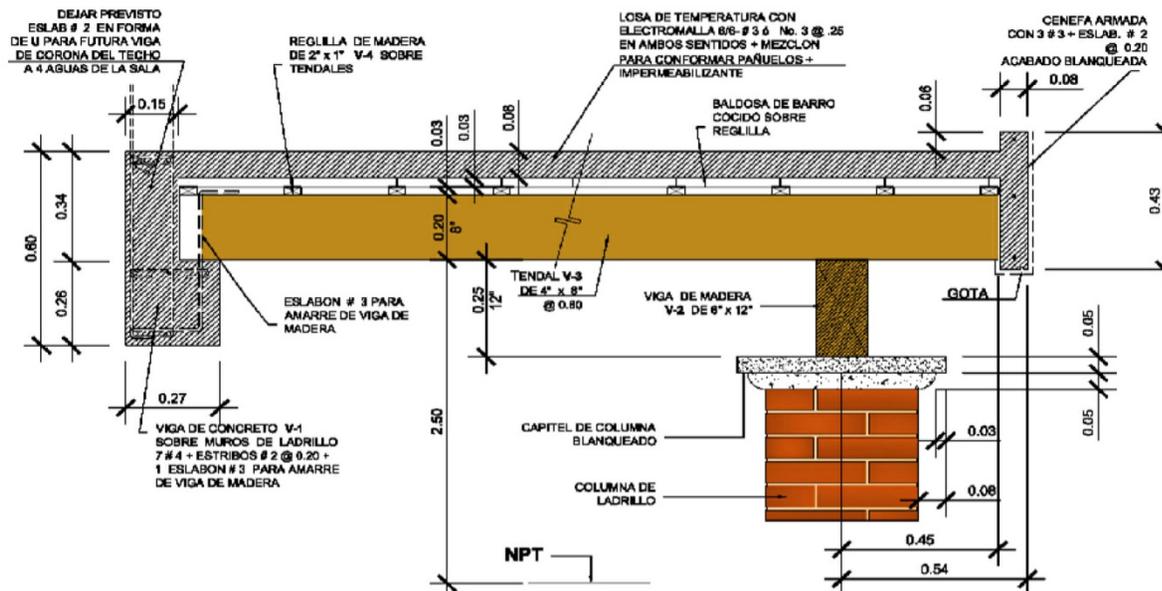


**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**  
**FACULTAD DE ARQUITECTURA**  
**LUIS JOSE ORTIZ GARCIA**



**VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES, EN ARQUITECTURA**

**GUATEMALA DE LA ASUNCION, NOVIEMBRE 2008**

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA  
FACULTAD DE ARQUITECTURA**

**VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS  
HABITACIONALES, EN ARQUITECTURA**

**TESIS**

**Presentada a La Honorable Junta Directiva de la Facultad de Arquitectura  
POR**

**Luis José Ortiz García  
Al conferírsele el título de**

**ARQUITECTO**

Guatemala de la Asunción, Noviembre del 2008

**UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA**

## **Acto que Dedico:**

### **A Dios:**

Uno, solo y único que guía mis pasos y todo lo que hago. Le reconozco y le doy gracias por la sabiduría, fortaleza y fe; gracias por todo lo que tengo y lo que soy.

### **A mis padres:**

José Ortiz (+) y Rosaura García por darme los valores sólidos del bien, sus buenos consejos y aliento. Ejemplo de vida.

### **A mis hermanas:**

Aura Miriam y Rosario por su apoyo incondicional y paciencia durante mi carrera.  
Éxitos para ustedes también.

### **A mi sobrino:**

Alfredo José, razón de mi vida y éxitos en un futuro cercano.

### **A mis amigos:**

Todos personas especiales y por su larga amistad.

A la Universidad de San Carlos de Guatemala y la Facultad de Arquitectura, casa de estudios.

**VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA**

## **TESIS PRESENTADA A:**

### **Junta Directiva:**

Decano: Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario: Arq. Alejandro Muñoz Calderón

Vocal I: Arq. Sergio Mohamed Estrada Ruiz

Vocal II: Arq. Efraín de Jesús Amaya Caravantes

Vocal III: Arq. Carlos Enrique Martini Herrera

Vocal IV: Br. Carlos Alberto Mancilla Estrada

Vocal V: Secretaria Liliam Rosana Santizo Alva

### **Terna Examinadora:**

Decano: Arq. Carlos Enrique Valladares Cerezo

Secretario: Arq. Alejandro Muñoz Calderón

Examinador: Arq. Sergio Mohamed Estrada Ruiz

Examinador: Arq. Alfredo Neutze Aycinena

Examinador: Arq. Hugo R. Armas

### **Asesor de tesis:**

Examinador: Arq. Mohamed Estrada Ruiz

### **Consultores:**

Arq. Alfredo Neutze Aycinena

Arq. Hugo R. Armas

### **Sustentente:**

Luis José Ortiz García

## **VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES EN ARQUITECTURA**

# ÍNDICE

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>CAPÍTULO I</b>	<b>1</b>
<b>MARCO INTRODUCTORIO</b>	<b>1</b>
<b>GENERALIDADES</b>	<b>1</b>
1.1 Antecedentes	1
1.2 Justificación	1
1.3 Objetivos	2
1.3.1 Generales	2
1.3.2 Específicos	2
1.4 Delimitación del Problema	3
1.5 Referente Teórico	3
1.6 Metodología	4
<b>CAPITULO II</b>	
<b>MARCO LEGAL</b>	
<b>ASPECTOS LEGALES</b>	
<b>MARCO LEGAL</b>	
2.1 Instancias legales que intervienen en el aspecto legal sobre el tema de la madera	5
1. Reglamento del INAB	5
2. Acuerdos de Paz	5
3. Contexto y Marco Legal Gubernamental	5
4. Propiedad de los Bosques	6
5. Mecanismos Financieros	6
6. Competencia	7
2.2 REGLAMENTOS DE CONSERVACIÓN DE BOSQUES	8
2.3 REGLAMENTOS Y LEYES SOBRE DISEÑO EN MADERA EN GUATEMALA	9
<b>CAPITULO III</b>	
<b>MARCO TEÓRICO</b>	
<b>LA MADERA</b>	
3.1 EVOLUCIÓN DEL USO DE LA MADERA	10
<b>MARCO CONCEPTUAL</b>	10
Prehistoria	10
Historia	10
Generalidades	10
Épocas - Edad Antigua-Media	10

<b>3.2</b>	<b>UTILIZACION DE LA MADERA EN NUESTRO MEDIO</b>	<b>11</b>
	Época Pre-Hispánica	11
	Época Colonial	11
	Época Contemporánea	11
<b>3.3</b>	<b>SITUACIÓN ACTUAL DE LA MADERA EN GUATEMALA</b>	<b>12</b>
<b>3.4</b>	<b>ANTES DE DESCRIBIR LAS CARACTERÍSTICAS DE LAS MADERAS NACIONALES, ES CONVENIENTE ANOTAR ALGUNAS CONSIDERACIONES Y RECONOCIMIENTO ACERCA DE LOS PRODUCTOS FORESTALES</b>	<b>13</b>
<b>3.4.1</b>	Desarrollo, composición y estructura de la madera	<b>13</b>
<b>3.4.2</b>	Maderas blandas	<b>13</b>
	Maderas duras	<b>13</b>
<b>3.4.3</b>	Estructura del árbol	<b>13</b>
<b>3.5</b>	Estructura y composición de la madera	<b>14</b>
<b>3.5.1</b>	Propiedades de las maderas	<b>15</b>
<b>3.5.1.1</b>	Densidad y peso específico	<b>15</b>
<b>3.5.1.2</b>	Peso propio	<b>15</b>
<b>3.5.1.3</b>	Contenido de humedad en la madera	<b>15</b>
<b>3.5.1.4</b>	Propiedades térmicas	<b>15</b>
<b>3.5.1.5</b>	Propiedades eléctricas	<b>16</b>
<b>3.5.1.6</b>	Propiedades acústicas	<b>16</b>
<b>3.5.1.7</b>	Tenacidad de la madera	<b>16</b>
<b>3.6</b>	<b>TIPOS DE MADERA</b>	<b>17</b>
<b>3.6.1</b>	<b>Caoba</b>	<b>17</b>
<b>3.6.2</b>	<b>Cedro</b>	<b>18</b>
<b>3.6.3</b>	<b>Cenicero</b>	<b>19</b>
<b>3.6.4</b>	<b>Chichipate</b>	<b>20</b>
<b>3.6.5</b>	<b>Ciprés</b>	<b>21</b>
<b>3.6.6</b>	<b>Conacaste</b>	<b>22</b>
<b>3.6.7</b>	<b>Palo Volador</b>	<b>23</b>
<b>3.6.8.1</b>	<b>Pino (Pinus pseudostrobus)</b>	<b>24</b>
<b>3.6.8.2</b>	<b>Pino (Pinus ayacahuite)</b>	<b>25</b>
<b>3.6.8.3</b>	<b>Pino (Pinus caribea)</b>	<b>26</b>
<b>3.6.8.4</b>	<b>Pino ( Pinus montezumae)</b>	<b>27</b>
<b>3.6.8.5</b>	<b>Pino (Pinus oocarpa)</b>	<b>28</b>
<b>3.6.8.6</b>	<b>Pino (Pinus rudis)</b>	<b>29</b>
<b>3.6.8.7</b>	<b>Pino (Pinus strobus chiapensis)</b>	<b>30</b>
<b>3.6.8.8</b>	<b>Pino (Pinus tenuifolia)</b>	<b>31</b>
<b>3.7</b>	<b>Propiedades Mecánicas de las Maderas</b>	<b>32</b>
<b>3.7.1</b>	<b>Métodos de prueba</b>	<b>32</b>
<b>3.7.2</b>	<b>Flexión estática</b>	<b>32</b>
<b>3.7.3</b>	<b>Módulo de ruptura</b>	<b>33</b>
<b>3.7.4</b>	<b>Flexión por impacto</b>	<b>33</b>
<b>3.7.5</b>	<b>Compresión</b>	<b>33</b>
<b>3.7.6</b>	<b>Tensión</b>	<b>34</b>

<b>3.8</b>	<b>Esfuerzos Básicos para Maderas Guatemaltecas, Verde o Poco Sazonada</b>	<b>35</b>
<b>3.8.1</b>	<b>Esfuerzos Básicos</b>	<b>36</b>
<b>3.8.2</b>	<b>Grados Estructurales de las Maderas Guatemaltecas</b>	<b>37</b>
<b>3.8.3</b>	<b>Esfuerzos Básicos de Trabajo Maderas Tipo “A”</b>	<b>38</b>
<b>3.8.4</b>	<b>Esfuerzos Básicos de Trabajo Maderas Tipo “B”</b>	<b>39</b>
<b>3.8.5</b>	<b>Esfuerzos Básicos de Trabajo Maderas Tipo “C”</b>	<b>40</b>
<b>3.8.6</b>	<b>Esfuerzos Básicos de Trabajo Maderas de Especies del Pino</b>	<b>41</b>
<b>3.9</b>	<b>Factores que Inciden en el Comportamiento y Resistencia de la Madera</b>	<b>42</b>
<b>3.9.1</b>	<b>Peso específico y contenido de humedad</b>	<b>42</b>
<b>3.9.2</b>	<b>Defectos naturales</b>	<b>42</b>
<b>3.9.2.1</b>	<b>Rapidez de crecimiento</b>	<b>43</b>
<b>3.9.2.2</b>	<b>Nudos</b>	<b>43</b>
<b>3.9.2.3</b>	<b>Desviaciones en la dirección de fibras</b>	<b>44</b>
<b>3.9.2.4</b>	<b>Maderas de reacción</b>	<b>44</b>
	A. Madera Comprimida en Maderas Blandas	<b>44</b>
	B. Madera de Tensión en Maderas Duras	<b>44</b>
<b>3.9.2.5</b>	<b>Bolsa de resina</b>	<b>45</b>
<b>3.9.2.6</b>	<b>Rajaduras, reventaduras y grietas</b>	<b>45</b>
<b>3.10</b>	<b>Defectos Artificiales</b>	<b>46</b>
<b>3.10.1</b>	<b>Inclinación de la fibra</b>	<b>46</b>
<b>3.10.2</b>	<b>Gemas</b>	<b>46</b>
<b>3.10.3</b>	<b>Fracturas o rajaduras</b>	<b>46</b>
<b>3.11</b>	<b>Defectos Producidos por Volteo del Árbol y por Deficiencias del Estibado y Secado</b>	<b>47</b>
	a) Alabeo	<b>47</b>
	b) Colapso	<b>47</b>
	c) Apanalamiento	<b>47</b>
	d) Agujeros	<b>47</b>
<b>3.11.1</b>	<b>Pudrición y decaimiento</b>	<b>47</b>
<b>3.12</b>	<b>Preservación y Conservación</b>	<b>48</b>
<b>3.12.1</b>	<b>Medio ambiente</b>	<b>48</b>
<b>3.12.2</b>	<b>Intemperismo</b>	<b>48</b>
<b>3.12.3</b>	<b>Fuego</b>	<b>48</b>
<b>3.13</b>	<b>Desecación de la Madera</b>	<b>49</b>
<b>3.13.1</b>	<b>Desecación natural</b>	<b>50</b>
<b>3.13.2</b>	<b>Desecación artificial</b>	<b>50</b>
<b>3.14</b>	<b>Duración y Tipos de Cargas</b>	<b>51</b>
<b>3.14.1</b>	<b>Duración y tipo de carga</b>	<b>51</b>
<b>3.14.2</b>	<b>Fatiga</b>	<b>51</b>
<b>3.15</b>	<b>Temperatura, Flujo y Relajación</b>	<b>52</b>
<b>3.15.1</b>	<b>Conservación y protección de la madera</b>	<b>53</b>
<b>3.15.2</b>	<b>Agentes orgánicos deterioradores de la madera</b>	<b>53</b>
<b>3.15.3</b>	<b>Hongos</b>	<b>53</b>
	a) Cantidad de alimento	<b>53</b>

	b) Grado de humedad	53
	c) Una pequeña cantidad de aire	53
	d) Temperatura	53
<b>3.15.4</b>	<b>Insectos perforadores</b>	<b>54</b>
	a) Termitas o polilla subterráneas	54
	b) Termitas o polilla de madera seca	54
<b>3.16</b>	<b>Combustión de la Madera</b>	<b>55</b>
<b>3.16.1</b>	<b>Protección de las maderas</b>	<b>55</b>
<b>3.16.2</b>	<b>Impregnación, penetración y retención</b>	<b>55</b>
<b>3.16.3</b>	<b>Preservadores</b>	<b>55</b>
<b>3.17</b>	<b>En nuestro país se utilizan preservadores a base de creosota, pentaclorofenol y las llamadas sales “CCA”, que son compuestos de cobre, principalmente</b>	<b>56</b>
	a) La creosota	56
	b) El pentaclorofenol	56
	c) Sales CCA	56
<b>3.17.1</b>	<b>Métodos de tratamiento</b>	<b>56</b>
<b>3.17.1.1</b>	<b>Métodos a presión</b>	<b>57</b>
	a) Proceso de célula llena	57
	b) Proceso de célula vacía	57
<b>3.17.1.2</b>	<b>Método de doble vacío</b>	<b>57</b>
<b>3.17.1.3</b>	<b>Método sin presión</b>	<b>57</b>
	a) Por inmersión	57
	a).1 Inmersión en frío	57
	a).2 Inmersión en caliente	57
	b) Por baño	58
	c) Por aceites y pinturas	58
	<b>Ventajas y desventajas de la madera respecto a otros materiales constructivos</b>	<b>59</b>

## **CAPITULO IV**

### **Marco Referencial**

### **DISEÑO DE VIGAS**

<b>4.1</b>	<b>Diseño de Elementos Estructurales en madera</b>	<b>60</b>
<b>4.1.1</b>	<b>Diseño por esfuerzos permisibles</b>	<b>60</b>
<b>4.1.2</b>	<b>Diseño por resistencia (última)</b>	<b>60</b>
<b>4.2</b>	<b>Funcionalidad</b>	<b>61</b>
<b>4.3</b>	<b>Tipos de carga</b>	<b>61</b>
<b>4.3.1</b>	<b>Las cargas muertas (CM)</b>	<b>61</b>
<b>4.3.2</b>	<b>Las cargas vivas (CV)</b>	<b>61</b>
<b>4.4</b>	<b>Cargas vivas mínimas uniformemente distribuidas</b>	<b>62</b>
<b>4.4.1</b>	<b>Fórmulas + Diagramas de Momentos y Corte, Tabla 4.4.1</b>	<b>63</b>
<b>4.4.2</b>	<b>Fórmulas + Diagramas de Momentos y Corte, Tabla 4.4.2</b>	<b>64</b>
<b>4.5</b>	<b>Tabla de Dimensiones Nominales Efectivas y Momentos de Inercia</b>	<b>65</b>

4.6	Planta de terraza	68
4.7	Detalle de estructura de la terraza	69
4.8	<b>Diseño de Vigas</b>	70
4.9	<b>Diseño</b>	72
4.9.1	<b>Aplicando fórmulas: Del momento</b>	73
4.9.2	<b>Aplicando fórmulas: De corte</b>	73
4.9.3	<b>En base al cálculo anterior</b>	74
4.9.4	<b>Diseño (Según tablas de la No. 3 a la No. 6)</b>	74
4.9.5	<b>Aplicando fórmulas: Del momento</b>	74
4.10	<b>Chequeo con todas las maderas estudiadas en base al ejemplo dado</b>	75
4.11	<b>Chequeo por deflexión</b>	76
4.11.1	<b>Deflexión en <math>\Delta X_1</math></b>	76
4.11.2	<b>Deflexión en <math>\Delta X</math></b>	76
4.11.3	<b>Comparación de <math>\Delta</math> permisibles</b>	77
<b>CAPITULO V</b>		
<b>DETALLES</b>		
5.1	<b>Dibujos de Detalles</b>	78
5.2	<b>Dibujos y Fotografías de Detalles</b>	79
5.3	<b>Dibujos y Fotografías de Detalles</b>	80
5.4	<b>Fotografías de Detalles</b>	81
<b>CONCLUSIÓN GENERAL</b>		82
<b>RECOMENDACIÓN</b>		83
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>		84
<b>GLOSARIO</b>		86
<b>ANEXOS</b>		
	<b>Anexo No. 1 Reglamentos y Artículos del INAB</b>	88
	<b>Anexo No. 2 Nudos</b>	92
	<b>Anexo No. 3 Especies Existentes en Guatemala</b>	98
	<b>Anexo No. 4 Tablas de conversiones</b>	101
	<b>Anexo No. 5 Cuestionario</b>	104

## Introducción:

Actualmente se ha relegado el empleo de vigas de madera en la construcción por la falta de documentos que reúnan información completa y detallada para su diseño y utilización.

Por el lado investigativo “No se incentiva la participación del estudiante en el proceso de investigación científica sobre temas específicos,..... no se vincula al estudiante con el proceso tecnológico constructivo, que permita conocer o aplicar en los distintos cursos de estructuras, los conceptos de este tipo, así como sus detalles”.<sup>1</sup>

Esta misma subutilización de las vigas de madera como alternativa constructiva, que conlleva una mejor percepción del entorno tanto, interno como externo de ambientes habitacionales en donde se emplea, generando vistas agradables y que a la vez enmarca nuestro contexto socio-económico; ha sido una de las causas del desplazamiento por el uso de otros materiales.

1.- Néstor Iván Arana Archila

Techos de madera en proceso de ejecución constructiva de artesones, terraza española y pérgolas.

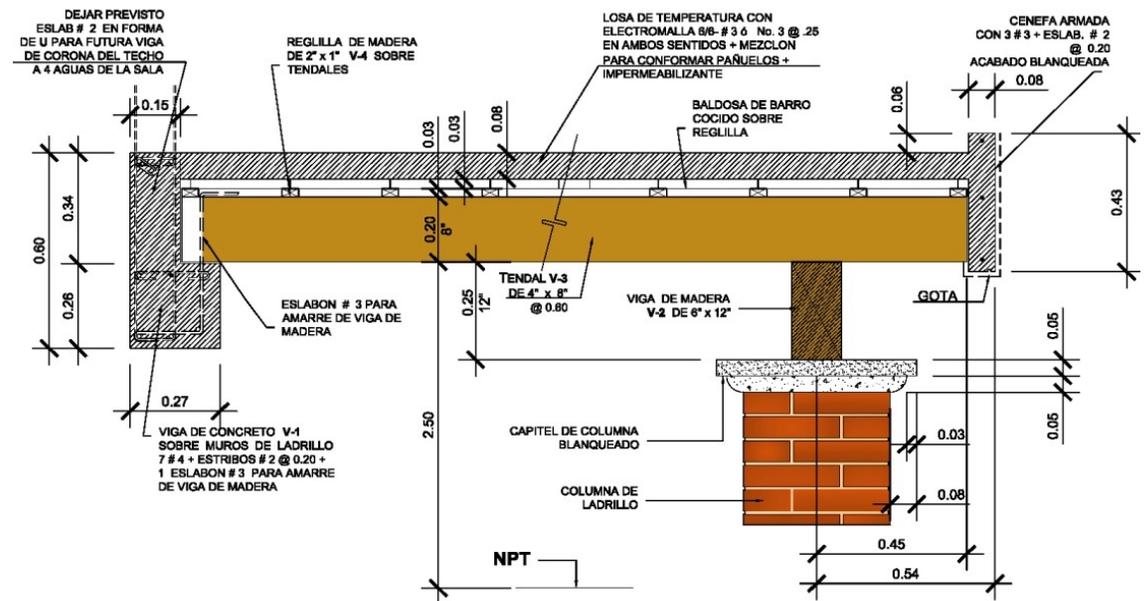
Tesis de Arquitectura USAC 2007

Foto No. 1

Buen empleo de la madera en estructura.



# CAPITULO I GENERALIDADES



I

VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES, EN ARQUITECTURA.

## Capítulo I Marco Introdutorio Generalidades

### 1.1 Antecedentes:

Desde los inicios de la humanidad la madera ha sido empleada para albergar al hombre, pues desde el uso de los troncos de árboles y sus ramas para cobijarse de la intemperie, luego con el uso de solo las ramas usadas como tendales cubiertas con pieles; seguidamente para conformar chozas y así sucesivamente su empleo ha servido para dar albergue, incluso antes del empleo de la piedra con otros materiales; la madera ha sido aprovechada en la construcción, es por eso que es uno de los materiales más valiosos para la construcción en general, debido que se le puede cortar y dar forma fácilmente, siendo una materia prima muy popular desde hace miles de años.

Sin embargo en nuestro país, ha ido sustituyéndose por el empleo de otros dejándolo en un segundo plano, siendo en la actualidad su empleo en el área central y centros urbanos puramente decorativos, empleándose mayormente para zócalos, recubrimientos, etc..

“Resulta paradójico que mientras en otros países altamente desarrollados económica y tecnológicamente, las edificaciones en madera siguen ocupando un lugar destacado en el quehacer constructivo de los mismos, en nuestro país se haya desestimado esa alternativa.”<sup>2</sup>

En nuestra nación, la madera debido a sus tipos, sus propiedades, características físico-mecánica-químicas y calidades que poseen; se le ha utilizado como material constructivo bastante aceptable, pero su aprovechamiento como tal no ha sido el más adecuado y tecnificado hasta la actualidad.

2.-Nelson Helero Lazo  
Arquitectura de madera,  
Período Colonial

Foto No.2  
Empleo racional de la madera  
en una construcción.



### 1.2 Justificación:

La madera, es un material constructivo noble de poco uso técnico; por sus propiedades físico-mecánicas que posee y que existe en nuestro medio, que además; por ser natural ayuda al equilibrio ecológico del país.

Este estudio, además de ser un requisito académico pretende ser un documento que busca: estudiar y describir a las vigas de madera para aportar y dar soluciones viables en su empleo racional y ecológico como material de construcción producido e industrializado en nuestro medio. Siendo su uso puramente decorativo en la mayoría de sus aplicaciones en la actualidad.

Asimismo en Guatemala, en su búsqueda del desarrollo no se le ha dado su importancia como elemento constructivo de fácil aplicación, siendo poco explotado sin una mayor técnica y análisis.

Asimismo, falta estudios desde un punto de vista estructural en la arquitectura, y surge la idea de elaborar el documento “**Vigas de madera horizontales para proyectos habitacionales, en arquitectura**” que sirva de guía tanto a cursos dentro del pensum de la Facultad de Arquitectura, tales como los Construcción 1, 2 y 3, y Diseño Arquitectónico; en la facultad de Arquitectura.

## 1.3.- Objetivos:

### 1.3.1.- GENERALES

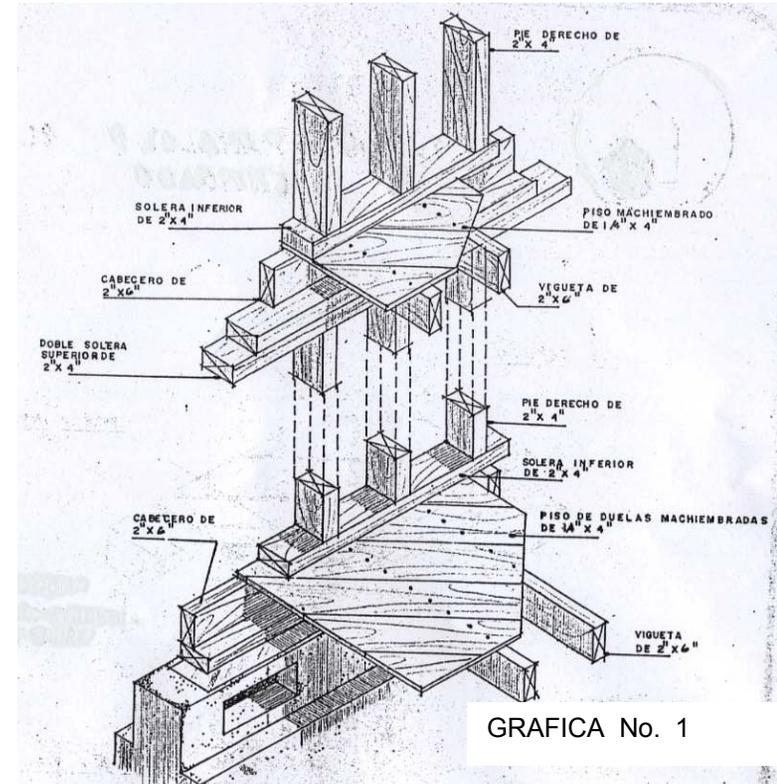
- Desarrollar un documento para el diseño en madera de elementos sometidos a flexión; tanto para proyectos habitacionales; y para espacios como pasillos, terrazas, entresijos, etc., donde se desarrollen actividades humanas, productivas, de descanso o religiosas; en edificaciones grandes, como fabricas, industrias o estructuras similares.

### 1.3.2.- ESPECIFICOS

- Desarrollar tablas de dimensionamiento, cálculo y graficas para el diseño de vigas horizontales.
- Optimizar detalles constructivos en donde se emplee estos elementos.



Foto No. 3



GRAFICA No. 1

Foto No. 3  
 Empleo racional de la madera en una construcción y a la vez de uso decorativo  
 Grafica No. 1  
 Fuente: "Arq. Hugo Armas"  
 Folleto "Detalles constructivos en Madera"  
 Curso Dibujo Constructivo I

USAC 1984

## 1.4 Delimitación del Problema:

### DELIMITACION DEL PROBLEMA

#### 1.4.1

##### a) En lo didáctico;

Se iniciara con la descripción de las propiedades físico-mecánicas de las maderas más accesibles al mercado en Guatemala, para su uso en vigas.

#### 1.4.2

##### a) En el contexto legal:

Se analizarán las leyes vigentes propuestas para el uso de la madera en nuestro país.

#### 1.4.3

##### b) En lo geográfico

Se enmarcara dentro del departamento de Guatemala y las áreas urbanas circunvecinas

#### 1.4.4

##### c) Dentro del contexto social:

Se estudiara el entorno donde se puede emplear como alternativa constructiva.

## 1.5 Referente Teórico:

La madera nacional, debido a sus tipos, sus propiedades, características físico-mecánicas y buena calidad, luego de un proceso transformativo, que inicia en el corte hasta hacerla llegar a un punto de utilización manejable por el hombre la hace ser un elemento, no solo de fácil manejo sino de agradable presentación y colorido, además de ser un recurso renovable que si es bien explotado ayuda enormemente a la ecología de las regiones donde se le halle.

Mi propuesta esa enmarcada únicamente dentro del área de estudio de estructuras, para el desarrollo de tablas de dimensionamiento de tablas de vigas de madera horizontales (elementos sometidos a flexión).



Grafica No. 2.

Áreas boscosas de Guatemala.

Fuente: Programa Google Earth, 2008

## 1.6 Metodología:

<b>M E T O D O L O G I A</b>					
<b>ENFOQUE</b>			<b>ASPECTO FORMAL</b>		
<b>FASE I</b>	<b>FASE II</b>	<b>FASE III</b>	<b>FASE IV</b>	<b>FASE V</b>	<b>FASE VI</b>
	INVESTIGACION	Contexto Geográfico	Premisas de diseño	Recopilación de detalles	Conclusiones
Antecedentes	De campo/visual Bibliográfica	Contexto Legal	Fórmulas matemáticas	Formulación de detalles	
Generalidades	Encuestas	Contexto Económico	Análisis Estructural		Optimización de detalles
Justificación	CONCEPTOS		Esquemas de vigas		
Objetivos	Características		Propuestas de diseño		
Delimitación del tema	Definiciones		Tablas de dimensionamiento		Bibliografía
	Glosarios				
	7 Tipos de madera				
	Tablas de propiedades de las maderas				

**VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES, EN ARQUITECTURA**

CAPITULO II  
MARCO LEGAL  
**ASPECTOS LEGALES**



II

VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA.

**2.1.- INSTANCIAS LEGALES QUE INTERVIENEN EN EL ASPECTO LEGAL SOBRE EL TEMA DE LA MADERA**

Dentro de estas instancias se pueden mencionar, dentro de un marco multidisciplinario las leyes, reglamentos y acuerdos que dan cuerpo al contexto legal que rige la explotación del recurso forestal en Guatemala, los cuales podemos observar en el siguiente cuadro según orden de importancia y jerarquía.

M A R C O  L E G A L	1.- REGLAMENTO DEL INAB  Instituto Nacional de Bosques	27 ARTICULOS
	2.- ACUERDOS DE PAZ	Estos establecen la participación conjunta del Estado con los Códigos Municipales que los faculta en forma autónoma para la Administración de sus Recursos Naturales, según la Ley Forestal de 1996 "Estos procesos responden a la necesidad de reducir la burocracia gubernamental y regular en forma más eficiente las actividades de manejo y control forestal" 3  3.- Acuerdos de Paz 1996, Artículo de Prensa Escrita Reproducción en Internet
	3.- CONTEXTO y MARCO LEGAL  GUBERNAMENTAL	El contexto legal está enmarcado por la Ley Forestal (Decreto 101-96) y la Ley de Áreas Protegidas (Decreto 4-89 y sus reformas 18-89, 110-96 117-97). Siendo responsable por la administración el CONAP y el INAB desde su creación en 1996, y tiene como su principal objetivo la reforestación y conservación de los bosques, como Emergencia Nacional con la ayuda de las Municipalidades de la localidad. Básicamente, el Marco Legal pretende contrarrestar el avance de la frontera agrícola frente a la pérdida del Bosque Natural, El uso de leña como carburante en cocinas de parte del sector indígena y la tala de maderas preciosas por depredadores contrabandistas. " Cabe mencionar que el porcentaje de reforestación es menor en comparación al área deforestada cada año" 4  4.- Datos del Instituto Nacional de Bosques <a href="http://www.inab.gob.gt/">http://www.inab.gob.gt/</a> Año 2000

## 2.1.2.- INSTANCIAS LEGALES QUE INTERVIENEN EN EL ASPECTO LEGAL SOBRE EL TEMA DE LA MADERA

M A R C O  L E G A L	4.- PROPIEDAD DE LOS  BOSQUES	<p>" En Guatemala, la propiedad de los bosques está ligada a la tierra: El dueño de la tierra es también el dueño del fuero forestal"<sup>5</sup> Los bosques nacionales, sin embargo los podemos subdividir en;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Bosques en tierras nacionales,</li> <li>2.- Bosques en tierras ejidales,</li> <li>3.- Bosques comunales,</li> <li>4.- Bosques en tierras de propiedad privada; y</li> <li>5.- Bosques en áreas protegidas;</li> </ol> <p>Siendo regidos por las normas y permisos otorgados por el Consejo Nacional de Áreas Protegidas (CONAP) y las Administraciones Municipales sobre el uso y manejo de tierras ejidales</p> <p>5.- Techos de madera, proceso de ejecución constructiva artesonado, Terraza Española y Pérgolas Néstor Iban Arana Archila Tesis de Arquitectura USAC. 2007</p>
	5.- MECANISMOS  FINANCIEROS	<p>El Financiamiento Municipal para la gestión forestal se basa en los siguientes puntos: A.- En el impuesto que se paga al conceder una licencia el INAB; que consiste en el 10% del valor de la madera en pie, del cual la municipalidad local goza de un 50% del total obtenido. B.- En los beneficios del Programa de Incentivos Forestales PINFOR. Este bajo la administración del INAB, su financiamiento es sobre el 1 % del presupuesto de ingresos ordinarios del Estado, programa desde 1997 al 2017. Este programa está orientado a fomentar la producción forestal sostenible con estímulo a inversiones de forestación-reforestación y manejo de bosques naturales; y C.- Ingresos Municipales siendo estos obtenidos por;</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1.- Impuestos sobre inmuebles, cobros de multas, etc.;</li> <li>2.- Por transferencias del gobierno;</li> <li>3.- Por préstamos y créditos;</li> <li>4.- Por servicios y licencias forestales;</li> <li>5.- A través del PINFOR y</li> <li>6.- Por aportes de Cooperación Internacional.</li> </ol>

**2.1.3.- INSTANCIAS LEGALES QUE INTERVIENEN EN EL ASPECTO LEGAL SOBRE EL TEMA DE LA MADERA**

**M  
A  
R  
C  
O  
L  
E  
G  
A  
L**

**6.- COMPETENCIA**

<b>CONFORMACION DE LA JUNTA DIRECTIVA DEL " INAB "</b>	
MINISTERIO DE AGRICULTURA, GANADERIA Y ALIMENTACION	<b>MAGA</b>
PRESIDENCIA	
MINISTERIO DE FINANZAS PUBLICAS	<b>MINFIN</b>
REPRESENTANTE+SUPLENT	
ASOCIACIÓN NACIONAL DE MUNICIPALIDADES	<b>ANAM</b>
REPRESENTANTE+SUPLENT	
ESCUELA NACIONAL CENTRAL DE AGRICULTURA	<b>ENCA</b>
REPRESENTANTE+SUPLENT	
<b>GREMIAL FORESTAL</b>	
REPRESENTANTE+SUPLENT	
ASOCIACION NACIONAL DE ORGANIZACIONES NO GUBERNAMENTALES DE LOS RECURSOS NATURALES, ECOLOGIA Y MEDIO AMBIENTE -	<b>ASOREMA</b>
REPRESENTANTE+SUPLENT	
<b>UNIVERSIDADES</b>	
REPRESENTANTE+SUPLENT	
<b>INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES- INAB</b>	
SECRETARIO+SUPLENT	
<b>FUENTE:</b> Información proporcionada por la: Secretaria de Junta Directiva del INAB 25/abril/2008 <a href="http://www.inab.gob.gt/">http://www.inab.gob.gt/</a>	

Los códigos Municipales tienen como función: a.- La integración territorial; b.- La participación voluntaria de sus habitantes para resolver problemas locales y c.- El que nos interesa, La participación a través de un representante de la Asociación Nacional de Municipalidades en la Junta Directiva del INAB. "Se resumen las competencias y responsabilidades de las Municipalidades con respecto a la Gestión Forestal local establecidas mediante varias leyes: Ley Forestal, Ley de Áreas Protegidas, Código Municipal, Ley de Protección y Mejoramiento del Medio Ambiente" 6

También están bajo su jurisdicción los ejidos Municipales que representan un área importante de tierras y bosques.

6.- Códigos y artículos del INAB-CINFOR  
Reglamento del Registro Nacional Forestal  
Diciembre 06 del año 2005



Bosque Mixto

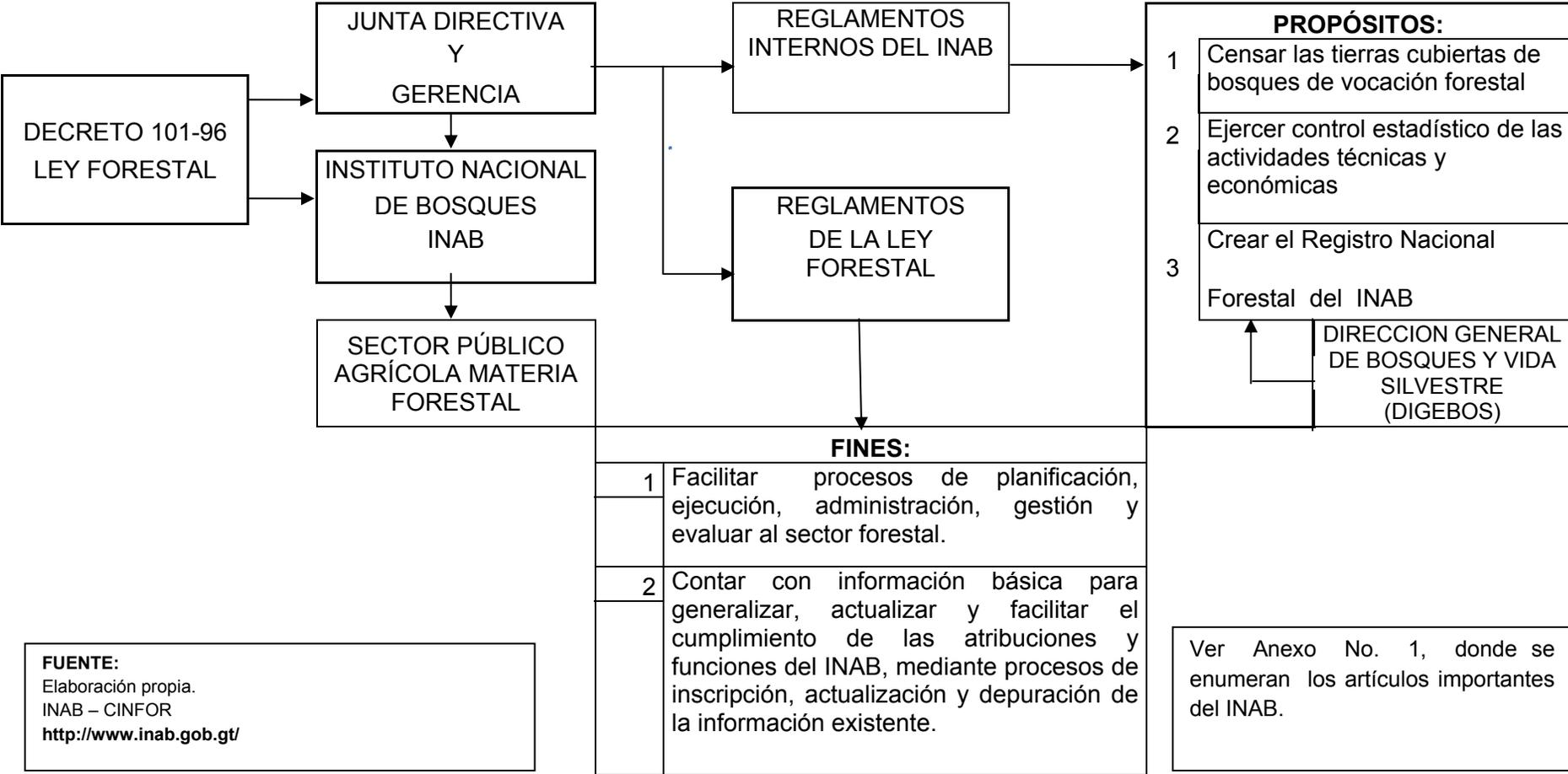


Bosque de Coníferas

**FUENTE:**  
**Galería de fotos del INAB**  
<http://www.inab.gob.gt/> Agosto 14 del 2008

## 2.2.- REGLAMENTOS DE CONSERVACIÓN DE BOSQUES

CREADO POR LA JUNTA DIRECTIVA DEL INSTITUTO NACIONAL DE BOSQUES, CON FECHA SEIS DE DICIEMBRE DEL AÑO DOS MIL CINCO. EN ACTA No. JD 43.2005, EN FOLIOS 1617 AL 1661 SE CREA EL REGLAMENTO DEL REGISTRO NACIONAL FORESTAL, RESOLUCIÓN 02.43.2005



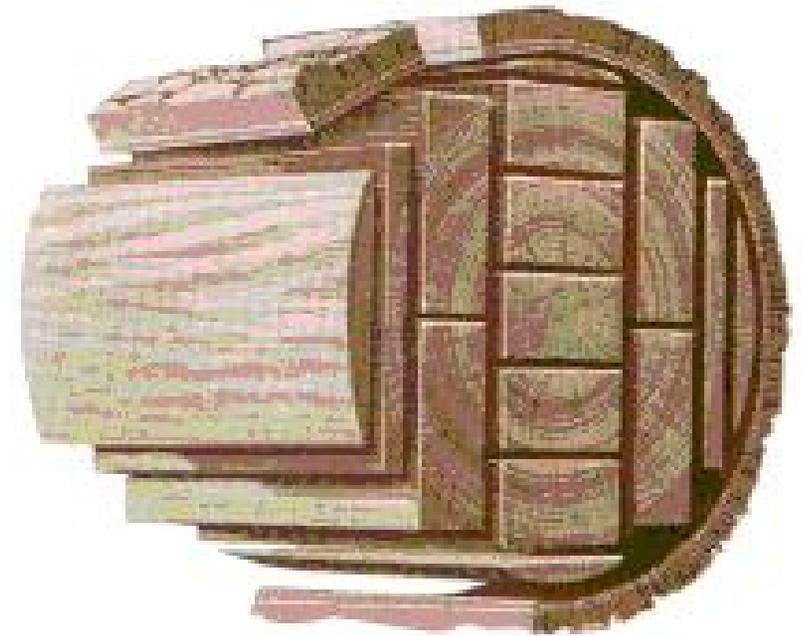
## 2.3.- REGLAMENTOS y LEYES SOBRE DISEÑO EN MADERA EN GUATEMALA

Actualmente en nuestro país se carece de reglamentos, leyes y estatutos que rijan el diseño estructural en madera. La gran mayoría de profesionales que diseñan estructuras en este material se basan en Reglamentos de origen foráneo, es decir, de origen norteamericano, sudamericano y mexicano, siendo del primer lugar antes mencionado de donde se toman los reglamentos que rigen los cálculos sobre estas estructuras de nuestro medio. Más aun en nuestra capital, siendo la Municipalidad de la Ciudad de Guatemala el ente; que vela por el cumplimiento de reglamentos sobre construcciones en general, esta carece de un normativo o restricción que rija sobre este tipo de construcción.

La única institución que se ha encargado de estudiar las propiedades y características de las maderas nacionales ha sido el Laboratorio de Materiales de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de San Carlos de Guatemala, que es de donde proceden la mayoría de los datos que se resume; las tablas de propiedades mecánicas y físicas de las especies de forestales de nuestro país; que más adelante se muestran y enumeran, y son precisamente de donde se tomaran los datos para calcular el ejemplo que posteriormente se plantearan en este documento.

Los profesionales estructurales que calculan estructuras en madera se basan entre otros, en los siguientes **Reglamentos**: American National Standard Building Code, American National Standards Institute (ANSI), Basic Building Code, Building Officials and code Administrators International, Standard Building Code, Southern Building Code Congress y el Uniform Building Code, International Conference of Building Officials; y los **Códigos de diseño** que se toman: Building Code Requirements for Reinforced Concrete, American Concrete Institute ( ACI ); Manual of Steel Construction, American Institute of Steel Construction ( AISC ); PCI Design Handbook, Prestressed Concrete Institute ( PCI ); Standard Specifications for Highway Bridges, American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO), Timber Construction Manual, American Institute of Timber Constructions (AITIC); Manual for Railway Engineering, American Railway Engineering Association ( AREA ). Standard Methods for Establishing Clear Wood Strength Values; Wood Engineering, Southern Forest Products Association; Diseño y construcción de estructuras de madera, Instituto de Ingeniería (UNAM); entre otros.

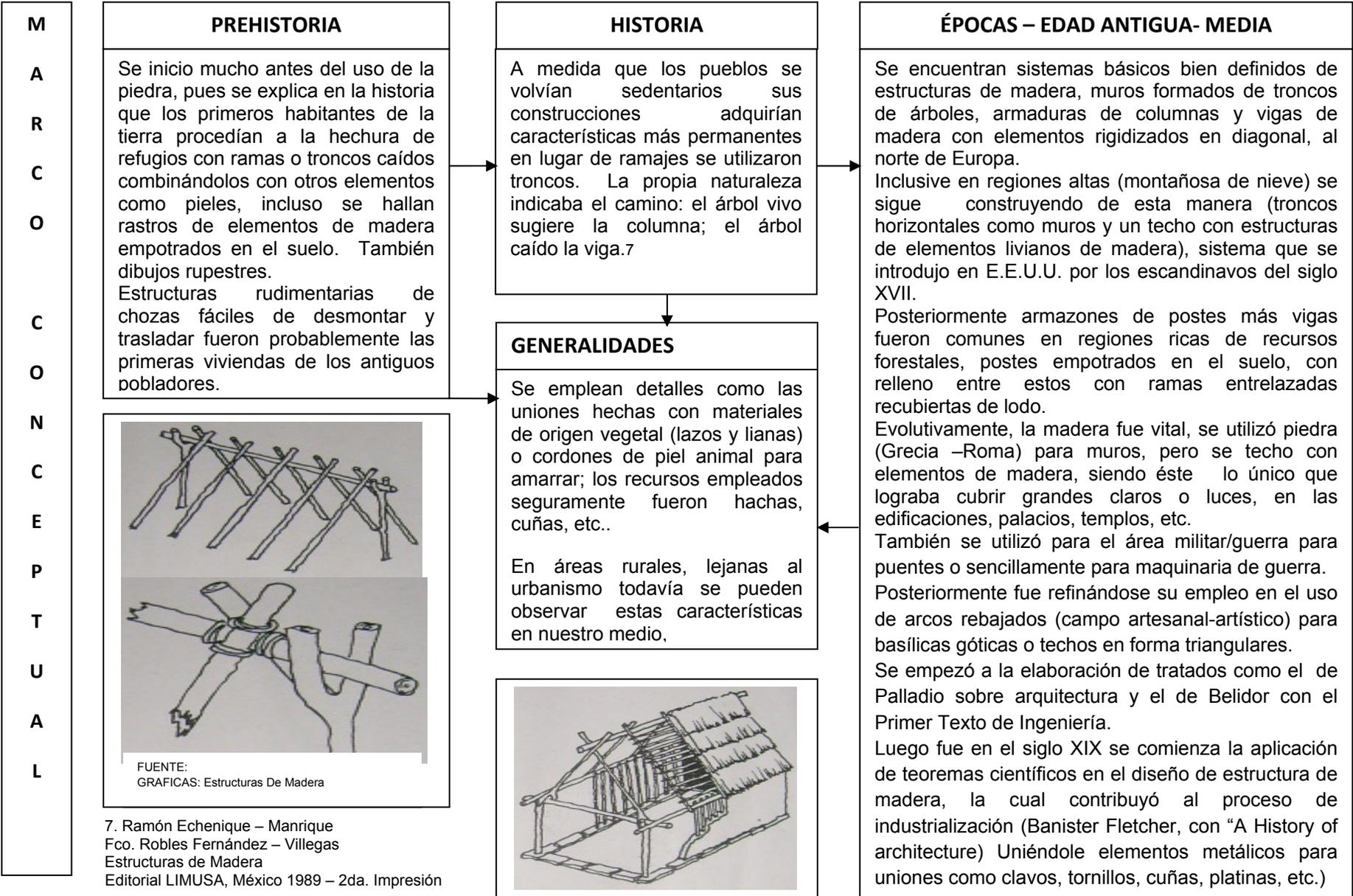
CAPITULO III  
MARCO TEORICO  
**LA MADERA**



III  
VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA.

### 3.1.- Evolución del uso de la Madera

A continuación se hace una breve reseña de la utilización que el hombre ha dado a la madera como material de construcción.



### 3.2.-Utilización de la madera en nuestro medio:

**3.2.1.- ÉPOCA PRE-HISPANICA**

Las culturas que se desarrollaron en nuestro suelo tenían viviendas chozas de forma redonda (cónica), luego edificaron grandes templos de piedra de gran altura y con chozas en las cúspides y de forma rectangular donde vivían los monarcas –clase noble y sacerdotes, específicamente la Cultura Maya. Las chozas o ranchos nombre común en nuestro medio, eran de madera con cuatro postes los de las esquinas y vigas uniéndose con amarres de material vegetal, usualmente los elementos eran palos rollizos, posteriormente a la piedra la unieron con la madera para hacer dinteles de maderas duras, los cuales fueron tallados transformándose en elementos decorativos, Piedras Negras en El Petén.



**3.2.2.- ÉPOCA COLONIAL**

Los colonizadores a su llegada encuentran una tierra rica de recursos forestales y con una cultura de larga tradición de construcción de casas, chozas y ranchos con elementos de madera más piedra. Así pues con los conocimientos nuevos las edificaciones fueron construidas con técnicas de su país de origen. Mientras fueron conquistadas las regiones fue necesaria la edificación de una Ciudad Capitania, siendo la primera, por las constantes luchas de conquista construcciones de tipo provisional con materiales de madera (palos rollizos), cañas y ramas o palmas. Debido a las luchas de ese entonces fue necesario un primer traslado de la ciudad hacia una región que carecía de la piedra, lo cual condujo al empleo de adobe en muros de gran espesor con techos y algunas veces entrepisos formados de armaduras de madera. Comenzándose a la construcción de satisfacción espiritual. Con el destroz de esta segunda ciudad por la correntada-inundación, fue necesario un segundo traslado al hoy Valle de Panchoy (hoy Antigua Guatemala), esto unido a la mayor llegada de españoles se construyeron más casas modestas de adobe-madera y cañas aunado a la abundancia del recurso maderil de la región, hasta mediados del siglo XVII. Las edificaciones de mayor volumen como iglesias y conventos-monasterios fueron techados con elementos-armaduras de madera recubiertos con otros elementos de material de fácil elaboración y existencia en el medio como lo fue la teja de barro cocido. En éstas últimas se fueron tallándose las vigas y se hicieron techos inclusive con tableros, pudiéndose encontrar éstos con descripciones o detalles mudéjares, artesanados y los llamados techos de nombre terraza española. La madera luego fue sustituida por bóvedas de mampostería debido a los terremotos y temblores de esa época.

**3.2.3.- ÉPOCA CONTEMPORÁNEA**

Por daños causados por los terremotos de Santa Marta en los siglos XVII y XVIII en la ciudad de Santiago de Guatemala, se hizo un nuevo traslado hacia el Valle de la Ermita siendo este sitio donde permanece actualmente la ciudad capital y tal como era en ese momento del traslado en la arquitectura popular la madera llegó a adquirir cierta importancia en algunas regiones tanto a nivel de la ciudad principal como en las áreas alejadas al núcleo del poder administrativo, siendo un sistema constructivo todavía muy utilizado el llamado de terraza española. Se utilizo, muros de adobe, tijeras de madera y techos con lámina de sinc, incluso el inicio de muros de bajareque. Estos sistemas constructivos perduraron inclusive en este último asentamiento hasta finales del siglo XIX cuando se introduce el refuerzo de acero como material estructural y nuevas tecnologías más resistentes y comunes.



### 3.3.-Situación actual de la madera en Guatemala

La madera es uno de nuestros principales recursos naturales forestales y es sin embargo tan común que no le prestamos la debida atención, y es ella probablemente la materia prima más importante por ser un recurso renovable. Ha de tenerse en cuenta que así como son bastantes las maderas que reúnen requisitos aceptables de durabilidad aún sin tratamiento especial siempre que se protejan de la intemperie con un método artificial renovado periódicamente, alarga la vida útil de este material, y si este método es de tratamiento a presión el deterioro y pudrición se alejan indefinidamente. Más adelante veremos los métodos de tratamiento de preservación de las maderas.

Hay actualmente varios factores que restringen el uso de la madera en la construcción como elemento estructural.

Dentro de los factores que dificultan su empleo podemos mencionar entre otros:

3.3.1 Falta de investigación tecnológica especializada para maderas tropicales, son pocos los laboratorios y personas en éste campo. La mayoría de la información y los criterios utilizados para el diseño en madera se basan en resultados con maderas coníferas de otras latitudes. Los textos y manuales en su mayoría provienen de países que utilizan las coníferas en los elementos estructurales de diseño. La diferencia es el comportamiento de los elementos por las constituciones anatómicas de las maderas antes mencionadas y las propias de nuestro medio.

3.3.2 Heterogeneidad de nuestros bosques, pues en el país existen más de un centenar de especies forestales (ver Anexo 3, Cuadro del INAB de las especies maderables en Guatemala), lo que conlleva una gran oferta de las características dependiendo de la región donde se halle el árbol; sería necesaria una agrupación de especies de acuerdo con su resistencia.

3.3.3 Falta de técnicas de diseño adaptadas a nuestras maderas. Los cálculos estructurales de las mismas varían entre coníferas de otras latitudes y las nuestras. En el área rural los criterios de diseño se basan en experiencias personales, empíricas y visuales.

3.3.4 Falta de infraestructura industrial apropiada, la escasa investigación forestal y los pocos requerimientos cualitativos y cuantitativos del mercado local como elementos estructurales, la industria maderera es modesta e insuficiente, caracterizándose por ser selectiva en el número de especies procesadas. Es escaso el número de métodos de preservación y secado dándose primordialmente solo en el área metropolitana del país. Por los factores antes acotados han impedido la incorporación de otras especies al mercado.

3.3.5 La falta de aceptabilidad de la vivienda de madera debido a los factores socio-económicos. Se hace notorio el rechazo de la población a éste tipo de construcción por razones o problemas de incendios y durabilidad aunado a la inseguridad actual, lo cual incide negativamente, más la falta de un sector técnico y financiero que responda a las inquietudes y demandas del usuario respecto al sector vivienda.

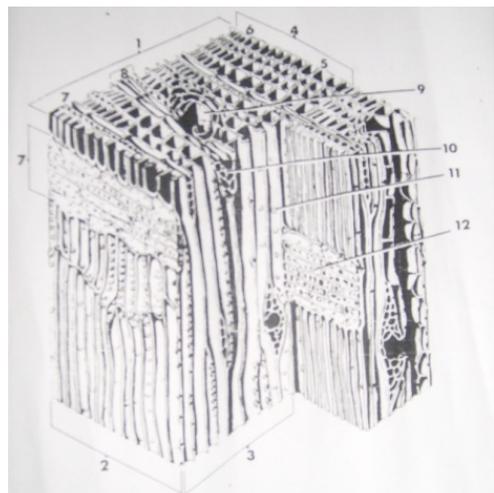


FUENTE: FOTO No. 4  
Foto propia del interior del país, Guatemala

### 3.4.- Antes de describir las características de las maderas nacionales, es conveniente anotar algunas consideraciones y reconocimiento acerca de los productos forestales.

#### 3.4.1.- DESARROLLO, COMPOSICIÓN Y ESTRUCTURA DE LA MADERA

Las maderas se dividen en dos grupos: las maderas blandas y las duras. Estos dos grupos es solo una forma conveniente de dividir a las maderas de acuerdo a su estructura celular.



**MADERAS BLANDAS**  
Figura No. 1

Figura No 1:  
Clases practicas sobre las propiedades de la madera  
A. N. Foulger. Depto. De Agricultura de los EEUU  
de América  
Servicio Forestal Laboratorio de Productos Forestales  
Figura No. 2: IDEM.

Figura No. 3: Manual de diseño para maderas del Grupo Andino  
Junta del Acuerdo de Cartagena. Pág. 1-9

#### 3.4.2.- MADERAS BLANDAS

Estas proceden de árboles de las familias de las coníferas y como característica principal podemos citar la forma de sus hojas: simples, lineales alternas u opuestas entre sí, o bien haces de dos a siete agujas las cuales llenan un vaina en su base la que puede ser caediza. Sus frutos generalmente son cónicos, los que pueden tener hasta 40 cms. de largo o bien conos globoso con el extremo de brácteas en forma de escudo. En unos casos este cono no existe y las semillas crecen en el extremo de una hoja modificada, como en el pino, pinabete y abeto.

#### MADERAS DURAS

Estas las conforman los árboles cuya característica son sus hojas anchas, como lo son la caoba y el cedro.

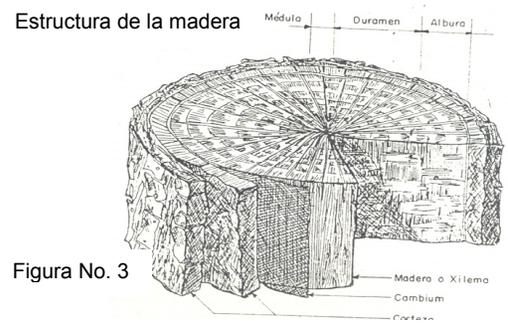
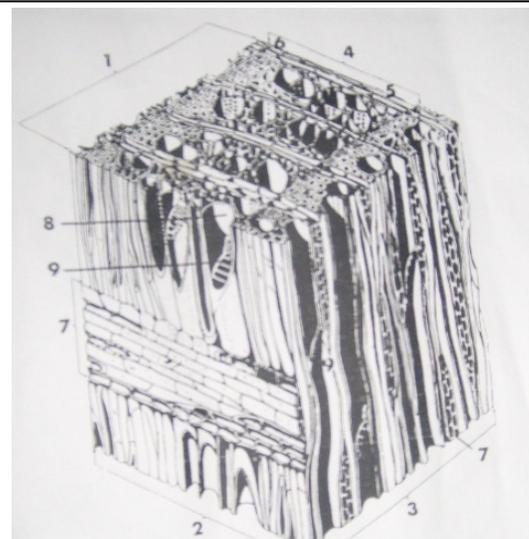


Figura No. 3

#### 3.4.3.- ESTRUCTURA DEL ÁRBOL

Está compuesto de tres partes: la raíces que tienen doble función; las de anclar o servir de cimiento a un árbol y la de absorber humedad y diversas sustancias minerales que son llevadas por el tronco hacia la corona. El tronco es el elemento intermedio que soporta la corona, y es a la vez, el que contiene y protege las células de crecimiento y es el que más nos interesa por ser esta parte la que se utiliza como madera. La corona cuya función consiste en transformar las sustancias alimenticias procedentes de las raíces y tronco.



**MADERAS DURAS**  
Figura No. 2

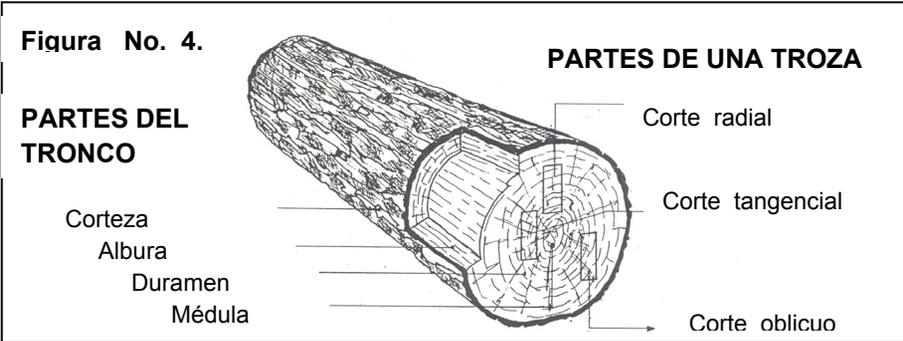
### 3.5.- ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LA MADERA:

De las tres partes del árbol antes mencionadas, las que nos importa es el tronco, donde se encuentran las células que conforman la madera, la cual es la que utilizamos en las edificaciones

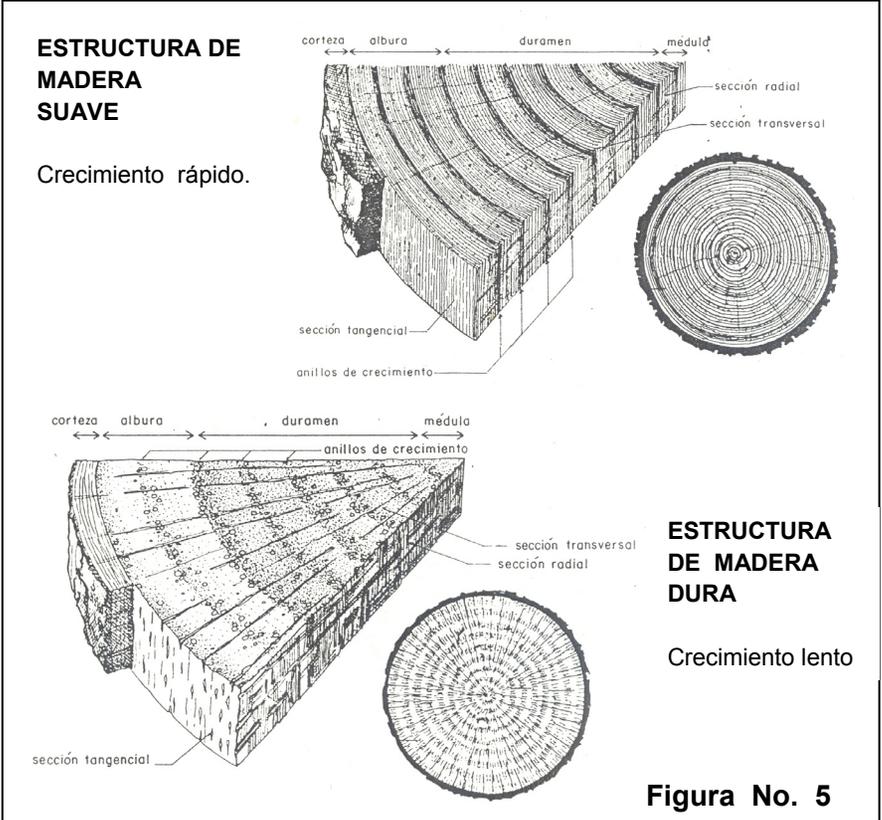
“Las maderas obtenidas de árboles cuyo crecimiento es lento, son generalmente las mejores. Esto se debe a que la madera que ha crecido lentamente, se ha hecho compacta.”<sup>7</sup>

Como sustancia viva está constituida por células tubulares de forma rectangular. Sus paredes están formadas por varias capas de celulosa y lignina. Las celulosas están unidas entre sí formando una cadena constituyendo la estructura base de las paredes de las células. Por su parte la lignina es el cementante que une la celulosa y rigidiza el conjunto. En proporción de 2 a 1, éstas definen las características mecánicas de la madera. Otras sustancias componen estas estructuras y son las que otorgan las características de olor, color y sabor, influyen en su impermeabilidad y durabilidad inclusive.

De la posición de las células en la madera blanda o dura suele hablarse de tres caras: la transversal, la radial y la tangencial. Cara transversal es la superficie que queda a la vista al cortar a lo ancho el tronco de un árbol, y es donde se aprecian los anillos de crecimiento o anuales. Tanto la corteza como la madera se producen a partir de una capa de células vivas llamadas cambium. Cara radial o células de rayos por la forma en que están orientadas, es donde se almacena el material nutritivo y su función es la de unir las diferentes partes del tronco, la dimensión longitudinal de las células radiales se extienden en sentido horizontal del tronco de un árbol. Cara tangencial se puede ver la vista terminal o extremo de los radios. Ver Figura No. 4.

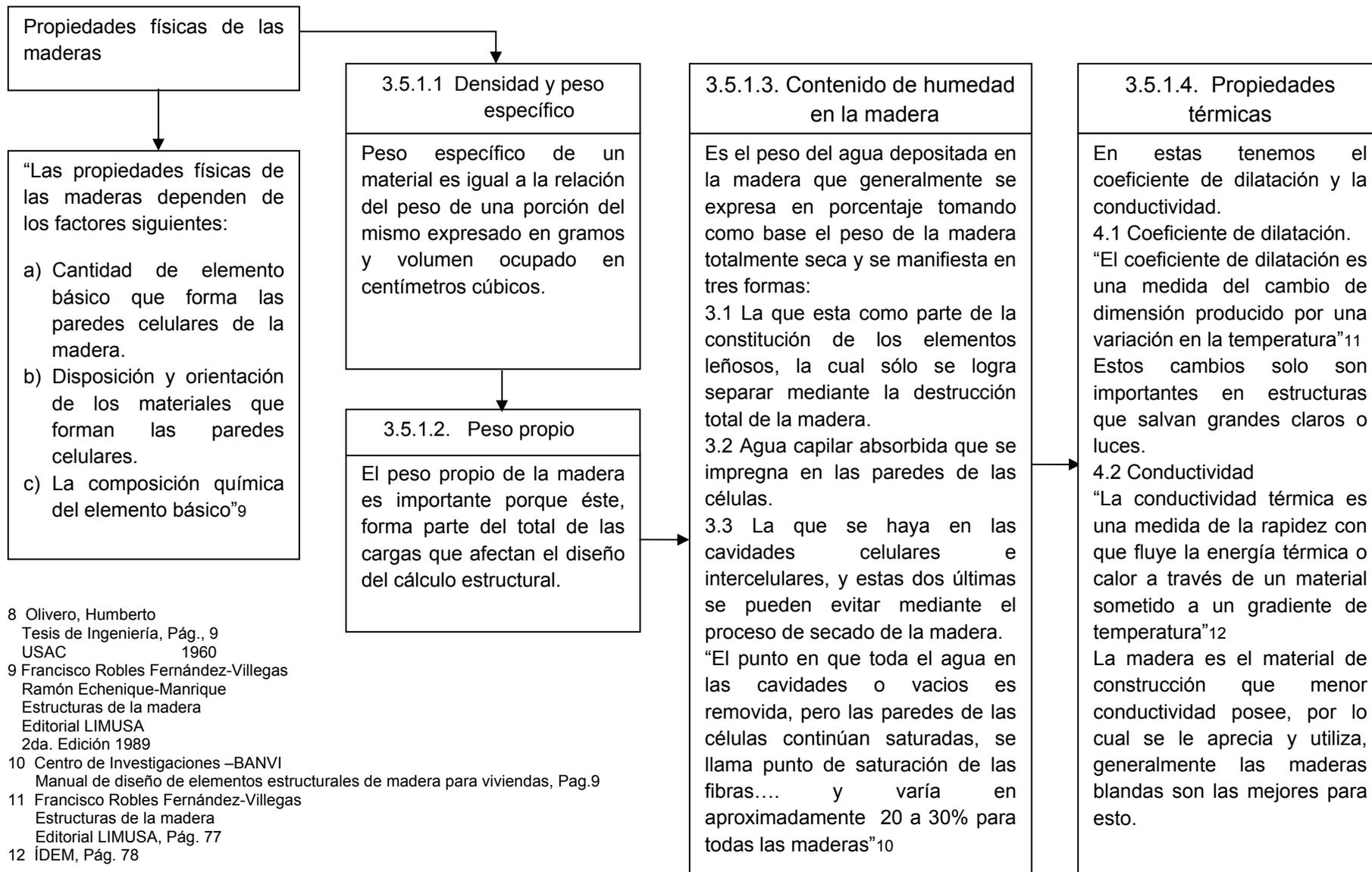


7. Ismael Badia  
Cubicación de maderas  
Figura No. 4 y No. 5.  
Fuente; Grupo Andino  
Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino  
Junta del Acuerdo de Cartagena      Pág. 1 – 9.  
Impresión 1984



### 3.5.1.- Propiedades de las maderas:

“El arquitecto, debe no sólo apreciar las bellezas de las diferentes especies, la fácil trabajabilidad de cada una de ellas, sino que también la tendencia a encogerse, torcerse, rajarse, etc. debe estar preparado para producir empalmes, vigas, columnas y demás estructuras de madera, que estén sujetos a carga y que tengan la misma deflexión.”<sup>8</sup>



8 Olivero, Humberto  
Tesis de Ingeniería, Pág., 9  
USAC 1960

9 Francisco Robles Fernández-Villegas  
Ramón Echenique-Manrique  
Estructuras de la madera  
Editorial LIMUSA  
2da. Edición 1989

10 Centro de Investigaciones –BANVI  
Manual de diseño de elementos estructurales de madera para viviendas, Pag.9

11 Francisco Robles Fernández-Villegas  
Estructuras de la madera  
Editorial LIMUSA, Pág. 77

12 ÍDEM, Pág. 78

**3.5.1.5 Propiedades eléctricas**

Esta propiedad es importante porque la madera es un buen aislante eléctrico cuando está totalmente seca, estando en relación directa con la humedad de la madera.

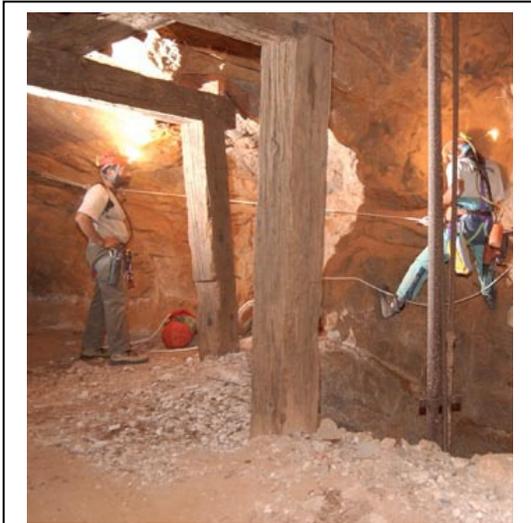


FOTO No. 5  
TENACIDAD DE LA MADERA  
Fuente:  
[http://www.laventa.it/images/4C/DSC\\_0362.JPG](http://www.laventa.it/images/4C/DSC_0362.JPG)  
Guatemala, Julio 15 del 2008

**3.5.1.6. Propiedades acústicas**

Esta propiedad está entre las más importantes y se dividen en:

6.1 Aislamiento del sonido:  
Se refiere "a la reducción en la intensidad del sonido cuando pasa a través de una barrera. La madera por sí sola no constituye una buena barrera contra el sonido, pero cuando se combina con diversos elementos se puede obtener una unidad estructural con propiedades de aislamiento satisfactorias"<sup>13</sup>

6.2 Absorción del sonido:  
Esta consiste en la cantidad de sonido absorbida sobre una superficie de un material o espacio, y es importante por la capacidad de absorber la vibración del sonido que tiene la madera en comparación a otros materiales homogéneos.

**3.5.1.7. Tenacidad de la madera**

Se caracteriza por "la capacidad de gran absorción de energía sin que se cause ruptura. La tenacidad se expresa en trabajo desarrollado por unidad de volumen hasta la ruptura y se conoce como trabajo total. Módulo de tenacidad"<sup>14</sup>

Esta propiedad es importante para conocer la resistencia de la madera hacia las cargas de impacto y a la capacidad de absorber energía desarrollada por choques. Es de interés para los elementos estructurales que se ven sometidos a cargas que presentan incertidumbre, pues debido a esta propiedad el elemento se deforma, dando la oportunidad de corregirlo cuando se presenta ésta.



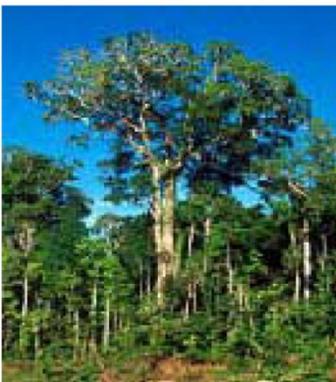
FOTO No. 6  
Muestra las propiedades de la madera:  
Eléctricas, Acústicas y Tenacidad de la madera.  
Fuente: <http://www.tecnogrin.blogspot.com>  
Guatemala. Agosto 14 del 2008.

13 Francisco Robles Fernández-Villegas  
Estructuras de la madera  
Editorial LIMUSA, Pág. 79

14 Rivera, Héctor  
Estudio comparativo de dos maderas típicas de Guatemala  
Tesis de Ingeniería  
USAC, Pág. 38

**3.6.- TIPOS DE MADERA:**

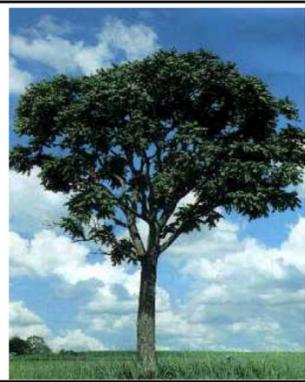
**3.6.1.- CAOBA**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b>	Swietenia Macrophyllia	<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>	
<b>FAMILIA:</b>	Meliáceas	Duramen rojizo rosáceo o color salmón de los arboles maduros, amarillentos en la madera joven y verde de la edad y con exposición a la luz solar se torna rojo oscuro, su albura es amarillenta o rosada blanquecina. Homogénea de grano fino con fibra recta u ondulada produciendo una beta atractiva, es de buena trabajabilidad y pulimento con reflejos dorados; siendo de una durabilidad regular.	
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b>	Angiospermas Dicotiledóneas		
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>			
En Guatemala caoba; zopilote, cóbano y caoba en México y Mahogany en inglés. Se han propuesto otros nombres para otras especies de caoba, los cuales se dan para conocimiento: Cedrel mahogoni, Swimtenia cirrhata, S. cardollei, S. macrocarpa.			
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>	<b>DISTRIBUCION:</b>		
Árbol grande de aproximadamente 30 metros de alto por 1.50 metros de diámetro, con fuste largo y copa mediana con hojas grandes parapinadas de 2 a 6 pares de hojuelas, flor pequeña blanquecina. El fruto contiene las semillas aladas. Los árboles de ésta especie son fácilmente atacados por hongos e insectos.	Los árboles de la especie de la caoba van desde el sur de México hasta el Brasil en Latinoamérica. En Guatemala la Sietenia macrophyllia se le halla al norte, en los departamentos de El Petén, Izabal y Baja Verapaz. Mientras que en el litoral sur podemos encontrar la especie Macrophyllia Humilla.	<b>REGENERACION:</b>	Esta especie es natural y abundante; su cultivo ha sido pequeño en comparación de su consumo. Se desarrolla en muchos tipos de suelos pero crece más fácilmente en los terrenos suaves, bien drenados y en bosques de follaje no cerrado como lo son el bosque tropical seco y en las cimas de montañas de bosque tropical húmedo. Este árbol necesita luz pero también protección lateral y la germinación de la caoba es rápida, pudiéndose obtener buena producción de los almácigos.
		<b>PROPIEDADES:</b>	Ver tablas de esfuerzos No. 2 a la No. 4.
		<b>USOS:</b>	Esta madera es la más explotada del continente americano y es a la vez muy apreciada para ebanistería, constituye junto al cedro un importante producto de exportación, Posee además muy buenas propiedades para su uso en la construcción.
		<b>OTROS:</b>	

FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008  
 Imágenes: [www.maderasoregin.com/images/caoba.jpg](http://www.maderasoregin.com/images/caoba.jpg)  
<http://www.voyagesphotosmanu.com/Complet/images/caoba.pjg>

TIPOS DE MADERA:

**3.6.2.- CEDRO**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b> Cedrela Mexicana o Cedrela Odorata		<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>	
<b>FAMILIA:</b> Meliáceas		Es de duramen rosado, rojo carne, rojizo marón (la madera joven es más clara) y algunas veces con tintes purpurinos, su albura es de color rosado blanquecino con olor y abur característicos. La textura del Cedro es homogénea generalmente fina con su grano fino o grueso y fibra recta aunque algunas tienen fibra entrelazada. es a la vez de muy buena trabajabilidad, durabilidad y estable.	
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b> Angiospermas Dicotiledóneas			
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>			
Se usa generalmente Cedro en toda Latinoamérica y también el de Cedro real para diferenciar ésta especie de maderas que aparentan similitud.			
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>		<b>DISTRIBUCION:</b>	
El árbol de Cedro generalmente es grande de unos 30 metros de altura y de 1 a 2 metros de diámetro, con tronco recto y copa alta de hojas paripinadas; su fuste generalmente es de 15 a 20 metros. La flor es pequeña de panículas en los extremos de las ramas y su fruto es de cápsula dura con muchas semillas voladoras.		Se le encuentra desde México hasta la cuenca del Amazonas de Brasil. En Guatemala crece en áreas de bosque tropical seco, principalmente en Izabal y el Petén aunque también se le haya en el litoral del Pacífico.	
		<b>REGENERACION:</b>	
		En ésta especie es natural y abundante; el árbol da fruto y semilla anualmente. La siembra se debe hacer en suelos drenados y debe procurarse tener protección lateral; el Cedro se da bien en bosques con otras especies que le dan la protección lateral y especies de monte bajo que mantienen el suelo en condiciones adecuadas para su desarrollo. El árbol crece mejor en laderas y regiones secas que en regiones húmedas.	
		<b>PROPIEDADES:</b>	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 4.	
		<b>USOS:</b>	
		Su madera es apreciada para la ebanistería, se ha utilizado por varios cientos de años y puede emplearse mucho para la construcción. El cedro cubre un importante reglón para la exportación; al igual que la caoba.	
		<b>OTROS:</b>	

FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008  
 Imágenes: [http://www.petrilac.com.ar/upload%5Ccolores%5Cimg\\_...7-vidas-cedro.jpg](http://www.petrilac.com.ar/upload%5Ccolores%5Cimg_...7-vidas-cedro.jpg)  
<http://www.petexbatun.net/images/cedro.jpg>

TIPOS DE MADERA:

**3.6.3.- CENICERO**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b>	Samanea saman y Pithecolibium	<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>	
<b>FAMILIA:</b>	Leguminosas	Su duramen es de color café oscuro con una albura algo más clara pero sin separación precisa del duramen. Su textura es homogénea de grano grueso y áspero con una fibra entrelazada y retorcida. La madera es de un color café-rosáceo pálido con zonas de color levemente más oscuro, de buena estabilidad pero muy difícil de obtener superficies aserradas lisas, debido a la fibra tan estrechamente entrelazada y madera tensionada; dándosele una clasificación de tener mala trabajabilidad aunque es fácil de cortar y no se raja al secarse, sin embargo se deteriora con suma facilidad a la intemperie, es decir, de también mala durabilidad.	
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b>	Angiospermas Dicotiledóneas		
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>			
Se le llama generalmente Cenicero en Guatemala y El Salvador, Carreto c. Real en Honduras, Urero en Venezuela y Algarrobo en México.			
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>	<b>DISTRIBUCION:</b>		
Es un árbol de grande con una altura promedio de 30 metros y de un diámetro de 1.00 a 2.00 metros a más. Posee una copa de espectacular ramaje; su corteza es marrón llegando a veces de casi negro con fuste corto y grueso. Sus hojas bipinadas con 2 a 4 piñas produciendo una flor capitulada de color rosado claro y fruto en vaina café oscuro con 12 a 18 semillas.	Es originario de la América Central, extendiéndose desde el sur de México hasta la América del Sur. En Guatemala se da mejor en áreas de bosque tropical seco y ocasionalmente en bosque tropical húmedo, se le encuentra en áreas de las zonas bajas como en la costa sur, El Petén y en Belice. Se desarrolla en regiones húmedas generalmente aunque algunas veces crece en lugares áridos, siendo un árbol que crece en forma aislada y desparramada		
		<b>REGENERACION:</b>	
		Esta es natural aunque no abundante con relación al cultivo, se le conoce que germina en 15 días en terrenos arenosos húmidos y aluviales siendo su crecimiento relativamente rápido. En los primeros años produce madera suave y trabajable, después se vuelve de crecimiento lento volviéndose su madera dura y de color oscuro.	
		<b>PROPIEDADES:</b>	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 4.	
		<b>USOS:</b>	
		Frecuentemente es para vigas, columnas y artesonado; se usa en carpintería fina por tener una veta muy decorativa, siendo por ello que se le encuentra en edificios de oficinas y casas de habitación como paneles y muebles. Su longitud máxima de troza es aproximadamente de 5.50 metros.	
		<b>OTROS:</b>	
<b>FUENTE:</b> Elaboración propia, Julio-2008 <b>Imágenes</b> <a href="http://www.zen-bali.net/docroot/imge/fotos/suar.jpg">www.zen-bali.net/docroot/imge/fotos/suar.jpg</a> <a href="http://imagenes.infojardin.com/updown/imagenes/opt1189111840x.jpg">http://imagenes.infojardin.com/updown/imagenes/opt1189111840x.jpg</a>			

TIPOS DE MADERA:

**3.6.4.- CHICHIPATE**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b> Sweetia panamensis benth		<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>	
<b>FAMILIA:</b> Leguminosas		Su duramen es de color café claro mostrando franjas más oscuras en las orillas de los anillos de crecimiento y con altura bien definida. Posee una textura mediana de fibra entrelazada angosta y superficial, la madera es dura, densa y pesada de buen secado al aire, de color café aceitunado y tiene una cera que la hace resistente al deterioro. Posee <b>excelente durabilidad.</b>	
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b> Chichipate o Chacte También es conocido como Quina en la región de la Alta Verapaz.			
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>	<b>DISTRIBUCION:</b>	<b>REGENERACION:</b>	
Este árbol alcanza una altura de 20 a 30 metros, promedia los 26 metros de alto. Su tronco es comprimido y redondo con una copa grande, con pequeñas expansiones en su base; de corteza lisa de color pardo. Sus ramas y remúsculos son lampiñosos de hojas ovadas a oblonga que encierra de 1 a 3 semillas.	Se le encuentra desde el sur de México hasta Panamá. En Guatemala se le halla en las zonas cálidas en más o menos 300 metros sobre el nivel del mar, así mismo en regiones con temperaturas de 26° centígrados y de una precipitación de 1200 mm. En promedio anual, o sea en los departamentos de Escuintla, Santa Rosa, Retahuleu, Suchitepéquez, las Verapaces, Izabal y El Petén.	Su regeneración es en forma natural y no abundante.	
		<b>PROPIEDADES:</b>	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 4.	
		<b>USOS:</b>	
		Las dimensiones que se logran de este árbol son más o menos de 6.50 metros de largo y un ancho de hasta 40 pulgadas como máximo. Es una madera que no se usa en los muebles por su alta densidad y dureza, en cambio es muy aceptable y adecuada para la construcción pesada bajo condiciones severas por su excelente durabilidad, por ejemplo las estructuras de puentes.	
		<b>OTROS:</b>	
<b>FUENTE:</b> Elaboración propia, Julio-2008 <b>Imágenes:</b> <a href="http://users.telenet.be/cr28796/VernConf.JPG">http://users.telenet.be/cr28796/VernConf.JPG</a>			

TIPOS DE MADERA:

**3.6.5.- CIPRES**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b> Cupressus lusitania		<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b> Es de duramen café muy pálido o blanquecina con tintes rosados y de albura pequeña más clara demarcada. Textura débil ó media de grano fino con fibra recta algunas veces torcida y veta distintiva en corte radial difusa en corte tangencial con anillos de crecimiento bien definidos.	
<b>FAMILIA:</b> Cupresaceas			
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b> Gimnospermas			
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b> Ciprés, Cedro amarillo y Galan pinabete.			
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b> Es un árbol que alcanza alturas promedias de 40 metros con diámetro medio de 1 a 1.50 metros; de ramaje denso y extendido con hojas delgadas y cortas semejando escamas con conos pequeños redondeados. Se conocen varias especies pero la dominante es la Cupressus lusitania, que es a la vez la más usada en construcción ocupando las demás un papel de último lugar bajo el punto de importancia comercial.	<b>DISTRIBUCION:</b> En Guatemala es nativo de las zonas montañosas en áreas sub-tropicales y en zonas frías lluviosas; existiendo en mayor cantidad en los departamentos de Chimaltenango (cumbres de Tecpán), Totonicapán, Quetzaltenango y San Marcos pero se ha plantado y desarrollado bien en localidades secas. Vegeta desde los 1100 a los 4200 metros de altura sobre el nivel del mar, generalmente crece en terrenos arcillosos, secos, áridos y aún se le encuentra en arenas graníticas; siendo poco atacado por insectos y estando en zonas en las que el pino sucumbe puede observarse que el Ciprés permanece inalterable. Se desarrolla en regiones húmedas generalmente aunque algunas veces crece en lugares áridos, siendo un árbol que crece en forma aislada y desparramada.	<b>REGENERACION:</b> Regeneración natural, no abundante. Cultivado se ha adaptado a una serie de climas y suelos donde crece rápidamente aunque necesita de sombra siendo una buena especie para reforestar a pesar de que ha sufrido continuas talas. El árbol produce semilla anualmente.	
	<b>PROPIEDADES:</b> Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 4.	<b>USOS:</b> Muy apreciada para construcciones diversas y para ebanistería también como producto natural está su resina que es usada como incienso. Es un árbol que se utiliza mucho como ornamento.	
	<b>OTROS:</b>		
	<b>FUENTE:</b> Elaboración propia, Julio-2008 <b>Imágenes:</b> <a href="http://www.gvluthier.com.ar/Maderas/cipres.gif">http://www.gvluthier.com.ar/Maderas/cipres.gif</a> <a href="http://www.arbolesprnamentales.com/cupressusarizo.jpg">www.arbolesprnamentales.com/cupressusarizo.jpg</a>		

TIPOS DE MADERA:

**3.6.6.- CONACASTE**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b> Enterolobium cyclocardum		<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>
<b>FAMILIA:</b> Leguminosae o Leguminosas		Su duramen es de color castaño ó varios tonos cafés algunas veces con trazos rojizos de consistencia suave y dura con albura blanca y muy demarcada del duramen. La textura del conacaste es homogénea de grano medio y veta ondulada de buen pulimento y de fibra recta a estrechamente entrelazada; de durabilidad excelente, una vez cortada su madera no tiene olor.
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b> Angiospermas dicotiledóneas		
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>		Es bastante apreciada tanto en Guatemala como en el extranjero comparándosele con el nogal. La madera normal es fácil de trabajar con herramientas manuales y máquinas pero tiene el defecto que al trabajarla desprende un polvillo de olor desagradable y produce alergias a muchas personas y puede alcanzar un buen acabado, púes tiene buena estabilidad. Es madera que soporta los daños de lugares húmedos y pantanosos, no la atacan el comején y la polilla.
Conacaste ó Guanacaste. En Guatemala existen dos especies, la anterior que es más conocida y la Enterolobium schomburkii benth siendo este último más conocida como Guanastillo.		
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>	<b>DISTRIBUCION:</b>	
Es un árbol que crece aproximadamente de 30 a 40 metros de alto y su tronco llega a tener frecuentemente de 2 a 3 metros de diámetro lo que le da un aspecto gigantesco púes además posee una copa extendida proporcionando una gran sombra, su fruto lo da en una vaina que se caracteriza por ser llamada "oreja de burro".	Se desarrolla desde México a América del Sur. Es madera de tierra caliente en Guatemala, crece entre los 45 a 300 metros de altura sobre el nivel del mar preferentemente se desarrolla en la costa del Pacífico, también se da en áreas de bosques tropical húmedo y se le ha encontrado hasta en alturas de 1200 metros, especialmente a la especie E. schomburkii.	
		<b>REGENERACION:</b>
		Se regenera en forma natural, rápida y abundantemente. Por cultivo puede lograrse en terrenos secos y arenosos mejorando las condiciones del suelo y cuidando su desarrollo.
		<b>PROPIEDADES:</b>
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 4.
		<b>USOS:</b>
		Su madera es apreciada para la ebanistería, se ha utilizado por varios cientos de años y puede emplearse mucho para la construcción. El cedro cubre un importante reglón para la exportación; al igual que la caoba.
		<b>OTROS:</b>
<b>FUENTE:</b> Elaboración propia, Julio-2008 <b>Imágenes:</b> <a href="http://iglesiasguitars.com/gallery/maderas/index.php?image=conacaste.jpg&amp;number=10&amp;total=28&amp;indexalbum=0">http://iglesiasguitars.com/gallery/maderas/index.php?image=conacaste.jpg&amp;number=10&amp;total=28&amp;indexalbum=0</a> <a href="http://www.cds.ed.cr/teachers/harmon/guan%20tree3.jpg">http://www.cds.ed.cr/teachers/harmon/guan%20tree3.jpg</a>		

TIPOS DE MADERA:

**3.6.7.- PALO VOLADOR**

<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b>		Ternnchalia chiriquensis Amazonia o Gyrocarpus americanus	<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>	
<b>FAMILIA:</b>		Henandiaceae	Su color ya aserrada es entre amarillo aceituno y el café amarillento opaco rojiza hacia los haces de la zona medular, con una textura media de grano también medio, recto a fino compacto.	
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b>		Combretaciae	Es una madera moderadamente pesada, fuerte, resistente y durable. Sus dimensiones logradas son de hasta 18 pies de largo y un ancho de 25 pulgadas.	
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>				
<p>Palo Volador o Volatín, toma éste segundo nombre porque durante la estación sea va perdiendo las hojas sustituyéndolas flores y frutos presentando las que caen de últimas ejemplos de paracaídas por mantenerse mucho tiempo en el aire antes de caer, generalmente lejos del árbol.</p>				
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>		<b>DISTRIBUCION:</b>	<b>REGENERACION:</b>	
<p>Es un árbol grande que llega a tener una altura de hasta 20 metros como máximo y 85 cms. de diámetro máximo. Su tronco como las ramas ofrecen una corteza lisa y pesada, es bastante durable. Sus hojas son pecioladas como un limbo blando enteras o palmeadas y por la base truncadas ó acorazonadas con flores pequeñas de color verde y fruto de nuez.</p>		<p>Es un árbol que se encuentra en Guatemala sobre las vértices del Pacífico desde el nivel del mar hasta una altura de 450 metros, específicamente en los departamentos de Escuintla, Retahuleu, Santa Rosa, Chiquimula, Zacapa , entre otros.</p>	<p>La regeneración de esta especie es natural y muy abundante especialmente en el bosque tropical húmedo y en el bosque tropical seco. Las condiciones donde hallamos a este árbol son donde la temperatura promedia los 24° centígrados anuales y una precipitación anual de 1800 mm., en suelos volcánicos aluviales preferentemente.</p>	
		<b>PROPIEDADES:</b>		
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 4.		
		<b>USOS:</b>		
		La madera del Palo Volador se usa para reglas, reglones, tendales, vigas, artesonados, durmientes y soleras; así como para estructuras de puentes.		
		<b>OTROS:</b>		
<p><b>FUENTE:</b> Elaboración propia, Julio-2008  <b>Imágenes:</b> <a href="http://iglesiasguitars.com/gallery/maderas/index.php">http://iglesiasguitars.com/gallery/maderas/index.php</a>  <a href="http://thumb19.webshots.net/t/64/564/9/41/50/2403941500035088639lhCfWO_th.jpg">http://thumb19.webshots.net/t/64/564/9/41/50/2403941500035088639lhCfWO_th.jpg</a></p>				

**TIPOS DE MADERA:**

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.1.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus pseudostrobus	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas	Su madera es de color amarillento con poca diferencia entre el duramen y su albura, produciendo así una madera heterogénea. Su textura media con fibra recta y grano medio, posee además un olor que lo hace característico de otras maderas Sus anillos de crecimiento son marcadas en corte radial y veta difusa en corte tangencial. Es de buena <u>trabajabilidad y durabilidad.</u>	
SUBTIPO Y CLASES:	Gimnospermas Coníferas	REGENERACION:	
NOMBRE COMERCIAL:	Pino	La regeneración de esta especie es natural y fácil para forrar bosques ó plantarlo aunque es recomendable hacer la siembra de plantas en almácigos, porque su regeneración es rápida. No necesita de sombra, pero requiere de riego un poco. La distancia recomendable para la siembra de las plantas es de 3 a 4 metros.	
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	PROPIEDADES:	
Es un árbol mediano ó grande que puede llegar a alcanzar hasta una altura de 30 metros y hasta 1.50 mts. de diámetro máximo, llega a tener una copa alta de follaje denso con hojas largas colgantes y conos ovalados de 10 cms. de largo.	Se desarrolla en el bosque húmedo tropical de montaña. Esta especie se encuentra en Guatemala en las planicies de la faja central del país.	Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	Su uso es bastante explotado para la construcción y la ebanistería, además de ser un árbol ornamental.
		OTROS:	

FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008  
 Imágenes: <http://www.maderassoriano.com/maderas/PinoAmarilloSur-PinoTea.PNG>  
[http://www.librodearena.com/myfiles/azules/pino\\_roble\\_002.jpg](http://www.librodearena.com/myfiles/azules/pino_roble_002.jpg)

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.2.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus ayacahuite	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas	Su madera es de color amarillento con una corteza de color gris blanquecino ó rojizo, lisa en arboles jóvenes y áspera y escamosa en los ejemplares adultos. Es fácil de trabajar y al igual que las otras especies se emplea extensamente en la construcción. Tiene la ventaja de ser una especie refractaria del gorgojo Dendroctonus.	
SUBTIPO Y CLASES:	Coníferas		
NOMBRE COMERCIAL:	Pino Blanco o Curtidor		
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	REGENERACION:	
Es un árbol cuya altura oscila entre los 20 a los 35 metros y algunas veces hasta los 45 metros con una diámetro de 1.20 metros. Su tronco es cilíndrico con un ramaje que a veces es verticalado horizontal o ascendente con hojas en forma de agujas con 5 fascículos triangulares de 10 a 20 cms. de largo.	Esta especie se desarrolla entre los 2300 a los 3200 metros sobre el nivel del mar específicamente sobre el altiplano del país, es decir, con una temperatura que va de la templada a la fría.	La regeneración de esta especie es natural y abundante.	
		PROPIEDADES:	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	Se usa comúnmente en la construcción y para la ebanistería.
		OTROS:	

FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008  
 Imágenes: <http://www.fugar.net/tienda/catalog/images/PINO-A02.jpg>  
<http://www.conifers.org/topics/mex/050208-66.jpg>

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.3.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus caribea.	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas	La madera de la especie del Pino del Petén es de color amarillento salvo en los arboles jóvenes donde desde su corteza es de color castaño rojiza, áspera y escamosa.	
SUBTIPO Y CLASES:	Coníferas		
NOMBRE COMERCIAL:	Pino del Petén.		
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	REGENERACION:	
El árbol de esta especie posee tronco cilíndrico de 16 a 20 metros de altura con un diámetro desde 45 hasta 80 cms. con un ramaje que se extiende verticalado liviano ascendente formando una copa cónica, a la vez sus ramas tienen fascículos de 2 a 4 agujas de hasta 30 cms. de longitud	Este árbol habita desde os 100 a los 400 metros sobre le nivel del mar, se desarrolla con facilidad en terrenos secos y arenosos, encontrándosele especialmente en los departamentos de Alta Verapaz, al norte de Izabal y en las regiones del Poptún y Dolores de El Petén.	Esta especie al igual que los otros arboles de la familia Pináceas tiene una regeneración natural y abundante.	
		PROPIEDADES:	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	La madera de éste árbol es por lo general buena para construcciones, además contiene bastante resina, lo cual hace de la especie apropiada para su explotación.
		OTROS:	
FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008 Imágenes: <a href="http://chechem.iquebec.com/IM_pro/Pin2.jpg">http://chechem.iquebec.com/IM_pro/Pin2.jpg</a> <a href="http://www.cybertruffle.org.uk/vinales/pics/pinus_caribaea_2.jpg">http://www.cybertruffle.org.uk/vinales/pics/pinus_caribaea_2.jpg</a>			

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.4.-</b>	
<b>NOMBRE CIENTIFICO:</b>	Pinus montezumae	<b>DESCRIPCION DE LA MADERA:</b>	
<b>FAMILIA:</b>	Pináceas	La madera de este árbol es blanca; en los jóvenes después con vetas amarillas y de último rojizos, gran parte de los haces leñosos. El nombre de Pino de Ocote lo toma debido a la gran acumulación de la trementina. Posee un olor característico que la diferencia en gran parte de las demás maderas de pino. Es de regular trabajabilidad y de regular durabilidad.	
<b>SUBTIPO Y CLASES:</b>	Coníferas		
<b>NOMBRE COMERCIAL:</b>			
Pino de ocote.			
<b>DESCRIPCION DEL ARBOL:</b>	<b>DISTRIBUCION:</b>	<b>REGENERACION:</b>	
Por lo general es un árbol grande de 20 a 35 metros de altura con tronco cilíndrico de 45 a 85 cms. de diámetro. Su corteza es áspera de profundas grietas en los arboles antiguos y escamosa en los jóvenes, tiene como característica el poseer un color moreno rojizo en las partes antiguas. Sus ramas son gruesas y fuertes espaciadas las cuales en los arboles jóvenes son ascendentes; más tarde horizontales hasta llegar a ser colgantes formando así una copa densa. Sus hojas son agujas triangulares las cuales normalmente están agrupadas en 5 por fascículo.	Este árbol habita comúnmente entre los 1500 a 2500 metros de altura sobre el nivel del mar, correspondiente a un área del bosque muy húmedo; desarrollándose en casi todos los departamentos del altiplano occidental guatemalteco.	La regeneración es natural y rápida. Los pinos producen conos ó piñas cada año, pero por lo general la semilla no es abundante.	
		<b>PROPIEDADES:</b>	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		<b>USOS:</b>	
		La madera de ésta especie se ha destinado a la construcción y a la confección de muebles populares.	
		<b>OTROS:</b>	
<b>FUENTE:</b> Elaboración propia, Julio-2008 <b>Imágenes:</b> <a href="http://www.selfadhesivefoil.es/5Wooden/8007_b.jpg">http://www.selfadhesivefoil.es/5Wooden/8007_b.jpg</a> <a href="http://www.geocities.com/comunidadatzingo/images/ocote.jpg">http://www.geocities.com/comunidadatzingo/images/ocote.jpg</a>			

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.5.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus oocarpa	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas	La madera del árbol del pino oocarpa es de color blanco-amarillento en los jóvenes, tornándose más tarde en color rojiza debido a la gran acumulación de resina. Debido a su alto contenido de trementina se le ha explotado en enormes cantidades.	
SUBTIPO Y CLASES:	Coníferas		
NOMBRE COMERCIAL:	Pino colorado.		
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	REGENERACION:	
Árbol de regular tamaño pues tiene una altura de 14 a 25 metros por un diámetro de 50 a 85 cms., su corteza tiene hendiduras que forman placas longitudinales. Posee ramas livianas encorvadas ascendentes y horizontales, tornándose las ramas inferiores en colgantes en los ejemplares grandes; a la vez las ramas tienen fascículos con 5 agujas generalmente las cuales son triangulares de 12 a 28 cms. de longitud.	Este árbol al igual que la especie del Pino de ocote se desarrolla en todo el altiplano occidental del país, así mismo en los departamentos de Santa Rosa y El Progreso.	La regeneración de esta especie es natural y abundante.	
		PROPIEDADES:	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	
		Su utilización se ha centrado en la construcción, además de ser una madera que se exporta en gran cantidad hacia los Estados Unidos.	
		OTROS:	
FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008			
Imágenes: <a href="http://img.imageshack/img408/6987/vetal7.jpg">http://img.imageshack/img408/6987/vetal7.jpg</a>			
<a href="http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/Pinus_caribaea_var._hondurensis.jpg/100px-Pinus_caribaea_var._hondurensis.jpg">http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/0/06/Pinus_caribaea_var._hondurensis.jpg/100px-Pinus_caribaea_var._hondurensis.jpg</a>			

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.6.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus rudis.	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas.	La madera de los árboles jóvenes es de color blanco amarillenta y de color amarillenta rojiza en los ejemplares de mayor edad. Esta especie presenta la desventaja que sus bosques son fácilmente vulnerables por el gorgojo de pino (dendroctonus) que les causa gran estrago.	
SUBTIPO Y CLASES:	Coníferas.		
NOMBRE COMERCIAL:		REGENERACION:	
Pino de las Cumbres.		La regeneración de ésta especie es natural al igual que las demás descritas en este texto.	
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	PROPIEDADES:	
Árbol de regular tamaño con una altura que varía de los 12 a 25 metros de altura y de un diámetro promedio de 70 cms. es de hacer notar que es un árbol que llega a convertirse en arbusto con alturas que van desde 1 a 4 metros de altura y debido que se desarrolla en regiones de áreas rocallosas a una gran altura. Su corteza es de color grisáceo oscuro formándosele angostas placas longitudinales, con una copa en forma redondeada con cortas ramas que se vuelve de tipo ascendente a colgantes según la edad del árbol. Las ramas poseen fascículos de 5 agujas triangulares finas de 7 a 20 cms. de largo.	Habita en los departamentos del occidente del país y Baja Verapaz en los bosques húmedo tropical montano bajo y húmedo sub-tropical, en alturas de 2300 a 4000 metros sobre el nivel del mar. Cómo se anotaba anteriormente también se desarrolla a mayores alturas convirtiéndose de árbol en arbusto que no sobrepasa los 5 metros.	Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	
		Es una madera que generalmente se usa para la mueblería ligera y las construcciones.	
		OTROS:	
FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008			
Imgenes: <a href="http://img.deremate.cl/user/images/1861/18612585.jpg">http://img.deremate.cl/user/images/1861/18612585.jpg</a> <a href="http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/inventarionacional/ImagenesTiposVegetacion/image022.jpg">http://148.223.105.188:2222/snif_portal/secciones/inventarionacional/ImagenesTiposVegetacion/image022.jpg</a>			

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.7.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus strobus chiapensis.	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas.	La madera de este árbol es blanca; en los jóvenes, después con vetas amarillas y de último rojizos, gran parte de los haces leñosos. Posee un olor característico que la diferencia en gran parte de las demás maderas de pino. Es de regular trabajabilidad y de regular durabilidad.	
SUBTIPO Y CLASES:	Coníferas.		
NOMBRE COMERCIAL:	Palo pique o Pinabete blanco.		
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	REGENERACION:	
Árbol ligeramente grande con una altura de 18 a 35 metros y diámetro medio de un metro. Su corteza es relativamente lisa a moderadamente agrietada con un color moreno claro a gris blanquecino con ramas livianas verticales a horizontales que tienen fascículos de 5 agujas triangulares delgadas y flexibles de color verde azulado con un largo de 14 a 18 cms.	Árbol que generalmente habita en alturas de los 1300 a 3600 metros sobre el nivel del mar. Se desarrolla en el bosque muy húmedo montano bajo y bosque muy húmedo sub-tropical, en las regiones de los departamentos de Quiché y Huehuetenango.	Es de fácil y de natural regeneración.	
		PROPIEDADES:	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	Su uso se ha extendido hacia las construcciones urbanas hasta para tabiques y techos, además de ser de excelente aplicación para la elaboración de pulpa y papel
		OTROS:	
FUENTE: Elaboración propia, Julio-2008 Imágenes: <a href="http://www.fao.org/docrep/006/C5714S/C5714S01.jpg">http://www.fao.org/docrep/006/C5714S/C5714S01.jpg</a> <a href="http://www.conifers.org/pi/pin/strobus8.jpg">www.conifers.org/pi/pin/strobus8.jpg</a>			

TIPOS DE MADERA:

Gran parte del área forestal de Guatemala se halla ocupada por la familia de las coníferas ( Ciprés, Abeto, Pino) siendo el Pino una de las maderas más abundantes del cual se encuentran en el país varias especies, todas ellas del género del Pinus. Entre éstas se destacan las que a continuación se describen:

<b>3.6.8.- PINO:</b>		<b>3.6.8.8.-</b>	
NOMBRE CIENTIFICO:	Pinus tenuifolia.	DESCRIPCION DE LA MADERA:	
FAMILIA:	Pináceas	Madera de color casi blanca parecida al del pino ayacahuite. Por su abundancia, el pino es una de las más baratas del país por lo que se le aprecia grandemente en la construcción. Su textura es débil a mediana y grano medio de fibra recta. De regular durabilidad.	
SUBTIPO Y CLASES:	Coníferas.		
NOMBRE COMERCIAL:	Pino candelillo.		
DESCRIPCION DEL ARBOL:	DISTRIBUCION:	REGENERACION:	
Especie cuyo árbol es de tronco recto cilíndrico, raras veces bifurcado con una altura media de 20 a 35 metros y con un diámetro de hasta 1.20 metros. Su corteza es ordinaria de color morena rojiza en bosques densamente poblados, en árboles aislados por lo general es gris blanquecina. En los árboles de mayor edad su corteza es hendida formando gruesas placas longitudinales y copa por lo regular densa con el primer ramaje fino vertical desarrollado y espacioso, más tarde en forma ascendente para luego ser horizontal y hasta colgante en los árboles adultos. A la vez sus ramas tienen fascículos de 5 agujas triangulares de 15 a 30 cms. de largo.	Generalmente el árbol de ésta especie habita en regiones con alturas de 1100 a 2400 metros sobre el nivel del mar, es decir, principalmente en los departamentos de la planicie central del país, así mismo en El Quiché y Chiquimula.	Este árbol es de fácil y natural regeneración, especialmente para forrar bosques. Se desarrolla con facilidad en terrenos secos y arenosos.	
		PROPIEDADES:	
		Ver tablas de esfuerzos No. 1 a la No. 5.	
		USOS:	Al igual que a la especie de Ayacahuite, generalmente es muy usada en la construcción, se le prefiere en muchos casos a otras maderas de mayor resistencia y duración debido a su abundancia y costo.
		OTROS:	
FUENTE:	Elaboración propia, Julio-2008		
Imágenes:	<a href="http://www.marottte.fr/admin/images/pin_jpg">www.marottte.fr/admin/images/pin_jpg</a> <a href="http://www.fao.org/docrep/x5390e/x5390e0a.jpg">http://www.fao.org/docrep/x5390e/x5390e0a.jpg</a>		

### 3.7.- Propiedades mecánicas de las maderas:

De las propiedades físicas y mecánicas de la madera, éstas últimas son las más importantes y a la vez son sólo parte de los estudios que se llevan a cabo de su estructura. Estas propiedades varían según el sentido de la aplicación de las cargas respecto a la dirección de su fibra, de las cuales se distinguen tres direcciones mecánicas o estructurales perpendiculares entre sí que son: Longitudinal, radial y tangencial. Siendo las propiedades en sentido paralelo y perpendiculares a la fibra, las que nos interesan para el diseño estructural de las maderas. “En general, cualquiera que sea el tipo de esfuerzo, la forma de la gráfica esfuerzo-deformación correspondiente es semejante a la que se muestra en la figura No. 6. La primera parte de la gráfica es prácticamente recta, de manera que puede suponerse proporcionalidad lineal entre esfuerzos y deformaciones, como en un material elástico ideal... a partir del límite de proporcionalidad, que suele corresponder a un esfuerzo relativamente alto, las relaciones esfuerzo-deformación dejan de ser lineales”<sup>16</sup>



#### 3.7.1.- MÉTODOS DE PRUEBA

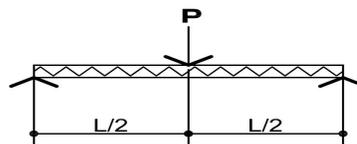
De las maderas nacionales antes descritas, se han efectuado varias pruebas en el laboratorio del Centro de Investigaciones de Ingeniería de la USAC. Éstas se han efectuado en probetas bajo las normas de la ASTM D-143 (American Society for Testing and Materials) combinado con recomendaciones del Instituto Forestal Latinoamericano de Investigaciones y Capacitación de Mérida, Venezuela (IFLA) entre otros. Estos resultados se basan en estadísticas, calculándose el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación, valores que luego fueron utilizados para el cálculo de los esfuerzos básicos de las maderas nacionales, que se verán más adelante.



#### 3.7.2.- FLEXION ESTÁTICA:

“La resistencia a la flexión se mide por la curvatura que toma una viga apoyada en sus extremos y lastrada en el centro:

FÓRMULAS:



$$f = \frac{MC}{I}$$

$$M = \frac{PL}{4}$$

$$c = \frac{h}{2}$$

$$I = \frac{bh^3}{12} \therefore f = \frac{12PLh}{8bh^3} = \frac{3PL}{2bh^2} \quad "17$$

VARIABLES:

F = Esfuerzo de flexión

M = Momento

P = Carga en el centro

L = Longitud

I = Momento de inercia

c = Distancia entre el punto medio y la fibra más alejada inferior.

Con base a todo lo anterior se define lo siguiente:

- a) En la flexión estática la fractura de una pieza estructural de madera no puede ser repentina. Pues la madera se comporta como un material elástico, por lo cual cuando una viga falla por flexión, ésta se inicia con el aplastamiento de los extremos de la pieza que se ven sometidos a compresión siguiéndole la rotura de las fibras en tensión.
- b) En la sección de una pieza, bajo esta prueba o esfuerzo; flexionada se puede observar el debilitamiento causado por los defectos mejor que en otras pruebas.

16.- Fuente: Robles Villegas-Fernández  
Ramón Echenique-Manrique  
Estructuras de Madera  
Editorial Limusa 2da. Impresión 1989, Pág. 81  
17.- Flores Morales, J. Encarnación  
Uso tecnológico de la madera en construcción  
Tesis de Ingeniería, USAC. Pág. 25 1970



### 3.7.3.- MÓDULO DE RUPTURA:

Es la medida usual de la resistencia al último esfuerzo sobre la fibra extrema en la sección peligrosa y se determina de la fórmula siguiente:

$$Fm = \frac{mm \ o}{I}$$

#### VARIABLES:

Fm = Unidad de esfuerzo sobre la fibra extrema

mm = Momento máximo de flexión en la viga

o = Distancia del eje neutro a la fibra extrema

I = Momento de inercia de la sección con relación al eje neutro

“Aunque sea un esfuerzo ficticio, el modulo de ruptura, es no obstante, un indice del valor de la calidad de la madera. También si el límite elástico de una viga es determinado, la relación del módulo de ruptura a la unidad de esfuerzo sobre la fibra extrema al límite elástico sirve como una medida de la capacidad de la viga a resistir una sobrecarga momentánea. Las vigas en las cuales están bien marcados estos esfuerzos son preferibles, puesto que los miembros dan amplio aviso cuando se aproxima la falla.”<sup>18</sup>



### 3.7.4.- FLEXIÓN POR IMPACTO:

Para esta definición, ver el renglón donde se explica la tenacidad de la madera.



### 3.7.5.- COMPRESIÓN:

Bajo esta fuerza se encuentran muchos elementos estructurales, para nuestro estudio en madera se da en dos sentidos:

- a) Compresión paralela a la fibra: teóricamente, es la fuerza que se aplica comprimiendo y actuando paralelamente a la dirección de la fibra. Es así que cuando un elemento estructural trabaja bajo esta fuerza está en función del esfuerzo de compresión y de su relación de esbeltez. “Cuando la madera está sujeta a esfuerzos de compresión paralela a la viga, puede fallar por aplastamiento de las células o por deflexión de las fibras de las mismas.”<sup>19</sup>
- b) Compresión perpendicular a la fibra: generalmente la resistencia de la madera bajo este esfuerzo está relacionado a su dureza y a la resistencia al corte perpendicular a las fibras, el cual puede ser en sentido tangencial o radial, para el uso práctico se toma “el esfuerzo de trabajo que se obtiene del esfuerzo de ruptura crítico, es decir, del tangencial.”<sup>20</sup> Normalmente este esfuerzo se produce en el lugar donde actúa una carga concentrada sobre una viga, por ser las células leñosas vacías y presentan baja resistencia ante estos esfuerzos.

18.- Olivero, Humberto  
Tesis de Ingeniería USAC, Pág. 15 y 16

19.- IBID, Pág. 10

20.- Méndez, Fernando

Estudio comparativo de dos maderas típicas de Guatemala  
Tesis de Ingeniería, USAC, Pag.42

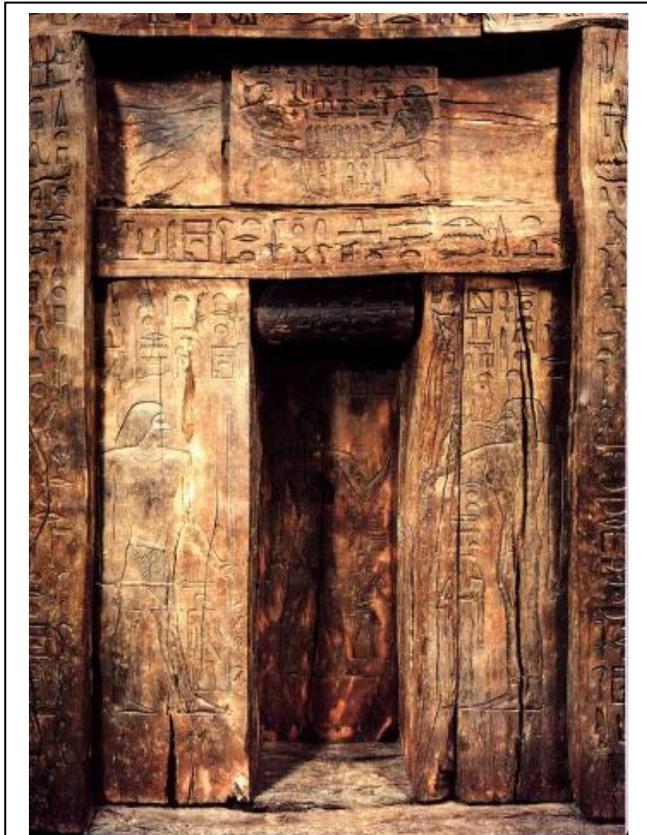


FOTO No. 7

Es esta foto podemos observar cuando comienza a ceder las vigas de madera en dinteles.

FUENTE: Figura No. 6

Diagrama esfuerzo-deformación unitaria típico para la madera.  
Fco. Robles Fernández-Villegas

Ramón Echenique-Manrique

Editorial Limusa 1989

Foto No. 7

[www.transoxiana.org](http://www.transoxiana.org)

Guatemala Agosto del 2008

Foto No. 8

<http://www.bigmatgarpe.com/bigmatmadera.jpg>

Guatemala Agosto del 2008

Pág. 80.

### 3.7.6.- TENSION:

Este tipo de esfuerzo en la madera es raramente calculado en elementos estructurales por dar valores muy altos y por lo general es superior la resistencia de este esfuerzo al de otras acciones mecánicas. Ver figura No. 10. Al igual que la compresión, este esfuerzo se presenta en dos direcciones: paralela y perpendicular a la fibra.

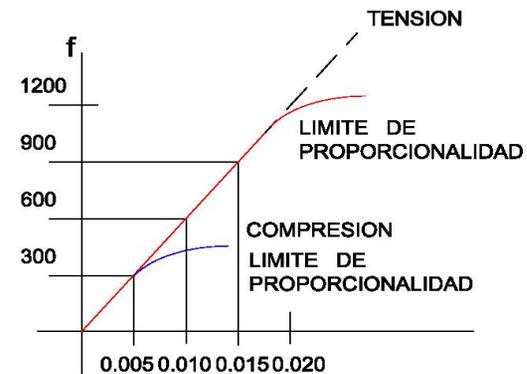


FIGURA No. 6

Curvas esfuerzo-deformación unitaria en tensión y compresión.



FOTO No. 8

Es esta foto podemos observar cuando comienza a ceder una viga de madera.

**3.8.- ESFUERZOS BÁSICOS PARA MADERAS GUATEMALTECAS, VERDE O POCO SAZONADA.**

TABLA No. 1											
ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUATEMALTECAS APLICABLES A MADERA VERDE O POCO SAZONADA Y MADERA SECA AL AIRE											
( a ) ; ( b ) ; ( c )											
ESPECIE	PESO SECO APARENTE gr/cm3	FLEXION ESTATICA kg/cm2	MODULO DE ELASTICIDAD kg/cm2	COMPRESION PARALELA kg/cm2	COMPRESION PERPENDICULAR kg/cm2	TENSION PARALELA kg/cm2	TENSION PERPENDICULAR kg/cm2	CORTE PARALELO kg/cm2	CLIVAJE kg/cm2	DUREZA kg.	EXTRACCION DE CLAVOS kg.
CAOBA	0.48	160	0.76x10 <sup>5</sup>	70	45	125	7	10	16	265	30
CEDRO	0.43	95	0.46x10 <sup>5</sup>	40	35	80	10	7	16	180	19
CENICERO	0.61	130	0.72x10 <sup>5</sup>	65	45	100	10	10	11	350	30
CHICHIPATE	0.72	210	1.20x10 <sup>5</sup>	105	55	160	10	15	25	730	55
CIPRES	0.51	160	0.75x10 <sup>5</sup>	70	23	160	7	7	8	225	19
CONACASTE	0.42	95	0.56x10 <sup>5</sup>	35	20	90	10	7	9	195	9
PALO VOLADOR	0.65	165	1.05x10 <sup>5</sup>	75	35	155	10	11	24	430	50
PINO PSEDOSTROBUS	0.50	120	0.80x10 <sup>5</sup>	70	30	190	8	10	15	230	
PINO CARIBEA	0.52	125	1.00x10 <sup>5</sup>	85	15	200	6	15	7	110	10
PINO OOCARPA	0.57	200	1.19x10 <sup>5</sup>	90	23			20		85	

**OBSERVACIONES:**

- a) SOLO SE PERMITEN INCREMENTOS SOBRE ESTOS ESFUERZOS, PARA MADERA SECA AL AIRE EN CASO QUE LAS PIEZAS SEAN DE GROSOR DE 10CMS.
- b) COLUMNA 6: SE SUGIERE TOMAR PARA TENSION PARALELA LOS VALORES DE FLEXION (COLUMNA 2).
- c) PARA OBTENR ESFUERZOS PERMISIBLES, DEBEN CORREGIRSE LOS DATOS DE ESTE CUADRO (Ver cuadro A, B, C).

**FUENTE:**

\* TABLA No. 1 ; ESFUERZOS BASICOS PARA MADERAS GUATEMALTEACAS, DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES. BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.

### 3.8.1.- Esfuerzos básicos:

3.8.1.1.- Con base a todas las pruebas, con anterioridad mencionadas; hechas en el laboratorio de ingeniería sobre especímenes sanos y libres de defectos, usualmente en probetas de madera verde o secada al aire se han obtenido los esfuerzos básicos, los cuales representan las resistencias permisibles de las maderas nacionales. Estos esfuerzos son calculados con base a estadísticas de los ensayos efectuados y como valor promedio se corrigen por:

- a) Variación de la resistencia de la madera,
- b) Disminución de resistencia de la madera por efecto de la aplicación de una carga permanente por un periodo largo.
- c) Grado de sazonomiento de la madera.
- d) Factor de seguridad que toma en cuenta la posibilidad de sobrecargas accidentales y la influencia de otros factores no previstos

Ver cuadro de Esfuerzos Básicos en tablas No. 1 a la No. 6.



3.8.1.2.- Obtención de esfuerzos permisibles de trabajo

Estos esfuerzos obtenidos de maderas libres de defectos y sanas **no** deben utilizarse para diseño, ya que son esfuerzos lineales y para ser utilizados en cálculos estructurales deben ser corregidos por factores de seguridad y así obtener esfuerzos de trabajo reales. Ver en la tabla No. 2, los factores que se deben tomar para corregir los esfuerzos de cada propiedad mecánica mencionadas en los incisos anteriores.



3.8.1.3.- TABLA No. 2					
FACTORES QUE DEBEN EMPLEARSE PAR CORREGIR LOS ESFUERZOS DE LA MADERA					
ESFUERZOS DE TRABAJO	TIPO DE PIEZAS	ESFUERZOS QUE DEBEN SER CORREGIDOS POR:			
		DEFECTOS EN LA MADERA	PESO, EDAD CRECIMIENTO	SAZONAMIENTO Y RIESGO DE PUDRICION	TIPO Y DURACION DE CARGA
FLEXION ESTATICA Y TENSION PARALELA A LA PIEZA	TABLAS TABLONES VIGAS VIGUETAS PIEZAS A TENSION	SI	SI	SI	SI
CORTE PARALELO A LA FIBRA	TODO TIPO DE PIEZAS	SI	NO	SI	SI
COMPRESION PERPENDICULAR A LA FIBRA	TODO TIPO DE PIEZAS	NO	SI	SI	SI
COMPRESION PARALELA A LA FIBRA	TODO TIPO DE PIEZAS	SI	SI	SI	SI
MODULO DE ELASTICIDAD	TODO TIPO DE PIEZAS	NO	NO	NO	NO

Para una información más amplia sobre los nudos en la madera ver el Anexo No. 2, que trata específicamente sobre este tema.

FUENTE: Tabla No. 2.  
Factores que deben emplearse para corregir los esfuerzos de la madera Refuerzos básicos para maderas guatemaltecas, Determinación de los esfuerzos permisibles de trabajo para maderas nacionales. Ing. Beltranena Matheu, Emilio Tesis de ingeniería, USAC 1973.

### 3.8.2.- Grados Estructurales de las Maderas guatemaltecas:

“Para las maderas nacionales se emplean tres grados estructurales: Madera Grado “A”, Madera Grado “B” y Madera Grado “C”, tomando como criterio de esta clasificación que las maderas Grado “A” y “B” sean para estructuras permanentes y las maderas tipo “C” para construcciones provisionales o auxiliares.

La determinación de éstos tres grados estructurales para maderas de Guatemala, se efectuó de acuerdo a la norma ASTM D 245 (Tentative Methods for Establishing High Structural Grades of Lumber), en maderas estudiadas en el Centro de Investigaciones de Ingeniería de la Universidad de San Carlos. La madera para todos los grados estructurales debe ser sana, relativamente compacta y de densidad seca no menor del 10% de los valores consignados en la tabla No. 1. Además debe estar libre de albura incluso de fracturas de la fibra a tensión o compresión, defectos producidos por volteo del árbol y por deficiencias del estibado y secado, bolsas de resina en gran número y libre de hongos (tintes).



#### 3.8.2.1.- Maderas Grado “A”

Las maderas clasificadas en este tipo tendrán esfuerzos de trabajo de 85 % de los esfuerzos básicos de las maderas nacionales la inclinación máxima de fibra permitida es de 1.18 para piezas trabajando en flexión o tensión paralela y 1.14 para piezas trabajando en compresión paralela.



#### 3.8.2.2.- Maderas Grado “B”

Las maderas clasificadas en este grupo tendrán esfuerzos de trabajo iguales al 70% de los esfuerzos básicos de las maderas consideradas. La inclinación máxima de fibra permitida es de 1.14 para miembros estructurales trabajando en flexión o tensión paralela y de 1.10 para miembros trabajando en compresión paralela.



#### 3.8.2.3.- Maderas Grado “C”

Tendrán esfuerzos de trabajo con valores del 50% de los esfuerzos básicos. La inclinación máxima de fibra en flexión y tensión paralela será de 1.8 y en compresión paralela de 1.6.”<sup>21</sup>

Ver tablas de esfuerzos permisibles para maderas Grado “A”, “B” y “C” en tablas No.3 a la No. 6.

21.- Beltranena Matheu, Emilio  
 Determinación de los esfuerzos permisibles de trabajo para maderas nacionales  
 Tesis de Ingeniería, USAC, Pág. 13

### 3.8.3.- ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO MADERAS TIPO "A"

<b>TABLA No. 3</b> <b>ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO PARA MADERAS GRADO "A"</b> <b>APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE</b>											
ESPECIE	PESO SECO APARENTE gr/cm3	FLEXION ESTATICA kg/cm2	MODULO DE ELASTICIDAD kg/cm2	COMPRESION PARALELA kg/cm2	COMPRESION PERPENDICULAR kg/cm2	TENSION PARALELA kg/cm2	TENSION PERPENDICULAR kg/cm2	CORTE PARALELO kg/cm2	CLIVAJE kg/cm2	DUREZA kg.	EXTRACCION DE CLAVOS kg.
CAOBA	0.48	136	0.76x10 <sup>5</sup>	60	45	106	6	8.5	13.6	265	30
CEDRO	0.43	81	0.46x10 <sup>5</sup>	34	35	68	8.5	6	13.6	180	19
CENICERO	0.61	110	0.72x10 <sup>5</sup>	55	45	85	8.5	8.5	9.4	350	30
CHICHIPATE	0.72	178	1.20x10 <sup>5</sup>	89	55	136	8.5	12.8	21.3	730	55
CIPRES	0.51	136	0.75x10 <sup>5</sup>	60	23	136	6	6	6.8	225	19
CONACASTE	0.42	81	0.56x10 <sup>5</sup>	30	20	77	8.5	6	7.7	195	9
PALO VOLADOR	0.65	140	1.05x10 <sup>5</sup>	64	35	132	8.5	9.4	20.4	430	50
PINO PSEDOSTROBUS	0.50	102	0.80x10 <sup>5</sup>	60	30	162	6.8	8.5	12.8	230	
PINO CARIBEA		182	1.00x10 <sup>5</sup>	76	17			18.7		85	
PINO OOCARPA		170	1.19x10 <sup>5</sup>	76	20			17		75	

**FUENTE:**

\* TABLA DE ESFUERZOS PERMISIBLES , DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES. BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.

### 3.8.4.- ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO MADERAS TIPO "B"

<b>TABLA No. 4</b> <b>ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO PARA MADERAS GRADO "B"</b> <b>APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE</b>											
ESPECIE	PESO SECO APARENTE gr/cm3	FLEXION ESTATICA kg/cm2	MODULO DE ELASTICIDAD kg/cm2	COMPRESION PARALELA kg/cm2	COMPRESION PERPENDICULAR kg/cm2	TENSION PARALELA kg/cm2	TENSION PERPENDICULAR kg/cm2	CORTE PARALELO kg/cm2	CLIVAJE kg/cm2	DUREZA kg.	EXTRACCION DE CLAVOS kg.
CAOBA	0.48	112	0.76x10 <sup>5</sup>	49	45	87.5	4.9	7.0	11.2	265	30
CEDRO	0.43	67	0.46x10 <sup>5</sup>	28	35	56	7.0	5.0	11.2	180	19
CENICERO	0.61	91	0.72x10 <sup>5</sup>	45.5	45	70	7	7.0	7.7	350	30
CHICHIPATE	0.72	147	1.20x10 <sup>5</sup>	74	55	112	7	10.5	17.5	730	55
CIPRES	0.51	112	0.75x10 <sup>5</sup>	49	23	112	5	5.0	5.6	223	19
CONACASTE	0.42	67	0.56x10 <sup>5</sup>	24.5	20	63	7	5.0	6.3	195	9
PALO VOLADOR	0.65	115	1.05x10 <sup>5</sup>	52.5	35	108	7	7.7	16.8	430	50
PINO PSEDOSTROBUS	0.50	84	0.80x10 <sup>5</sup>	49	30	133	5.6	7.0	10.5	230	
PINO CARIBEA		150	1.00x10 <sup>5</sup>	63	14			15.4		70	
PINO OOCARPA		140	1.19x10 <sup>5</sup>	63	16			14.0		60	

**FUENTE:**

\* TABLA DE ESFUERZOS PERMISIBLES, DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES  
 BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.

3.8.5.- ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO MADERAS TIPO "C"

TABLA No. 5											
ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO PARA MADERAS GRADO "C"											
APLICABLES A MADERAS VERDES O POCO SAZONADAS Y MADERAS SECADAS AL AIRE											
ESPECIE	PESO SECO APARENTE gr/cm3	FLEXION ESTATICA kg/cm2	MODULO DE ELASTICIDAD kg/cm2	COMPRESION PARALELA kg/cm2	COMPRESION PERPENDICULAR kg/cm2	TENSION PARALELA kg/cm2	TENSION PERPENDICULAR kg/cm2	CORTE PARALELO kg/cm2	CLIVAJE kg/cm2	DUREZA kg.	EXTRACCION DE CLAVOS kg.
CAOBA	0.48	80	0.76x10 <sup>5</sup>	35	45	63	3.5	5.0	8	265	30
CEDRO	0.43	48	0.46x10 <sup>5</sup>	20	35	40	5.0	3.5	8	180	19
CENICERO	0.61	65	0.72x10 <sup>5</sup>	33	45	50	5	5.0	5.5	230	30
CHICHIPATE	0.72	105	1.20x10 <sup>5</sup>	53	55	80	5	7.5	12.5	730	55
CIPRES	0.51	80	0.75x10 <sup>5</sup>	35	23	80	3.5	3.5	4	225	19
CONACASTE	0.42	48	0.56x10 <sup>5</sup>	18	20	45	5	3.5	4.5	195	9
PALO VOLADOR	0.65	83	1.05x10 <sup>5</sup>	38	35	78	5	5.5	12	430	50
PINO PSEDOSTROBUS	0.50	60	0.80x10 <sup>5</sup>	35	30	95	4	5.0	7.5	230	
PINO CARIBEA	0.67	105	1.00x10 <sup>5</sup>	45	10			11		50	
PINO OOCARPA	0.57	100	1.19x10 <sup>5</sup>	45	11			10.0		45	

FUENTE:

\* TABLA DE ESFUERZOS PERMISIBLES, DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.

### 3.8.6.- ESFUERZOS BASICOS DE TRABAJO MADERAS DE ESPECIES DEL PINO

TABLA No. 6											
CUADRO GENERAL DE PROPIEDADES MECANICAS DE LAS ESPECIES DEL PINO											
ESPECIE		PESO SECO APARENTE gr/cm3		FLEXION ESTATICA	MODULO DE ELASTICIDAD	COMPRESION PARALELA	COMPRESION PERPENDICULAR	TENSION PARALELA	TENSION PERPENDICULAR	CORTE PARALELO	DUREZA
NOMBRE BOTANICO	NOMBRE COMUN	VERDE	SECA AL AIRE	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2	kg/cm2
AYACAHUITE	PINO BLANCO	0.61	0.42	273.5	0.076x10 <sup>6</sup>	209.8	52.6	xxx	xxxxx	57.4	182.1
CARIBEA	PINO DEL PETEN	0.97	0.67	463.5	0.12x10 <sup>6</sup>	323.5	79.9	xxx	xxxxx	78.6	344.8
MONTEZUMAE	PINO DE OCOTE	0.97	0.50	338.4	0.096x10 <sup>6</sup>	272.8	73.6	xxx	xxxxx	70	269.8
OOCARPA	PINO COLORADO	0.99	0.57	413	0.119x10 <sup>6</sup>	315.8	86.6	xxx	xxxxx	72.5	296.2
PSEDOSTROBUS*	PINO	0.5		527	0.094x10 <sup>6</sup>	367	90	1055	26	93	285
RUDIS	PINO DE LAS CUMBRES	0.81	0.37	238.6	0.068x10 <sup>6</sup>	181.7	38.9	xxx	xxxxx	47.8	135.8
STROBUS	PINABETE BLANCO	0.77	0.38	248.7	0.066x10 <sup>6</sup>	191.9	53.5	xxx	xxxxx	56.3	142.4
TENUIFOLIA	PINO CANDELILLO	0.97	0.45	300	0.099x10 <sup>6</sup>	252.1	58.7	xxx	xxxxx	63.9	209.9

EN COMPRESIÓN PERPENDICULAR Y EN DUREZA, COO LAPOSICIÓN DE LA PIEZA CUANDO TRABAJA PUEDE SER RADIAL ó TANGENCIAL, EN LOS RESULTADOS SE TOMO EL EL CRÍTICO, YA FUERA RADIAL ó TANGENCIAL.

FUENTE:

CUADRO No. 5, CUADRO GENERAL DE PROPIEDADES MECÁNICAS DE LAS 7 ESPECIES, ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS PROPIEDADES FÍSICO-MECÁNICAS DE 7 ESPECIES DE PINO DE GUATEMALA.

SAMAYOA FLORES, MARIO D.  
TESIS DE INGENIERIA, USAC

\* TABLA DE PROPIEDADAES MECÁNICAS. USO TECNOLÓGICO DE LA MADERA EN CONSTRUCCIÓN.  
FLORES MORLES, J. ENCARNACIÓN  
TESIS DE INGENIERIA, USAC



### 3.9.2.1.- Rapidez de crecimiento.

La edad de la madera y su velocidad de crecimiento influyen en las propiedades mecánicas, así se puede decir que una madera de crecimiento rápido o joven es de resistencia menor que una de crecimiento lento o madura. La edad se puede determinar por el número de anillos de crecimiento que presenta un tronco en corte transversal y en países, como el nuestro, los anillos de la época lluviosa y los de la época de verano son difíciles de demarcar, esto sirve para establecer una medida visual para la selección de piezas fuertes y duras “ Regla de densidad, que sugiere la American Society for Testing and Materials, dice: “ Calcúlese el promedio de anillos de crecimiento, el cual no debe ser inferior a 2.5 anillos de crecimiento por centímetro (6 anillos por pulgada), las piezas cuyo promedio sea menor a 2.5 anillos de crecimiento por cm. (6 por pulgada), podrán ser aceptadas si tienen el 50% o más de madera de verano o estación seca”<sup>23</sup>



FOTO No. 9 Anillos de crecimiento de la madera.

23.- Centro de Investigaciones de Ingeniería  
Manual de diseño de elementos estructurales de madera para viviendas  
Facultad de Ingeniería, BANVI. Pág.6

FUENTE: Figura No. 7.  
Beltranena Matheu, Emilio  
Determinación de los esfuerzos permisibles de trabajo para maderas nacionales  
Tesis de Ingeniería, USAC, Pág. 6

Fotos No. 9 y 10. Anillos de crecimiento de la madera.  
[http://www.kahrs.es/\\_imagenes/madera/92/281.jpg](http://www.kahrs.es/_imagenes/madera/92/281.jpg)  
<http://www.lacocelera.com/myfiles/previcv/SANY0415anillos-de-crecimiento.JPG>  
Guatemala, Julio del 2008

### 3.9.2.2.- Nudos:

La causa de este, es por el nacimiento o brote de una rama en el tronco de un árbol y es el defecto más común.

Su efecto es la reducción de la resistencia al corte y a la compresión, Un nudo reduce el área afectiva que resiste una carga y las áreas adyacentes al mismo, porque rompe la continuidad de las fibras, disminuyendo la cantidad de material resistente y presenta distorsiones en la fibra y depende de su tamaño y localización en la pieza. Ver en anexos las tablas A1.1; A1.2 y A1.3 los factores de corrección por la presencia de nudos y en la figura No. 7 la forma que se presentan los nudos en la madera. Ver ampliación del tema en Anexo No. 2.

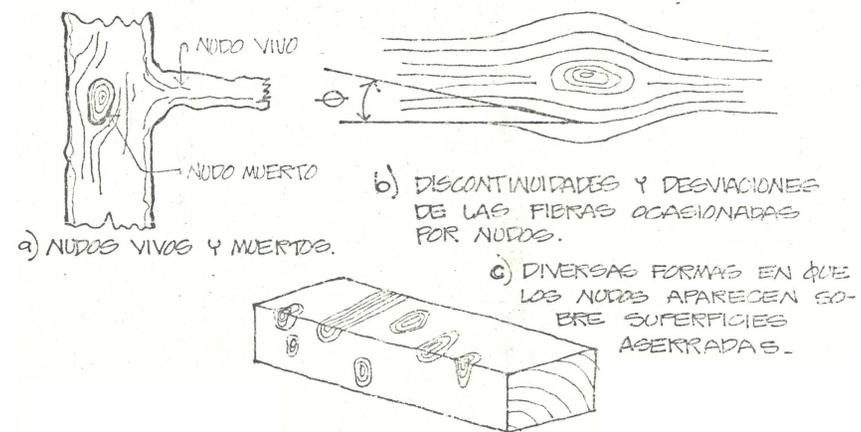
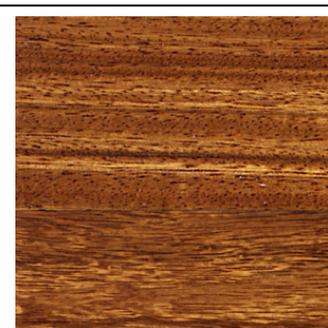


FIGURA No. 7.

LOS NUDOS EN LA MADERA



FOTOS No. 9 y 10.  
Anillos de crecimiento de la madera



**3.9.2.3.- Desviaciones en la dirección de fibras:**

Las desviaciones de la fibra pueden ser a causa de un aserrado diagonal o por la fibra torcida o espiral en el tronco. “Es limitada de acuerdo con su efecto en la resistencia, su efecto varía según el ángulo de inclinación de la fibra respecto al eje de la pieza... Para piezas en flexión la inclinación de la fibra es importante en las caras superior e inferior en el tercio medio de la luz.”<sup>24</sup>

Este defecto puede causar pandeo, provocando unísonamente grietas radiales cuando es secada una pieza, incide principalmente en el esfuerzo de tensión paralela. Ver figura No. 8 donde se puede apreciar la desviación de las fibras de la madera y en los anexos la tabla A1.4 para los factores de corrección por efecto de fibra torcida o inclinada.

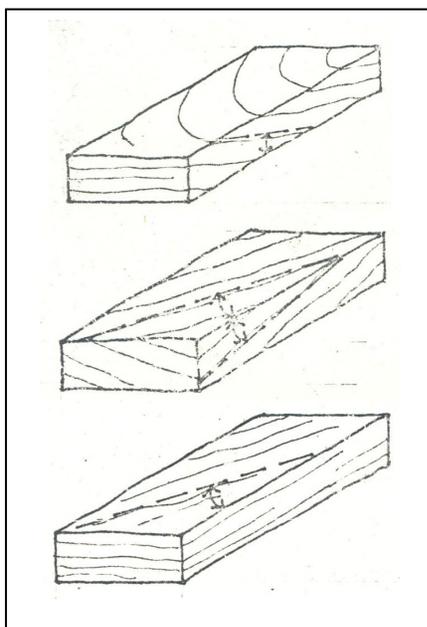


FIGURA No. 8  
Dirección de las vetas en la madera.  
<http://images.lowes.com/general/l/loqs.gif> Guate. Julio del 2008

FIGURA No. 8  
DESVIACION DE LAS FIBRAS DE LA MADERA.

24 IBID, Pág. 9

25 Foulger, A. N.

Clases prácticas sobre las propiedades de las maderas

Centro Regional de Ayuda técnica, AID Pág. 17

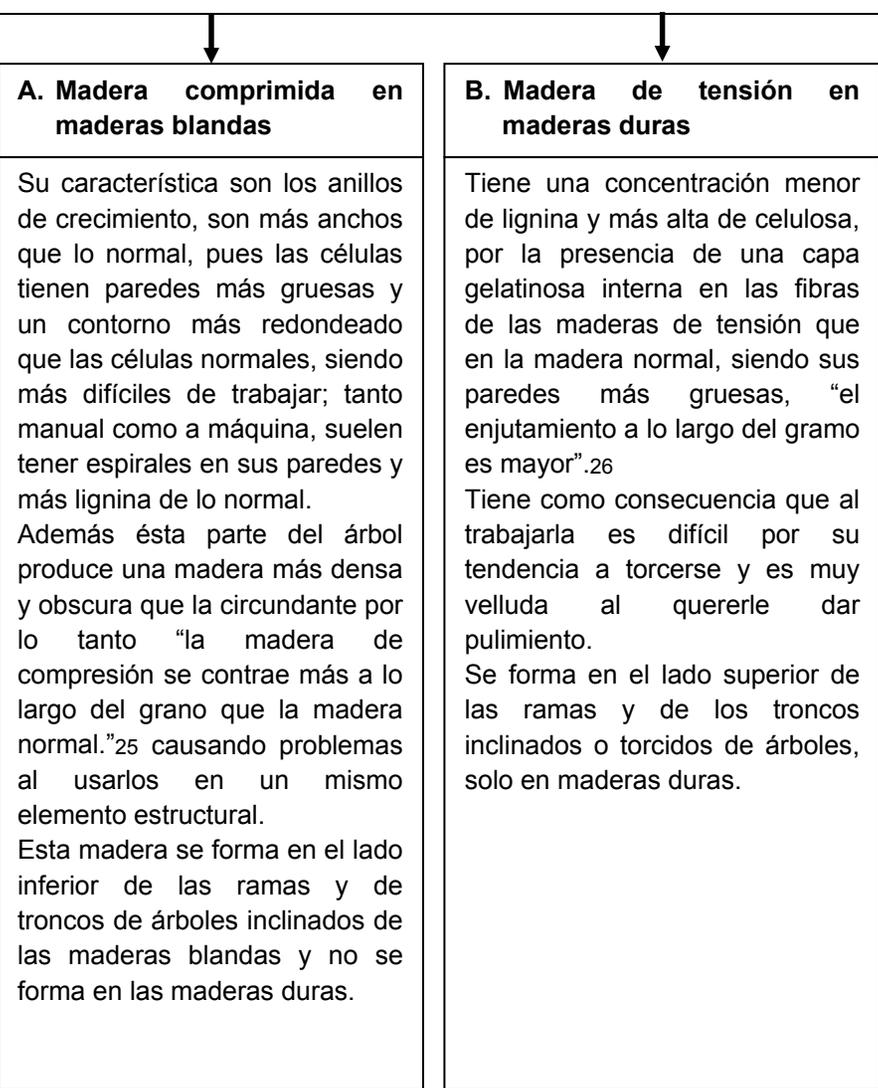
26 IBID,

Pág. 17

**3.9.2.4.- Maderas de reacción:**

Es la parte leñosa de un árbol que se desarrolla como reacción ante esfuerzos por crecer éste en posición inclinada; esta si es leve o si incide en la estructura de la madera se consideran nocivas por lo cual éstas maderas deben desecharse como madera estructural. Ver anexos; tabla A1.4

Estas maderas según sea su caso pueden ser:



**A. Madera comprimida en maderas blandas**

Su característica son los anillos de crecimiento, son más anchos que lo normal, pues las células tienen paredes más gruesas y un contorno más redondeado que las células normales, siendo más difíciles de trabajar; tanto manual como a máquina, suelen tener espirales en sus paredes y más lignina de lo normal.

Además ésta parte del árbol produce una madera más densa y oscura que la circundante por lo tanto “la madera de compresión se contrae más a lo largo del grano que la madera normal.”<sup>25</sup> causando problemas al usarlos en un mismo elemento estructural.

Esta madera se forma en el lado inferior de las ramas y de troncos de árboles inclinados de las maderas blandas y no se forma en las maderas duras.

**B. Madera de tensión en maderas duras**

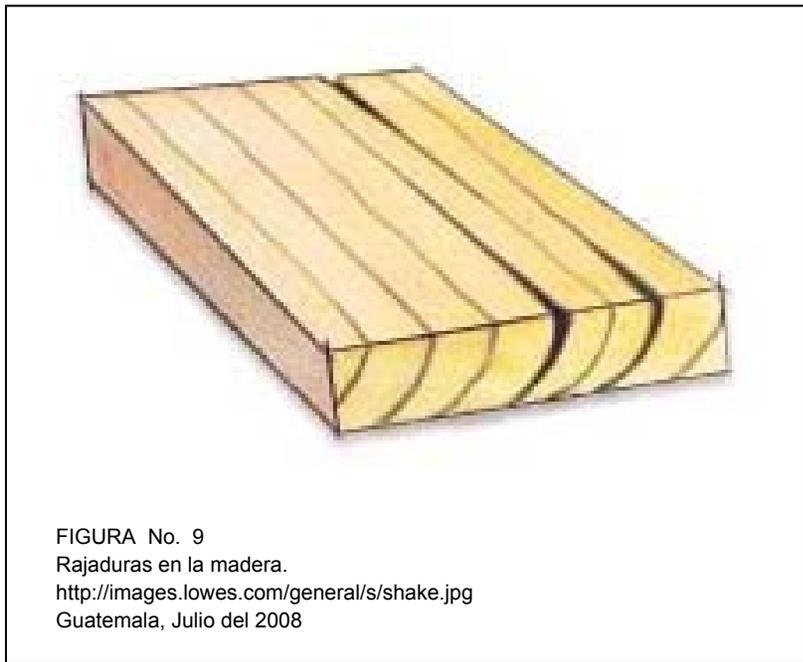
Tiene una concentración menor de lignina y más alta de celulosa, por la presencia de una capa gelatinosa interna en las fibras de las maderas de tensión que en la madera normal, siendo sus paredes más gruesas, “el enjutamiento a lo largo del gramo es mayor”.<sup>26</sup>

Tiene como consecuencia que al trabajarla es difícil por su tendencia a torcerse y es muy velluda al quererle dar pulimiento.

Se forma en el lado superior de las ramas y de los troncos inclinados o torcidos de árboles, solo en maderas duras.

### 3.9.2.5.- Bolsa de resina:

Son cavidades paralelas o entre los anillos de crecimiento que contienen resina, ya sea sólida o líquida. Por lo general, estas no inciden fuertemente en la resistencia estructural, pero si afectan cuando se localizan en planos sometidos a esfuerzos cortantes altos y deberán rechazarse las piezas de madera que tengan muchas bolsas de resina.

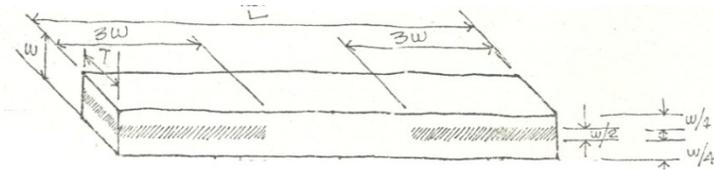


### 3.9.2.6.- Rajaduras, reventaduras y grietas

Estos defectos se producen durante el crecimiento de un árbol, y se generan por esfuerzos internos. Pueden ser radiales cuando es una hendidura longitudinal que atraviesa los anillos de crecimiento, y anulares cuando se da una separación a lo largo de las fibras entre los anillos de crecimiento.

Reducen la resistencia al esfuerzo de corte horizontal en miembros que estén sometidos a flexión, en vigas principalmente en los apoyos. Ver Figura No. 10 para tomar una idea de los factores de reducción a estos defectos y los anexos, y las tablas A1.5 y A1.6.

Hay restricción de uso en piezas que presentan una grieta en el eje neutro o sea en el centro del peralte por ser un punto muy alto al esfuerzo de corte. En miembros sometidos a compresión o tensión es poca la incidencia de estos defectos y usualmente se evita por cuestiones de apariencia o prevención a penetración de insectos o agua.



#### RAJADURAS DE LA MADERA

- a) Rajadura en estrella.
- b) Rajadura anular.
- c) Rajadura radial.
- d) Grietas producidas durante el proceso de secado.



FIGURA No. 10. ZONAS CRÍTICAS PARA GRIETAS EN PIEZAS A FLEXION, SIMPLEMENTE APOYADA.

Figura No. 10: Fuente: Beltranena Matheu, Emilio Ing. Determinación de los esfuerzos permisibles de trabajo para maderas nacionales Tesis de Ingeniería, USAC, Pág. 7

### 3.10.- Defectos artificiales:

Son los ocasionados a la madera durante los procesos de aserrado y secado, para ser utilizados en estructuras, y estos pueden ser tan nocivos como los defectos naturales.

Cuando hay combinación de estos defectos que inciden en la resistencia estructural, se corrigen por el que cause una reducción mayor, y entre estos defectos tenemos:

#### 3.10.1.- Inclinación de la fibra:

Anteriormente se mencionó a éstos, cuando son naturales, queda anotar entre los artificiales que se deben por un mal aserrado efectuado en forma diagonal, porque no siempre es posible hacer cortes paralelos a la fibra.

#### 3.10.2.- Gemas

Son los llamados descantillado y consisten en la ausencia de material leñoso en cualquier esquina de una pieza, se debe a causa de querer aprovechar lo más posible del tronco cuando es aserrado, causando pérdidas de resistencia por tener una sección menor y dificultad cuando se necesita una superficie para poder clavar o por razones de apariencia. Se evita pidiendo que se conserven todas las aristas con los ángulos rectos.

#### 3.10.3.- Fracturas o rajaduras

Son fallas en la fibra de la madera por la acción del viento o proceso de crecimiento, troncos de árboles apeados o piezas aserradas que ocasionan esfuerzos de compresión y tensión excesivos. Estos defectos son totalmente prohibidos en cualquiera de los grados estructurales de las maderas.

En este segmento, nos referimos a las rajaduras ocasionadas durante el secado y formadas por las contracciones en los 3 sentidos que se presentan en la madera (Ver figura No. 11), estas se acentúan cuando el secado se efectúa con mucha rapidez. Ver incisos anteriores.

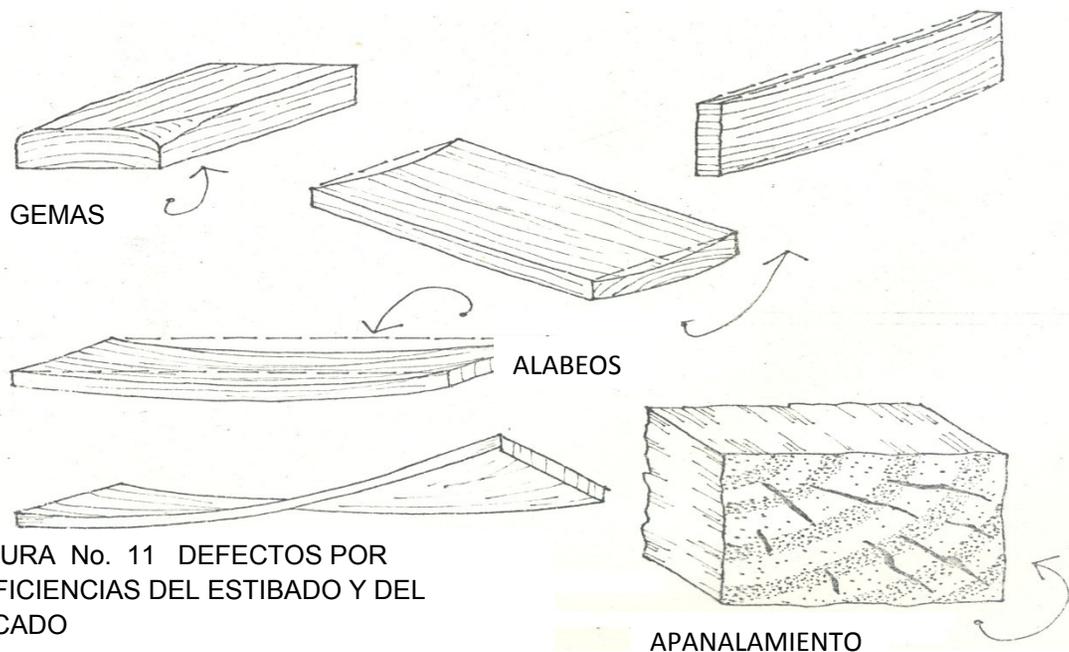


FIGURA No. 11 DEFECTOS POR DEFICIENCIAS DEL ESTIBADO Y DEL SECADO

Fuente: Figura No. 11. Robles Villegas-Fernández, Ramón Echenique-Manrique Estructuras de madera 2da. Reimpresión Editorial LIMUSA 1989 Pág.102

**3.11.- Defectos producidos por volteo del árbol y por deficiencias del estibado y secado:**

<p><b>a) Alabeo:</b> Son deformaciones de las contracciones provocadas por el secado, en una forma desigual y excesiva; y a la vez a la exposición de la madera al sol y viento, influyendo la orientación de las fibras. Ver figuras No. 11.- Los tipos de alabeo que se producen en las maderas.</p>	<p><b>b) Colapso:</b> Se produce cuando se extrae la humedad de las células leñosas demasiado rápido, en estufas o cámaras de secado con temperaturas muy elevadas.</p>	<p><b>c) Apanamiento:</b> Semejante al anterior, se produce cuando el secado dentro de una estufa o cámara es demasiado rápido y se caracteriza porque se forman cavidades internas en sentido perpendicular a las fibras. Ver figuras No. 11.-</p>	<p><b>d) Agujeros:</b> Por lo general es a consecuencia de la caída de nudos secos (muertos) a la hora de hacer los cortes en el aserrado de los troncos, algunas veces son provocados por los instrumentos que se utilizan en el manejo de las trozas. Sus efectos y medición se hacen de la misma forma que los nudos. Ver figuras No. 11.-</p>
--	---	---	---



**3.11.1.- Pudrición y decaimiento:**

La pudrición es la desintegración de la sustancia leñosa causada por la acción de hongos, la parte afectada se vuelve blanda, esponjosa o se desborona. Siendo los factores que contribuyen a ello, el aire, la humedad y una temperatura favorable para el desarrollo de los hongos. La forma de evitar estos dos defectos son: a) la protección de los elementos estructurales a la intemperie, y b) la utilización de preservativos, (esto se verá más adelante); aunque también debe escogerse la madera estructural a emplear de acuerdo a su durabilidad. Es difícil analizar a que grado puede afectar la pudrición, por lo cual; ésta no debe tolerarse en ningún elemento estructural de madera. Respecto a la durabilidad de la madera se puede anotar que se clasifican en: Ver figura No. 12.

<p><b>Muy durables:</b> De 15 hasta 25 años de uso El cedro Ciprés y Chichipate</p>	<p><b>Durables:</b> De 10 a 15 años de uso El pino caribea El pino oocarpa Conacaste, palo volador; la caoba.</p>	<p><b>No durables:</b> Menos de 10 años de uso El Cenicero Las otras especies del pino</p>
---	---	--



FIGURA No. 12. TIPOS DE PUDRICION  
FUENTE: [lh4.ggpht.com/.../sUQowFrqdgM/CIMG0663.JPG](http://lh4.ggpht.com/.../sUQowFrqdgM/CIMG0663.JPG)  
GUATEMALA, Julio del 2008

### 3.12.- Preservación y conservación:

La prevención ante el ataque de organismos es más económica que controlar su avance en las estructuras de madera, una forma es el uso de preservadores:

“Otra forma de proteger la madera del ataque de hongos es diseñar las estructuras de tal forma que el contenido de humedad de la madera se mantenga a menos de 18%. Por ejemplo es recomendable cubrir las tuberías de agua fría con algún aislante para evitar la caída de agua condensada sobre la madera. En las estructuras de anclaje o cimientos y tuberías de toma o drenaje, conviene instalar escudos metálicos que impidan el paso de termitas subterráneas. En áreas de alto riesgo de ataque por termitas subterráneas, se puede añadir alguna solución insecticida al suelo alrededor de la estructura”<sup>27</sup>



#### 3.12.1.- Medio ambiente:

El aire seco, fresco y renovado, la humedad y el calor son factores del ambiente que influye en la durabilidad de la madera y a la vez al desarrollo de organismos destructores. La madera se deteriora más rápido cuando más cálida y húmeda es la temperatura ambiente. Ver figura No.13.



FIGURA No. 13 Conservación de la madera. Se puede apreciar que cuando una pieza de madera está al resguardo del ambiente, se conserva por varios siglos.  
[lh4.ggpht.com/.../sUQowFrqdm/CIMG0663.JPG](http://lh4.ggpht.com/.../sUQowFrqdm/CIMG0663.JPG)  
Guatemala. Julio del 008.



#### 3.12.2.- Intemperismo

Es el deterioro que sufre la madera al exponerla a la lluvia, sol, viento y polvo; el color de la misma se forma grisáceo a consecuencia de las hinchazones y contracciones de las superficies expuestas ante los cambios de humedad. Ver fig. No.15 Para contrarrestar esto es diseñar la estructura a la menor exposición de sus superficies o bien “el mayor grado de protección se obtiene pintando la madera previamente tratada con parafina.”<sup>28</sup>



FIGURA No. 14 Intemperismo de la madera. Podemos apreciar en esta figura los efectos del intemperismo en varas piezas de madera.  
[lh4.ggpht.com/.../sUQowFrqdm/CIMG0663.JPG](http://lh4.ggpht.com/.../sUQowFrqdm/CIMG0663.JPG)  
Guatemala, Julio del 008.



#### 3.12.3.- Fuego

El grado de sequedad de la madera, temperatura de la fuente del calor, exposición, tamaño y forma de la madera y detalles constructivos inciden a que una madera arda ante la presencia de una llama. Su combustión esta en relación directa a la temperatura; a 400°C. Todas las maderas arden y sucede lo mismo si están expuestas mucho tiempo a 275°C. Ver Figura No.15. Una sección media a robusta carboniza su superficie en un incendio y resiste durante más tiempo las cargas antes de ceder o fallar estructuralmente. Su preservativo consiste en elevar su temperatura de combustión y evitar la llama por medio de sustancias químicas impregnadas en la madera.



FIGURA No. 15 En esta figura-foto podemos observar la resistencia de piezas robustas de madera a la acción del fuego.  
<http://blogs.ideal.es/blogfiles/pinchandoenhueso/AAAAA.jpg>  
Guatemala, Agosto 2008

27 Robles Villegas-Fernández, Ramón Echenique-Manrique Estructuras de madera 2da. Reimpresión Editorial LIMUSA 1989 Pág.102  
28 IBID, Pág.99

### 3.13.- Deseccación de la madera:

Un método de conservación es el secado (eliminación de la savia, ver incisos anteriores), siendo este el medio más sencillo y económico de efectuarlo, evitando así la fermentación.

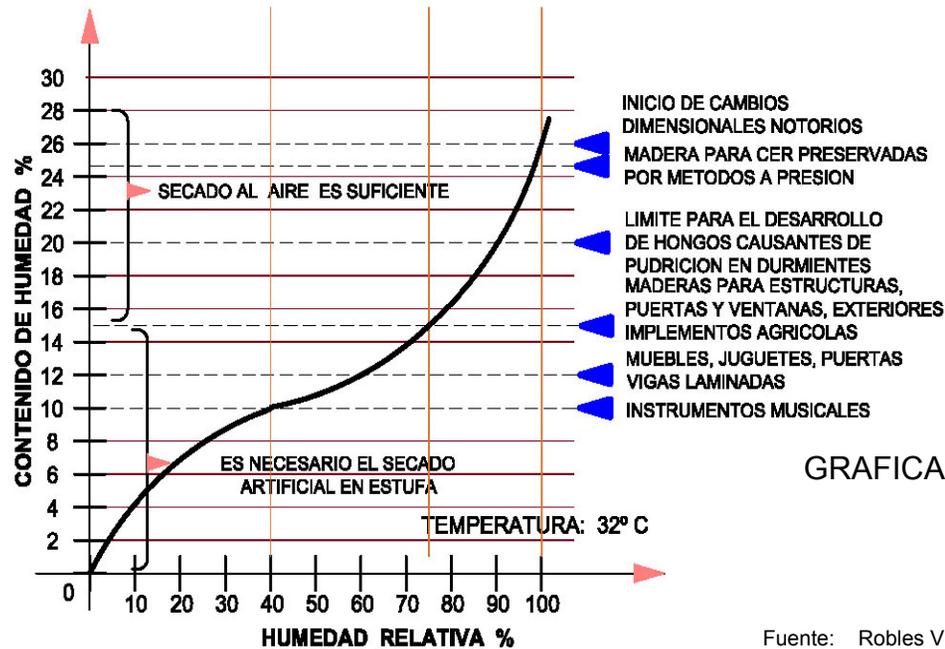
El secado tiene "las siguientes ventajas...":

- a) Mejora la estabilidad dimensional de la madera en uso, minimizando los cambios dimensionales como respuesta a cambios en contenido de humedad.
- b) Aumenta notablemente la resistencia mecánica y mejora sus características como aislante térmico, acústico y eléctrico.
- c) Aumenta extraordinariamente la resistencia a ser biodegradada, especialmente por hongos causantes de pudriciones.
- d) Permite un mejor tratamiento impartiendo una mayor duración con preservadores, barnices, pinturas y repelentes al agua.<sup>29</sup>

Ver en la Grafica. No 3. como le afecta la humedad a la madera, en distintos porcentajes:

El proceso de secado produce esfuerzos internos en la madera, por lo cual debe realizarse con un control y tipo de método para evitar daños posteriores a la misma.

Existen dos métodos de secado, los cuales se centran en hacer circular aire para llevarles calor a las piezas de madera y estos suelen ser de dos formas:



GRAFICA No. 3

Fuente: Robles Villegas-Fernández, Ramón Echenique-Manrique Estructuras de madera 2da. Reimpresión Editorial LIMUSA 1989

Relación de contenido de humedad en equilibrio de la madera y humedad relativa de la atmósfera, señalando los contenidos de humedad recomendados para diversos usos de la madera.

29 Robles Villegas-Fernández, Ramón Echenique-Manrique Estructuras de madera 2da. Reimpresión Editorial LIMUSA 1989 Pág. 106-107



### 3.13.1.- Deseccación natural:

Es el método más usado y común en Guatemala. Este comienza desde el corte o tala de un árbol, iniciando su secado bajo la corteza. Seguidamente se descorteza, siendo este momento el inicio del secado, pero es más directo cuando es aserrada en piezas por estar la superficie expuesta al aire. Para que el secado natural funcione se debe de apilar la madera para la circulación del aire y a la vez debe estar bajo techo sin paredes. Ver figura-foto No. 16.



FIGURA No. 16 Madera en proceso de secado natural.  
www.petexbatun.com  
Guatemala, Julio del 2008



### 3.13.2.- Deseccación artificial:

Conocido también como secado en estufa, consistente en colocar la madera en cámaras metálicas, antiguamente eran de ladrillo; en donde se les hace circular aire caliente, el cual al pasar entre las piezas arrastra el vapor del agua. Este método aunque tiene un costo mayor que el natural, es más rápido y permite un mayor control sobre la madera, la vuelve de mayor trabajabilidad, más duradera y la hace alcanzar el grado de humedad requerido. Requiere un estricto control de la temperatura, la cual no debe exceder de los 100° C, la distribución del calor no es uniforme; (en las partes cercanas a la salidas del calor, las piezas se secan demasiado rápido), siendo grande el peligro de incendio y requiere un personal más especializado, para que controle todo el proceso. Ver figura No.17.

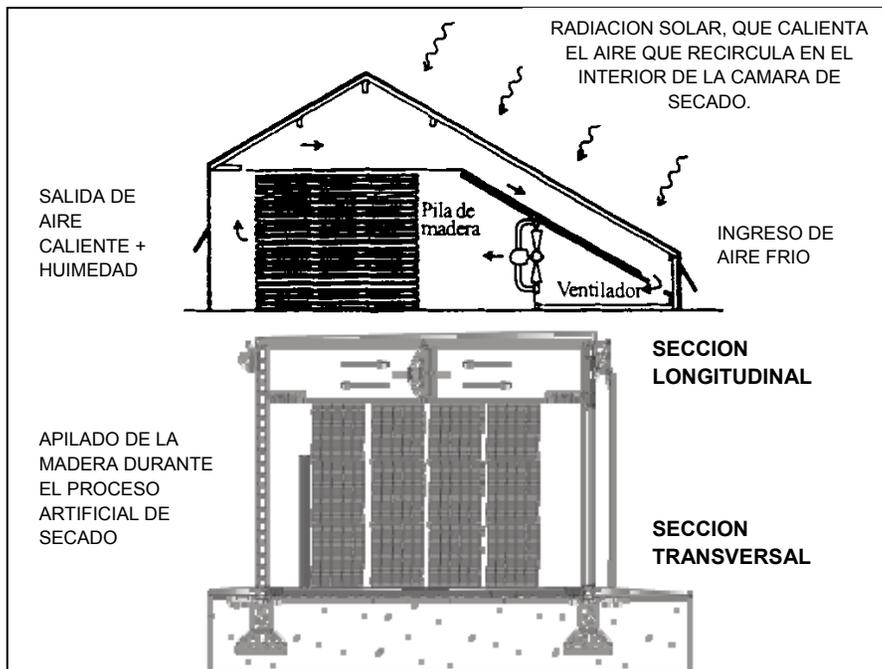


FIGURA No. 17  
http://www.cd3wd.com/CD3WD\_40/CD3WD/CONSTRUC/SK01AE/ES/SK01MS37.GIF  
Guatemala, Julio del 2008

### 3.14.- Duración y tipos de cargas

**3.14.1.- Duración y tipo de carga:**  
 Si una carga permanece por mucho tiempo sobre una estructura de madera, ésta tiende a disminuir su resistencia, si por lo contrario la estructura se ve sometida a cargas por cortos períodos de tiempo, su resistencia puede incrementarse en todos los esfuerzos de trabajo a excepción del módulo de elasticidad. En la siguiente tabla se puede encontrar los factores de corrección a los esfuerzos básicos por sobre cargas. Ver fotos No. 11 a la 13.

**3.14.2.- Fatiga:**  
 Es la falla que se produce al someter a una estructura o elemento de madera a cargas repetidas inferiores a su resistencia estática. Ésta es menor en la madera que en otros materiales, inclusive que en el acero.  
 “En el comportamiento de la madera bajo fatiga influyen varios factores:  
 a.- El número de ciclos, b.- La relación entre los esfuerzos máximo y mínimo (que pueden ser de signo contrario), c.- El tipo de acción (tensión, flexión, etc.) d.- El contenido de humedad, y e.-La temperatura.”<sup>30</sup>

<b>TABLA No. 07</b>	
<b>FACTORES DE CORRECCIÓN DE ESFUERZOS BÁSICOS POR SOBRECARGAS DE CORTA DURACIÓN</b>	
PARA SOBRECARGAS DE CORTA DURACIÓN SE PUEDEN INCREMENTAR LOS ESFUERZOS DE TRABAJO EN LOS % SEÑALADOS	
ESTOS INCREMENTOS NO SON APLICABLES AL MÓDULO DE ELASTICIDAD ( a )	
1.- SOBRECARGAS TEMPORALES HASTA DE 2 MESES DE DURACION	15%
2.- SOBRECARGAS TEMPORALES HASTA DE 7 DIAS DE DURACIÓN	25%
3.- SOBRECARGAS DE VIENTO ó SISMO	35%
4.- CARGAS OCASIONALES DE IMPACTO	100%
ENTENDIÉNDOSE QUE LA ESTRUCTURA DEBE RESITIR SIEMPRE LA COMBINACIÓN DE CARGA MUERTA Y CARGA VIVA NORMAL, PARA LA QUE FUE DISEÑADA.	
(a) CUANDO LA ESTRUCTURA PUEDA ESTAR SOMETIDA DURANTE UN PERÍODO LARGO DE TIEMPO A UNA CARGA MAYOR QUE PARA LA QUE FUE DISEÑADA, PROVOCANDO UNA DEFLEXIÓN MAYOR QUE LA PERMISIBLE ( 1/360 DE LUZ LIBRE), SE DEBERA AUMENTAR LA CARGA DE DISEÑO ó DISMINUIR EL MODULO DE ELASTICIDAD PARA EL CÁLCULO DE LA DEFLEXIÓN PERMISIBLE PAR EVITAR QUE LA DEFLEXIÓN SEA EXCESIVA.	
FUENTE:	TABLA No. 11, DETERMINACIÓN DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES
	BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.

30 Robles Villegas-Fernández, Ramón Echenique-Manrique  
 Estructuras de madera  
 2da. Reimpresión Editorial LIMUSA 1989  
 Pág. 95



FOTO No. 11.

FOTOS No. 11-12-13.

En estas fotos se pueden apreciar los efectos de cargas y fatiga en vigas de madera.  
<http://www.lasprovincias.es/valencia/prensa/noticias/200804/04/fotos/15208803.jpg>  
Guatemala, agosto del 2008

FOTO No. 12.



FOTO No. 13.



### 3.15.-Temperatura, flujo y relajación

La temperatura influye indirectamente en el comportamiento estructural de la madera y es proporcional, a temperatura mayor a la ambiental sufre una reducción de la resistencia, y a una menor temperatura tiende a incrementar la misma. La madera actúa indirectamente cuando la temperatura del ambiente se ve saturada de humedad, la resistencia de la madera disminuye, es decir, la temperatura y la humedad actúan conjuntamente en relación a la resistencia.

Sus efectos pueden ser inmediatos o permanentes.

El flujo o creep es la deformación elástica que sufre un miembro estructural de madera cuando está sometido a una carga transversal, si ésta permanece un período de tiempo la deformación se incrementa gradualmente, debiéndose a las características visco elásticas de la madera y puede tardar años en estabilizarse.

La relajación es el inverso del flujo, se presenta al mantener la deformación constante en un miembro, comprobándose que los esfuerzos que causan esa deformación disminuyen al cabo de un período grande de tiempo.

#### 3.15.1.- Conservación y protección de la madera:

Por muy buena que sea una madera es susceptible a dañarse con el paso del tiempo, afectándose su resistencia y durabilidad. Para aumentar la vida útil de la madera es necesario llevar a práctica, entre otros lo siguiente:

- a) Suprimir toda sustancia que pueda ser alimento para un ente orgánico,
- b) Protegerla del medio ambiente y
- c) Tratarlas con preservadores químico o naturales.



#### 3.15.2.- Agentes orgánicos deterioradores de la madera:

Muchas veces de la misma naturaleza pues en sus células leñosas que constituyen los troncos de los árboles ya cortados, se encuentra savia, la cual está compuesta por sustancias albuminosas, almidones, etc., las cuales son alimento para toda clase de organismos.



#### 3.15.3.- Hongos

Organismos incapaces de generar su propio nutriente por lo cual se alimenta de la madera, desarrollándose en los poros o cavidades donde toman la celulosa y la lignina.

Su crecimiento está condicionado por lo siguiente:  
Ver figura No. 18.



FIGURA No. 18.  
Efectos de hongos en vigas de madera  
[http://www.ardis-arq.com/Pudricio%20biogues%20fusta\\_WEB.jpg](http://www.ardis-arq.com/Pudricio%20biogues%20fusta_WEB.jpg)  
Guatemala. Julio del 2008

a) **Cantidad de alimento:** estos pueden consistir en la celulosa y la lignina de las células y las sustancias albuminosas, azúcares y almidón que guardan y conservan algunas cavidades leñosas.

b) **Grado de humedad:** estos organismos necesitan cierta cantidad de humedad para subsistir, la cual debe ser inferior a 20° C. (entre el 15 y 18% del peso seco de la madera), para impedir su desarrollo.

c) **Una pequeña cantidad de aire:** los hongos necesitan una pequeña cantidad de oxígeno para desarrollarse, debe hacerse notar que si la madera se encuentra sumergida todo el tiempo dentro el agua, estos agentes destructores no pueden existir.

d) **Temperatura:** los hongos para desarrollarse en la madera necesitan una temperatura del medio comprendida entre los 20° a los 36° centígrados.



Para impedir el desarrollo de los hongos en las maderas estructurales basta con alterar alguno de los condicionantes anotados; lo cual se puede lograr con algún método de preservación, los cuales veremos más adelante. Los hongos son generalmente los causantes de la pudrición, aunque hay otros que dañan a las maderas y entre los daños que pueden ocasionar están las manchas que aunque no afectan la resistencia, sí la apariencia, hay otros que transforman la resistencia provocando transformaciones en todos los esfuerzos de trabajo, la pudrición; destrozándolos por completo.

Usualmente se desarrollan dos tipos de pudrición, siendo la morena que provoca grietas en las fibras y un color pardo oscuro, la otra pudrición es la blanca que transforma el material leñoso en esponjoso de color blanquecino, existen otros tipos de pudrición como la blanda que existen solo donde se dan temperaturas y humedad muy altas ocasionando un ablandamientos de las superficies, las cuales son arrastradas por la acción del agua, llegando a ser grietas profundas.



**3.15.4.- Insectos perforadores:**  
 Estos van después de los hongos en orden de importancia por los daños que ocasionan. Ninguna madera es inmune al ataque de los insectos, pero existen algunas que por la cantidad de aceite y sustancias toxicas con alto índice de sílice retardan su destrucción por este factor.

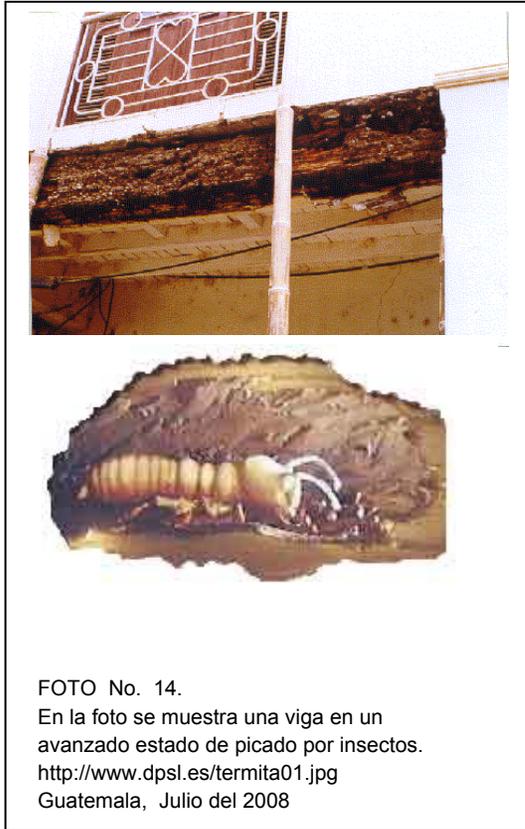


FOTO No. 14.  
 En la foto se muestra una viga en un avanzado estado de picado por insectos.  
<http://www.dpsl.es/termita01.jpg>  
 Guatemala, Julio del 2008

**a) Termitas o polilla subterráneas:**  
 Estas anidan bajo el suelo o en piezas de madera que están en contacto con él, ocasionando túneles en la madera; por lo cual los daños causados son descubiertos regularmente cuando están en estado avanzado.  
 Usualmente también usan las hendiduras en el concreto y la mampostería para llegar al material leñoso de la madera.

**b) Termitas o polilla de madera seca:**  
 Estos insectos son los conocidos como las palomillas, no son tan numerosas y dañinas como las anteriores, notándose sus daños cuando salen, ya adultos de las piezas afectadas por agujeros hacia otras, se denotan por la acumulación de aserrín que expulsan al salir de los agujeros.



En ambos casos, estos insectos se alimentan de la madera estructural digiriendo la celulosa, alterando todas sus características físico-mecánicas. Existen otros insectos con similares caracteres, pero dañan a la madera en un menor grado a la resistencia o en algún otro caso bajo otras condiciones muy distintas a las ya descritas.

### 3.16.- Combustión de la madera:

La madera al estar sometida a altas temperaturas sufre una descomposición produciendo gases que al oxigenarse puede arder y aunado a lo descrito con anterioridad llega a formar llama. Esto se puede controlar manteniendo el interior de la madera (las piezas) a una temperatura baja, lo cual hace conservar la resistencia mecánica durante el tiempo que se tarde en consumir la mayor parte de la misma.

“El método preservador para la combustión de la madera se reduce a elevar su temperatura de combustión y evitar la producción de llama, por medio de sustancias químicas que impregnadas en la madera, producen ciertos gases que retardan su combustión y destrucción”<sup>31</sup>. Estas sustancias eficaces y comunes son los retardadores del fuego.



#### 3.16.1.- Protección de las maderas:

En las maderas durables, el empleo de detalles constructivos que las protejan y analizadas las condiciones anteriores, se hace posible considerar a que grado se deben proteger las maderas estructurales contra los agentes que la destruyen, se puede combatir tratando químicamente en una forma adecuada para que su durabilidad se estime ilimitada.



#### 3.16.2.- Impregnación, penetración y retención:

Estos son términos comunes en la preservación de la madera, pues cuando una pieza contiene un preservador se suele decir que está impregnada y al grado de esta impregnación se le llama retención, la que indica la cantidad, ya sea en grado o en volumen. Generalmente se expresa en  $\text{gr/cm}^3$ , en  $\text{kg/cm}^3$  o bien  $\text{lb/pie}^3$ .



#### 3.16.3.- Preservadores:

Son compuestos químicos solubles en aceites y en agua que se aplican a la madera para conservarlas libres de agentes deterioradores, estos químicos al estar en contacto con los organismos nocivos los inhibe y mata, aunque hay otros que solo los repele.

Estos preservadores deben ser:

- a) Altamente tóxicos a los organismos destructores.
- b) Capaces de penetrar fácilmente en la madera.
- c) Duraderos por largo tiempo y ser poco solubles por intemperismo.
- d) Seguros de manipular, fácil aplicación y sin peligro para el humano.
- e) No dañar a la madera, ni metales y deben ser accesibles.
- f) Limpios, incoloros y compatibles con pinturas y aceites en casos especiales.



<sup>31</sup> Flores Morales, J. Encarnación.  
Uso tecnológico de la madera en construcción.  
Tesis de Ingeniería, USAC Pág. 125-126.

**3.17.- En nuestro país se utilizan preservadores a base de creosota, pentaclorofenol y las llamadas sales “CCA”, que son compuestos de cobre, principalmente.**

**a) La creosota:**  
 Es un derivado del carbón bituminoso mezclado con otros compuestos tóxicos a organismos nocivos a la madera, estos se utilizan en estructuras expuestas a la intemperie como muelles, durmientes de ferrocarril, postes, etc. Su inconveniente es que las piezas quedan muy sucias o grasosas, imposibilitando explotar la estética de las maderas aunado a que tienen que usarse en espacios abiertos por el olor que desprende. Este tratamiento se efectúa a base de presión.

**b) El pentaclorofenol:**  
 Este es un polvo químico verde-grisáceo a base de cloro y fenol que se diluye en aceites, que puede ser utilizado en toda clase de estructuras y elementos de madera, pues deja las superficies aptas para ser pintadas. Su tratamiento puede ser por inmersión, aspersion o en procesos a presión.

**c) Sales CCA:**  
 Son compuestos salubres en agua que contienen tóxicos nocivos contra organismos destructores de la madera, aventaja a los anteriores en que deja las superficies limpias aptas a toda clase de acabados que deseen dar, se efectúa a base de presión y sin presión o de doble vacío. También se han utilizado sales de cromo y arsénico las cuales están siendo prohibidas por ser altamente tóxicas al humano.

**3.17.1.- Métodos de tratamiento:**

Existe gran cantidad de métodos de tratamiento de aplicación de preservadores, entre los cuales hay desde tan complicados que requieren equipo moderno y personal especializado hasta los domésticos los cuales pueden ser aplicados con una brocha. Ver tabla siguiente:

TABLA No. XX					
GUIA Y METODOLOGÍA A EMPLEAR SEGÚN EL PRESERVADOR A USAR					
M E T O D O	PRESERVADOR				
	PROCESO	CLEOSOTA	PENTACLOROFENOL	SALES CCA	OTROS:
PROCESOS A PRESIÓN	CÉLULA LLENA		X	X	RETARDADORES DE FUEGO BORO Y FLUOR
	CÉLULA VACIA	X	X		BORO Y FLUOR
PROCESO DE DOBLE VACIO	RETENSIÓN	X	X	X	ALQUITRAN
PROCESOS SIN PRESIÓN	INMERSIÓN	X	X	X	INSECTICIDAS
	BAÑO	X	X	X	INSECTICIDAS
	ASPERSIÓN			X	INSECTICIDAS ACEITES Y PINTURAS

**3.17.1.1.- Métodos a presión:**  
 Es el mejor por conseguir una penetración y retención requerida o deseadas en la mayoría de las maderas. Su inconveniente es que utiliza grandes instalaciones y complejos equipos de aplicación por las altas presiones que se necesitan y el personal calificado. Este método se efectúa por dos procesos, en ambos se requieren autoclaves o cilindros que soporten altas presiones tanto positivas como negativa, gran capacidad de albergue, bombas neumáticas y sistemas de calefacción. Se usa para postes, pilotes, pavimentos, etc.

**3.17.1.2.- Método de doble vacío:**  
 Este método requiere de instalaciones y equipo especial, similar al anterior, las piezas de madera son introducidas en autoclaves por cortos períodos de tiempo al vacío, aplicándoles después el preservante a la madera, luego se drena el autoclave y se vuelve a realizar el vacío controlado esta vez la penetración que no sea excesiva. Su inconveniente es que la madera tiene que ser cortada con tiempo para su previa desecación.

**3.17.1.3.- Método sin presión:**  
 Su principal ventaja sobre los anteriores es que no requiere instalaciones ni equipo y logra ser más económico, aunque hay que hacer notar que no se logran las penetraciones ni retenciones deseadas en las maderas. Es recomendable para los preservadores insecticidas. Éste método puede lograrse en 3 formas:

**a) Proceso de célula llena**  
 Llamado de saturación completa, se efectúa colocando las piezas de madera dentro de autoclaves provocando el vacío al aire, llenándose después con la solución preservadora sin destruir el vacío hasta alcanzar la penetración y retención deseada, drenándose después la cámara eliminándose la presión.

**b) Proceso de célula vacía**  
 También se le llama de impregnación económica, habiendo de dos tipos de Rueping y el lowry. El primero consiste en colocar las piezas dentro del autoclave, inyectándole aire a presión hasta dejar los huecos de la madera llenos de éste, después se aplica la solución calentada, de 70° a 100° C hasta alcanzar la penetración y retención deseada, durante el desalojo del aire la madera queda cubierta por el antiséptico empleado. El segundo caso varía en que al principio no se introduce el aire a presión sino que éste se aplica una vez el preservador se encuentra dentro de la cámara. En ambos métodos las piezas quedan recubiertas con el preservador, dejando poca solución dentro de las cavidades celulares de la madera.

**a) Por inmersión:**  
 Consiste principalmente en sumergir las piezas en recipientes que contengan la solución preservadora, y se puede efectuar de dos maneras:  
**a).1 Inmersión en frío:** es poca eficaz y presenta la desventaja que requiere 8 días mínimo de tratamiento, lo cual es antieconómico, por el tiempo para grandes cantidades de madera.  
**a).2 Inmersión en caliente:** su procedimiento es igual al anterior, lo que cambia es la temperatura del preservante el que tiene que estar caliente, lo cual reduce el tiempo de hasta media hora de tratamiento, lográndose mejores resultados, si antes del proceso, la madera se deseca en estufa, lo cual la vuelve más porosa; lo que la predispone a una mayor absorción.



**b) Por baño:**  
Se efectúa transportando las piezas a través de rociadores, puede ser a través de un túnel; durante el cual se bañan con el preservador seleccionado. Este proceso solo logra cubrir el poro próximo a la superficie exterior de las piezas lo cual no hace que la penetración y retención sea la óptima.



**c) Por aceites y pinturas:**  
Estas son sustancias por suspensión o disolución derivadas del petróleo, vegetal o químico y se emplean para proteger a la madera.  
Esta protección consiste en una capa superficial que la protege por cortos períodos de tiempo, pues requieren una renovación periódica, básicamente, es contra el intemperismo.



FOTOS No. 15 Y 16.  
VIGAS TRATADAS CON PREPRESEVERANTES



FOTOS No. 15 y 16.  
[httpwww.infojardin.comfotosalbumsuserpicsnormal\\_04%20abril%20.%20cenador%20\(9\).1.JPG](httpwww.infojardin.comfotosalbumsuserpicsnormal_04%20abril%20.%20cenador%20(9).1.JPG)  
<httpwww.inmobiliariaamura.comimagensubidas11042007182156.jpg>  
Guatemala, Agosto del 2008

**A CONTINUACIÓN SE PRESENTA UN CUADRO SOBRE LAS VENTAJAS Y DESVENTAJAS QUE POSEE LA MADERA COMO ELEMENTO ESTRUCTURAL, RESPECTO A OTROS MATERIALES CONSTRUCTIVOS.**

**VENTAJAS**

- Arquitectónicamente una estructura de madera ofrece una mayor flexibilidad, desde el diseño en planta como en la idealización volumétrica en el tratamiento de las fachadas, es decir, una gran flexibilidad de diseño que permite un efecto estético muy agradable.
- Métodos de unión sencillos, cuando se utilizan solo clavos.
- Su bajo peso influye favorablemente en su comportamiento como estructura ante la acción o fuerza del sismo.
- Mejora el aislamiento que incrementa el confort de las personas que habitan en este tipo de estructuras.
- No es un material elaborado, sino orgánico, que generalmente se usa en su estado natural; de fácil regeneración.
- Reduce el costo de transporte de los materiales y componentes respecto a los costos de otros sistemas.
- La madera es muy buen aislante, y combinándolo con otros materiales a un costo razonable, el aislamiento en climas extremos es excelente.
- Las modificaciones y ampliaciones con este material, son sumamente fáciles y más rápidas que otras estructuras de otros materiales.
- El tiempo de la construcción es menor comparado con la edificación tradicional de concreto mixta.
- Reducción de la altura de la edificación, en un sistema poste-viga, la altura de las habitaciones es desde el piso hasta la cara inferior de la viga, lo que repercute en el ahorro en acabados en muros tanto interiores como exteriores.

**DESVENTAJAS**

- Se deben utilizar buenos detalles constructivos.
- Si no existe una coordinación modular se tendrá mucho desperdicio de madera, lo que hará que su costo se incremente más con respecto a otros materiales.
- Si la madera no es tratada su vida útil se vera disminuida por el ataque de agentes exteriores (ambiente, humedad, lluvia, insectos, hongos, etc.).
- Por defectos naturales y de las variaciones propias de la madera no es posible darle esfuerzos unitarios de trabajo con el grado de precisión como la que se hace con el acero o el concreto.
- Desconfianza que inspira por riesgo de incendio, siendo este un factor que más incide.
- La madera no es un material eterno, su vida promedio es de 60 años hasta más de un siglo.
- Las instalaciones hidráulicas y eléctricas presentan problemas por el espacio entre en el cielo raso que permitan esconderlas.

CAPITULO IV  
MARCO REFERENCIAL  
**DISEÑO DE VIGAS**



IV  
VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA.

## 4.1.- Diseño de elementos estructurales en madera

En nuestro medio por carecer de códigos generales y de diseño se toman como base entre otros los **Códigos generales de construcción**; los cuales están regidos por el American National Standard Building Code, American National Standards Institute (ANSI), el Basic Building Code, Building Officials and Code Administrators International, el Standard Building Code, Southern Building Code Congress y el Uniform Building Code, International Conference of Building Officials.; y los **Códigos de diseño** que se toman: Aluminum Construction Manual, Aluminum Association; el Building Code Requerementes for Reinforced Concrete, American Concrete Institute ( ACI ); el Manual of Steel Construction, American Institute of Steel Construction ( AISC ); el PCI Desing Handbook, Prestressed Concrete Institute ( PCI ); EL Standard Specifications for Highway Bridges, American Association of State Highway and Transportation Officials ( AASHTO ), Timber Construction Manual, American Institute of Timber Constructions ( AITIC ) y el Manual for Railway Engineering, American Railway Engineering Association ( AREA ).

**4.1.1.- Diseño por esfuerzos permisibles:** “El diseño por esfuerzos permisibles comienza con la elección de las cargas de trabajo adecuadas, las cuales se basan en el tipo de estructura. Las cargas cuando se adoptan legalmente se convierten en las mínimas permitidas y son las que se exigen al calculista. Una vez que se han fijado las cargas de trabajo, la estructura se analiza suponiendo que se comporta elásticamente y se determinan los esfuerzos. Los grupos adecuados para la redacción de los reglamentos especifican los esfuerzos máximos admisibles. Estos esfuerzos permisibles se eligen como una fracción (aproximadamente 60%) del esfuerzo correspondiente a la falla, cualquiera que sea el esfuerzo;... (Ver tablas de esfuerzos de las maderas nacionales en el capítulo anterior)....., Con este procedimiento se asegura que, en servicio normal, la estructura se comportara en forma casi *elástica* (por lo que se le llama diseño elástico) y que no estará sujeta a pandeo, fatiga o a otra forma de falla. Las cargas de trabajo de diseño se determinan con precisión para las condiciones máximas que se encontraran en la misión. Los esfuerzos permisibles bajo estas cargas y sus posibles combinaciones se fijan en valores muy aproximados o iguales a los de los esfuerzos de cedencia o a los esfuerzos correspondientes a otras maneras de falla; esto se justifica por medio de pruebas cuidadosas y precisas y por un control cuidadoso de los materiales. Además de este procedimiento, se usa un método de resistencia, en el que se requiere que la resistencia última sea suficiente para resistir una carga aproximadamente 1.5 veces mayor que la carga crítica de trabajo de diseño.”<sup>28</sup>

**4.1.2.- Diseño por resistencia (última):** “En este se empieza por determinar las cargas de trabajo para el diseño, y éstas se multiplican luego por factores de carga, para determinar la resistencia requerida. Se le llama *diseño plástico*, debido a la plastificación que ocurre en la sección transversal del acero (cuando los momentos aplicados son iguales a la resistencia, a la cedencia de la sección). Todos los métodos para obtener seguridad estructural se basan en el hecho de que se necesita un margen de seguridad para cubrir la incertidumbre acerca de cargas, materiales, métodos de análisis y calidad de la construcción. Aunque los puentes han tenido algunas fallas espectaculares, especialmente durante su construcción todos los tipos de construcciones son vulnerables....

También los edificios han tenido fallas. Comúnmente, esto se ha debido a la falla de contraventeo o arriostramiento adecuado en los entramados de acero y el apuntalamiento del concreto.”<sup>29</sup>

**4.2.- Funcionalidad:** “El efecto acumulativo de la deformación es que la estructura se desplaza de su posición original. La tendencia a utilizar materiales más fuertes, con las correspondientes secciones más ligeras y delgadas, trae consigo problemas crecientes de vibración y flexión.... Otro factor de control importante para los requisitos respecto a las flechas está relacionado con la interacción entre los componentes estructurales y los requisitos arquitectónicos..... La experiencia ha demostrado que, al flexionarse la viga, el yeso que está sometido a tensión se agrietará cuando la flecha excede de aproximadamente 1/360 del claro. Debido al gran uso que en el pasado se hacía de los enyesados, la fracción 1/360 se ha convertido en una especificación común para limitar la flecha de las vigas de techo y de piso, por carga viva.”<sup>30</sup>



#### 4.3.- TIPOS DE CARGA:

Las cargas se clasifican en dos grandes grupos: Cargas muertas y cargas vivas.



**4.3.1.- Las cargas muertas (CM)** son esencialmente constantes durante la vida de la estructura y normalmente consisten en el peso de todos los elementos permanentes de una estructura, como vigas, columnas, losas, entrepisos, techos, entre otros. Incluye también los componentes arquitectónicos, como los cielos falsos, los herrajes de puertas y ventanas, muros divisorios de los ambientes, muebles o equipos fijos. Este tipo de carga es quizá la más sencilla que hay que manejar, porque puede calcularse con facilidad a partir de las dimensiones dadas y las densidades conocidas del material. Sin embargo las dimensiones estructurales no se conocen durante las fases iniciales del proyecto y generalmente deben hacerse estimaciones que pueden variar al posterior.



**4.3.2.- Las cargas vivas (CV):** Usualmente estas varían mucho. El peso de los ocupantes, la nieve, los vehículos y las fuerzas producidas por el viento o los sismos v son ejemplos de cargas vivas. Sus magnitudes no se conocen con precisión, y los valores de diseño dependen del uso que va a darse a la estructura o inmueble.

F  
O  
T  
O  
  
No  
  
17



30 Arq. Mario Raúl Ramírez  
Documento de apoyo a la docencia. Métodos de Diseño.  
Curso: Cálculo Estructural II, Facultad de Arquitectura 2008.  
Foto No. 17. Estructura con vigas de madera.  
[http://www.ceresita.cifotosaf2\\_021.jpg](http://www.ceresita.cifotosaf2_021.jpg)  
Guatemala, Agosto del 2008.

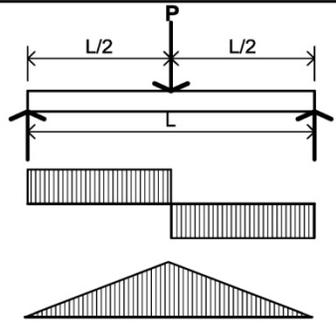
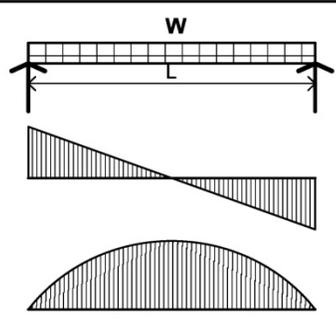
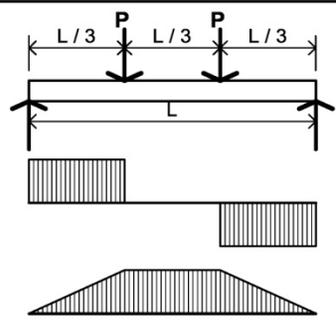
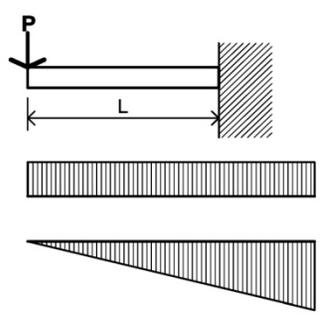
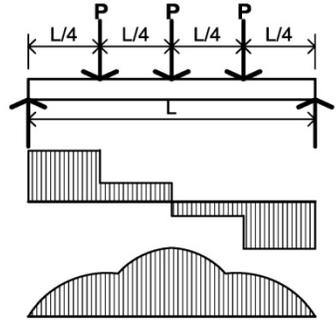
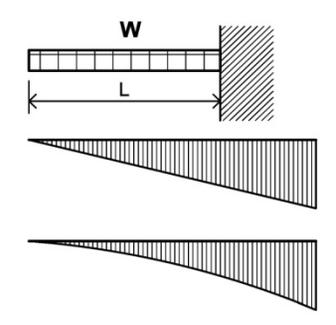
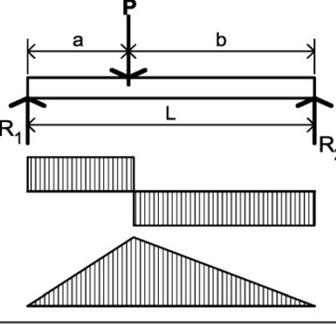
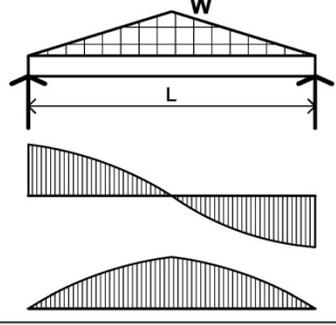
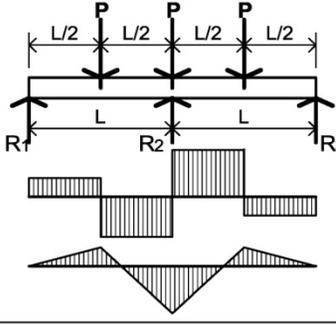
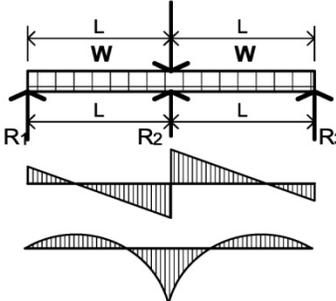
4.4.- CARGAS VIVAS MINIMAS UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDAS			
OCUPACION O USO		UNIDAD	PESO
<b>ALMACENES</b>	PRIMER PISO	kg/m <sup>2</sup>	500
	PISOS SUPERIORES	kg/m <sup>2</sup>	375
	AL POR MAYOR EN TODOS LOS PISOS	kg/m <sup>2</sup>	600
<b>VIAS VEHICULARES Y PATIOS SOMETIDOS A TRAFICO</b>		kg/m <sup>2</sup>	1200
<b>AREAS DE REUNION Y TEATROS</b>	CON SILLAS FIJAS	kg/m <sup>2</sup>	300
	VESTIBULOS	kg/m <sup>2</sup>	500
	CON SILLAS MOVIBLES	kg/m <sup>2</sup>	500
	PLATAFORMAS (MONTAJE)	kg/m <sup>2</sup>	500
	PISOS DE ESCENARIOS	kg/m <sup>2</sup>	700
<b>ARMERIAS Y CUARTOS DE ADIESTRAMIENTO</b>		kg/m <sup>2</sup>	700
<b>BALCONES</b>	EXTERIORES	kg/m <sup>2</sup>	500
	PARA VIVIENDAS	kg/m <sup>2</sup>	300
<b>BIBLIOTECAS</b>	SALAS DE LECTURA	kg/m <sup>2</sup>	500
	CUARTOS DE ALMACENAMIENTO	kg/m <sup>2</sup>	700
	CORREDORES PISOS SUPERIORES AL PRIMERO	kg/m <sup>2</sup>	400
		kg/m <sup>2</sup>	375
<b>BODEGAS, SALAS DE BILLAR Y AREAS DE RECREACION</b>		kg/m <sup>2</sup>	375
<b>COMEDORES Y RESTAURANTES</b>		kg/m <sup>2</sup>	500
<b>CORREDORES</b>		kg/m <sup>2</sup>	500
<b>EDIFICIOS DE OFICINAS</b>	VESTIBULOS	kg/m <sup>2</sup>	500
	OFICINAS	kg/m <sup>2</sup>	250
	EN EDIFICIOS	kg/m <sup>2</sup>	500
<b>ESCALERAS DE INCENDIO</b>	EN RESIDENCIAS UNIFAMILIARES	kg/m <sup>2</sup>	200
<b>ESCUELAS Y COLEGIOS</b>	SALONES DE CLASE	kg/m <sup>2</sup>	200
	CORREDORES Y PASILLOS	kg/m <sup>2</sup>	400
		kg/m <sup>2</sup>	600
<b>FABRICAS E INDUSTRIAS</b>	LIVIANA	kg/m <sup>2</sup>	600
	PESADA	kg/m <sup>2</sup>	1200
<b>GYMS, PISOS PRINCIPALES Y BALCONES, GRADERIOS ESTADIOS Y COLISEOS</b>		kg/m <sup>2</sup>	500
<b>HOSPITALES</b>	SALAS DE OPERACIÓN Y LABORATORIOS	kg/m <sup>2</sup>	300
	CUARTOS PRIVADOS	kg/m <sup>2</sup>	200
	PABELLONES	kg/m <sup>2</sup>	200
	CORREDORES	kg/m <sup>2</sup>	400
<b>HOTELES Y CASAS MULTIFAMILIARES</b>	PRIVADOS Y CORREDORES ADYACENTES	kg/m <sup>2</sup>	200
	SALONES PUBLICOS Y CORREDORES ADY.	kg/m <sup>2</sup>	500
		kg/m <sup>2</sup>	375
<b>MARQUESINAS Y TOLDOS</b>		kg/m <sup>2</sup>	375
<b>PATIOS Y TERRAZAS PEATONALES</b>		kg/m <sup>2</sup>	500
<b>RESIDENCIAL</b>	VIVIENDAS	kg/m <sup>2</sup>	200
	ATICOS NO HABITABLES SIN ALMACENAMIENTO	kg/m <sup>2</sup>	50
	ATICOS NO HABITABLES CON ALMACENAMIENTO	kg/m <sup>2</sup>	100
	ATICOS HABITABLES DORMITORIOS	kg/m <sup>2</sup>	150
		kg/m <sup>2</sup>	500
<b>SALONES DE BAILE</b>		kg/m <sup>2</sup>	500

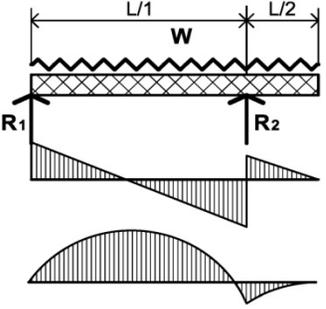
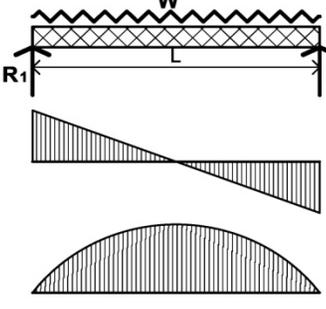
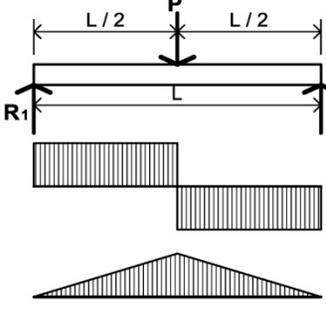
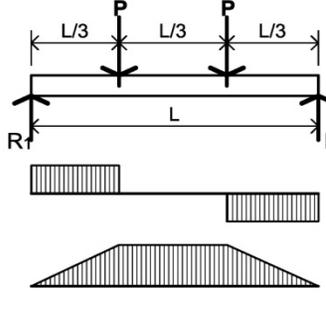
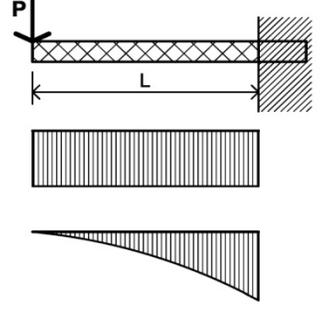
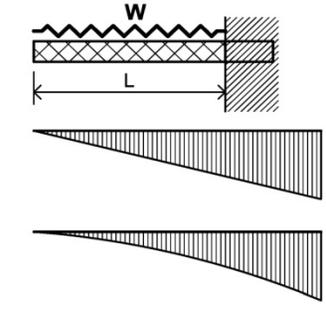
Elaboración propia:

FUENTE: Arq. Mario Raúl Ramírez

Documento de apoyo a la docencia. Métodos de Diseño

Curso: Cálculo Estructural II, Facultad de Arquitectura 2008.

 <p> <math>M = \frac{PL}{4}</math>  <math>V = \frac{P}{2}</math>  <math>\Delta = \frac{PL^3}{48EI}</math>                      CTE = 2P  <b>Caso 1</b> </p>	 <p> <math>M = \frac{WL}{8}</math>  <math>V = \frac{W}{2}</math>  <math>\Delta = \frac{5WL^3}{384EI}</math>  <b>Caso 2</b> </p>	 <p> <math>M = \frac{PL}{3}</math>  <math>V = P</math>  <math>\Delta = \frac{23PL^3}{648EI}</math>                      CTE = 2.67 P  <b>Caso 3</b> </p>
 <p> <math>M = PL</math>  <math>V = P</math>  <math>\Delta = \frac{PL^3}{3EI}</math>                      CTE = 8P  <b>Caso 4</b> </p>	 <p> <math>M = \frac{PL}{2}</math>  <math>V = \frac{3P}{2}</math>  <math>\Delta = \frac{19PL^3}{384EI}</math>                      CTE = 4P  <b>Caso 5</b> </p>	 <p> <math>M = \frac{WL}{2}</math>  <math>V = W</math>  <math>\Delta = \frac{WL^3}{8EI}</math>                      CTE = 4W  <b>Caso 6</b> </p>
 <p> <math>R_1 = \frac{Pb}{L}</math>  <math>R_2 = \frac{Pa}{L}</math>  <math>M = \frac{Pab}{L}</math>  <math>V = \frac{Pb}{L} (a &lt; b)</math>  <b>Caso 7</b> </p>	 <p> <math>M = \frac{WL}{6}</math>  <math>V = \frac{W}{2}</math>  <math>\Delta = \frac{WL^3}{60EI}</math>                      CTE = 1.33  <b>Caso 8</b> </p>	 <p> <math>R_1 = R_3 = \frac{5}{16} P</math>  <math>R_2 = \frac{22}{16} P</math>  <math>V \text{ max.} = \frac{11}{16} P</math>  <math>M \text{ max.} = \frac{3}{16} PL</math>                      CTE = 1.5 P  <b>Caso 9</b> </p>
 <p> <math>R_1 = R_3 = \frac{3}{8} W</math>  <math>R_2 = \frac{10}{8} W</math>  <math>V \text{ max.} = \frac{5}{8} W</math>  <math>M \text{ max.} = \frac{1}{8} WL</math>                      CTE = W  <b>Caso 10</b> </p>	<p style="text-align: center;"><b>FORMULAS + DIAGRAMAS DE MOMENTOS y CORTE</b></p> <p style="text-align: right;"><b>TABLA 4.4.1</b></p> <p>FUENTE:                      RECOPIACION DE INFORMACION DE MATERIAL                      DIDACTICO DEL ING. MARCOS MEJIA                      Curso: Calculo Estructural II                      Facultad de Arquitectura USAC-2008</p>	

 <p> <math>M = \frac{PL}{4}</math>  <math>V = \frac{P}{2}</math>  <math>\Delta = \frac{PL^3}{48EI}</math>                      CTE = 2P                 </p> <p style="text-align: center;"><b>Caso 11</b></p>	 <p> <math>M = \frac{WL}{8}</math>  <math>V = \frac{W}{2}</math>  <math>\Delta = \frac{5WL^3}{384EI}</math> </p> <p style="text-align: center;"><b>Caso 12</b></p>	 <p> <math>M = \frac{PL}{4}</math>  <math>\Delta = \frac{PL^3}{48EI}</math>  <math>R_1 = R_2 = \frac{P}{2}</math>   <math>V = \frac{P}{2}</math> </p> <p style="text-align: center;"><b>Caso 13</b></p>
 <p> <math>R_1 = R_2 = P</math>  <math>V \text{ max.} = P</math>  <math>M \text{ max.} = \frac{PL}{3}</math>  <math>\Delta = \frac{23 PL^3}{648 EI}</math> </p> <p style="text-align: center;"><b>Caso 14</b></p>	 <p> <math>M = PL</math>  <math>V = P</math>  <math>\Delta = \frac{PL^3}{3EI}</math>                      CTE = 4W                 </p> <p style="text-align: center;"><b>Caso 15</b></p>	 <p> <math>M = \frac{WL}{2}</math>  <math>V = W</math>  <math>\Delta = \frac{WL^3}{8EI}</math>                      CTE = 4W                 </p> <p style="text-align: center;"><b>Caso 16</b></p>
<p><b>FORMULAS +</b></p> <p><b>DIAGRAMAS DE MOMENTOS y CORTE</b></p> <p style="text-align: right;"><b>TABLA 4.4.2</b></p>		
<p>FUENTE:                      HARRY PARKER, M. C.                      DISEÑO SIMPLIFICADO DE ESTRUCTURAS DE MADERA                      EDITORIAL LIMUSA                      PRIMERA REIMPRESION MEXICO - 1975</p>		

## 4.5.- TABLA DE DIMENSIONES NOMINALES EFECTIVAS Y MOMENTOS DE INERCIA

1 de 3

## PROPIEDADES DE LA MADERA ESTRUCTURAL CON DIMENSIONES EFECTIVAS ESTANDAR S4S

Dimensiones nominales b(pulgadas)d	Dimensiones estándares efectivas ( S4S ) b(pulgadas)d	Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > ó =	Peso aproximado	Dimensiones nominales b(pulgadas)d	Dimensiones estándares efectivas ( S4S ) b(pulgadas)d	Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > ó =	Peso aproximado
2 x 3	1-1/2 x 2-1/2	3.75	1.953	1.563	0.911	4 x 2	3-1/2 x 1-1/2	5.25	0.984	1.313	1.276
2 x 4	1-1/2 x 3-1/2	5.25	5.359	3.063	1.276	4 x 3	3-1/2 x 2-1/2	8.75	4.557	3.646	2.127
2 x 5	1-1/2 x 4-1/2	6.75	11.391	5.063	1.641	4 x 4	3-1/2 x 3-1/2	12.25	12.405	7.146	2.977
2 x 6	1-1/2 x 5-1/2	8.25	20.797	7.563	2.005	4 x 5	3-1/2 x 4-1/2	15.75	26.578	11.843	3.828
2 x 8	1-1/2 x 7-1/2	10.875	47.635	13.341	2.643	4 x 6	3-1/2 x 5-1/2	19.25	48.526	17.646	4.679
2 x 10	1-1/2 x 9-1/2	13.875	98.932	21.391	3.372	4 x 8	3-1/2 x 7-1/4	25.375	111.148	30.661	6.168
2 x 12	1-1/2 x 11-1/2	16.875	127.979	31.641	4.102	4 x 10	3-1/2 x 9-1/4	32.375	230.84	49.911	7.869
2 x 14	1-1/2 x 13-1/2	19.875	290.775	43.891	4.831	4 x 12	3-1/2 x 11-1/4	39.375	415.283	73.828	9.57
						4 x 14	3-1/2 x 13-1/4	46.375	678.475	102.411	11.266
						4 x 16	3-1/2 x 15-1/4	53.375	1034.418	135.66	12.975
						5 x 2	4-1/2 x 1-1/2	6.75	1.256	1.688	1.641
						5 x 3	4-1/2 x 2-1/2	11.25	5.859	4.688	2.734
						5 x 4	4-1/2 x 3-1/2	15.75	16.078	9.188	3.828
						5 x 5	4-1/2 x 4-1/2	20.25	34.172	15.188	4.922
						6 x 2	5-1/2 x 1-1/2	8.25	1.547	2.063	2.006
						6 x 3	5-1/2 x 2-1/2	13.756	7.161	5.929	3.342
						6 x 4	5-1/2 x 3-1/2	19.25	19.651	11.229	4.679
						6 x 6	5-1/2 x 5-1/2	30.25	46.255	27.729	7.352
						6 x 8	5-1/2 x 7-1/2	41.25	193.359	51.563	10.026
						6 x 10	5-1/2 x 9-1/2	52.25	392.963	82.729	12.7
						6 x 12	5-1/2 x 11-1/2	63.25	697.068	121.229	15.373
						6 x 14	5-1/2 x 13-1/2	74.25	1127.672	167.063	18.047
						6 x 16	5-1/2 x 15-1/2	85.25	1705.776	220.229	20.72
						6 x 18	5-1/2 x 17-1/2	96.25	2456.38	280.729	23.394
						6 x 20	5-1/2 x 19-1/2	107.25	3398.484	348.563	26.068
						6 x 22	5-1/2 x 21-1/2	118.25	4555.086	423.729	28.741

**NOTA:** Los valores aquí asignados en la casilla del Peso Aproximado, deberá ser cambiado por los valores de las maderas nacionales asignados en las tablas anteriormente expuestas.

Peso en libras por pie, basado en una densidad promedio de 35 lb/pie<sup>3</sup> . (560 kg/m<sup>3</sup>).

FUENTE: Compilado de datos del National Design Specification for Wood Construction.

**Esquema propio.**

## 4.5.- TABLA DE DIMENSIONES NOMINALES EFECTIVAS Y MOMENTOS DE INERCIA 2 de 3

### PROPIEDADES DE LA MADERA ESTRUCTURAL CON DIMENSIONES EFECTIVAS ESTANDAR S4S

Dimensiones nominales b(pulgadas)d		Dimensiones estándares efectivas ( S4S ) b(pulgadas)d		Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > ó =	Peso aproximado	Dimensiones nominales b(pulgadas)d		Dimensiones estándares efectivas ( S4S ) b(pulgadas)d		Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > ó =	Peso aproximado
8 x 2	7-1/2 x 1-1/2	10.875	2.039	2.719	2.643	12 x 2	11-1/4 x 1-1/2	16.875	16.875	4.219	4.102				
8 x 3	7-1/2 x 2-1/2	18.125	9.44	7.552	4.405	12 x 3	11-1/4 x 2-1/2	28.125	28.125	11.719	6.136				
8 x 4	7-1/2 x 3-1/2	25.375	25.994	14.803	6.168	12 x 4	11-1/4 x 3-1/2	39.375	39.375	22.969	9.57				
8 x 6	7-1/2 x 5-1/2	41.25	103.934	37.813	10.026	12 x 6	11-1/2 x 5-1/2	53.25	53.25	57.979	15.173				
8 x 8	7-1/2 x 7-1/2	56.25	263.672	70.313	13.672	12 x 8	11-1/2 x 7-1/2	86.25	86.25	107.813	20.564				
8 x 10	7-1/2 x 9-1/2	71.25	535.859	112.813	17.318	12 x 10	11-1/2 x 9-1/2	109.25	109.25	172.979	26.554				
8 x 12	7-1/2 x 11-1/2	86.25	950.547	165.313	20.964	12 x 12	11-1/2 x 11-1/2	132.25	132.25	253.479	32.144				
8 x 14	7-1/2 x 13-1/2	101.25	1537.734	227.813	24.609	12 x 14	11-1/2 x 13-1/2	155.25	155.25	349.313	37.734				
8 x 16	7-1/2 x 15-1/2	116.25	2327.422	300.313	28.255	12 x 16	11-1/2 x 15-1/2	178.25	178.25	460	43.325				
8 x 18	7-1/2 x 17-120	131.25	3349.609	382.813	31.901	12 x 18	11-1/2 x 17-1/2	201.25	201.25	479	48.915				
8 x 20	7-1/2 x 19-1/2	146.25	5634.297	475.313	35.547	12 x 20	11-1/2 x 19-1/2	224.25	224.25	586.919	54.505				
8 x 22	7-1/2 x 21-1/2	161.25	6211.484	577.813	39.193	12 x 22	11-1/2 x 21-1/2	247.25	9524.273	885.979	60.095				
10 x 2	9-1/2 x 1-1/2	13.875	2.602	3.469	3.372	14 x 2	13-1/4 x 1-1/2	19.875	3.727	4.969	4.831				
10 x 3	9-1/2 x 2-1/2	23.123	12.644	9.635	5.621	14 x 3	13-1/4 x 2-1/2	33.125	17.253	13.802	8.051				
10 x 4	9-1/2 x 3-1/2	32.375	33.049	18.885	7.869	14 x 4	13-1/4 x 3-1/2	46.375	17.34	27.052	11.266				
10 x 6	9-1/2 x 5-1/2	52.25	131.714	47.896	12.7	14 x 6	13-1/2 x 5-1/2	74.25	182.172	68.063	18.047				
10 x 8	9-1/2 x 7-1/2	71.25	333.984	89.063	17.318	14 x 8	13-1/2 x 7-1/2	101.25	474.609	126.563	24.609				
10 x 10	9-1/2 x 9-1/2	90.25	678.755	142.895	21.936	14 x 10	13-1/2 x 9-1/2	128.25	964.547	203.063	31.172				
10 x 12	9-1/2 x 11-1/2	109.25	1204.026	209.396	26.554	14 x 12	13-1/2 x 11-1/2	155.25	1710.984	297.563	37.734				
10 x 14	9-1/2 x 13-1/2	128.25	1947.797	288.563	31.172	14 x 14	13-1/2 x 13-1/2	182.25	2767.922	410.063	44.297				
10 x 16	9-1/2 x 15-1/2	147.25	2948.068	380.396	35.79	14 x 16	13-1/2 x 15-1/2	209.25	4189.359	540.563	50.859				
10 x 18	9-1/2 x 17-1/0	166.26	4242.836	484.896	40.408	14 x 18	13-1/2 x 17-1/2	236.25	6029.297	689.063	57.422				
10 x 20	9-1/2 x 19-1/2	185.25	5870.109	602.063	45.926	14 x 20	13-1/2 x 19-1/2	263.25	8341.734	855.563	63.984				
10 x 22	9-1/2 x 21-1/2	204.25	7867.879	731.896	49.644	14 x 22	13-1/2 x 21-1/2	290.25	11180.672	1040.53	70.567				

**NOTA:** Los valores aquí asignados en la casilla del Peso Aproximado, deberá ser cambiado por los valores de las maderas nacionales asignados en las tablas anteriormente expuestas. Peso en libras por pie, basado en una densidad promedio de 35 lb/pie<sup>3</sup> . (560 kg/m<sup>3</sup>).

FUENTE: Compilado de datos del National Desing Especification for Wood Construcción.

**Esquema propio**

#### 4.5.- TABLA DE DIMENSIONES NOMINALES EFECTIVAS Y MOMENTOS DE INERCIA

3 de 3

##### PROPIEDADES DE LA MADERA ESTRUCTURAL CON DIMENSIONES EFECTIVAS ESTANDAR S4S

Dimensiones nominales b(pulgadas)d	Dimensiones estándares efectivas ( S4S ) b(pulgadas)d	Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > ó =	Peso aproximado	Dimensiones nominales b(pulgadas)d	Dimensiones estándares efectivas ( S4S ) b(pulgadas)d	Área de la sección A	Momento de Inercia I	Módulo de la sección > ó =	Peso aproximado
16 x 3	15-1/4 x 2-1/2	38.125	19.857	15.885	9.267	20 x 6	19-1/2 x 5-1/2	107.25	270.359	98.313	26.068
16 x 4	15-1/4 x 3-1/2	53.375	54.487	31.435	12.975	20 x 8	19-1/2 x 7-1/2	146.25	685.547	182.813	35.547
16 x 6	15-1/2 x 5-1/2	85.25	214.901	78.146	20.72	20 x 10	19-1/2 x 9-1/2	185.25	1393.234	293.313	45.026
16 x 8	15-1/2 x 7-1/2	116.25	544.922	145.313	28.255	20 x 12	19-1/2 x 11-1/2	224.25	2471.422	429.813	54.505
16 x 10	15-1/2 x 9-1/2	147.25	1107.443	233.146	35.79	20 x 14	19-1/2 x 13-1/2	263.25	3998.109	592.313	63.984
16 x 12	15-1/2 x 11-1/2	178.25	1964.463	341.645	43.325	20 x 16	19-1/2 x 15-1/2	302.25	6051.297	780.813	73.464
16 x 14	15-1/2 x 13-1/2	209.25	3177.984	470.813	50.859	20 x 18	19-1/2 x 17-1/2	341.25	8708.984	995.313	82.943
16 x 16	15-1/2 x 15-1/2	240.25	4810.004	620.646	58.394	20 x 20	19-1/2 x 19-1/2	380.25	16149.859	1235.813	92.422
16 x 18	15-1/2 x 17-1/2	271.25	6932.523	791.146	65.929	22 x 6	21-1/2 x 5-1/2	107.25	298.088	108.396	28.741
16 x 20	15-1/2 x 19-1/2	302.25	9577.547	984.313	73.464	22 x 8	21-1/2 x 7-1/2	146.25	755.859	201.563	39.193
16 x 22	15-1/2 x 21-1/2	333.25	12837.066	1194.146	80.998	22 x 10	21-1/2 x 9-1/2	185.25	1536.13	323.396	49.644
18 x 6	17-1/2 x 5-1/2	96.25	242.63	88.229	23.394	22 x 12	21-1/2 x 11-1/2	224.25	2724.901	473.896	60.095
18 x 8	17-1/2 x 7-1/2	131.25	615.234	164.063	31.901	22 x 14	21-1/2 x 13-1/2	263.25	4408.172	653.063	70.547
18 x 10	17-1/2 x 9-1/2	166.25	1250.338	263.229	40.408	22 x 16	21-1/2 x 15-1/2	302.25	6671.941	860.896	80.998
18 x 12	17-1/2 x 11-1/2	201.25	2217.943	385.729	48.915	22 x 18	21-1/2 x 17-1/2	341.25	9602.211	1097.396	91.45
18 x 14	17-1/2 x 13-1/2	236.25	3588.047	531.563	57.422	22 x 20	21-1/2 x 19-1/2	380.25	13284.984	1362.563	101.901
18 x 16	17-1/2 x 15-1/2	271.25	5430.648	700.729	65.929	22 x 22	21-1/2 x 21-1/2	419.25	17806.254	1656.396	112.352
18 x 18	17-1/2 x 17-1/2	306.25	7815.754	893.229	74.436	24 x 6	23-1/2 x 5-1/2	129.25	325.818	118.479	31.415
18 x 20	17-1/2 x 19-1/2	341.25	10813.359	1109.063	82.943	24 x 8	23-1/2 x 7-1/2	176.25	826.172	220.313	42.839
18 x 22	17-1/2 x 21-1/2	376.25	14493.461	1348.229	91.45	24 x 10	23-1/2 x 9-1/2	223.25	1679.026	353.479	54.262
						24 x 12	23-1/2 x 11-1/2	270.25	2978.38	517.979	65.686
						24 x 14	23-1/2 x 13-1/2	317.25	4818.234	713.813	77.109
						24 x 16	23-1/2 x 15-1/2	364.25	7292.586	940.979	88.533
						24 x 18	23-1/2 x 17-1/2	411.25	10495.441	1199.479	99.957
						24 x 20	23-1/2 x 19-1/2	458.25	14529.797	1489.343	111.38
						24 x 22	23-1/2 x 21-1/2	505.25	19462.648	1810.479	122.804

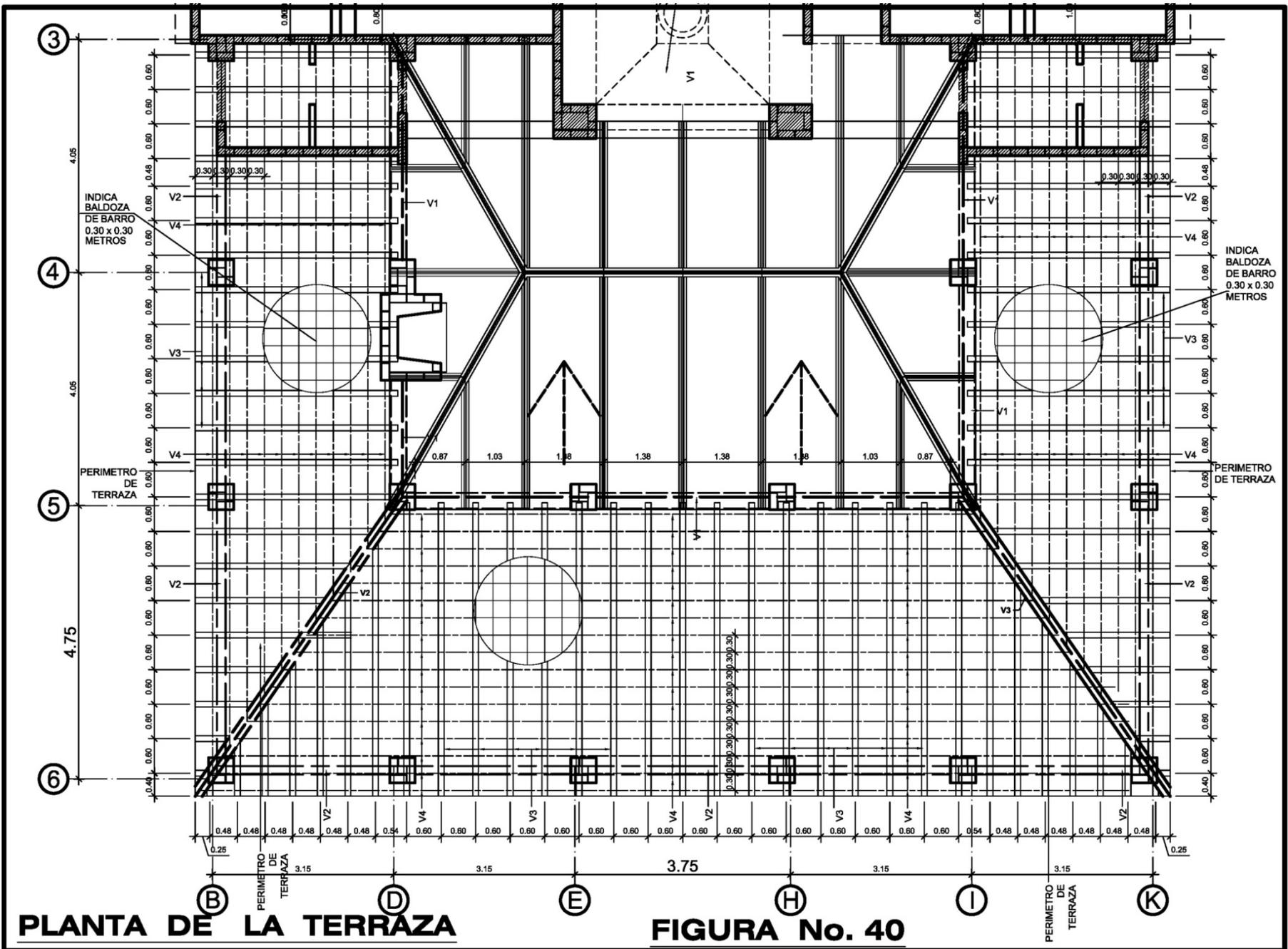
**NOTA:** Los valores aquí asignados en la casilla del Peso Aproximado, deberá ser cambiado por los valores de las maderas nacionales asignados en las tablas anteriormente expuestas.

Peso en libras por pie, basado en una densidad promedio de 35 lb/pie<sup>3</sup> . (560 kg/m<sup>3</sup>).

FUENTE: Compilado de datos del National Desing Especification for Wood Construccion.

**Esquema propio**

### 4.6.- PLANTA DE TERRAZA

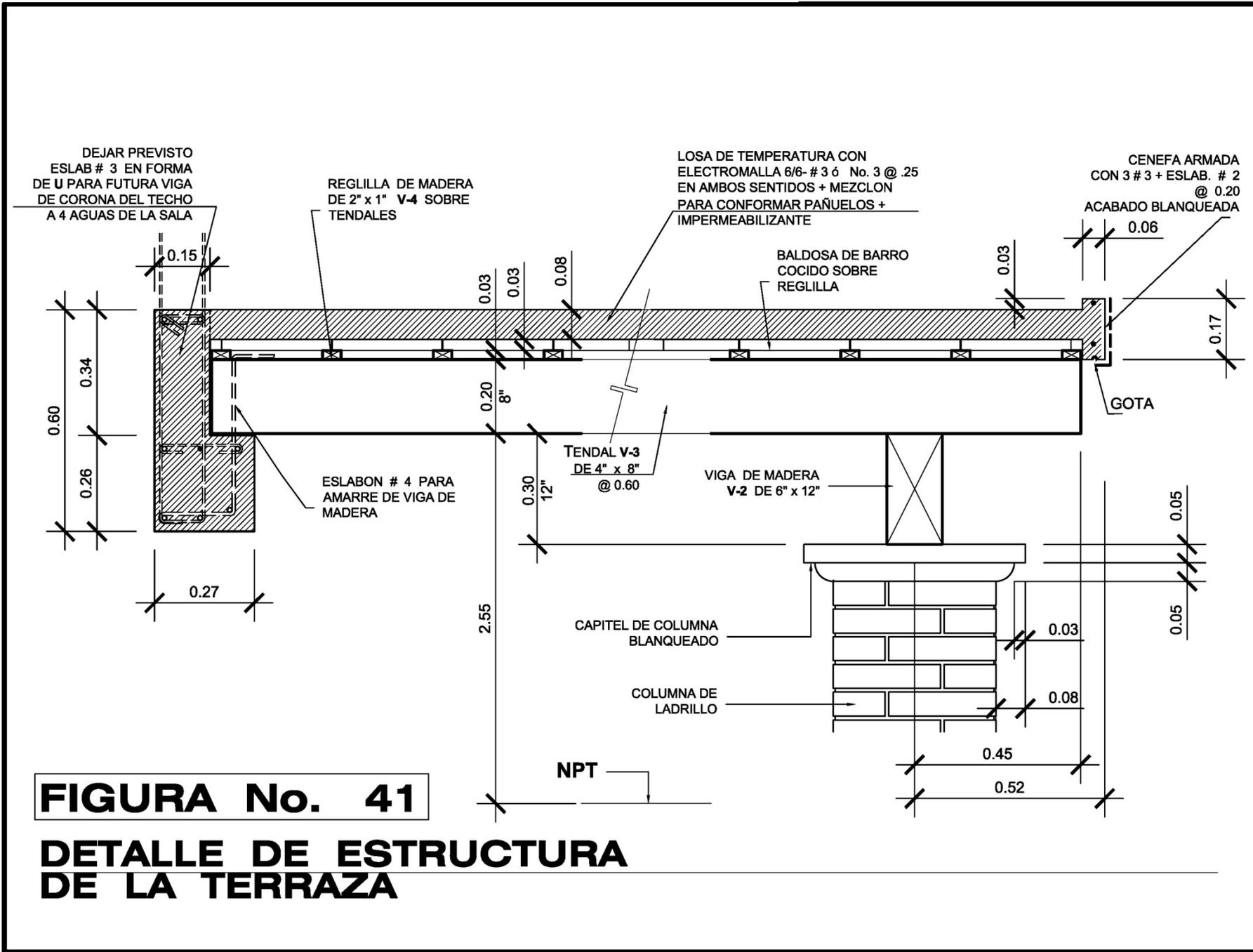


**PLANTA DE LA TERRAZA**

**FIGURA No. 40**

PERIMETRO DE TERRAZA

### 4.7.- DETALLE DE LA ESTRUCTURA DE TERRAZA

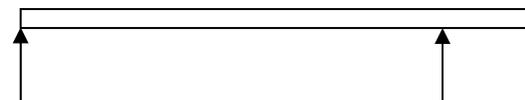


### 4.8.- DISEÑO DE VIGAS:

A continuación se mostrara el procedimiento para el chequeo y diseño de varias vigas de madera siguiendo un proceso; el cual nos llevara a la comparación de los esfuerzos últimos de la madera y así determinar si esta bien diseñada en sus dimensiones para su uso final propuesto como parte de una estructura habitacional.

Se tomara para tal ejemplo; la propuesta de vigas de caoba, según el esquema, (ver figura 40, planta y el detalle de la colocación en la figura 41). El área a diseñar será una terraza para un segundo nivel con acceso de personas y su utilización para un mirador o uso de estar social. Procederemos a calcular un tendal, propuesto con una sección de 2" x 1" para la colocación de la baldosa de barro.

**4.8.1.-** Lo primero que se deberá calcular debe ser las cargas que soportaran dicha estructura, siendo estas en primer lugar la carga muerta:  
Esquema de la viga en cuestión:



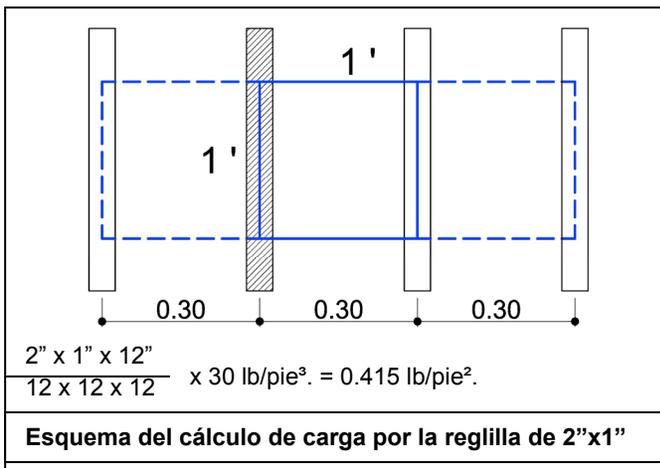
Se recomienda trabajar todas las variables en pies, libras, etc., por las dimensiones en que se trabaja la madera y las formulas a utilizar.

Calculo de las cargas muertas: Según ejemplo propuesto en esta ocasión;  
 Concreto de 0.08 Mt. =  $0.08 \times 3.28 \times 150 \text{ lb/pie}^3 = 39.36 \text{ lb/pie}^2$ .  
 Baldosa barro cocido 0.03 Mts. =  $0.03 \times 3.28 \times 80.00 \text{ lb/pie}^3 = 7.37 \text{ lb/pie}^2$ .  
 Reglilla de madera de 1" x 2" @ 0.30 Mt. =  $0.42 \text{ lb/pie}^2$ .  
 Tendal =  $3.33 \text{ lb/pie}^2$ .  
**Cm = 50.48 lb/pie<sup>2</sup>.**

Para la estimación de la carga viva se deberá utilizar las recomendadas en la tablas de las cargas vivas uniformemente distribuidas (Ver tabla 30), utilizar la carga para viviendas tipo residencial; Cm= 200.00 kg/m<sup>2</sup>.

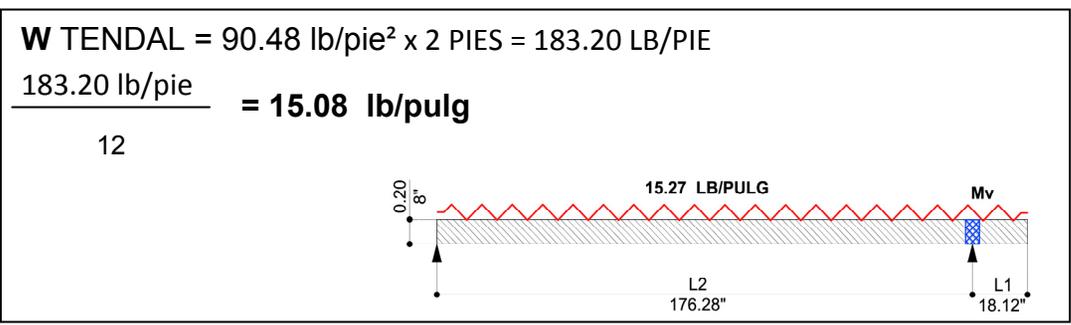
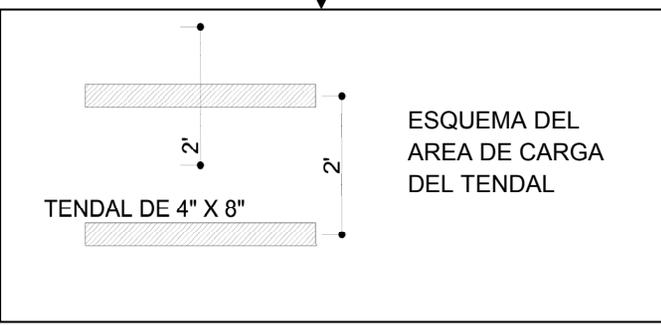
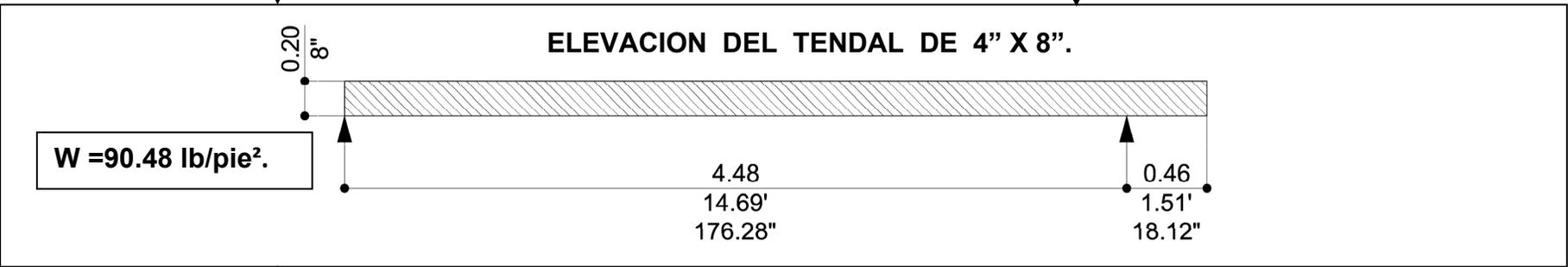
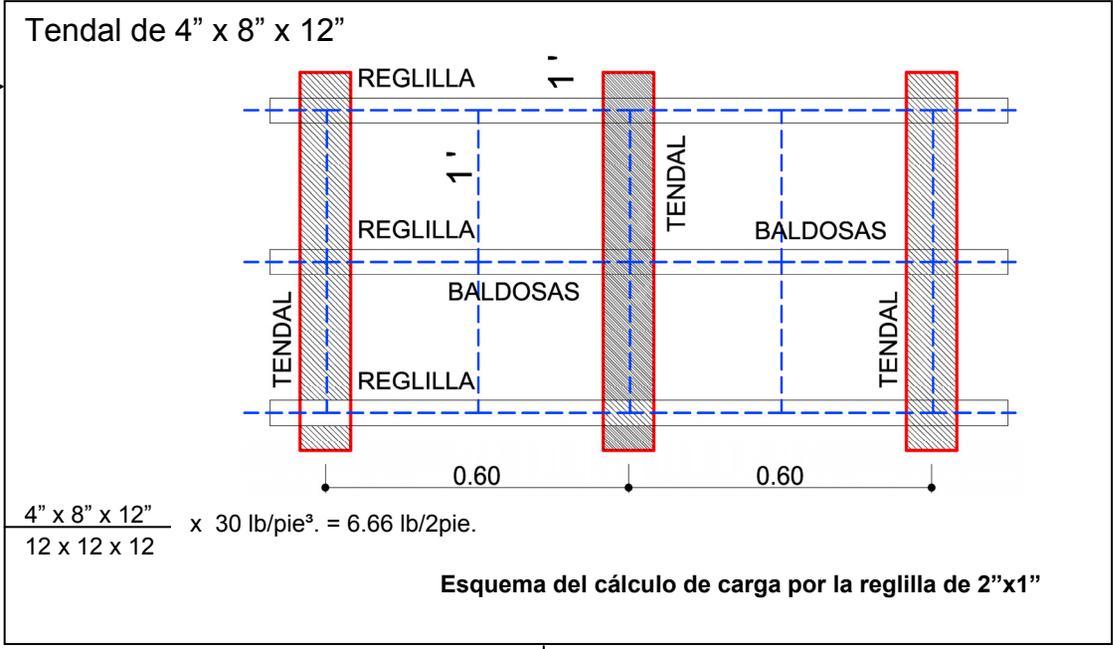
**Cm = 40.00 lb/pie<sup>2</sup>.**

La sumatoria de las anteriores cargas nos da como resultado la carga de diseño;  
**C diseño = 90.48 lb/pie<sup>2</sup>.**



**4.8.2.-**Seguidamente se procede al cálculo del peso del tendal, lo cual podemos apreciar en la grafica siguiente:

**4.8.3.-** El peso de la caoba, lo podemos tomar de la tabla No.2 a la No.5, el cual es de  
 0.48 gr/cm<sup>3</sup>.  
 0.48 gr/cm<sup>3</sup> +/- = 30 lb/pie<sup>3</sup>  
**CONVERSION:**  
 0.48 gr x 1kg x 2.20 lb x 30.48 cm<sup>3</sup>  
 1 cm<sup>3</sup> x 1000gr x 1 kg x 1 pie = 30 lb/pie<sup>3</sup>



**4.8.4.-** Como podemos apreciar el diagrama de los apoyos y la carga distribuida, podemos auxiliarnos en los esquemas de momentos y corte, específicamente el caso 11 (Ver diagramas), podemos concluir que el momento máximo se dá; el punto indicado como Mv, por lo tanto es aconsejable utilizar la formula de la viga en voladizo, tomando como el momento máximo el punto antes señalado (Mv). Formula:  $Mv = \frac{WL^2}{2}$ , por lo tanto sustituyendo datos tendremos lo siguiente:

$$\frac{WL^2}{2} = \frac{15.08 \times (18.12)^2}{2} = \frac{2,475.64}{2} = \text{por lo tanto; Momento lb - pulg.,}$$

ahora bien en lo referente al corte (ver el mismo diagrama)  $V \text{ diseño} = WL1 =$  sustituyendo valores  $15.08 \times 18.12 = 273 \text{ lbs.} = \text{CORTE}$

**4.8.5.-** Continuando con nuestro chequeo, ahora procederemos a utilizar la formula del momento simplemente apoyado, el cual se puede determinar con lo siguiente:  $WL^2$ ; los diagramas respectivos de este momento y su formula la podremos localizar en la

tabla de momentos y corte, (Ver en el esquema No. 12), como ya tenemos todos los datos antes calculados se procede a sustituir:

$$\frac{WL^2}{8} = \frac{15.08 \times (176.28)^2}{8} = \frac{58,575.69}{8} = \text{Momento lb - pulg.}$$

Y para el corte se utiliza la formula:  $V = \frac{WL}{2}$ ;

sustituyendo datos tenemos:  $V = WL = 15.08 \times 176.28 = 1,329.15 \text{ lbs.} = \text{CORTE}$

**4.9.- DISEÑO:**

5.- Según tablas de la No. 3 a la No.5; tenemos que:

$$\zeta \text{ Flexión} = 136 \text{ kg/cm}^2 = 1,930 \text{ lb/plg}^2 \qquad \zeta \text{ Corte} = 8.5 \text{ kg/cm}^2 = 120 \text{ lb/pulg}^2;$$

de la caoba, por lo que proseguimos con la sección propuesta de 4" x 8", por tanto:

FLEXIÓN  $\zeta = \frac{M C}{I}$

de donde tomaremos que la sección efectiva de la viga seria 3-1/2" x 7-1/4" y la (inercia)  $I = 111.148$ ; Ver tabla de las "PROPIEDADES DE LA MADERA ESTRUCTURAL CON DIMENSIONES EFECTIVAS ESTÁNDAR S4S"; también podemos calcular la inercia de la siguiente formula  $= \frac{1 \times 3.5 \times 7.25^3}{12} = 111.148 \text{ pulg}^4$ . Y donde la  $c = d / 2$  o sea;  $c = 7.25 / 2 = 3.625 \text{ pulg.}$

**4.9.1.- APLICANDO FORMULAS: Del momento:**

Donde ya conocemos que:

$$\frac{M_c}{I} = \frac{58,575.69 \text{ lb/pulg} \times 3.625 \text{ pulg.}}{111.148 \text{ pulg}^4} = 1910.40 \text{ pulg}^{-2}$$

**M = 58,575.69 lb/pulg**  
**I = 111.148 pulg<sup>4</sup>**  
**C = 3.625 pulg.**

$$\frac{6 M}{b d^2} = \frac{6 \times 58,575.69 \text{ lb/pulg}}{3.5 \times 7.25^2} = \frac{351,454.14}{183.97} = 1910.39$$

**por lo tanto se acepta pues:**  
**1910.39  $\cong$  1930**

**4.9.2.- APLICANDO FORMULAS: De corte:**

Donde ya conocemos que:

$$\zeta_v = \frac{1.5 V}{b d} = \frac{1.5 \times 1,329.15 \text{ lb}}{3.5 \times 7.25} = \frac{1,993.725}{25.375} = 78.57; \text{ Por lo tanto se acepta pues:}$$

**CORTE = 1,329.15 lb**  
**b = 3.5**  
**d = 7.25**

**78.57 < 120**



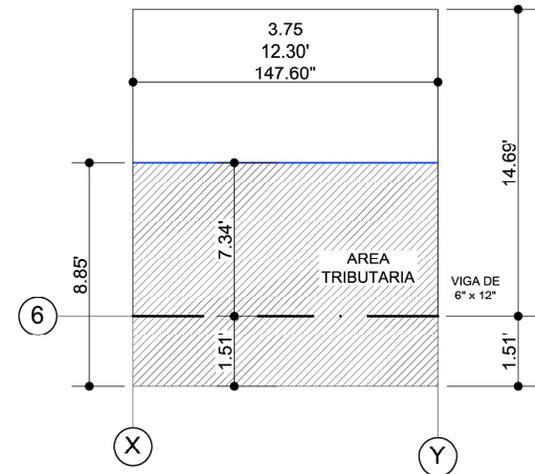
**Resumen:**

1. Carga solicitada de esfuerzo en el caso analizado en Momento y en Corte, lo dan las Tablas con Fórmulas y diagrama.
2. Calcular el momento y el corte, según el inciso anterior. **Lo que debe aguantar.**
3. Lo que aguanta; usando las fórmulas:

$$Z = \frac{M C}{I} \quad V = \frac{1.5 V}{b d} \quad \text{y lo}$$

calculado por estas formulas se debe comparar con la Tablas de la 3 a la 5 de Los esfuerzos básicos de trabajo para maderas Grado A; B y C.

Con toda la información ya obtenida procederemos a diseñar la viga final, sobre el eje 6, para lo cual podemos observar el esquema siguiente:



**4.9.3.-** En base al cálculo anterior; se procede a calcular, comenzando por determinar el peso de la viga la lo cual tenemos:

$$W = 91.60 \text{ lb/pie}^2 \times 8.85 = 810.32 \text{ lb/pie}$$

$$W = 67.53 \text{ lb/pulg}$$

$$M = \frac{WL^2}{8} = \frac{67.03 \times 147.60^2}{8} = 185,260.66$$

La sección propuesta de la viga es de 6"x 12", viendo la tabla de las Propiedades de la Madera Estructural con Dimensiones Efectivas Estandar S4S; tenemos que: 6" x 12" siendo la sección efectiva de 5.5" x 11.5"

**4.9.4.- DISEÑO**

Según tablas de la No. 3 a la No.6; tenemos que:

$$\zeta \text{ Flexión} = 136 \text{ kg/cm}^2 = 1,930 \text{ lb/plg}^2 \qquad \zeta \text{ Corte} = 8.5 \text{ kg/cm}^2 = 120 \text{ lb/pulg}^2;$$

de la caoba, por lo que proseguimos con la sección propuesta de 6" x 12", por tanto:  $\text{FLEXIÓN } \zeta = \frac{M C}{I}$  ;

de donde tomaremos que la sección efectiva de la viga seria 5-1/2" x 11-1/2" y la (ineria)  $I = 697.068$ ;  
Ver tabla de las "PROPIEDADES DE LA MADERA ESTRUCTURAL CON DIMENSIONES EFECTIVAS ESTÁNDAR S4S";  
también podemos calcular la inercia de la siguiente formula =  $\frac{1 \times 5.5 \times 11.5^3}{12} = 697.068 \text{ pulg}^4$ . Y donde la  $c = d / 2$  o sea;  
 $c = 11.5 / 2 = 5.75 \text{ pulg}$ .

**4.9.5.- APLICANDO FORMULAS: De momento: Donde ya conocemos que:**

$$M = 181,717.75 \text{ lb/pulg}$$

$$I = 697.068 \text{ pulg}^4$$

$$C = 5.75 \text{ pulg}$$

$$\zeta = \frac{M c}{I} = \frac{181,717.75 \text{ lb/pulg} \times 5.75 \text{ pulg}}{697.068 \text{ pulg}^4} = 1,498.96 \text{ lb/pulg}^2$$

$$\frac{6 M}{b d^2} = \frac{6 \times 181,717.75 \text{ lb/pulg}}{5.5 \times 11.5^2} = \frac{1090,306.50}{727.375} = 1498.96 \text{ lb/pulg}^2$$

**por lo tanto se acepta pues:  
1498.96  $\cong$  1528.185**

#### 4.10.- CHEQUEO CON TODAS LAS MADERAS ESTUDIADAS EN BASE AL EJEMPLO DADO:

A continuación se presenta una tabla con el resumen de los datos obtenidos por la elaboración del cálculo con todas las maderas que en este estudio se muestran desde el inicio; mostrado desde el inciso 4.6 hasta acá, donde podemos apreciar solo los resultados de los datos que nos interesan para compararlos con los datos sombreados con color y así definir cuales las maderas que si chequean a satisfacción y a las que no habrá que aumentarles un mínimo de 2" mas de peralte para que su chequeo sea satisfactorio.

RESUMEN DEL CALCULO PARA TODAS LAS ESPECIES AQUÍ ESTUDIADAS														
	PERO SECO	FLEXION	CORTE	PESO	PESO	SUMATORIA	W	CHEQUEO en VOLADIZO		SIMPLEMENTE APOYADO		CHEQUEOS		
	APARENTE	ESTATICA	PARALELO					CARGAS	TENDAL	VOLADIZO	V=CORTE	MOMENTO	CORTE	FLEXION
	lb/pie <sup>3</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	lb/pulg <sup>2</sup>	REGLILLA	TENDAL	V + M	lb/pulg.	Mv = WL <sup>2</sup> /2	DISEÑO	WL <sup>2</sup> /8	WL / 2	Mc / I	1.5V / bd	
ESPECIES:								W x L'						
CAOBA	30	2,270.93	141.93	0.42	3.33	90.98	15.16	2488.775	274.7	58,886.74	1,336.20	1,920.54	78.99	
CEDRO	27	1,348.36	99.35	0.38	3	90.61	15.1	2478.925	273.61	58,653.68	1,330.91	1,912.94	78.67	
CENICERO	38	1,845.13	141.93	0.53	4.22	91.98	15.33	2516.68	277.78	59,547.08	1,351.19	1,942.08	79.86	
CHICHIPATE	45	2,980.59	212.9	0.63	5	92.86	15.47	2539.66	280.32	60,090.89	1,363.53	1,959.81	80.6	
CIPRES	32	2,270.93	99.35	0.44	3.56	91.23	15.2	2495.34	275.42	59,042.12	1,339.73	1,925.61	79.2	
CONACASTE	26	1,348.36	99.35	0.36	2.89	90.48	15.08	2475.64	273.25	58,575.99	1,329.15	1,910.41	78.57	
PALO VOLADOR	41	2,341.89	156.13	0.57	4.56	92.36	15.39	2526.53	278.87	59,780.14	1,356.47	1,949.68	80.19	
PINO PSEODSTROBUS	31	1,703.20	141.93	0.43	3.44	91.1	15.18	2492.058	275.06	58,964.43	1,337.96	1,923.08	79.09	
PINO CARIBEA	32	1,774.16	212.9	0.44	3.56	91.23	15.2	2495.34	275.42	59,042.12	1,339.73	1,925.61	79.2	
PINO OOCARPA	35	2,838.66	283.87	0.49	3.89	91.61	15.26	2505.19	276.51	59,275.18	1,345.02	1,933.21	79.51	
<b>CHEQUEO VIGA EN EJE 6</b>														
W = 90.98 lb/pie <sup>2</sup> x 8.85 = 816.32 lb/pie x 1 pie/ 12 pulg. = <b>67.10 lb/pulg.</b> DE DONDE SABEMOS QUE: 6" x 12" = SECCION DE VIGA														
<b>5.5" x 11.5" = SECCION EFECTIVA</b> DE DONDE POR SER SIMPLEMENTE APOYADA TENEMOS $M = WL^2 / 8 = 67.10 \times (147.60)^2 / 8 = 182,728.06$														
$\zeta$ FLEXION = 2,270.93 lb/pulg <sup>2</sup> CALCULANDO TENEMOS QUE $\zeta = Mc/I = 182,728.06 \times 5.75 / 697.068 = 1,507.294 \leq 2,270.93$ POR LO TANTO SI CHEQUEA LA SECCION.														
<b>POR LA ANTERIOR PODEMOS CONCLUIR; QUE TODAS LAS ESPECIES CHEQUEAN SALVO EL CEDRO QUE ESTARIA MUY AJUSTADO, PARA VIGA EN EJE 6.</b>														

### 4.11.- CHEQUEO POR DEFLEXION:

Este chequeo lo muestro solo para completar los tres métodos que se pueden hacer para el diseño de las vigas de madera. Generalmente se deshecha por las grandes dimensiones que supone chequear, dando a lugar que en la mayoría de cálculos solo empleen los dos primeros que son de **flexión y corte**.

Seguindo con el esquema del ejemplo anterior que estamos calculando, tenemos:

El caso 11; seria el mismo que encontramos en las graficas de momentos y corte, antes señaladas y los datos que encontramos para tal diseño son:

$L = 176.28''$   
 $a = 18.12''$   
 $x = L/2 (1 - a^2/L^2) = \frac{176.28}{2} \times \frac{(1 - (18.12)^2)}{(176.28)^2} = 87.21''$

$W = 15.16 \text{ lb/pulg}$   
 $E = 0.76 \times 10^5 \text{ kg/cm}^2 = 1.08 \times 10^6 \text{ lbs/pulg}^2$   
 $I = 1/12 b h^3 = 1/12 \times 3.5 \times 7.25^3 = 111.15 \text{ pulg}^4$   
 $b = 3.50$   
 $d = 7.25 \text{ para } 42 \times 8''.$

**4.11.1 Deflexión en  $\Delta x_1$  :**  
 En extremo del voladizo:  $\frac{w x_1}{24 E I} (4a^2L - L^3 + 6a^2x_1 - 4ax_1^2 + x_1^3)$

Donde:

$$\frac{15.16 \times 18.12}{24 \times 1.08 \times 10^6 \times 111.15 \times 176.28} \text{ multiplicado por}$$

$$(4(18.12)^2 \times 176.28 + 6(18.12)^2(18.12) - 4(18.12)^2(18.12) + (18.12)^3) = -0.49$$

Indica que la punta lejana del voladizo se levantara \_\_\_\_\_

**4.11.2 Deflexión en  $\Delta x$  :**  
 El chequeo por la parte central entre los apoyos del tendal tenemos:

$$\frac{w x}{24 E I} (L^4 - 2L^2x^2 + Lx^3 - 2a^2L^2 + 2a^2x^2)$$

Donde:

$$\frac{15.16 \times 87.21}{24 \times 1.08 \times 10^6 \times 111.15 \times 176.28} \text{ multiplicado por}$$

$$((176.28)^4 - 2(176.28)^2(87.21)^2 + (176.28 \times 87.21)^2 - 2(18.12)^2(176.28)^2 + 2(18.12)^2(87.21)^2)$$

Da por resultado 0.97''

#### 4.11.3 Comparación de $\Delta$ permisibles:

$\Delta$  permisible es  $L/240$  donde  $176.28/240 = 0.73''$  lo cual es menor que  $0.97''$ ; por lo tanto no aguanta la viga propuesta.

Como se supone al principio de este chequeo las dimensiones que propone la deflexión son mayores por lo tanto si proponemos una viga de  $4'' \times 10''$ , una rápida verificación de esto sería calculando con la inercia de la nueva viga propuesta, lo cual no da por resultado lo siguiente:

Para  $4'' \times 10''$  tenemos  $I = L/12 \times 3.5 \times 9.25^3 = 230.84 = 231$

Calculando la nueva viga con esta inercia en la fórmula:

$$\frac{w \times}{24 E I} (L^4 - 2L^2x^2 + Lx^3 - 2a^2L^2 + 2a^2x^2)$$

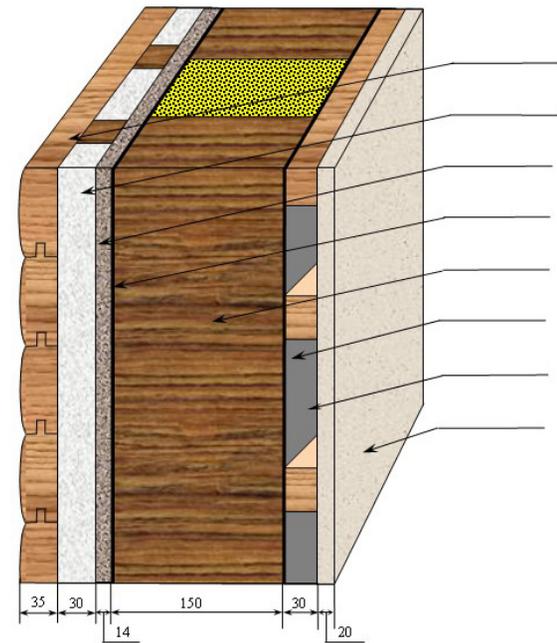
nos da  $0.48''$ ; y siendo

la deflexión permisible =  $0.73''$  tenemos que:  $0.48''$  es menor a  $0.73''$  de la nueva viga por lo cual es aceptable.

Para una información más amplia con respecto al chequeo por deflexión se puede chequear los códigos de la ASCI (American Institute of Steel Construction), en su manual donde aparecen más de 40 ejemplos de diagramas que se pueden aplicar a distintos casos para el cálculo de vigas por este método.

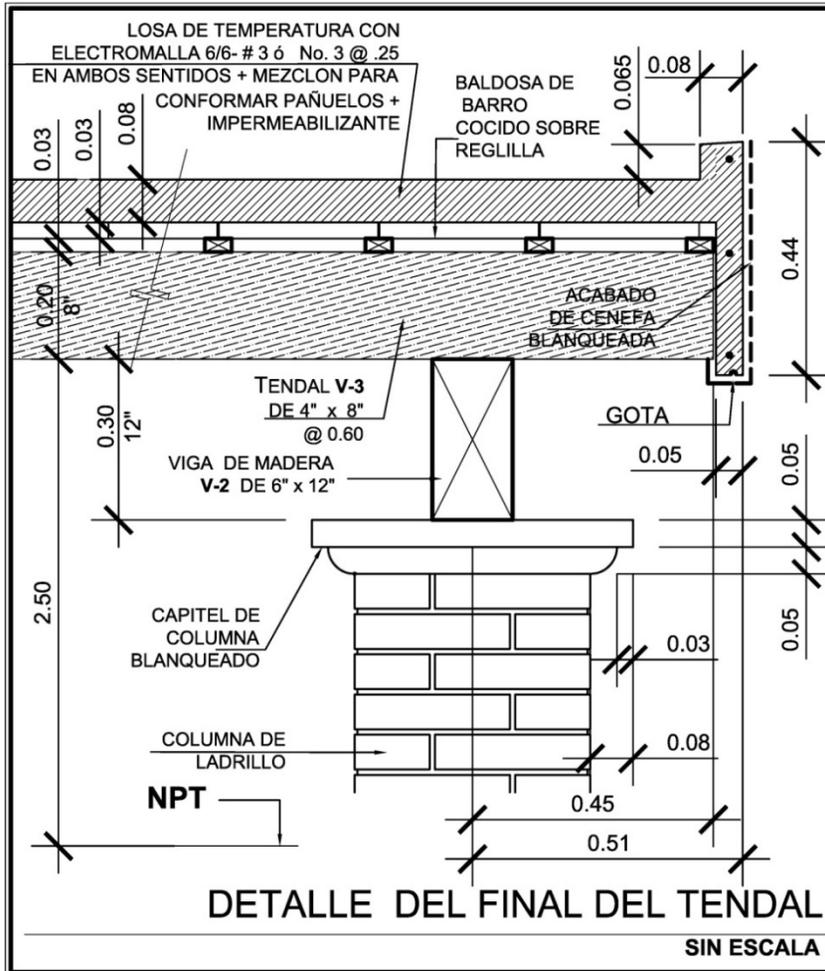
# CAPITULO V

## DETALLES



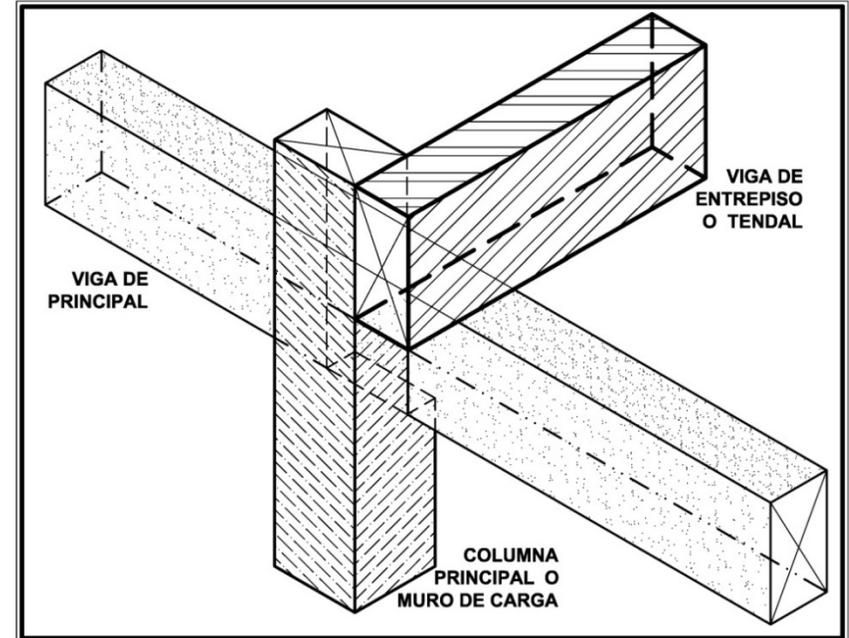
V  
VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA

## 5.1.- DIBUJOS DE DETALLES.



### DETALLE No. 1

ES CONVENIENTE PROTEGER TODAS LAS PUNTAS DE LAS VIGAS, DE MODO QUE NO SE MOJEN Y SEQUEN A LA INTERPERIE. LO CUAL PROVOCARIA UNA SERIE DE GRIETAS Y POSIBLE PUDRICIÓN EN ESTAS PIEZAS, ADEMÁS DE SOBRE CARGAS TEMPORALES POR CAUSA DEL AGUA QUE ABSORVERIAN EN UN MOMENTO DADO.



### DETALLE No. 2

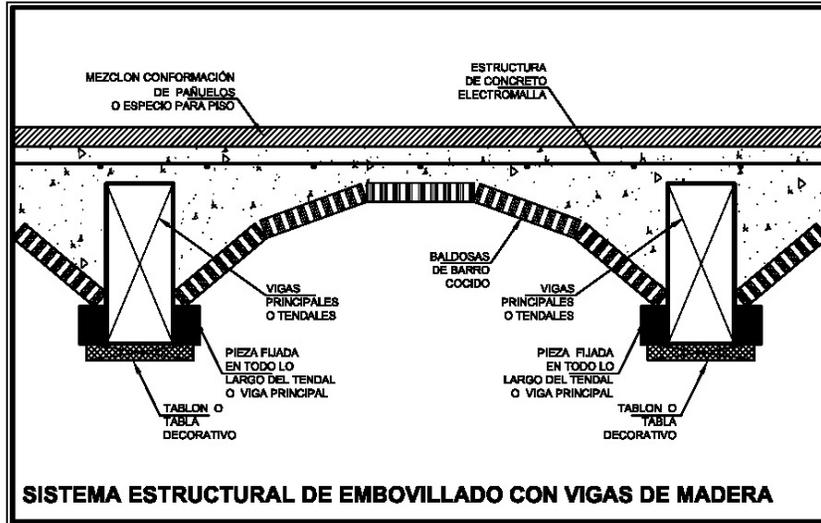
EN LOS NUDOS DE UNION DE VARIOS ELEMENTOS ES CONVENIENTE QUE TODAS PIEZAS SE SOBRECARGUEN UNAS Y NO SOLO SE UNAN CON ELEMENTOS COMO CLAVOS Y OTROS ARTICULOS DE METAL.



### DETALLE No. 3

EN LA FOTO PODEMOS OBSERVAR EL APOYO MULTIPLE DE VIGAS-TENDALES CON UNAS PIEZAS ABRAZANDOLAS EN SUS EXTREMOS Y SUJETADAS AL MURO CON PERNOS, A LA VEZ SELLADAS EN SUS UNIONES PARA PROTEGER DEL ACCESO A INSECTOS.

## 5.2.- DIBUJOS Y FOTOGRAFIAS DE DETALLES.



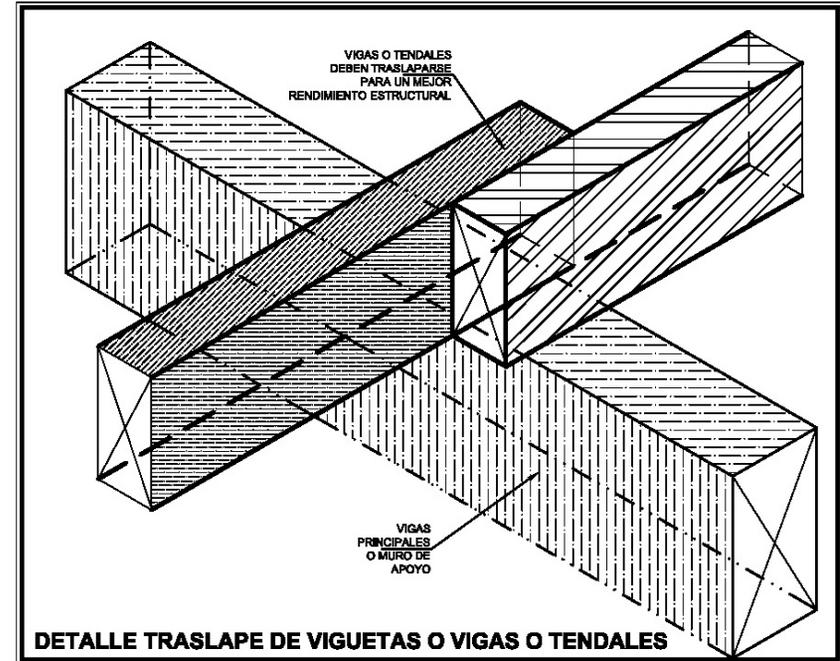
### DETALLE No. 4

COMBINACION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA LA CONFORMACION DE ENTREPISOS O TECHOS PLANOS, NOTESE QUE LA TABLA INFERIOR EN EL PERALTE DE LA VIGA PRINCIPAL ES UN ACCESORIO MAS DECORATIVO QUE ESTRUCTURAL.



### DETALLE No. 5

EN ESTA FOTOGRAFIA PODEMOS APRECIAR UNA ESTRUCTURA CONFORMADA CON EL SISTEMA ESTRUCTURAL DEL DETALLE ANTERIOR.



### DETALLE No. 6

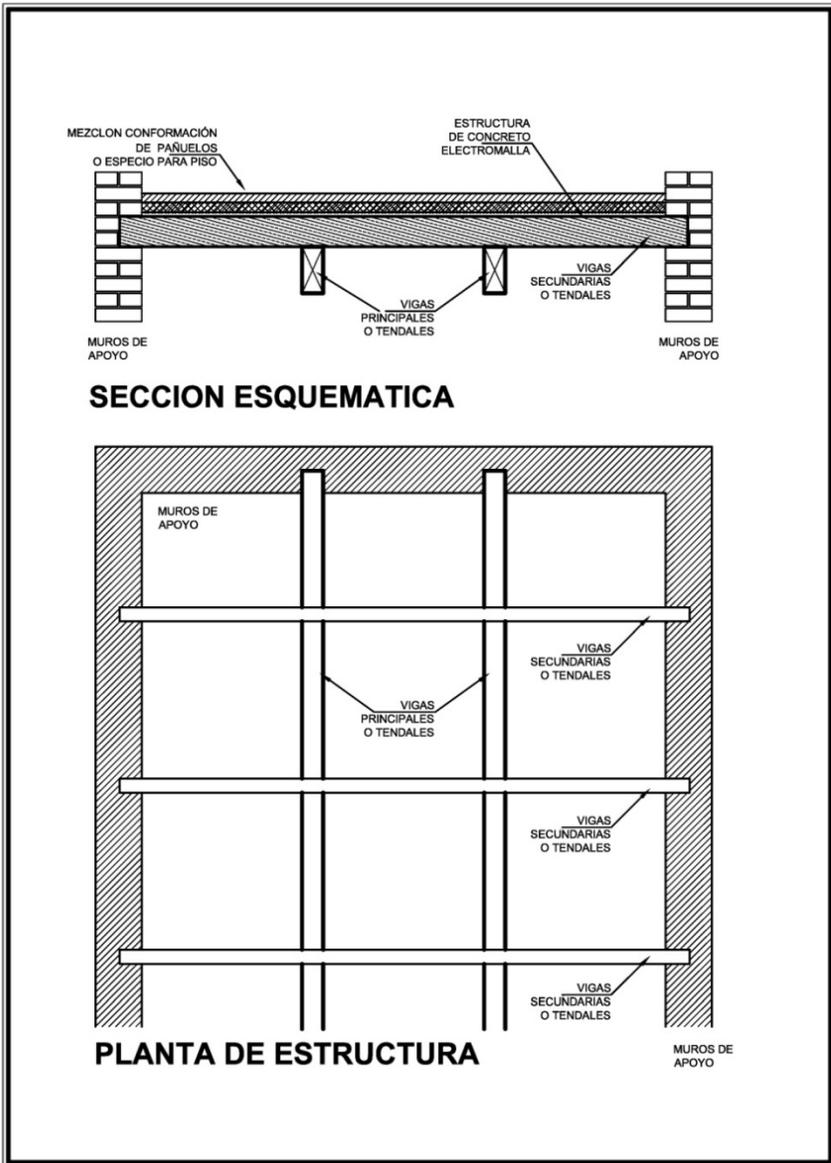
DETALLE DEL TRASLAPE DE VIGAS, VIGUETAS O TENDALES DE UN ENTREPISO O TECHO SOBRE UN MURO O VIGAS PRINCIPALES PARA UN OPTIMO TRABAJO ESTRUCTURAL.



### DETALLE No. 7

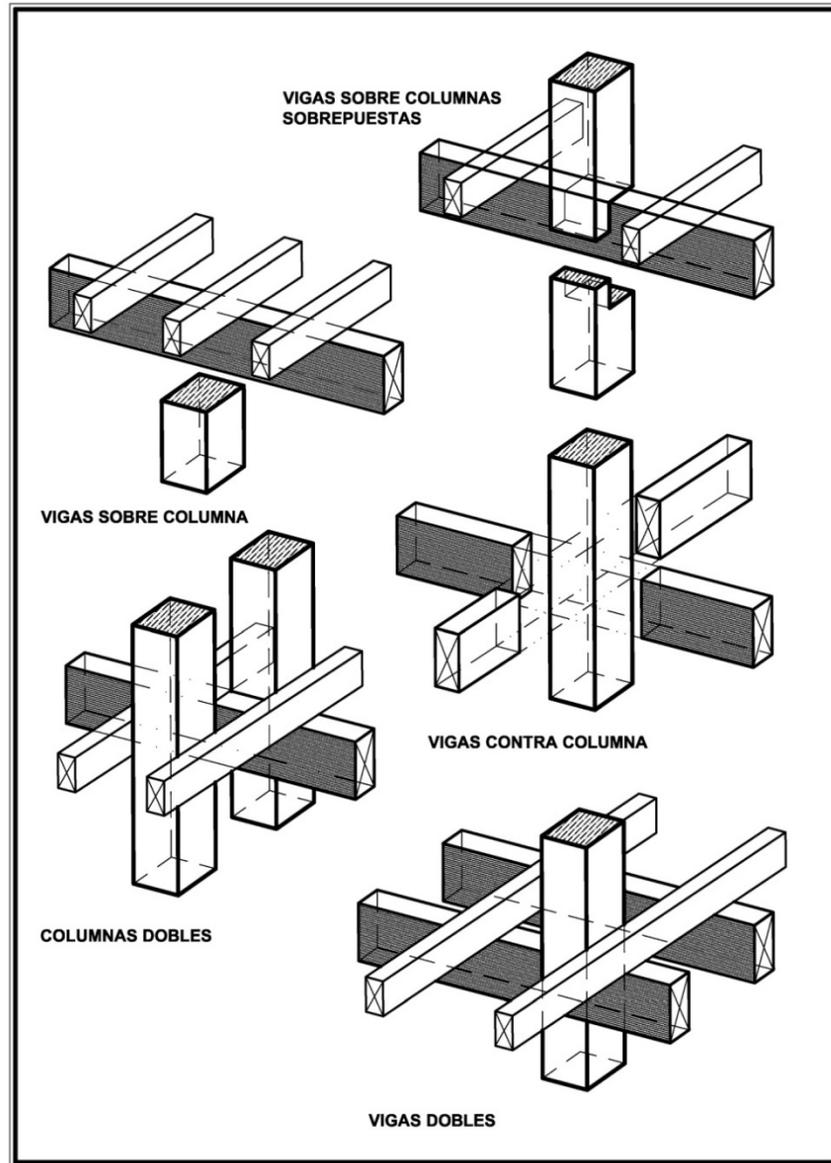
EN ESTA FOTOGRAFIA SE MUESTRA LA UNION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA CON ACCESORIOS METALICOS USADOS COMUNMENTE EN OTRAS LATITUDES

### 5.3.- DIBUJOS Y ESQUEMAS DE DETALLES.



#### DETALLE No. 8

ES ESTE ESQUEMA SE PUEDE APRECIAR EL DETALLE DE SEMIEMPOTRAR LAS PUNTAS DE LAS VIGUETAS O TENDALES Y A LA VEZ TAMBIEN SE PUEDEN EMPOTRAR LAS VIGAS, DE MODO DE NO PASARLAS POR COMPLETO, AYUDANDO CON ESTO SI SON MUROS EXTERIORES A PROTEGER DEL AMBIENTE LAS PUNTAS, DE LOS ELEMENTOS DE MADERA.



#### DETALLE No. 9

COMBINACION DE SUUPOSICION ELEMENTOS ESTRUCTURALES PARA LA CONFORMACION DE ESTRUCTURAS CONFORMADAS CON COLUMNAS, VIGAS Y VIGUETAS.

### 5.4.- FOTOGRAFIAS DE DETALLES.



**DETALLE No. 10**

PODEMOS APRECIAR LA CONFORMACION DE UN NUDO ESTRUCTURAL, CON VIGAS Y LA COLUMNA HECHOS DE PIEZAS MAS LIVIANAS Y UNIDAS ENTRE SI CON LA AYUDA TAMBIEN DE ACESESORIOS METALICOS PARA LA SUJETACION DE TODOS LOS ELEMENTOS.



**DETALLE No. 11**

ES ESTA FOTO PODEMOS APRECIAR OTRO ANGULO DE LA ESTRUCTURA EXPLICADA EN EL DETALLE 10



**DETALLE No. 12**

SE MUESTRA UN DETALLE DE ELEMENTOS DE MADERA TRATADA CON LA PRESENCIA DE NUDOS Y SUJETACION DE VIGUETAS CON ACCESORIOS METALICOS



**DETALLE No. 13**

EN ESTA FOTOGRAFIA SE MUESTRA LA UNION DE ELEMENTOS ESTRUCTURALES DE MADERA MASIVOS.

Fuentes  
[http://ph3.ggpht.com/\\_Wq5t1zTNpDoSCwwwpOQ02IAAAAAAAAA-IIOK7pGo8\\_KADSC01302.JPG](http://ph3.ggpht.com/_Wq5t1zTNpDoSCwwwpOQ02IAAAAAAAAA-IIOK7pGo8_KADSC01302.JPG)  
<http://www.dhoms.es/images/porches.jpg>

<http://www.mamsi.com.tumaderaIMAGENESTEJADO%20pergola.jpg>  
Guatemala, agosto del 2008

## CONCLUSION GENERAL:

En comparación a otros países como Canadá, USA, Suecia e incluso Costa Rica de los pocos países latinoamericanos; en nuestro país, Guatemala el producto forestal la madera; en su explotación no ha sido diversificado, es decir, su cultivo no es renovado en la gran área maderil que teníamos hace unos años atrás, solo nos hemos dedicado a la tala en gran escala de los árboles sin promover su reforestación en la misma medida; dando lugar al avance de la ya renombrada frontera urbana en contra del área boscosa en nuestro suelo, trayendo como consecuencia que en nuestro medio su utilización sea cada vez mas escasa y costosa.

La madera como material estructural ha venido de más a menos desde la época colonial a nuestros días, no por sus características tanto mecánicas y físicas sino porque se le ha considerado poco durable y esto se debe que en la mayoría de los casos cuando se ha utilizado, no se le ha dado un adecuado proceso de secado y curado para prolongar su durabilidad, tanto para protegerla del ambiente y en contra de organismos vivos destructores, dándole el tratamiento necesario podrá tener un tiempo indefinido de vida útil, inclusive puede tratarse en contra del fuego. Este material a pesar de ser un elemento estructural que puede ser reutilizado, tanto de vigas grandes a más pequeñas, e incluso después de ser elemento estructural puede transportarse en artículos que forman parte de edificaciones como puertas, ventanas, pasamanos, etc.. Su empleo se ha tomado de corta vida útil por la gran mayoría de la población, por ejemplo en albergues/casa de uso temporal (caso específico los proporcionadas a los afectados por la tormenta Stan, en nuestro país hace corto tiempo).

En la región central del país, capital y municipios circunvecinos; la obtención de madera (en caso específico, ver estructura del ejemplo que se cito para el calculo mostrado en el capítulo anterior Figura No. 40 y 41), todavía es fácil de conseguir tanto en aserraderos medianos hasta en las pocas grandes empresas que venden este material en una forma ya tratada o curada como Lignum y otros. Por aparte se puede notar que el uso de la madera, en el sector de la población con un ingreso económico alto, su empleo es combinado, en forma estructural y como acabado por su belleza natural y agradable tanto visual como confortable en el sector

## RECOMENDACION:

Se deberá dar más apoyo a la promoción del uso de la madera en los programas existentes de las instituciones afines. Las instituciones que velan por nuestro recurso forestal deberían ser más exigentes en las normas y leyes existentes para la regeneración de nuestros bosques y a la vez proponer áreas exclusivas de cultivo con programas afines a nivel mundial que se están dando en nuestra época, creando no solo producto maderable sino pulmones ecológicos proveyendo; así no solo de ambientes de convivencia de animales nativos propios sino también oxígeno.

Las entidades de control constructivo urbano como las municipalidades deberían exigir mayores requisitos y el cumplimiento de normas para el empleo del material maderable, tomando como base y consulta los estudios sobre sus características

Físico-mecánicas, ya existentes y que incluso se recopilan en buena parte en este documento.

La madera de nuestro país además de ser un recurso propio apto para elemento estructural, es también un recurso renovable y aunado a esto es de una belleza única por lo que se debe promover su reforestación o renovación del bosque natural.

## BIBLIOGRAFIA:

### LIBROS Y DOCUMENTOS:

1. Armas, Hugo. Arq.  
Folleto de Dibujo Constructivo 1  
Facultad de Arquitectura, USAC-1984.
2. Dirección General de Obras Públicas, Guatemala  
Especificaciones técnicas de construcción.
3. Foulge, A. N.  
Clases prácticas sobre las propiedades de la madera.  
Depto. de Agricultura de USA, Servicio Forestal.  
Centro Regional de Ayuda Técnica, AID. 1972
4. Howard J. Hansen, I.C.  
Diseño simplificado de estructuras de madera.  
Edición 1977
5. INAFOR  
Guía para la identificación de las coníferas de Guatemala.  
J. M. Aguilar Cúmes.  
Guatemala, C.A. 1976
6. Instituto Nacional Forestal  
INAFOR  
Página electrónica.
7. Manual de Diseño para Maderas del Grupo Andino  
Junta del Acuerdo de Cartagena  
Casilla Postal 3237, Lima-Perú 1984.
8. Notas y copias  
Curso de Análisis Estructura II.  
Facultad de Arquitectura, USAC
9. Parker, Harry  
Diseño simplificado de estructuras de madera.  
Edición 1977
10. Ramsey & Sleeper  
Architectural Graphic Standards.  
Edición Packard 1981 y Digital 2007
11. Revista Científica de la Facultad de Ingeniería  
Universidad de San Carlos de Guatemala.  
Varios volúmenes

12. Robles Fernández-Villegas, Francisco  
Ramón Echenique-Manrique  
Estructuras de Madera.  
Editorial Limusa, México – 1983
13. Tejeda, Marcelo  
Promoción del uso de la madera en la construcción.  
Primera consulta sobre la industria de la madera y  
los productos de madera.  
FAO-ONU, Helsinki, Finlandia. 1983
14. Universidad Central de Chile  
Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas  
Escuela de Ingeniería Civil en Obras Civiles

### TESIS:

1. Alvares Paz, Fernando  
Proyecto de Fabricación de planchas de madera  
contrachapeada para el aprovechamiento del bosque  
municipal de Tecpán.  
Tesis de Ingeniería, 1985
2. Arana Archila, Néstor Iván  
Techos de madera en proceso de ejecución constructiva  
de artesones, terraza española y pérgolas.  
Tesis de Arquitectura USAC. 2007.
3. Beltranena Matheu, Emilio Ing.  
Determinación de los Esfuerzos Permisibles de Trabajo  
para Maderas Nacionales.  
Centro de Investigaciones de Ingeniería. USAC  
Guatemala, C: A: 1961
4. Bosch Pérez, G. Federico  
Ensayo de 4 preservadores para madera contra hongos  
que causan la pudrición.  
Tesis de Ingeniería, 1969. USAC
5. Godoy Orantes, Joaquín  
Techos económicos con armaduras de madera para  
Guatemala  
Tesis Ingeniería USAC 1975

6. Flores Morales, José  
Uso tecnológico de la madera en la construcción.  
Tesis Ingeniería USAC 1970.
7. Flores Pereira, Leonardo  
Aplicación industrial de la madera en la arquitectura guatemalteca.  
Tesis Arquitectura USAC 1975
8. Méndez, Fernando C.  
Pino y Chichique.  
Tesis de Ingeniería, 1958. USAC
9. Olivero, Humberto  
Tesis de Ingeniería,  
USAC 1960.
10. Quintero, Carlos  
Estudio comparativo de dos maderas típicas de Guatemala Ciprés y Conacaste.  
Tesis de Ingeniería, 1958. USAC
11. Ramírez, M Enrique  
Estudio preliminar de dos maderas típicas de Guatemala, Palo volador y Chichipate.  
Tesis de Ingeniería, 1959. USAC
12. Rivera Echeverría, H Manuel  
Estudio preliminar de maderas típicas de Guatemala, Mario y Cenicero  
Tesis de Ingeniería, 1961 USAC
13. Samayoa Flores, Mario D.  
Estudio preliminar de las propiedades físico-mecánicas de 7 especies de pino de Guatemala.  
Tesis de Ingeniería, 1972. USAC
14. Vides Tobar, Armando  
Cubicación de las maderas y métodos usados en Guatemala.  
Tesis Ingeniería USAC 1981.

**OPTICAS:**  
Imágenes de:  
<http://www.geogle.com>  
<http://www.inab.com>  
<http://www.wikipedia.com>  
<http://www.prensalibre.com>  
<http://www.affari.com.ar/pesosymedidas.htm>  
<http://www.guemisa.com/conversion.html>  
Fotos propias.

## GLOSARIO:

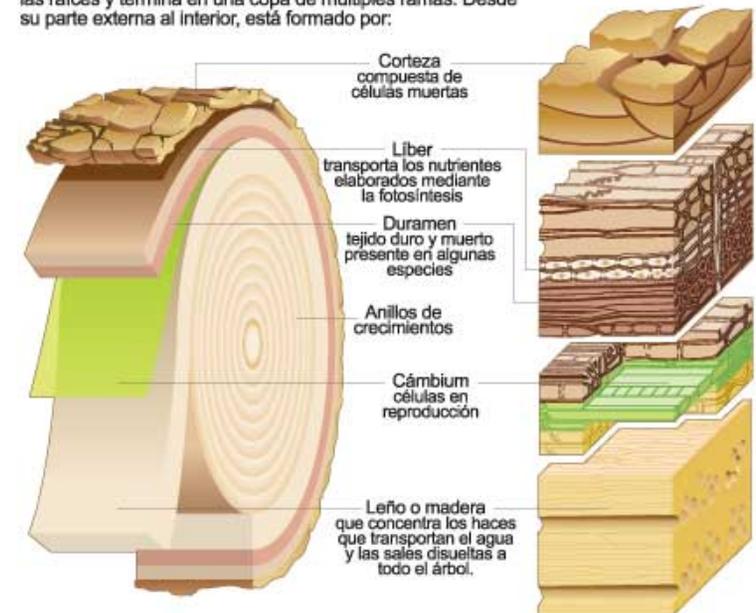
<b>Albura:</b>	Es la parte joven del tronco y ramas de un árbol, situada en la periferia, bajo la corteza y constituida por las últimas capas anuales de madera todavía vivas y de tonalidades más clara que el duramen.
<b>Calculo:</b>	Conclusión de un proceso de razonamiento. Resultado aplicable directamente a los datos iniciales (resolución de problemas). Modelo de relaciones previamente establecido como teoría científica.
<b>Carga:</b>	Es la magnitud de una presión o tensión debida a la superposición de un peso.
<b>Carga muerta:</b>	Está siempre en la estructura, el ejemplo clásico; es el propio peso de la estructura.
<b>Carga viva:</b>	Es la carga de tipo móvil, que no está siempre en la estructura. Mínimo 20 lb/p <sup>2</sup> .
<b>Claro en vigas:</b>	Es la distancia horizontal entre ambos centros de sus apoyos.
<b>Copa:</b>	Conjunto de ramas y parte superior de un árbol.
<b>Deformación:</b>	Cuando una fuerza actúa sobre un cuerpo, se produce en él un cambio de tamaño o de forma, siendo ésta una deformación.
<b>Deformación permanente:</b>	Es el alargamiento o acortamiento permanente después de aplicarse un esfuerzo.
<b>Diseño estructural:</b>	Provee el soporte necesario para diversos tipos de actividades, algunos de los cuales son dinámicos; como el caso del diseño de barcos y aviones, otros son del tipo estático.
<b>Esfuerzo permisible:</b>	Es el máximo esfuerzo al que puede someterse un elemento de una estructura.
<b>Esfuerzo de trabajo:</b>	Factores de seguridad que se aplican a los elementos estructurales por las cargas.
<b>Esfuerzo unitario:</b>	Se determina, tomando una fracción del esfuerzo a la ruptura o del límite de elasticidad.
<b>Estructura:</b>	Distribución y orden de las partes importantes de un edificio. Son los elementos que cargan una edificación como columnas, vigas y muros.
<b>Elasticidad:</b>	Es la propiedad que permite a un cuerpo recuperar sus dimensiones originales, cuando se suprime la carga que las modificó.
<b>Duramen:</b>	Parte muerta del leño de un árbol, no apta para el transporte de las sustancias minerales que absorben las raíces.
<b>Flecha:</b>	Es la deformación que se produce en las vigas debidas a una carga.
<b>Fuerza:</b>	Es lo que modifica o tiende a cambiar el estado de reposo o de movimiento de un cuerpo, o lo que hace que cambie su forma.
<b>Fuste:</b>	Se le llama así a la parte desnuda del troco de un árbol que no tiene ramas.
<b>Grado estructural:</b>	Son las reglas que describen las clasificaciones de la madera, dadas por una asociación (o laboratorio).
<b>Grano:</b>	Visual que se produce de una superficie de madera según el tamaño de sus poros.
<b>Hilo; (o fibra):</b>	Disposición en dirección longitudinal de los elementos constitutivos de la madera (poros), alargados. Se expresa como; Hilo o fibra recta, inclinada u oblicua, entrelazada, etc..
<b>Inclinación del hilo (o fibra):</b>	Es la desviación angular con respecto al eje longitudinal del árbol o con respecto al canto de la pieza.
<b>Inercia:</b>	Es la propiedad de un elemento, que hace que los cuerpos no puedan modificar por sí mismos su estado de reposo o de movimiento.

<b>Madera:</b>	Es un material natural, con propiedades que permiten que trabaje a flexión.
<b>Momento:</b>	Es la tendencia de una fuerza a producir rotación alrededor de un punto dado o eje.
<b>Módulo de elasticidad:</b>	El módulo de elasticidad de un material es la medida de su rigidez. Se usa para calcular las flechas en las vigas.
<b>Peso específico:</b>	Lo determina en la madera las diferencias de disposición y tamaño de las células huecas.
<b>Poros:</b>	Elementos conductores de la madera que aparecen en la sección transversal, como pequeños orificios o puntuaciones y en la sección longitudinal como estrías finas.
<b>Rigidez:</b>	Difícil de torcerse o doblarse. Calidad de rígido.
<b>Tensión:</b>	Es el alargamiento de un miembro al aplicársele una fuerza que lo tiende a estirar.
<b>Textura:</b>	Es la distribución y tamaño de los elementos leñosos en su sección transversal.
<b>Sección nominal:</b>	Es la dimensión de una viga expresada en el ancho y el peralte (alto); dadas en pulgadas:
<b>Sección efectiva:</b>	Es la dimensión de una viga ya labrada (cepillada) en sus cuatro lados.
<b>Veta (o diseño):</b>	Es la figura o dibujo que presentan las maderas en sus superficies pulidas.
<b>Viga:</b>	En ingeniería y arquitectura se denomina viga a un elemento constructivo lineal que trabaja principalmente a flexión. En las vigas la longitud predomina sobre las otras dos dimensiones y suele ser horizontal.
<b>Viga continua:</b>	Es la que tiene tres o más apoyos.
<b>Viga empotrada:</b>	Es aquella en la que se impide la rotación en uno de sus extremos o en ambos.
<b>Viga simple:</b>	Es la que descansa en un apoyo, en cada extremo, sin restricciones.

# ANEXOS

## El esqueleto de un árbol

Cada árbol tiene al menos un tronco que se inicia después de las raíces y termina en una copa de múltiples ramas. Desde su parte externa al interior, está formado por:



VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA.

**ANEXO No. 1 REGLAMENTOS Y ARTICULOS DEL INAB**

Con base a lo anterior y de los Artículos 1 al 6 de la Ley de lo Contencioso Administrativo; los Artículos 5, 6, 9, 14, 88, 108 y 113 del Decreto 10196 Ley Forestal; los Artículos 2, 3 y 6 del Decreto 122-96 Ley Reguladora del Registro, Autorización y Uso de Motosierras y de los Artículos 5, 30, 153 y 154 de la Constitución de la República de Guatemala.

**SE CREAN LOS ARTÍCULOS SIGUIENTES:**

ARTÍCULO No.	DEFINE	TEMA - FUNCIÓN - ABARCA	INCLUYE	MEDIOS
1	Objeto	Regular funcionamiento del Registro Nacional Forestal (RNF) • Inscripción y actualización de la información		
2	Definiciones	• Centro de acopios • Certificaciones • Depósitos de productos forestales • Industria forestal		
3	Funciones del Registro Nacional Forestal	• Promover al RNF y realizar los trámites administrativos correspondientes.		
4	Del Registrador Nacional Forestal	Administrar al RNF.		
5	Categorías de registro	• Generales  • Específicas	• Bosques naturales • Tierras de Vocación Forestal • Tierras forestales de captación y regulación hidrológica  • Ecosistemas forestales estratégicas  • Plantaciones • Industrias forestales • Depósitos/centros de acopio • Técnicos y Profesionales • Instituciones	Por mapas    Por planes Por estudios Por Compra/venta Por leyes
			• Motosierras • Viveros/fuentes/bosques	

<p>6</p>	<p>Requisitos de Inscripción</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantaciones obligatorias</li> <li>• Plantaciones voluntarias</li> <li>• Industrias forestales, aserraderos móviles o estacionarios</li> <li>• Exportaciones e importaciones de productos forestales</li> <li>• Personas individuales o jurídicas que prestan servicios forestales</li> <li>• Extractores y recolectores de productos forestales no maderables</li> <li>• Regentes forestales</li> <li>• Técnicos y profesionales para elaboración de planes/estudios de manejo forestal/uso de tierra</li> <li>• Compra venta y prestación de servicios de motosierras</li> <li>• Viveros forestales</li> <li>• Fuentes semilleras</li> <li>• Depósitos forestales/centros de acopio</li> <li>• Bosques naturales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Consultoras</li> <li>• Repobladoras</li> <li>• Instituciones</li> <li>• Organizaciones</li> <li>• Asociaciones de Estudio</li> </ul>	<p>Formularios                  Informes                  Documento de identificación                  Formularios                  Informes                  Documento de identificación                  Dictámenes</p>
<p>7</p>	<p>Prohibiciones</p>	<p>Requisitos indicados por el Reglamento</p>		<p>Constancias</p>
<p>8</p>	<p>Actualización Inicial</p>	<p>Por traslados                  Obligaciones de inscripciones/                  actualizaciones/registros</p>		<p>Plazos de tiempo</p>
<p>9</p>	<p>Actualización Periódica</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bosques</li> <li>• Plantaciones forestales</li> <li>• Motosierras</li> <li>• Prestación de servicios de motosierra</li> </ul>		<p>Por períodos de tiempo</p>

<p>10</p>	<p>Requisitos de actualización</p>	<p>Actualiza los registros de las categorías del Artículo 5</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Plantaciones obligatorias</li> <li>• Plantaciones voluntarias</li> <li>• Industrias forestales</li> <li>• Aserraderos móviles</li> <li>• Aserraderos estacionarios</li> <li>• Exportadores e importadores</li> <li>• Personas Jurídicas o individuales</li>   <li>• Extractores y recolectores de productos forestales no maderables</li> <li>• Regentes forestales</li> <li>• Técnicos y profesionales de manejo forestal</li> <li>• Técnicos y profesionales en elaboración de estudios de capacidad de uso de tierra</li>   <li>• Personas individuales o Jurídicas a compra venta y prestación de servicios con motosierras</li>   <li>• Motosierras</li> <li>• Viveros forestales</li> <li>• Fuentes semilleras</li> </ul>	<p>Formularios Informes técnicos Currícula</p>
			<ul style="list-style-type: none"> <li>• Depósitos forestales y centro de acopio</li> <li>• Bosques naturales</li> </ul>	
<p>11</p>	<p>Convocatoria</p>	<p>Convocar</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interesados al ámbito forestal</li> </ul>	<p>Mensajes escritos y radiales</p>
<p>12</p>	<p>Inscripciones de oficio</p>	<p>Por parte de INAB</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bosques naturales</li> <li>• Plantaciones obligatorias</li> <li>• Plantaciones establecidas</li> </ul>	<p>Manejo forestal Repoblación forestal Programas del INAB</p>
<p>13</p>	<p>Inscripción a petición de parte</p>		<p>Todas las actividades comprendidas en las categorías sujetas a registro dentro de la <u>Ley y su Reglamento</u></p>	

14	Ingreso de expedientes		Expedientes de cada categoría	Direcciones regionales o subregionales del INAB
15	Uso de formularios del Registro Nacional Forestal	Contabilizar, normar, actualizar y distribución	Información estandarizada del INAB Y RNF	Formularios por categorías; establecidos y vigentes
16	Constancias	Extender constancias a solicitud de parte, según el artículo 9	Vigencia no mayor de tres o cinco años calendario Firmas y sellos de RNF	Certificaciones o constancias
17	Centralización del Registro Nacional Forestal	Recabar los expedientes Periódicas mensuales	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Inspecciones técnicas</li> <li>• Informes</li> </ul>	Direcciones regionales o subregionales del INAB
18	Centros de acopio de productos forestales	Inscripciones con su casa matriz	Indicadores	Constancias
19	Obligaciones ante el RNF	Actividades de registro o actualización ante el RNF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Proporcionar información</li> <li>• Mantener actualizado el registro de su actividad</li> <li>• Cumplir con obligaciones de la Ley Forestal y su Reglamento</li> </ul>	Registro Nacional Forestal
20	Traslado de aserraderos móviles	Notificar el traslado	Responsable deberá presentar libros de control de ingresos al INAB	Finiquitos de actividades
21	Derechos de los usuarios del Registro	Actividades de registro o actualización ante el RNF	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Programas de fomento y capacitación</li> <li>• Listados administrados por el INAB con fines de fomento y beneficio</li> </ul>	Constancias de inscripción Revisiones y corrección de datos Divulgaciones
22	Uso de la información del RNF	Publicación de estadísticas relacionadas a categorías inscritas en el RNF	Información estadística	Información de carácter público
23	Inactivación	Trámites de actualización	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Empresas</li> <li>• Personas individuales o jurídicas</li> <li>• Inspecciones técnicas</li> </ul>	Incumplimiento de actualización  Listado de datos
24	Anotación en los registros a solicitud de parte	Modificación o/y reinicio de las anotaciones de la realización de actividades en la cual quedaron inscritas	Personas inscritas en el RNF	Actas
25	Anotación en los registros por parte del INAB	Anotaciones en el registro para dar razones	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Conocimiento de muerte, inhabilitación para ejercer funciones</li> <li>• Calidad de activo o inactivo</li> <li>• Plantaciones voluntarias inscritas</li> <li>• Incumplimiento a la Ley Forestal y sus Reglamentos</li> </ul>	Anotaciones en los registros
26	Costos por los servicios del RNF	Inscripción y actualización	Categorías del registro	Carné de Regente Forestal
27	Casos no previstos	Interpretación y aplicación del Reglamento	Reglamento del INAB	Resolver por la Junta Directiva del INAB



# Anexo # 2 NUDOS

**NUDOS:**  
 Forma de medir los nudos:  
 Se hace así: "D" del nudo en cara angosta (tanto en cara de tensión como de compresión) en piezas a flexión, nos lo dá la proyección entre paralelas a las aristas longitudinales de la pieza "D" del nudo en cara ancha (peralte de la viga) se mide según su menor dimensión; nudos esquinados se miden así: la porción localizada en cara angosta, como nudo en cara angosta, porción en cara ancha como nudo medido en cara ancha (ver Figura An. 2-1).



Las medidas máximas de nudos en piezas a flexión se indican en la figura An. 2-2.

- A- Tamaño máximo en cara angosta, en el tercio medio de la luz con un incremento permitido a 2ª pero no mayor que B, en los extremos.
- B- Tamaño máximo en la franja central de la cara ancha.
- C- Tamaño máximo en el borde la cara ancha, en el tercio medio de la longitud de la pieza, con un incremento uniforme hasta 2C pero no exceda B, en los extremos y un incremento hasta B en el centro de la cara ancha.

En vigas y largueros, A y C son iguales.

L = Longitud  
 W = Medida de la cara ancha  
 T = Medida de la cara angosta

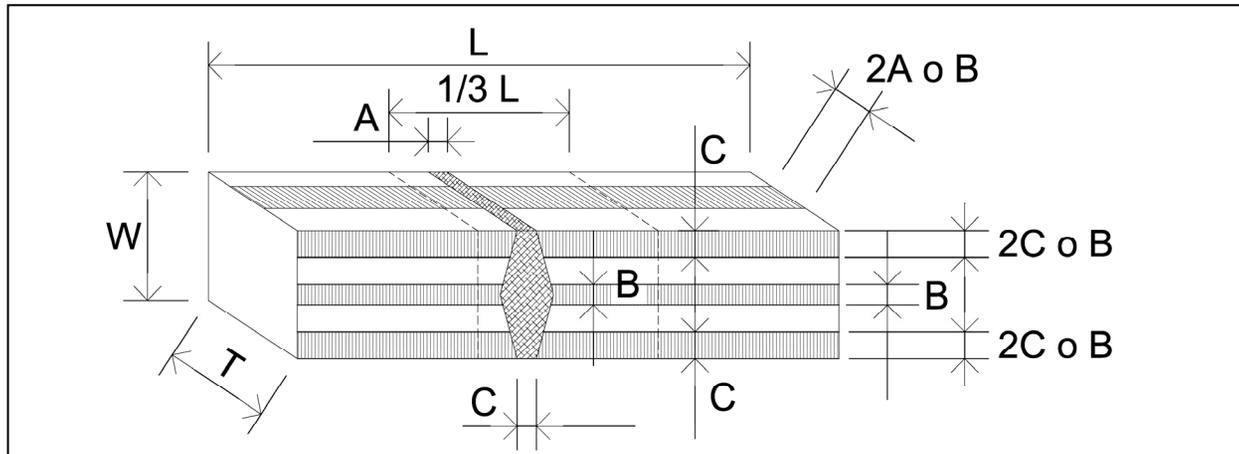


Figura An 2-2  
 Variación del tamaño máximo permitido de nudos en vigas, largueros, viguetas y tablones, en flexión simple.

En tablas hasta de 2.5 cms. de grueso, no se toma en cuenta los nudos en la cara angosta. Cuando un nudo aparezca en las dos caras, se toma en cuenta en la cara ancha. Para la medida y tamaño permisible de los nudos se sigue el mismo criterio que para vigas y viguetas.

En miembros en compresión, que están esforzados uniformemente en todo el miembro el mismo tamaño de nudo es permitido en cualquier lugar. Cómo el efecto de nudo en miembros es compresión, es menor que en el miembro en flexión o tensión, el diámetro menor del nudo es el que se debe medir.

En tablas hasta de 2.5 cms. de grueso, no se toma en cuenta los nudos en la cara angosta. Cuando un nudo aparezca en las dos caras, se toma en cuenta en la cara ancha. Para la medida y tamaño permisible de los nudos se sigue el mismo criterio que para vigas y viguetas. En miembros en compresión, que están esforzados uniformemente en todo el miembro el mismo tamaño de nudo es permitido en cualquier lugar. Cómo el efecto de nudo en miembros es compresión, es menor que en el miembro en flexión o tensión, el diámetro menor del nudo es el que se debe medir.

**Suma de tamaños de nudos:**

En vigas y largueros, de hasta 6.0 m de longitud, la suma de los tamaños de todos los nudos, en la mitad central de la longitud en una cara, está limitada a cuatro veces el tamaño del nudo mayor permitido en esa cara. Esta restricción es aplicable a vigas más largas de 6.0 m, para tramos de 3.0 m dentro de la mitad central de la longitud de la viga.

En cualquier pieza sometida a flexión, y en cualquier miembro trabajando en compresión o tensión axial, la suma de todos los nudos en 15 cms. de longitud de la pieza, está limitada al doble del tamaño máximo permitido, en los mismos 15 cms. de longitud cualquier cara.

Los factores de corrección de esfuerzos básicos por presencia de los nudos pueden deducirse de las tablas A1-1, A1-2 y A1-3.



FUENTE: <http://static.consumer.es/www/imgs/2008/01/madera2-art.jpg>  
 IMÁGENES DE GOOGLE AGOSTO 4 DEL 2008  
 NUDOS EN LA MADERA

TABLA A1-1										
FACTORES DE CORRECCIÓN DE ESFUERZOS BÁSICOS EN % POR EFECTO DE NUDOS EN LA CARA ANGOSTA DE LAS PIEZAS ( a ).										
ESTA TABLA CUBRE: NUDOS EN CARA ANGOSTA DE VIGAS, VIGUETAS Y TABLONES (TERCIO CENTRAL) DE LA LUZ. LOS FACTORES DE CORRECCIÓN SON APLICABLES A LOS ESFUERZOS DE FLEXIÓN Y TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA										
TAMAÑO DE NUDO EN	ANCHO NOMINAL DE CARA ANGOSTA EN PULGADAS									
"	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16
1/4	90	93	95	96	97	97	97	97	98	98
1/2	77	85	88	91	92	93	94	95	95	95
3/4	65	76	82	86	88	90	91	92	93	93
1	52	68	76	81	84	86	88	89	89	90
1 1/4	x	60	70	76	80	83	84	86	87	88
1 1/2	x	51	63	71	76	79	81	83	84	85
1 3/4	x	x	57	66	71	75	78	80	81	83
2	x	x	51	61	67	72	75	77	79	80
2 1/4	x	x	x	56	63	68	71	74	76	77
2 1/2	x	x	x	51	59	64	68	71	73	75
2 3/4	x	x	x	x	55	61	65	68	70	72
3	x	x	x	x	51	57	62	65	68	71
3 1/4	x	x	x	x	x	54	59	62	65	67
3 1/2	x	x	x	x	x	50	55	59	62	65
3 3/4	x	x	x	x	x	x	52	56	59	60
4	x	x	x	x	x	x	x	53	57	60
4 1/4	x	x	x	x	x	x	x	x	54	57
4 1/2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	54

( a )- LOS TAMAÑOS PERMISIBLES DE LOS NUDOS EN ANCHOS MAYORES DE 6" (15 CMS), SE INCREMENTAN PROPORCIONALMENTE RAIZ CUADRADA DEL INCREMENTO EN EL ANCHO DE LA CARA. PARA ANCHOS MENORES, EL TAMAÑO PERMITIDO, ES PROPORCIONAL AL ANCHO DE LA CARA.

**TABLA A1-2**

**FACTORES DE CORRECCIÓN DE ESFUERZOS BÁSICOS EN % POR EFECTO DE NUDOS EN LA CARA ANCHA DE LAS PIEZAS (a).**

ESTA TABLA CUBRE:

- 1) NUDOS EN CARA ANCHA DE VIGAS (FAJA CENTRAL LONGITUDINAL), FACTOR DE CORRECCIÓN APLICABLE A LOS ESFUERZOS DE TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA Y DE FLEXIÓN.
- 2) NUDOS EN CUALQUIER PUNTO DE CUALQUIERA DE LAS CARAS EN COLUMNAS FACTOR DE CORRECCIÓN APLICABLE A ESFUERZOS DE COMPRESIÓN PARALELA A LA FIBRA.
- 3) NUDOS EN CUALQUIER PUNTO DE LA CARA ANCHA DE TABLAS (DISEMIONES HASTA DE 2.5 CMS. DE ESPESOR), FACTOR DE CORRECCIÓN APLICABLE A TODOS LOS ESFUERZOS.

TAMAÑO DE NUDO EN	ANCHO NOMINAL EN CARA ANCHA EXPRESADAS EN PULGADAS.											
	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20	22	24
1/4	95	96	96	97	98	98	98	98	99	99	99	99
1/2	88	91	92	94	95	96	96	97	97	97	97	97
3/4	82	86	88	91	93	94	94	95	95	96	96	96
1	76	81	84	88	90	92	93	93	94	94	94	94
1 1/4	70	76	80	85	88	90	91	91	92	92	93	93
1 1/2	63	71	76	82	85	88	89	89	90	91	91	91
1 3/4	57	66	71	79	83	86	87	88	88	89	89	90
2	51	61	67	75	80	84	85	86	87	87	88	88
2 1/4	x	56	58	72	78	82	83	84	85	86	86	87
2 1/2	x	51	59	69	75	79	81	82	83	84	85	85
2 3/4	x	x	55	66	73	77	79	80	82	82	83	84
3	x	x	51	63	70	75	77	79	80	81	82	83
3 1/4	x	x	x	60	68	73	75	77	78	79	80	81
3 1/2	x	x	x	57	65	71	73	75	76	78	79	80
3 3/4	x	x	x	54	63	69	71	73	75	76	77	78
4	x	x	x	50	60	67	69	71	73	74	75	77
4 1/4	x	x	x	x	58	65	67	70	71	73	74	75
4 1/2	x	x	x	x	55	63	66	68	70	71	73	74
4 3/4	x	x	x	x	53	61	64	66	68	70	71	72
5	x	x	x	x	50	59	62	64	66	68	70	71
5 1/4	x	x	x	x	x	57	60	62	65	66	68	69
5 1/2	x	x	x	x	x	54	68	61	63	65	66	68
5 3/4	x	x	x	x	x	52	56	59	61	63	65	66
6	x	x	x	x	x	50	54	57	59	61	63	65
6 1/4	x	x	x	x	x	50	53	56	58	60	62	62
6 1/2	x	x	x	x	x	x	50	53	55	57	59	59
6 3/4	x	x	x	x	x	x	x	49	52	54	56	56
7	x	x	x	x	x	x	x	x	49	51	53	53
7 1/4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	50	50

(a) LOS TAMAÑOS DE NUDOS PERMISIBLES EN CARAS ANCHAS MAYORES DE 12" EN VIGAS, VIGUETAS Y LARGUEROS, Ó EN CARAS MAYORES DE 12" EN POSTES Y COLUMNAS, CRECEN PROPORCIONALMENTE A LA RAIZ CUADRADA DEL INCREMENTO DEL ANCHO DE LA PIEZA, BAJO ESTOS LÍMITES LOS TAMAÑOS PERMISIBLES SON PROPORCIONALES AL ANCHO DE LA CARA CONSIDERADA.

**TABLA A1-3**

**FACTORES DE CORRECCIÓN DE ESFUERZOS BÁSICOS EN % POR EFECTO DE NUDOS EN LA CARA ANCHA DE LAS PIEZAS (a).**

ESTA TABLA CUBRE:

NUDOS, LAS ARISTAS DE LA CARA ANCHA EN LA PORCIÓN DEL TERCIO CENTRAL DE LA LUZ PARA VIGUETAS, TABLONES Y LARGUEROS. EL FACTOR DE CORRECCIÓN ES APLICABLE A ESFUERZOS DE FLEXIÓN Y TENSIÓN PARALELA A LA FIBRA.

TAMAÑO DE NUDO EN	ANCHO NOMINAL EN CARA ANCHA EXPRESADAS EN PULGADAS.											
	2	3	4	5	6	8	10	12	14	16	18	20
1/4	80	86	90	92	93	95	96	97	97	97	97	97
1/2	60	72	78	82	85	89	91	92	93	93	94	94
3/4	x	58	68	74	78	83	86	88	89	90	91	91
1	x	x	58	65	71	77	82	85	86	87	87	88
1 1/4	x	x	x	57	64	72	77	81	82	83	84	85
1 1/2	x	x	x	x	57	67	73	77	79	80	81	82
1 3/4	x	x	x	x	51	62	69	74	75	77	78	79
2	x	x	x	x	x	57	65	70	72	74	75	76
2 1/4	x	x	x	x	x	52	61	67	69	71	72	73
2 1/2	x	x	x	x	x	57	63	66	68	69	71	71
2 3/4	x	x	x	x	x	53	60	63	65	66	68	68
3	x	x	x	x	x	x	57	60	62	64	65	65
3 1/4	x	x	x	x	x	x	54	57	59	61	63	63
3 1/2	x	x	x	x	x	x	x	54	56	58	60	60
3 3/4	x	x	x	x	x	x	x	54	56	58	58	58
4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	53	55	55
4 1/4	x	x	x	x	x	x	x	x	x	51	53	53
4 1/2	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	51	51

(a) LOS TAMAÑOS PERMISIBLES EN ARISTAS DE CARAS ANCHAS DE ANCHO MAYOR DE (30 CMS.) EN VIGUETAS Y TABLONES, SE INCREMENTAN EN PROPORCIÓN A LA RAIZ CUADRADA DEL INCREMENTO DEL ANCHO DE LA CARA PARA ANCHOS MENORES. LOS TAMAÑOS SE PROPORCIONAN AL CUADRADO DEL ANCHO REMANENTE DE LA CARA, DESPUÉS DE RESTARLE LA MEDIDA DE LOS NUDOS.

### Desviaciones en la dirección de fibras

Inclinación de la fibra:

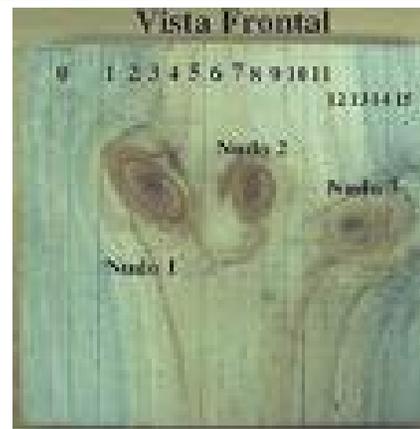
En tensión o flexión la influencia de la inclinación de la fibra es despreciable hasta una pendiente de 1 a 40. Las pendientes permisibles varían de 1:20 para material limpio a 1.80 para grados que tengan el 50% de la resistencia de la madera limpia. En compresión la influencia de la inclinación de la fibra es menor que en tensión y flexión.

Ver Tabla A1-4 para factores de corrección por efecto de fibra torcida o inclinada.

En columnas cortas varía de 1:15 para material limpio a 1:6 para grados que tengan el 50% de la resistencia de la madera limpia.

La inclinación de la fibra en maderas estructurales debe ser medida en una distancia que determine la pendiente general y no pequeñas desviaciones como ocurre alrededor de los nudos.

Para piezas en flexión la inclinación de la fibra es importante en las caras superior o inferior en el tercio medio de luz.



FUENTE: [http://www.scielo.cl/fbpe/img/maderas/v5n1/Fig2\\_art06.jpg](http://www.scielo.cl/fbpe/img/maderas/v5n1/Fig2_art06.jpg)  
<http://nildahouse.com/fotos/varias/olmo1.png>  
 IMÁGENES DE GOOGLE AGOSTO 4 DEL 2008  
 NUDOS EN LA MADERA

**Rajaduras, reventaduras y grietas:**

Las venteaduras en maderas verdes, afectan la resistencia en proporción directa a su longitud.

En maderas secas se permiten venteaduras mayores, debido al incremento de resistencia de la sección remanente al sazonar.

En Tablas A1-5 y A1-6 se indican los factores de corrección a los esfuerzos básicos por efecto de venteaduras y grietas en la madera.

**Forma de medir las grietas:**

Como los esfuerzos de corte son mayores cerca de los extremos y cerca del eje neutro de vigas y viguetas, es únicamente en esas zonas donde se aplican las restricciones para venteaduras, grietas radiales y hendiduras, siendo la zona crítica, el ½ central del peralte y en una distancia igual a 3 veces la altura o peralte de la pieza, a partir de cada uno de los extremos para vigas simplemente apoyadas. Para vigas continuas las restricciones de grietas se aplican en el ½ central del peralte a todo lo largo de las vigas.

La medida de las grietas se hace en los extremos de las piezas, el tamaño de las venteaduras o grietas tangenciales, se mide por su proyección entre paralelas a las aristas mayores de la pieza.

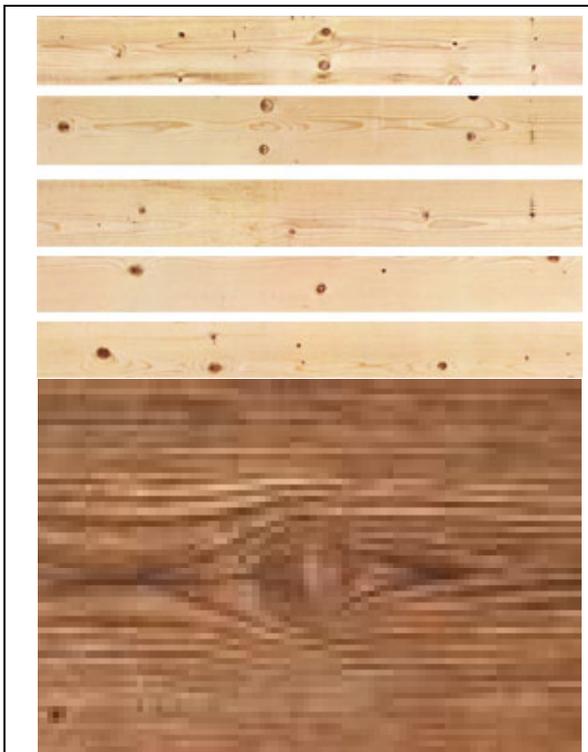
La grieta radial o hendidura superficial se mide por su penetración media en la pieza, medida a partir de la cara ancha y perpendicular a la superficie de esta cara. El tamaño de las hendiduras que pasan de lado a lado de la pieza en los extremos se toma como 1/3 de su longitud media.

El tamaño permisible de grietas, depende de grosor del miembro. Una grieta de la mitad del grosor de la pieza, del 50%. Además, cuando existe una combinación de grietas que puedan ocasionar la formación de un plano único de corte, la suma de los tamaños de las grietas, no deberá ser mayor del tamaño máximo permitido. Al existir una combinación de grietas, pero que se estime que éstas, no dan lugar al apareamiento del plano único de corte, la limitación la da la grieta de mayor tamaño.

**TABLA A1-4****FACTORES DE CORRECCIÓN PARA ESFUERZOS BÁSICOS POR EFECTO DE FIBRA INCLINADA ó TORCIDA**

ESTA TABLA ES APLICABLE A CUALQUIER PIEZA Y LOS FACTORES DE CORRECCIÓN SON PARA LOS ESFUERZOS INDICADOS.

INCLINACIÓN	FACTORES DE CORRECCIÓN EN PORCENTAJE	
	ESFUERZOS DE FLEXIÓN Y DE TENSIÓN PARALELA	ESFUERZOS DE COMPRESIÓN PARALELA
1/6	xxx	56
1/8	53	66
1/10	61	74
1/10	69	82
1/10	74	87
1/10	76	100
1/10	80	xxx
1/10	85	xxx
1/20	100	xxx



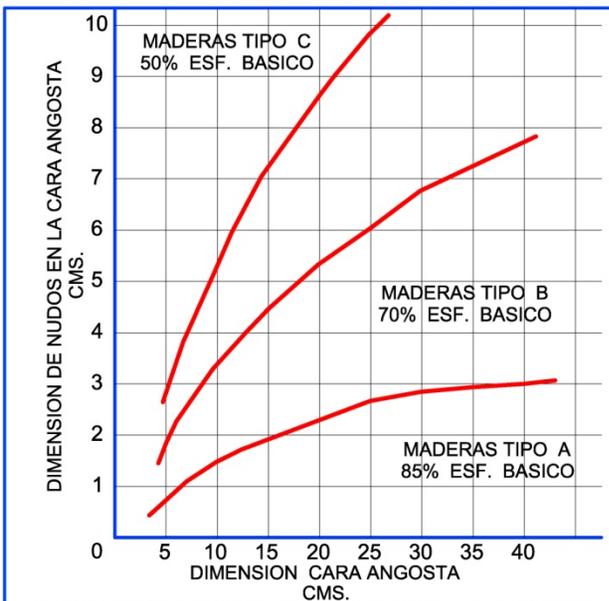
FUENTE: [http://www.softwood.org/Hem%20Fir%20Web/eHemFir/images/fig4\\_s.jpg](http://www.softwood.org/Hem%20Fir%20Web/eHemFir/images/fig4_s.jpg)

Imágenes de Google

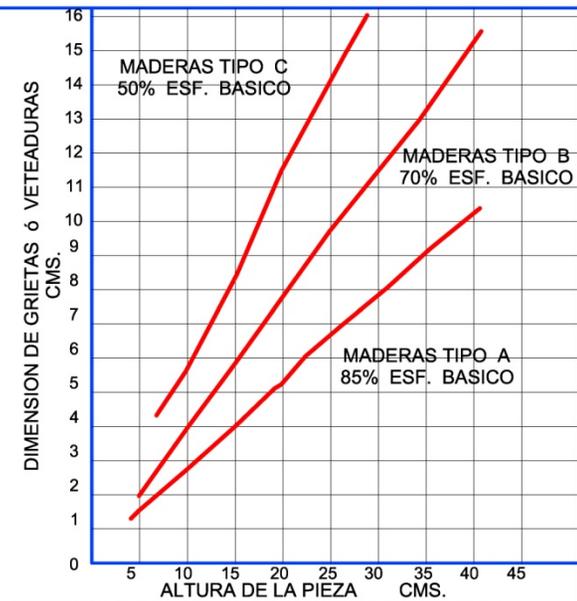
Agosto del 2008-08-27

**NUDOS EN LAS CARAS DE PIEZAS DE MADERA.**

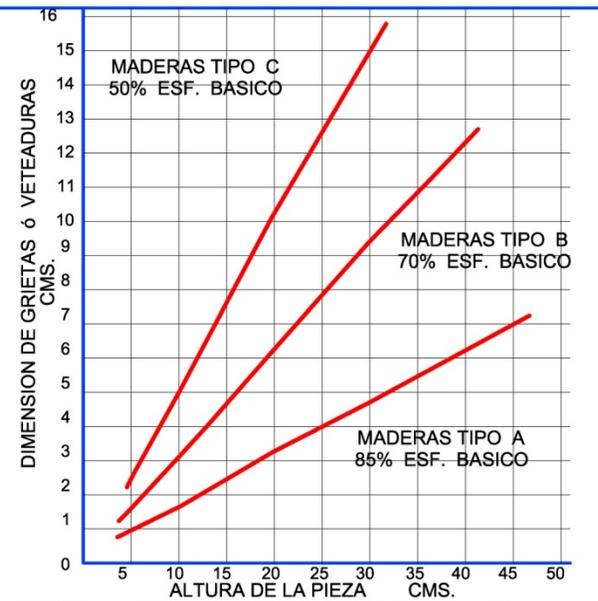




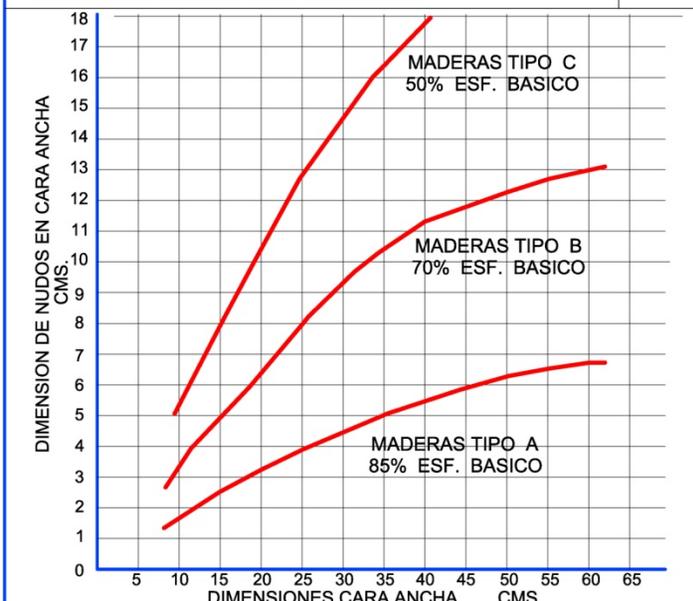
DIMENSIONES PERMITIDAS DE NUDOS EN EL TERCIO MEDIO DE LA LONGITUD EN LA CARA ANGOSTA EN MIEMBROS TRABAJANDO A FLEXION.



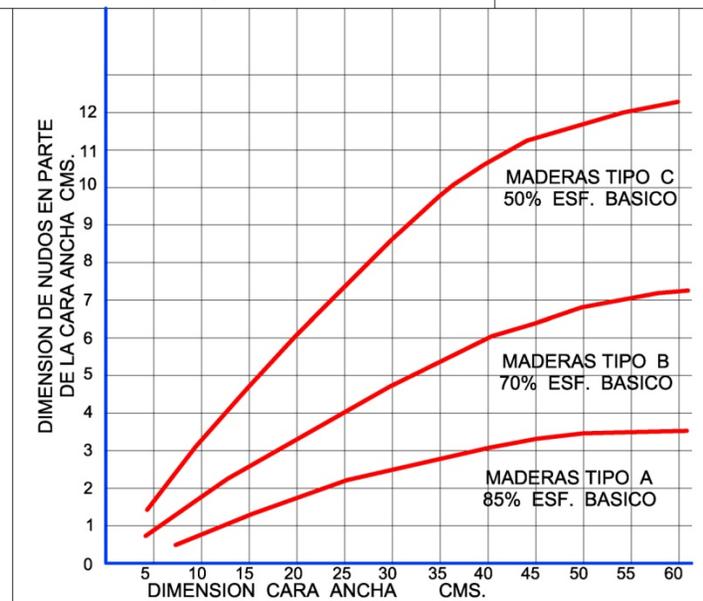
DIMENSIONES PERMITIDAS DE GRIETAS, EN LA MITAD CENTRAL DE LA ALTURA, EN LOS EXTREMOS DE MIEMBROS EN FLEXION, MADERAS SASONADAS



DIMENSIONES PERMITIDAS DE GRIETAS, EN LA MITAD CENTRAL DE LA ALTURA, EN LOS EXTREMOS DE MIEMBROS EN FLEXION, MADERAS VERDES



DIMENSIONES PERMITIDAS DE NUDOS, EN FAJA CENTRAL DE LAS CARAS ANCHAS DE MIEMBROS EN FLEXION ó TENSION Y EN CUALQUIER PUNTO DE LAS CARAS EN MIEMBROS EN COMPRESION



DIMENSIONES PERMITIDAS DE NUDOS EN LOS BORDES DE CARAS ANCHAS EN MIEMBROS EN TENSION

FUENTE DE ANEXO 2-NUDOS:  
 COPIA TEXTUAL: BELTRANENA MATHEU, EMILIO ING.  
 DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS PERMISIBLES DE TRABAJO PARA MADERAS NACIONALES.  
 CENTRO DE INVESTIGACIONES DE INGENIERIA  
 PAGS. DE 5 A LA 10 Y TABLAS DE No. 4 A No.9-  
 TESIS DE INGENIERIA USAC 1978

ANEXO No. 3 ESPECIES EXISTENTES EN GUATEMALA

LISTADO DE LAS PRINCIPALES ESPECIES FORESTALES DE GUATEMALA				
Búsqueda				
CODIGO	NOMBRE CIENTIFICO	NOMBRE COMUN 1	NOMBRE COMUN 2	NOMBRE COMUN 3
ABIEGU	<i>Abies guatemalensis</i>	Pinabete	Pashaque	
ABIERE	<i>Abies religiosa</i>	Pinabete		
ACACAR	<i>Acacia arabica</i>	Acacia		
ACACCO	<i>Acacia cornigera</i>	Acacia		
ACASFA	<i>Acacia farnesiana</i>	Subin		
ACACGE	<i>Acacia genthlei</i>	Acacia		
ACACGL	<i>Acacia glomerosa</i>	Cantemoc		
ACACPE	<i>Acacia pennatula</i>	Sarespino		
ACHRCH	<i>Achras chicle</i>			
ACROFR	<i>Acrocarpus fraxinifolius</i>	Mundani		
ACREME	<i>Acrocomia mexicana</i>	Suba	coyol	
ADELBA	<i>Adelia barbinervis</i>	Espino blanco		
AJACED	<i>Ajachel edulis</i>	Matasano		
ALBIAD	<i>Albizia adinocephala</i>	Gavilancillo		
ALBIGU	<i>Albizia guachapele</i>	Cadeno	lagarto	
ALBIID	<i>Albizia idiopoda</i>	Dormilón		
ALBILON	<i>Albizia longepedata</i>	Cadeno		
ALBILOP	<i>Albizia lophanta</i>	Cadeno		
ALBISA	<i>Albizia saman</i>	Cenicero	guaciván	cenizaro
ALBILE	<i>Albizzia lebeck</i>	Pisquin		
ALCHIN	<i>Alchornia integrifolia</i>	Falso cajetón		
ALFACO	<i>Alfaroa costaricensis</i>	Gualin	nogal	
ALLOCA	<i>Allophylus campstostachys</i>	Achiotillo		
ALLPCO	<i>Allophylus cominia</i>	Bicbach		
ALLOOC	<i>Allophylus occidentalis</i>	Quebracho		
ALNUAC	<i>Alnus acuminata, (firmifolia)</i>	Aliso		
ALNUAR	<i>Alnus arguta</i>	Aliso		
ALNUFE	<i>Alnus ferruginea</i>	Aliso		
ALNUFI	<i>Alnus firmifolia</i>	Aliso		
ALNUJO	<i>Alnus jorullensis</i>	Aliso		
ALOUGU	<i>Alouea guatemalensis</i>			
ALSEYU	<i>Aleis yucatanensis</i>	Rashe		
ALVAAM	<i>Alvaradoa amorphoides</i>	Besinic- che		
AMANPO	<i>Amanoa potamophila</i>	Cajetón		
AMYRSY	<i>Amyris sylvatica</i>	Chillillo		
ANACEX	<i>Anacardium excelsum</i>	Espavel	sal de venado	
ANACOC	<i>Anacardium occidentale</i>	Sal de venado		
ANAXGU	<i>Anaxogarea guatemalensis</i>	Palanco		
ANDIGA	<i>Andira galeottiana</i>	Chaperno		
ANDIIN	<i>Andira inermis</i>	Guacamayo		
ANNOCH	<i>Annona cherimola</i>	Anona		
ANNODI	<i>Annona diversifolia</i>	Anona		
ANNOGL	<i>Annona glabra</i>	Guanaba		
ANNOMU	<i>Annona muricata</i>	Guanaba		
ANNOPR	<i>Annona primigenia</i>	Anona		
ANNORE	<i>Annona raticulata</i>	Anona de corazón rojo		
ANNOSC	<i>Annona sclerodema</i>	Anona		
ANNOSQ	<i>Annona squamosa</i>	Anona		
APEITI	<i>Apeiba tiburou</i>	Peine de mico		
APELHO	<i>Apelocera hottlei</i>			
ARBUXA	<i>Arbustus xalapensis</i>	Madrón		
ARDIAP	<i>Ardisia apoda</i>	Cerecil de montaña		
ARDIES	<i>Ardisia esculentensis</i>	Cerecil de montaña		
ARDIVE	<i>Ardisia verapazensis</i>	Cerecil de montaña		
AREOLA	<i>Areopanax lachnocephala</i>	Sacchaché		
ARTPAL	<i>Artocarpus altis</i>	Árbol del pan		
ASPIME	<i>Aspidosperma megalocarpum</i>	Chichique		
ASPIST	<i>Aspidosperma stegomeris</i>	Malerio blanco	miladay	
ASTRPH	<i>Astrocasia phyllanthoides</i>	Chinchín		
ASTRFR	<i>Astronium fraxinifolium</i>	Jocote de fraile		
ASTRGR	<i>Astronium graveolens</i>	Jobillo	palo obero	

A TELGU	<i>Atelia gummifera</i>	Tuxche		
AVICNI	<i>Avicennia nitida</i>	Mangle negro		
AZADIN	<i>Azadirachta indica</i>	Neen		
BARTMO	<i>Bartholomaea mollis</i>			
BAUHSE	<i>Bauhinia seleriana</i>	Namnamte	pata de jabalí	
BEILAN	<i>Beilschmiedea anay</i>	Anay		
BELOCA	<i>Belotia campbelli</i>	Holo		
BELOME	<i>Belotia mexicana</i>	Capulín		
BERNIN	<i>Bernandia interrupta</i>	Cajeto		
BERNMO	<i>Bernandia mollis</i>	Falso cajetón		
BERNYU	<i>Bernandia yucatanica</i>	Chinchín	carretón	
BERNFL	<i>Bernoullia flamea</i>	Palo de perdiz	canté	
BEURHU	<i>Beureria huanita</i>	Roble		
BEUROX	<i>Beureria oxiphilla</i>	Sombra de ternero		
BIXAOR	<i>Bixa orellana</i>	Achiote		
BLAKGU	<i>Blakea guatemalensis</i>			
BLIBSA	<i>Blighia sapida</i>	Yema de huvo		
MATACL	<i>Bocconia arborea</i>	Alcaté		
BOCCFR	<i>Bocconia frutescens</i>	Cervatana		
BOMBQU	<i>Bombacopsis quinatum</i>	Pochote		
BOMBEL	<i>Bombax ellipticum</i>	Señorita	Acoque	
BORRAC	<i>Borreira acimoides</i>	Roble		
BORRLA	<i>Borreira laevis</i>	Árbol de corazón		
BREOXA	<i>Breopanax xalapensis</i>	Manao de león		
BROSAL	<i>Brosimum alicastrum</i>	Ramón blanco		
BROSPA	<i>Brosimum panamense</i>	Uiuxte		
BROSTE	<i>Brosimum terrabanum</i>	Ojoche		
BROSCO	<i>Brosimum costaricanum</i>	Uiuxte		
BUCIBU	<i>Bucidas buceras</i>	Cacho de toro		
BUDDAM	<i>Buddleia americana</i>	Salvia santa		
BUDDEU	<i>Buddleia euryphilla</i>	Salvia		
BUMEAS	<i>Bumelia espiniflora</i>	Tempisquito		
BUMEMA	<i>Bumelia mayana</i>	Zapotillo bravo		
BUMETA	<i>Bumelia tabascensis</i>	Avalo		
BUNCCO	<i>Bunchosia cornifolia</i>	Acerola		
BURSBI	<i>Bursera bipinata</i>	Palo de pom		
BURSDI	<i>Bursera diversifolia</i>	Copalillo real		
BURSGL	<i>Bursera graveolens</i>	Copal	pom	
BURSSI	<i>Bursera simarouba</i>	Indio desnudo	jiote	
BURSSY	<i>Bursera steyermarkii</i>	Indio desnudo		
BYRSBU	<i>Byrsonima bucidiaefolia</i>	Nance ácido		
BYRSCR	<i>Byrsonima crassifolia</i>	Nance dulce		
CAESCO	<i>Caesalpinia coriarea</i>	Aripin		
CAESVE	<i>Caesalpinia velutina</i>	Aripin		
CAESVS	<i>Caesalpinia vesicaria</i>	Bracatinga		
CAESYU	<i>Caesalpinia yucatanensis</i>	Aripin		
CALALA	<i>Calatola laevigata</i>	Duraznillo		
CALLCA	<i>Calliandra carcerea</i>	Motilla		
CALLLA	<i>Callistemon lanceolatus</i>	Calistemo		
CALLSP	<i>Callistemon speciosus</i>	Calistemo		
CALLBR	<i>Callophyllum brasiliense</i>	Santa María	Mario	
CALOPA	<i>Calocarpum pacheoana</i>	Zapote		
CALYBI	<i>Calycophyllum biflorum</i>	Palo blanco		
CALYCA	<i>Calycophyllum candidissimum</i>	Chulub		
CALYAG	<i>Calyptranthes aguilarii</i>	Sacchobctre		
CALYCH	<i>Calyptranthes chytraculia</i>	Joltillo		
CALYCO	<i>Calyptranthes contrerasii</i>			
CALYME	<i>Calyptranthes megistophylla</i>	Canxanche		
CALYMI	<i>Calyptranthes millspaughii</i>	Holteiltzun		
CALYPA	<i>Calyptranthes paxillata</i>			
CAPPBA	<i>Capparis baduca</i>	Cabachilob		
CAPPHE	<i>Capparis hexendra</i>	Alcaparra		
CAPPIN	<i>Capparis indica</i>	Alcaparro		
CAPPLU	<i>Capparis lundel</i>			
CAPPST	<i>Capparis steyermarkii</i>			
CAPPVE	<i>Capparis verrucosa</i>	Naranjillo		
CARAGU	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho		

CARAGU	<i>Carapa guianensis</i>	Cedro macho		
CARPGU	<i>Carpinus guatemalensis</i>	Gamuzo		
CASAVI	<i>Casalpinia violacea</i>	Chacté		
CASEAC	<i>Casearia aculeata</i>	Bara blanca		
CASECO	<i>Casearia commersoniana</i>	Bara blanca		
CASENI	<i>Casearia nitida</i>	Bara blanca		
CASESY	<i>Casearia sylvestris</i>	Guayabillo blanco		
CASIED	<i>Casimiroa edulis</i>	Malsano		
CASIEM	<i>Casimiroa emarginata</i>	Malsano		
CASITE	<i>Casimiroa tetrameria</i>	Malsano		
CASSAL	<i>Cassia alata</i>	Barajo		
CASSEM	<i>Cassia emarginata</i>	Acacia amarilla		
CASSGR	<i>Cassia grandis</i>	Bacut		
CASSSP	<i>Cassia spectabilis</i>	Acacia		
CASTEL	<i>Castilla elástica</i>	Hoja de hule		
CASTAL	<i>Castilleja altorum</i>			
CECROB	<i>Cecropia obtusifolia</i>	Guarumo		
CECRPE	<i>Cecropia peltata</i>	Guarumo		
CECRPOC	<i>Cecropia polyplebia</i>	Guarumo		
CECRSI	<i>Cecropia sylvicola</i>	Guarumo		
CEDRAN	<i>Cedrela angustifolia</i>	Cedro blanco		
CEDRIM	<i>Cedrela imparipinnata</i>	Cedro blanco		
CEDROA	<i>Cedrela oaxacensis</i>	Cedro		
CEDRAD	<i>Cedrela odorata</i>	Cedro		
CEDRME	<i>Cedrella mexicana</i>	Cedro		
CEIBAC	<i>Ceiba acuinata</i>	Ceiba gigante		
CEIBAE	<i>Ceiba aesculifolia</i>	Ceibillo		
CEIBPE	<i>Ceiba pentandra</i>	Árbol nacional		
CELTIG	<i>Celtis iguaneus</i>	Cagalero		
CELTTR	<i>Celtis trinervia</i>	Totopoxte		
CERAME	<i>Ceratozamia mexicana</i>			
CESTDI	<i>Cestrum diurnum</i>	Huele de día		
CHIOGU	<i>Chione guatemalensis</i>			
CHLOTI	<i>Chlorophora tinctoria</i>			
CHRIKA	<i>Chrisophyllum caimito</i>	Caimito		
CHRSOL	<i>Chrisophyllum oliviforme</i>	Caimitillo	Siquiyá	
CHRYME	<i>Chrysophyllum mexicanum</i>	Caimito silvestre		
CHYRPE	<i>Chyrtandendrom pentadactylum</i>	Canak		
CINCOF	<i>Cinchona officinalis</i>	Quina		
CINNZE	<i>Cinnamomum zeylanicum</i>	Canelera		
CINNCA	<i>Cinnamomun camphora</i>	Alcanfor		
CITHCA	<i>Citharexylum caudatum</i>	Coralillo		
CITHDO	<i>Citharexylum donnell-smithii</i>	Coralillo		
CITHFR	<i>Citharexylum fruticosum</i>	Guitarrero		
CLETJO	<i>Clethra johnstonii</i>	Zapotillo		
CLETME	<i>Clethra mexicana</i>	Zapotillo		
CLETPA	<i>Clethra pachecoana</i>	Zapotillo		
CLETSK	<i>Clethra skutchii</i>	Zapotillo		
CLEYTH	<i>Cleyera theoides</i>	Tobajilla		
CLIDTU	<i>Clidemia tuerckheimii</i>	Hoja peluda		
CLUSBE	<i>Clusia belizensis</i>	Sello		
CLUSFL	<i>Clusia flava</i>	Manzanote de ratón		
CLUSLUN	<i>Clusia lundellii</i>	Chinupche		
CLUSLUS	<i>Clusia lusoria</i>	Copey		
CLUSRO	<i>Clusia rosia</i>	Coppy		
CLUSSA	<i>Clusia salvinii</i>	Lengua de venado		
CLUSSU	<i>Clusia suborbicularis</i>	Chunap		
COCCBE	<i>Coccoloba belizensis</i>	Papaturro		
COCCCA	<i>Coccoloba caracsana</i>	Papaturro		
COCCES	<i>Coccoloba escuintlensis</i>	Cacho de cabra		
COCCRE	<i>Coccoloba reflexiflora</i>	Chyhache		
COCCSCE	<i>Coccoloba schiedeana</i>	Uvillo blanco		
COCCSCP	<i>Coccoloba schippii</i>	Papaturro		
COCCST	<i>Coccoloba steyermarkii</i>	Papaturro		
COCCCTU	<i>Coccoloba tuerckheimii</i>	Papaturro		
COCCUV	<i>Coccoloba uvifera</i>	Palo de ternera		
COLUAR	<i>Colubrina arborensis</i>	Coshte		
COLUGU	<i>Colubrina guatemalensis</i>	Duraznillo		

COLUHE	<i>Colubrina heteroneura</i>	Seibo		
COLURE	<i>Colubrina reclinata</i>	Yaxpunché		
COMPSP	<i>Compsonera sprocei</i>	Sangre		
CONOER	<i>Conocarpus erecta</i>	Botoncillo		
COPAAR	<i>Copaifera aromatica</i>	Laurel	bojón	
CORDGLO	<i>Cordia globosa</i>	Palo negro		
CORDALB	<i>Cordia alba</i>	Alba		
CORDALI	<i>Cordia alliodora</i>	bojón	laurel	
CORDDO	<i>Cordia dodecandra</i>	Sericote	Capte	
CARDGE	<i>Cordia gerascanthus</i>	Bojón negro		
CORDGLA	<i>Cordia glabra</i>	Sachach		
CORDSK	<i>Cordia skutchii</i>			
CORDSO	<i>Cordia sobestana</i>	Siricote blanco		
COUMGU	<i>Couma guatemalensis</i>	Árbol de vaca		
COUMPA	<i>Coumarouna panamensis</i>	Almendrón colorado		
COURGU	<i>Couropita guianensis</i>	Bala de cañón		
COUSOL	<i>Coussapoa oligocephala</i>	Coposotz		
COUSME	<i>Coussarea mediocris</i>			
CRATME	<i>Crataegus mexicana</i>	Manzanilla		
CRATPU	<i>Crataegus pubescens</i>	Manzanilla		
CRATTA	<i>Crateva tapi</i>	Tortugo		
CROTQU	<i>Craton quercetorum</i>	Copalchí		
CRESAL	<i>Crescentia alata</i>	Morro		
CRECCU	<i>Crescentia kujete</i>	Jicarero		
CROTDR	<i>Croton draco</i>	Llora sangre		
CROTGL	<i>Croton glabellus</i>	Caché		
CROTGU	<i>Croton guatemalensis</i>	Quina	copalchí	
CROTMA	<i>Croton macrodontus</i>	Copalchí		
CRUDLA	<i>Crudia lacus</i>	Cascabillo		
CUFOLU	<i>Cufodontia lundelliana</i>			
CUPABE	<i>Cupania belizensis</i>	Cack		
CUPAGL	<i>Cupania glabra</i>	Cola de pava		
CUPAGU	<i>Cupania guatemalensis</i>	Carboncillo		
CUPRLU	<i>Cupressus lusitánica</i>	Ciprés común		
CUPRSE	<i>Cupressus sempervirens</i>	Ciprés piramidal		
CURAAM	<i>Curatella americana</i>	Raspa lengua		
CYBIDO	<i>Cybitax donell-smithii</i>	Palo blanco		
CYMBPE	<i>Cymbopetalum penduliflorum</i>	Candelerero		
CYNOCO	<i>Cynometra colimensis</i>			
CYNORE	<i>Cynometra retusa</i>			
DALBCU	<i>Dalbergia cuscatlaneca</i>	Granadillo		
DALBFU	<i>Dalbergia funera</i>	Ebano junero		
DALBST	<i>Dalbergia stevensonii</i>	Rossul		
DALBRE	<i>Delbergia retusa</i>	Ron ron		
DALBTU	<i>Delbergia tucurensis</i>	Acuté		
DELORE	<i>Delonix regia</i>	Flamboyan		
DENDAR	<i>Dendropanax arboreus</i>	Mano de mico		
DESMST	<i>Desmopsis sternopetala</i>	Cacao-te		
DIALGU	<i>Dialium guianense</i>	tamarindo de montaña		
DIDYMO	<i>Didymopanax morototon</i>	Roble de mico		
DIOSBU	<i>Diospyros bumelioides</i>	Zapotillo		
DIOSCU	<i>Diospyros cuneata</i>	Civil		
DYOSEB	<i>Diospyros ebenaster</i>	Ebano		
DIOSJO	<i>Diospyros johnsetoniana</i>	Chicosapote		
DIOSSC	<i>Diospyros schippii</i>	Chalchacé		
DIOSYU	<i>Diospyros yucatanensis</i>	Lactulul		
DIPHSA	<i>Dipholis salicifolia</i>	Zapotillo negro		
DIPHCA	<i>Diphysa floribunda</i>	Conquixté		
DIPHRO	<i>Diphysa robinoides</i>	Guachipilín		
DIPTPA	<i>Dipteryx panamensis</i>			
DISTGU	<i>Distyllum guatemalensis</i>			
DIRYPBR	<i>Drypetes brownii</i>	Huesito de costa		
CRYPLA	<i>Drypetes lateriflora</i>	Hueso de tortuga		
DUROGE	<i>Duroia genipifolia</i>			
DUSSCU	<i>Dussia cucatlanica</i>	Palo de tigre		
ENGEGU	<i>Engelhardtia guatemalensis</i>	Palo colorado		
ENTECY	<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Conacaste		
ENTESC	<i>Enterolobium schomburgkii</i>	Conacaste		

ERBLD	<i>Erblichia odorata</i>			
ERYTBE	<i>Erythrina berteroa</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ERYTFO	<i>Erythrina folkersii</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ERYTGL	<i>Erythrina glauca</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ERYTGU	<i>Erythrina guatemalensis</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ERYTMA	<i>Erythrina macrophylla</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ERYTPO	<i>Erythrina poeppigiana</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ERYTST	<i>Erythrina stlandeyana</i>	Pito	Palo de Pito	Tzité
ESENEC	<i>Esembeckia echinoidea</i>	Chabelita		
ESENPE	<i>Esembeckia pentaphylla</i>	Yaxchoseb		
EUCACA	<i>Eucalyptus camaldulensis</i>	Eucalipto		
EUCACI	<i>Eucalyptus cinera</i>	Eucalipto		
EUCADE	<i>Eucalyptus deglupta</i>	Eucalipto		
EUCAGL	<i>Eucalyptus globulus</i>	Eucalipto		
EUCATO	<i>Eucalyptus torrelliana</i>	Eucalipto		
EUGEAX	<i>Eugenia axillaris</i>	Taxiscobo		
EUGEBI	<i>Eugenia biflora</i>	Eugenia		
EUGEBU	<i>Eugenia bumelioides</i>	Sichhuhil		
EUGECA	<i>Eugenia capuli</i>	Chilonche		
EUGECE	<i>Eugenia cervina</i>	Cacho de venado		
EUGESE	<i>Eugenia cervina</i>	Eugenia		
EUGESH	<i>Eugenia chookii</i>	Eugenia		
EUGEGU	<i>Eugenia guatemalensis</i>	Guacuco		
EUGELA	<i>Eugenia laevis</i>	Pimientillo		
EUGEOE	<i>Eugenia oerstediana</i>	Arrallan del peten		
EUGEPA	<i>Eugenia papalensis</i>	Guallabillo		
EUGERU	<i>Eugenia rufidula</i>	Cacho de venado		
EUGESA	<i>Eugenia savannarum</i>	Eugenia		
EUGEXA	<i>Eugenia xalapensis</i>	Escobillo		
EUYAGU	<i>Eurya guatemalensis</i>	Barretillo		
EXOTPA	<i>Exothea paniculata</i>	Pimientillo		
EYSEAD	<i>Eysenhardtia adenostylis</i>	Taray		
FICUCA	<i>Ficus cabusana</i>	Amate		
FICUCO	<i>Ficus costaricana</i>	Amatle		
FICUGLU	<i>Ficus glaucescens</i>	Amate		
FICUGUA	<i>Ficus guatemalana</i>	Amate		
FICUGUE	<i>Ficus guatemalensis</i>	Amate		
FICUGLB	<i>Ficus labrata</i>	Amato		
FICULU	<i>Ficus lundelli</i>	Amate del peten		
FICUPA	<i>Ficus padifolia</i>	Amatillo		
FICUTU	<i>Ficus tuerckheimii</i>	Amate		
FORCMA	<i>Forchhammerica matudai</i>	Comida de posha		
FORCTR	<i>Forchhammerica trifolia</i>	Tres marías		
FOREDU	<i>Forestiera duranguensis</i>			
FRAXCA	<i>Fraxinus cavekiana</i>	Fresno		
FRAXHO	<i>Fraxinus hondurensis</i>	Fresno		
FRAXUN	<i>Fraxinus undei</i>	Fresno		
FREZGU	<i>Freziera guatemalensis</i>	Huel colorado		
FUCHCO	<i>Fuchsia cordifolia</i>			
GALIGU	<i>Galipea guatemalensis</i>	Palo de sanco		
GARRCO	<i>Garrya corvorum</i>	Ovitano		
GENIAM	<i>Genipa americana</i>	Irayol		
GENIVA	<i>Genipa vamericana</i>	Cola de pava		
GENTGU	<i>Gentiana guatemalensis</i>			
GLERGU	<i>Glicida guatemalensis</i>	Madre cacao		
GLERSE	<i>Glicida sepium</i>	Madre cacao		
GREVRO	<i>Grevillea robusta</i>	Gravilea		
GUALSA	<i>Guaiaacum sanctum</i>	Guayacán		

FUENTE:

Tabla de información en Internet del INAB-CINFOR <http://www.inab.gob.gt/>  
 Guatemala, julio del 2008

## ANEXO No. 4

### TABLAS DE CONVERSIONES:

- Los símbolos de las unidades no deben escribirse en plural, sino con la letra o las letras que los representan. En cambio, si se escribe el nombre completo de la unidad sí puede llevarse a la forma plural bajo las reglas del idioma español y en minúsculas:  
kg y *no* kgs; m y *no* mts. kilogramos; metros; amperes; etc.
- No deben dejarse espacio entre un prefijo y un símbolo:  
mm y *no* m m; cm y *no* c m; dl y *no* d l; etc.
- Si se combinan dos o más símbolos de unidades, se recomienda dejar un espacio entre éstos:  
kW h; m kg; etc.
- Se recomienda dejar un espacio entre la cifra que indica la medida y la unidad de medida:  
52 kg; 28 mg; etc.
- No deben mezclarse nombres completos con símbolos en unidades compuestas:  
Kg m y *no* kilogramos m; A h y *no* ampere h.

#### UNIDADES DE MASA Y PESO:

1 onza	=	28.35	gramo
1 libra	=	453.592	gramo
1 gramo	=	0.035	onza
1 kilogramo	=	2.205	libra

#### Conversión entre unidades inglesas y métricas:

1 gramo	=	0.001 kg	=	15.432 gr	=	0.0353 oz
				=	0.0022 lb	
1 kilogramo	=	1000 g	=	15432 gr	=	35.274 oz
				=	2.2046 lb	
1 libra	=	453.6 g	=	7000 gr	=	0.4536 kg
				=	16 oz	

#### UNIDADES DE LONGITUD:

1 metro = 10 decímetros =  $10^2$  centímetros =  $10^3$  milímetros

#### Conversión entre unidades inglesas y métricas:

1 centímetro	=	0.3937 pulg	=	0.032808 pie	=	10 mm
				=	0.001 m	
1 metro	=	0.00054 ml m	=	3.281 pies	=	39.37 pulg = 1.094 yd
1 kilómetro	=	$10^5$ cm	=	$10^3$ m	=	$10^6$ mm
				=	3280.8 pies = 1093.6 yd	
1 pulgada	=	2.54 cm	=	0.0254 m	=	25.4 mm
				=	0.0833 pie = 0.0278 yd	
1 pie	=	30.48 cm	=	$3.048 \times 10^{-4}$ km	=	304.8 mm
		=	12 pulg	=	0.333 yd	= 0.3048 m
1 yarda	=	91.44 cm	=	$9.144 \times 10^{-4}$ km	=	0.9144 m
		=	914.4 mm	=	3 pies	
1 milla	=	1.609 km	=	1609.3 m = 5280 pies	=	1760 yd

#### UNIDADES DE ÁREA:

1 metro cuadrado: =  $10^4$  cm<sup>2</sup> =  $10^6$  mm<sup>2</sup> = 1 centiárea =  $10^{-2}$  área  
=  $10^{-4}$  hectárea =  $10^{-6}$  km<sup>2</sup>

#### Conversión entre unidades inglesas y métricas:

1 milímetro cuadrado	=	0.01 cm <sup>2</sup>	=	$10^{-6}$ m <sup>2</sup>	=	0.00155 pulg <sup>2</sup>
1 centímetro cuadrado	=	100 mm <sup>2</sup>	=	$10^{-4}$ m <sup>2</sup>	=	0.155 pulg <sup>2</sup>
1 metro cuadrado	=	1550 pulg <sup>2</sup>	=	10.764 pies <sup>2</sup>	=	1.196 yd <sup>2</sup>
1 pie cuadrado	=	144 pulg <sup>2</sup>	=	929.0304 cm <sup>2</sup>	=	0.0929 m <sup>2</sup>

### Medidas de Longitud

#### Sistema Inglés a Métrico

Pulgades (pulg.)	x 25.4	=	Milímetros (mm)
Pulgades (pulg.)	x 2.54	=	Centímetros (cm)
Pies (pie)	x 304.8	=	Milímetros (mm)
Pies (pie)	x 30.48	=	Centímetros (cm)
Pies (pie)	x 0.3048	=	Metros (m)
Yardas (yda)	x 0.9144	=	Metros (m)
Millas (mi)	x 1,609.3	=	Metros (m)
Millas (mi)	x 1.6093	=	Kilómetros (k)

#### Sistema Métrico a Inglés

Milímetros (mm)	x 0.03937	=	Pulgades (pulg.)
Milímetros (mm)	x 0.00328	=	Pies (pie)
Centímetros (cm)	x 0.3937	=	Pulgades (pulg.)
Centímetros (cm)	x 0.0328	=	Pies (pie)
Metros (m)	x 39.3701	=	Pulgades (pulg.)
Metros (m)	x 3.2808	=	Pies (pie)
Metros (m)	x 1.0936	=	Yardas (yda)
Kilómetros (k)	x 0.6214	=	Millas (mi)

### Medidas de Área o Superficie

#### Métrico a Métrico

Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	x 10,000	=	Centímetros cuadrados (cm <sup>2</sup> )
Hectáreas (ha)	x 10,000	=	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )

#### Inglés a Métrico

Pulgadas cuadradas (pulg. <sup>2</sup> )	x 6.4516	=	Centímetros cuadrados (cm <sup>2</sup> )
Pies cuadrados (pie <sup>2</sup> )	x 0.092903	=	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Yardas cuadradas (yd <sup>2</sup> )	x 0.8361	=	Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )
Acres (Ac)	x 0.004047	=	Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )
Acres (Ac)	x 0.4047	=	Hectáreas (ha)
Millas cuadradas (mi <sup>2</sup> )	x 2.59	=	Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )

#### Métrico a Inglés

Centímetros cuadrados (cm <sup>2</sup> )	x 0.16	=	Pulgadas cuadradas (pulg. <sup>2</sup> )
Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	x 10.7639	=	Pies cuadrados (pie <sup>2</sup> )
Metros cuadrados (m <sup>2</sup> )	x 1.1960	=	Yardas cuadradas (yd <sup>2</sup> )
Hectáreas (ha)	x 2.471	=	Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )	x 247.1054	=	Acres (Ac)
Kilómetros cuadrados (km <sup>2</sup> )	x 0.3861	=	Millas cuadradas (mi <sup>2</sup> )

### Unidades de Volumen

#### Inglés a Métrico

Pulgadas cúbicas (pulg. <sup>3</sup> )	x 16.3871	=	Mililitros (ml)
Pulgadas cúbicas (pulg. <sup>3</sup> )	x 16.3871	=	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )
Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )	x 28,317	=	Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )
Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )	x 0.028317	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )	x 28.317	=	Litros (lt)
Yardas cúbicas (yd <sup>3</sup> )	x 0.7646	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )
Acre-Pie (Ac-Pie)	x 1233.53	=	Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )

#### Métrico a Inglés

Mililitros (ml)	x 0.0610	=	Pulgadas cúbicas (pulg. <sup>3</sup> )
Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	x 0.061	=	Pulgadas cúbicas (pulg. <sup>3</sup> )
Centímetros cúbicos (cm <sup>3</sup> )	x 0.002113	=	Pintas (Pt)
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x 35.3183	=	Pies cúbicos (pie <sup>3</sup> )
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x 1.3079	=	Yardas cúbicas (yd <sup>3</sup> )
Metros cúbicos (m <sup>3</sup> )	x 264.2	=	Galones (gal)

**UNIDADES DE MASA Y PESO:**

1 onza	=	28.35	gramo
1 libra	=	453.592	gramo
1 gramo	=	0.035	onza
1 kilogramo	=	2.205	libra

**Conversión entre unidades inglesas y métricas:**

1 gramo	=	0.001	kg	=	15.432	gn	=	0.0353	oz
								0.0022	lb
1 kilogramo	=	1000	g	=	15432	gn	=	35.274	oz
								2.2046	lb
1 libra	=	453.6	g	=	7000	gn	=	0.4536	kg
								16	oz

**UNIDADES DE PESO ESPECÍFICO:**

(masa por unidad de volumen)

**Conversión entre unidades inglesas y métricas:**

1 gramo/centímetro cúbico	=	100	kg/m <sup>3</sup>	=	62.43	lb/pie <sup>3</sup>
					3.613 x 10 <sup>-2</sup>	lb/pulg <sup>3</sup>
1 kilogramo/metro cúbico	=	0.001	g/cm <sup>3</sup>	=	6.243 x 10 <sup>-2</sup>	lb/pie <sup>3</sup>
					3.613 x 10 <sup>-5</sup>	
1 libra/pie cúbico	=	1.602 x 10 <sup>-2</sup>	g/cm <sup>3</sup>	=	16.02	kg/m <sup>3</sup>
					5.787 x 10 <sup>-4</sup>	lb/pulg <sup>3</sup>
1 libra/pulgada cúbica	=	27.68	g/cm <sup>3</sup>	=	1728	lb/pie <sup>3</sup>
					2.768 x 10 <sup>4</sup>	kg/m <sup>3</sup>
1 libra/pulgada <sup>2</sup>	=	144	lb/pie <sup>2</sup>	=	0.070307	kg/cm <sup>2</sup>
1 lb/ pie <sup>2</sup>	=	0.006945	lb/pulg <sup>2</sup>			
					0.000488	kg/cm <sup>2</sup>
1 kilogramo/centímetro <sup>2</sup>	=	14.2233	lb/pulg <sup>2</sup>	=	2048.16	lb/pie <sup>2</sup>

**UNIDADES DE PESO ESPECÍFICO:**

(masa por unidad de volumen)

**Conversión entre unidades inglesas y métricas:****EJEMPLO No. 1:**

$$0.48 \text{ gr/cm}^3 \text{ +/-} = 30 \text{ lb/pie}^3$$

**CONVERSION DE PESO SOBRE AREA:**

$$0.48 \text{ gr} \times 1 \text{ kg} \times 2.20 \text{ lb} \times 30.48 \text{ cm}^3 = 30 \text{ lb/pie}^3$$

$$1 \text{ cm}^3 \times 1000 \text{ gr} \times 1 \text{ kg} \times 1 \text{ pie}^3$$

**EJEMPLO No. 2:**

$$30 \text{ lb/pie}^3 = 6.66 \text{ lb/2pie}$$

**CONVERSION DE PESO:**

$$\frac{4'' \times 8'' \times 12''}{12 \times 12 \times 12} = 6.66 \text{ lb/2pie} = 3.33 \text{ lb/pie}$$

**EJEMPLO No. 3:**

$$90.48 \text{ lb/pie}^2 \times 2 \text{ PIES} = 183.20 \text{ lb/pie}$$

**CONVERSION DE PESO:**

$$\frac{183.20 \text{ lb/pie}}{12} = 183.20 \text{ lb/pie}$$

### ANEXO No. 5.

Este es el cuestionario que se aplico para fortalecer la base de esta investigación realizada.

#### CUESTIONARIO

Por favor sírvase contestar el siguiente cuestionario, el cual servirá para recabar información para la elaboración de conclusiones y recomendaciones de una tesis de grado académico. Favor no ponga ningún nombre ó identificación personal. Gracias.

Cuestionario sobre la madera en Guatemala.

1. Que profesión ejerce usted?  
 Arquitecto                       Ingeniero                       Otro; especifique: \_\_\_\_\_
2. Ha utilizado; usted madera como elemento constructivo?  
 Si.                       No.
3. En que forma ha utilizado la madera?  
 Constructivo                       Estructural                       Decorativo
4. Cuanto tiempo tiene de utilizarla?  
 \_\_\_\_\_
5. Conoce usted algún reglamento que rija el empleo de la madera como elemento estructural?  
 Si.                       No.  
 Si, su respuesta es si, favor mencione el nombre del reglamento y la entidad que la requiere:  
 \_\_\_\_\_
6. Al utilizar usted la madera como elemento estructural lo ha hecho en base a un estudio?  
 Calculo estructural.                       En base a su experiencia                       Otro; Especifique:  
 \_\_\_\_\_
7. Conoce usted que clases de madera apta para estructura existen en Guatemala ?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
8. Conoce usted si alguna institución privada o estatal, ha efectuado estudios sobre el comportamiento estructural y sus propiedades de las madera nacionales?.  
 \_\_\_\_\_
9. ¿Considera usted el uso de que se le ha dado a la madera en nuestro país ha sido el más adecuado y racional ?.  
 Si.                       No.                      Porque:  
 \_\_\_\_\_
10. ¿Ha encontrado en el mercado local todas las piezas de madera que ha utilizado en sus proyectos en las medidas requeridas o ha tenido que emplear empalmes?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
11. ¿Según su experiencia, la aceptación del uso de la madera en nuestro medio es igual al uso de otros materiales constructivos?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_
12. ¿El costo del empleo de la madera como material constructivo, no ornamental, en comparación a los materiales tradicionales, como lo considera que es?  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

Gracias por su colaboración.

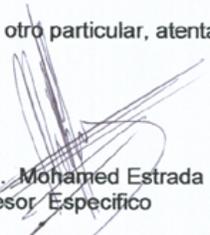
Guatemala, 9 de septiembre del 2008

Arquitecto:  
Jorge López  
Coordinador Unidad de Tesis y Graduación  
Facultad de Arquitectura  
Universidad de San Carlos de Guatemala

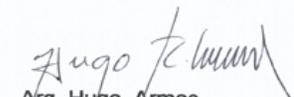
Estimado Arq. López:

Después de saludarle atentamente, por este medio, Luis José Ortiz García, Carné No. 81-10080; estudiante de la Facultad de Arquitectura, respetuosamente le solicito: **EXAMEN PRIVADO** sobre la tesis titulada **"VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES, EN ARQUITECTURA"**, Dicha tesis fue asesorada y aprobada por el Arq. Mohamed Estrada y por los Consultores Arq. Alfredo Neutze y Arq. Hugo Armas.

Sin otro particular, atentamente:

  
Arq. Mohamed Estrada  
Asesor Especifico

  
Arq. Alfredo Neutze  
Consultor

  
Arq. Hugo Armas  
Consultor

  
Luis José Ortiz García  
Carné 81-10080

Guatemala, 9 de septiembre del 2008

Arquitecto:

Jorge López

Coordinador Unidad de Tesis y Graduación

Facultad de Arquitectura

Universidad de San Carlos de Guatemala

Estimado Arq. López:

Después de saludarle atentamente, por este medio, Luis José Ortiz García, Carné No. 81-10080; estudiante de la Facultad de Arquitectura, respetuosamente le solicito: EXAMEN PRIVADO sobre la tesis titulada "**VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES, EN ARQUITECTURA**", Dicha tesis fue asesorada y aprobada por el Arq. Mohamed Estrada y por los Consultores Arq. Alfredo Neutze y Arq. Hugo Armas.

Sin otro particular, atentamente:

Arq. Mohamed Estrada  
Asesor Especifico

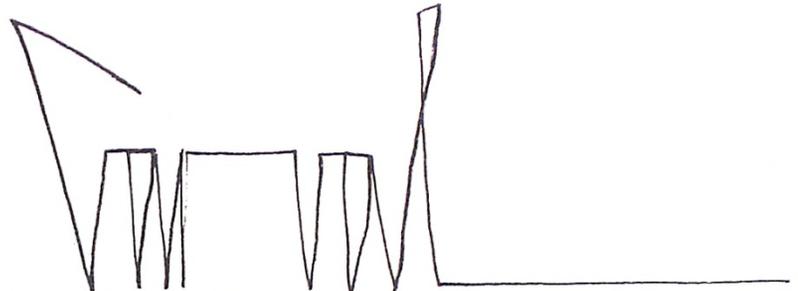
Arq. Alfredo Neutze  
Consultor

Arq. Hugo Armas  
Consultor

Luis José Ortiz García  
Carné 81-10080



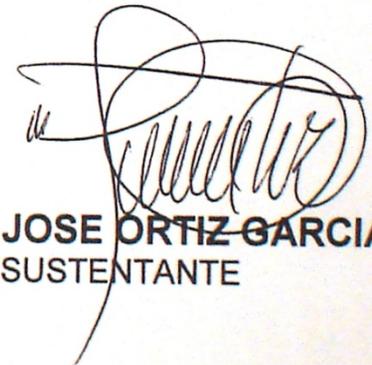
**IMPRIMASE**



**ARQ. CARLOS ENRIQUE VALLADARES CEREZO**  
DECANO



**ARQ. MOHAMED ESTRADA**  
ASESOR



**LUIS JOSE ORTIZ GARCIA**  
SUSTENTANTE

**VIGAS DE MADERA HORIZONTALES PARA PROYECTOS HABITACIONALES,  
EN ARQUITECTURA**