



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

1920

"LA MADERA Y SU USO EN LA CONSTRUCCION"

FALLA DE ORIGEN

T E S I S
QUE PARA OBTENER EL TITULO DE
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A N :

NICOLAS BARRERA TENORIO
JORGE A. PEREZ GONZALEZ
IGNACIO VARGAS BORJA





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E

	PAG.
INTRODUCCION.	1
I. GENERALIDADES.	6
I.1. RECURSOS FORESTALES DE MEXICO.	7
I.1.1. Superficies Forestales de la República Mexicana	7
I.1.2. Producción Maderable	12
I.1.3. La Industria Forestal.	15
I.1.4. El Desempeño de la Actividad Forestal.	20
I.1.5. Las Experiencias y Políticas Forestales.	20
I.2. INTERRELACION Y COOPERACION ENTRE EL SECTOR FORESTAL Y LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.	22
I.3. LA MADERA COMO MATERIA PRIMA EN LA CONSTRUCCION	27
I.3.1. Obtención y Transformación	29
I.3.2. Clasificación	30
II. PROPIEDADES.	36
II.1. PROPIEDADES FISICAS.	36

	PAG.
II.1.1. Contenido de Humedad	37
II.1.2. Peso, Densidad, y Gravedad Especffica	42
II.1.3. Contracción e Hinchamiento	47
II.2. PROPIEDADES MECANICAS.	50
II.2.1. Resistencia a la Tensión	52
II.2.2. Resistencia a la Compresión.	54
II.2.3. Resistencia al Cortante.	57
II.2.4. Resistencia a la Flexión	57
II.2.5. Dureza	59
II.2.6. Resistencia al Choque.	59
II.2.7. Flujo (CREEP)	60
II.2.8. Relajamientos de Esfuerzos	60
II.2.9. Factores que afectan las Caracte- rfssticas Mecánicas de la Madera.	64
II.3. OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES	71
II.3.1. Propiedades Térmicas	71
II.3.2. Propiedades Acústicas.	76
II.3.3. Propiedades Eléctricas	80
III. TRATAMIENTOS.	84
III.1. DESECACION.	84
III.1.1. Secado natural o al Aire Libre.	84
III.1.2. Secado Artificial o en Estufa	96

	PAG.
III.2. MANTENIMIENTO	105
IV. CALIDADES	119
IV.1. CLASES SELECTAS	124
IV.1.1. Selecta B	125
IV.1.2. Selecta C	125
IV.1.3. Selecta D	125
IV.2. CLASES COMUNES	126
IV.2.1. Común Número Uno	126
IV.2.2. Común Número Dos	126
IV.2.3. Común Número Tres	126
IV.2.4. Común Número Cuatro	126
IV.2.5. Común Número Cinco	127
IV.3. MANEJO COMERCIAL DE LA MADERA . . .	128
IV.4. OTROS TIPOS Y CALIDADES DE LA MADERA	130
IV.4.1. Madera Contrachapada	130
IV.4.2. Madera Laminada	132
V. USOS EN OBRA NEGRA	133
V.1. CIMBRA EN CIMENTACION	135
V.2. CIMBRA EN MUROS	137
V.3. CIMBRA EN COLUMNAS	138
V.4. CIMBRA EN TRABES	140
V.5. CIMBRA EN LOSAS	142

	PAG.
V.6. CIMBRA EN ESCALERAS	143
VI. USOS EN OBRA DEFINITIVA	146
VI.a). Construcciones Permanentes.	146
VI.b). Ejecución de Obras.	153
VI.c). Recomendaciones de Diseño	157
VII. ACCESORIOS QUE REQUIERE	159
VII.1. CLAVOS Y GRAPAS	160
VII.2. TORNILLOS	167
VII.3. PIJAS	170
VII.4. PERNOS.	171
VII.5. PLACAS.	174
VII.6. CONECTORES.	176
VII.6.1. Conectores de Anillo Partido	176
VII.6.2. Conectores de Placa de Cortante.	178
VII.6.3. Conectores de Placas o Anillos Dentados	179
VII.6.4. Accesorios Metálicos	180
VII.7 PEGAMENTOS	182
VIII. GUION AUDIOVISUAL	184
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.	190
BIBLIOGRAFIA	193

INTRODUCCION

La madera, probablemente el primer material usado para fines estructurales por el hombre, ha cobrado un interés creciente a la fecha, debido esto, fundamentalmente a su naturaleza viva y a la gran cantidad de recursos de este tipo con que contamos en el país.

En esta época en que nos preocupan, por una parte, la crisis de energéticos y minerales y, por otra, la progresiva contaminación ambiental, es evidente el interés de un material como la madera, cuya transformación en material de construcción implica menor consumo de energía, contaminación del aire y del agua que los que caracterizan a la fabricación del acero, el cemento, el aluminio, el tabique y los plásticos. Debido a la ligereza de la madera, se ahorran energéticos no solo en los procesos de elaboración sino también en el transporte.

La naturaleza viva de la madera se refleja en lo complejo de su estructura, tanto sus cualidades como sus limitaciones se derivan de esta estructura. La formación fibrosa de la madera es debida a sus características anisotrópicas; la madera es resistente a los esfuerzos normales paralelos a las fibras, pero es débil ante estas acciones en el sentido perpendicular a ellas. También es baja la resistencia de la madera a esfuerzos cortantes paralelos a las fibras. Por otra parte, es en las fibras donde reside el atractivo estético de las variadas texturas de la madera.

En cuanto a los aspectos constructivos, cabe señalar que la madera es un material relativamente fácil de trabajar con herramientas sencillas, lo que hace posible el logro de una gran diversidad de secciones y formas.

Otras ventajas de la madera son su gran capacidad para absorber energía y resistir impactos, lo que hace que resulte particularmente apropiada para estructuras, como por ejemplo las de los muelles, su alta resistencia a la fatiga, sus características como aislante tanto térmico como acústico, la facilidad con que su superficie puede tratarse. Además de que la madera es un material biodegradable, que no presenta los problemas de la eliminación de los productos de demoliciones propias de otras estructuras.

La tecnología moderna ha permitido contrarrestar algunos inconvenientes en cierto grado. Así la técnica de la madera laminada y del triplay o madera contrachapada, han hecho posible la creación de elementos estructurales de formas y dimensiones que anteriormente no eran posibles.

La madera no obstante de tener inconvenientes, es un material de indudable ayuda, ya sea por su versatilidad estructural, su atractivo estético, su costo aceptable, su característica de ser un material renovable o por el bajo consumo de energéticos requeridos para convertir este producto natural.

La madera ha desempeñado siempre papeles importantes en la Industria de la Construcción, entre los que podemos mencionar, se encuentran los siguientes: andamios, cimbras y obra falsa, durmientes de ferrocarril, postes para líneas telefónicas, líneas de transmisión y distribución de energía eléctrica, etc.

La importancia de la madera como material estructural resulta evidente. Sin embargo, en México su uso está restringido pudiendo aducirse a diversas razones para explicar esto. La confusión sobre la importancia de nuestros recursos forestales y la posibilidad de explotarlos. La poca información sobre las propiedades de las maderas mexicanas. Poco control y normas de clasificación de las maderas. Además de poco personal, profesionistas, técnicos y obreros familiarizados con la tecnología de la madera.

El presente trabajo es con la finalidad de plantear un panorama de las perspectivas de la madera y su uso en la construcción, para lo cual lo organizamos en ocho capítulos a parte de esta introducción y de las conclusiones.

En el primer capítulo se presenta un panorama general de los recursos forestales existentes en el país, su producción, la transformación de la madera para sus usos múltiples como son: construcción de viviendas y cimbras, así como la reforestación de zonas verdes en algunas entidades del país.

En el siguiente capítulo hacemos mención de las propiedades de la madera describiendo cada una de ellas, indicando bajo qué condiciones se determinan las pruebas para obtener ciertas propiedades, influyendo de manera importante el contenido de humedad en las físicas y eléctricas, la dirección de las fibras, los nudos, grietas, bolsas de resina, etc. en las mecánicas.

El capítulo III hace referencia al tratamiento y conservación de la madera, haciendo un estudio de cada uno

de los agentes nocivos que la deterioran y el tratamiento que ésta debe recibir para evitar su destrucción; existiendo dos formas de protección, una de las cuales es mediante el secado, el cual puede ser al natural o en estufa y la otra mediante sustancias químicas.

En el capítulo IV tratamos sobre calidades de la madera considerando a ésta desde el punto de vista tecnológico, industrial y comercial, existiendo además normas de calidad para calificar a la madera provenientes de la Western Pine Association de E.U. utilizada generalmente al norte del país. Existen además otros tipos de maderas, como la contrachapada y la laminada, que tienen propiedades semejantes a las de la madera maciza.

El capítulo V trata sobre el uso de la madera en obra negra. Generalmente uno de los usos más comunes de la madera es en cimbras, las cuales deben cumplir ciertas características que determinan la calidad y economía de las mismas, existiendo gran diversidad de cimbras entre las que se encuentran la cimbra en cimientos, en columnas, traveses, etc.

Otro de los usos de la madera es el de hacer obra permanente o definitiva, lo cual se trata en el capítulo VI, principalmente su uso en la construcción de casas habitación, templos, escuelas, acabados interiores. Considerando que en México debido a la falta de conocimientos de sus propiedades, no es muy común hacer obra permanente.

El capítulo VII hace referencia a los distintos accesorios o elementos de unión para maderas, características de estos tipos de uniones más utilizadas entre elementos de madera, haciendo referencia de los más comunmen-

te usados, entre los que se encuentran: los clavos, las grapas, tornillos, pijas, pernos y pegamentos, existiendo además los conectores de diferentes características que generalmente son de patentes extranjeras y su uso en México es prácticamente nulo.

El capítulo VIII contiene el guión del audiovisual, el cual pretende resumir de una manera breve y amena la información más relevante del tema descrito a lo largo del trabajo de tesis.

Finalmente se presentan una serie de conclusiones y recomendaciones sobre el uso de la madera en la Industria de la Construcción.

I. GENERALIDADES

La madera es un producto orgánico de origen vegetal, de composición y estructura bien definidas.

Toda la madera proviene de árboles, los cuales invariablemente están constituidos por dos clases de madera, dependiendo de su ubicación en el tronco. La porción del centro, que es más densa y seca, se llama Duramen, mientras que la parte que rodea al duramen, que es más húmeda se llama Albura.

La madera ha desempeñado un papel muy importante en el desarrollo de las civilizaciones humanas. Ha sido empleada por la humanidad para proporcionarse abrigo, combustible, armas, transporte, y también en muchas otras formas. Es al mismo tiempo, entre los materiales estructurales básicos importantes, el más y menos conocido. Casi todos sabemos lo que es la madera, y sin embargo, relativamente pocas personas tienen el conocimiento real de su estructura, sus propiedades y sus muchos usos potenciales.

Los árboles aprovechables por lo general se encuentran agrupados en lo que se llama bosque, los cuales cubren aproximadamente la tercera parte de la superficie de la Tierra. Estos bosques constituyen uno de los recursos naturales renovables más importantes con que cuenta la humanidad, por lo que es de vital importancia que conozcamos el potencial que a este respecto tiene el país, para aprovecharlo y preservarlo.

1.1 RECURSOS FORESTALES DE MEXICO.

Los recursos forestales, por sus múltiples contribuciones tanto en forma de bienes, para fines industriales y para la economía rural como de servicios para proteger el suelo, vegetación y fauna, regular el agua, mantener la calidad del aire, fomentar la recreación y apoyar la producción alimentaria; y por su impacto en múltiples áreas, más que comprenderse en un sector, conforman una actividad multidisciplinaria y de interrelaciones.

1.1.1. Superficies forestales de la República Mexicana.

Casi una quinta parte, 37 millones de Ha. del territorio nacional es arbolado; aumentando el área a casi 3 cuartas partes. Cuando se incluye a la vegetación forestal de las zonas áridas (ver Fig. 1.1).

Del área arbolada total; 75% son de bosques templados, principalmente de pino y 25% de bosques tropicales. México tiene el 73% de los recursos de pino de toda la América Latina y el Caribe y ocupa el undécimo lugar mundial en área arbolada, el octavo en área forestal. Otro dato importante es que 7,200 ejidos y comunidades forestales poseen el 80% de la superficie arbolada, los pequeños propietarios el 15% y el 5% son terrenos nacionales. (Ver Cuadros 1.1, 1.2 y 1.3).

Superficies Forestales de la República Mexicana 1988 (millones)



■ Superficie arbolada

Superficie arbolada
38.9 ha. (19.9%)



V= 3123.2 m³
ICA= 27.3 m³

Otras áreas forestales
104.7 ha.



(53.4%)

Superficie forestal (S) 143.6 73.3%



Volumen maderable (V) 3123.2 m³
Incremento promedio (I) 27.3 m³

Porcentaje con respecto a la superficie total del país: 155.8 millones de hectáreas



S= 27.5 ha. (14.1%)
V= 1969.4 m³
ICA= 27.3 m³



S= 11.4 ha. (5.8%)
V= 1135.9 m³



S= 29.3 ha. (14.9%)



S= 56.1 ha. (28.6%)



ÁREAS PERTURBADAS
17.8 ha. (9.1%)



VEGETACIÓN HIDRÓFILA
1.5 ha. (0.8%)



CONÍFERAS Y
LATIFOLIADAS
S= 18.7 ha. (9.6%)
V= 1401.1 m³
ICA= 27.3 m³



LATIFOLIADAS
S= 8.8 ha. (4.5%)
V= 469.3 m³



ALTAS
S= 2.1 ha. (1.1%)
V= 204.3 m³



MEDIANAS
S= 8.3 ha. (4.3%)
V= 811.4 m³



SELVAS BAJAS
S= 17.9 ha. (9.1%)



CHAPARRALES
S= 7.8 ha. (4.0%)



MEZOTALES
S= 1.6 ha. (0.8%)



ROSETILLO
S= 7.0 ha. (3.6%)



MICROFILLO
S= 28.4 ha. (14.2%)



TRASCORIBLE
S= 10.7 ha. (5.3%)

FUENTE: CNIF con datos de la Dirección General de Normatividad de la SARH.

Resumen de superficies arboladas por regiones de la CNIF 1988

Por tipos de vegetación (hectáreas)

regiones	SUPERFICIE ARBOLADA SELVAS										SUPERFICIE ARBUSTIVA (4)				SUPERFICIE DE MATORRALES (5)					
	BOSQUES					SELVAS					Chaparrales (H)	Matorrales (K)	Rovales (L)	Matorrales (M)	Chaparrales (N)					
	Conifera y Abobada (A)	Laúdada (B)	Laúdada (C)	Alta (D)	Mediana (E)	Conifera y Abobada (F)	Alta (G)	Mediana (H)	Chaparrales (I)	Matorrales (J)						Rovales (K)	Matorrales (L)	Chaparrales (M)		
I Chihuahua	A	4 161 080	A-C	948 600	--	--	--	C	113 600	C	1 211 600	--	--	C	8 899 200	--	--			
Sonora	A-C	900 800	A-C	482 400	--	--	--	C	1 394 600	C	527 200	C	773 600	C	6 166 800	C	1 235 600			
Baja California Nte.	A-C	164 800	--	--	--	--	--	C	271 600	C	1 086 000	--	--	C	864 400	--	B-C	2 678 000		
Baja California Sur	B-C	41 200	B-C	143 600	--	--	--	B-C	1 746 800	C	17 600	--	--	--	--	--	--	2 420 000		
Total		5 267 880		1 574 000					3 516 200		2 842 400		1 151 200		16 033 400			6 343 600		
II Durango	A	3 830 675	A-C	233 600	--	--	--	C	360 000	C	1 948 400	--	--	C	1 983 600	C		826 400		
Sinaloa	A-C	465 600	A-C	667 600	--	C	990 400	C	1 492 400	C	217 600	--	--	C	4 000	C		53 600		
Zacatecas	A-C	353 600	A-C	388 800	--	--	--	--	618 800	--	618 800	--	C	73 600	C	1 907 600	C	1 606 800		
Total		4 649 875		1 290 000			980 400		1 842 400		2 784 600				73 600		3 865 200	2 488 800		
III San Luis Potosí	A-B	79 075	A-B	338 225	--	--	A-B	5 150	A-B	400 350	A-B	118 525	A-B	114 750	A-B	601 825	A-B	2 827 275		
Tamaulipas	A	86 250	A	363 075	--	A-B	5 625	B	995 350	B	749 375	B	749 375	B	390 000	B	2 694 725	A-B	1 675	
Nuevo León	A	423 400	--	--	--	--	--	B-C	2 850	A-B	228 500	A-B	308 425	A-B	769 600	A-B	3 563 300	A-B	725	
Coahuila	A	143 725	B	49 525	--	--	--	--	429 050	B	429 050	B	153 000	B	5 067 925	B-C	7 176 750	B	3 250	
Total		738 450		769 825			10 775		1 398 550		852 125		1 325 550		6 829 550		16 057 050		330 750	
IV Jalisco	ABC	1 067 200	ABC	1 502 000	--	B-C	160 400	B-C	532 400	C	500 400	C	69 600	C	1 600	C	751 200	C	325 600	
Nayarit	A-C	482 000	A-C	330 800	--	C	320 000	C	291 200	C	553 200	--	--	C	84 400	--	--	--	--	
Colima	A	50	A	28 975	--	A	98 000	A	103 000	--	--	--	--	--	--	--	--	--	53 375	
Aguascalientes	B	10 500	--	--	--	--	--	--	40 800	B	40 800	--	--	--	--	--	--	--	151 600	
Total		1 559 750		1 861 775			578 400		826 600		1 094 400		69 600		1 600		835 600		512 575	
V Michoacán	A-C	1 266 400	C	466 600	--	C	319 600	C	753 000	--	--	C	117 600	--	C	115 200	C	144 000		
México	A-C	406 800	C	406 800	--	--	--	C	16 400	C	2 800	C	86 800	--	--	--	--	12 800		
Guerrero	A-B	122 875	A-B	212 825	--	--	--	--	766 400	--	--	A-B	639 720	A-B	119 948	A-B	39 982			
Total		1 796 875		972 225			319 600		766 400		2 800		784 120		235 148		196 782			
VII Oaxaca	A	1 218 250	A	1 047 650	A	52 750	A	921 750	A	1 519 900	A	189 650	--	--	A	859 300	--	--		
Veracruz	B	228 825	B	512 925	B	512 925	B	357 500	A	1 120 775	--	--	--	B	4 175	--	--	--		
Noreste	B	33 500	B	6 175	--	--	--	B	109 725	--	--	--	--	--	--	--	--	55 575		
Total		1 480 575		1 565 825		585 675		1 279 250		2 730 400		189 650			4 175		859 300		58 575	
VIII Chiapas	A-B	1 005 900	A-B	413 575	A-B	899 725	ABC	1 226 000	ABC	452 575	--	--	--	--	--	--	--	--		
Campeche	--	--	--	--	A-B	125 600	A-B	2 836 800	A-B	1 310 925	--	--	--	--	--	--	--	--		
Quintana Roo	--	--	--	--	ABC	461 630	ABC	1 236 103	A-B	1 217 561	--	--	--	--	--	--	--	--		
Tabasco	--	--	--	--	A	80 775	A	178 600	A	53 100	--	--	--	--	--	--	--	--		
Yucatán	--	--	--	--	A-B	297 600	A-B	1 241 775	A-B	1 241 775	--	--	--	--	--	--	--	--		
Total		1 025 900		413 575		1 547 630		5 745 303		4 285 856										
VIII Guerrero	A-C	1 515 600	C	499 600	--	B-C	244 000	B-C	1 609 425	C	6 000	--	--	--	--	--	--	C		
Total		1 515 600		499 600			244 000		1 609 425		6 000									
IX Puebla	A-B	273 649	A-B	25 563	--	--	A-B	123 725	A-B	596 650	--	A-B	225 000	A-B	91 180	--	--	A-B		
Tlaxcala	ABC	52 800	B-C	6 200	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	A-B		
Hidalgo	A-B	210 350	A-B	223 375	A-B	50	A-B	11 600	A-B	61 700	--	--	--	--	--	--	--	A-B		
Total		536 799		255 138		50		134 775		657 350			225 000		91 180					
X Región	A-C	34 400	A-C	14 400	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--		
Distrito Federal	A-B	95 650	A-B	94 800	--	--	--	--	A-B	3 000	--	--	--	--	--	A-B	527 225	--		
Queretaro	A-B	95 650	A-B	94 800	--	--	--	--	3 000	--	--	--	--	--	--	--	--	527 225		
Total		130 050		109 200					3 000											
Total		10 681 754		8 091 163		2 113 655		8 292 503		17 835 691		7 772 175		3 355 500		7 000 105		38 408 923		10 688 147

FUENTE: CNIF, con datos de la Dirección General de Normatividad de la SARH

Resumen de Superficies Forestales por Regiones de la CNIF 1988

(*) Tipo de Estudio	Año	Región	(1)	(2)	(3)	Selva (4)	Superficie Área (1/2)	(5)	(6)	Superficie Área (1/2)	(7)	Superficie Área (1/2)	(8)	Superficie Área (1/2)	Superficie Total (9+10+11+12+13)	Superficie Total (9)	Superficie Total (10)	Superficie Total (11)	Superficie Total (12)	Superficie Total (13)		
A 1965, C 1975	I	Chihuahua*	A-C	5 109 800	--	--	5 109 800	C	1 374 800	C	8 993 200	A-C	700 000	--	16 133 800	24 493 800						
A 1965, C 1975			A-C	1 383 200	--	--	1 383 200	C	2 165 200	C	7 420 400	A-C	91 600	--	11 947 500	18 705 200						
A 1965, C 1975			A-C	164 800	--	--	164 800	C	1 735 200	C	1 542 400	A-C	2 100 800	--	5 653 200	6 937 000						
A 1965, C 1975			B-C	184 000	--	--	184 000	BC	1 764 400	BC	1 433 800	--	--	--	--	4 179 400	7 347 500					
B 1968, C 1975			B-C	6 841 800	--	--	6 841 800	BC	7 510 000	BC	22 374 000	--	--	--	--	1 602 400	4 800					
A 1965, C 1975	II	Durango	A-C	4 064 275	--	--	4 064 275	C	2 308 400	C	2 780 000	A-C	411 200	--	5 063 875	12 318 100						
A 1970, C 1975			A-C	1 133 200	--	--	1 133 200	C	1 703 000	C	576 000	A-C	294 400	C	174 400	4 342 000	5 837 800					
A 1972, C 1975			A-C	742 400	--	--	742 400	C	818 800	C	3 681 000	A-C	17 400	--	5 073 600	7 225 200						
				5 939 875		880 400	6 920 275		4 627 200		776 000		174 400	18 925 475	25 476 100							
A-B 1977	III	San Luis Potosí	A-B	417 300	A-B	5 150	422 450	A-B	833 625	AB	3 554 200	A-B	861 775	--	5 407 025	6 305 800						
A-B 1984			A	471 325	A-B	5 625	476 950	A-B	1 811 775	AB	3 075 400	A-B	182 375	--	5 547 500	7 328 400						
A-B 1984			A	428 400	--	--	428 400	A-B	549 775	AB	4 338 875	A-B	93 850	--	5 410 800	6 472 400						
C 1975, AB 1984			A-B	1 509 275	--	--	1 509 275	B	581 050	AB	17 747 025	B	307 100	--	15 381 925	14 938 770						
				1 509 275		10 775	1 520 050		3 576 225		23 217 350		1 463 700	29 277 325	35 758 800							
A 1965, C 1975	IV	Jalisco	A-B-C	2 569 200	B-C	160 400	2 729 600	B-C	1 102 400	ABC	523 350	B	2 160		5 324 950	6 083 400						
A 1967, C 1975			A-C	812 800	C	203 000	1 112 800	C	844 400	AC	108 000	C	134 400		2 304 000	2 637 200						
A 1971, C 1975			A	29 075	A	98 000	127 075	A	103 000	A	56 375	A	400		316 575	519 100						
B 1970			B	19 500	--	--	19 500	B	40 800	B	151 600	--	--		202 300	547 100						
					3 421 525	578 400	3 999 925	B-C	2 030 600	1 349 775	--	641 125	--	136 950		8 218 375	11 847 800					
A 1965, C 1976	V	Michoacán	A-C	1 723 200	C	319 600	2 042 800	C	867 600	C	259 200	AC	1 141 200	--	4 323 800	5 992 800						
A 1974, C 1975			A-C	698 400	--	--	698 400	C	46 000	C	12 800	AC	531 200	--	1 288 400	1 733 540						
AB 1976			A-B	336 500	--	--	336 500	A-B	839 720	AB	159 300	AB	795 875	--	2 042 025	2 042 025						
			2 768 100	319 600	3 087 700	1 553 320	431 930	2 578 275					7 651 225	11 177 400								
A 1984	VI	Oaxaca	A	2 765 900	A	974 500	3 240 400	A	1 709 550	A	853 300	A	2 492 725	A	2 925	6 311 400						
C 1975			A-B	228 875	A-B	870 425	1 099 300	A-B	1 100 775	AB	4 175	AB	1 401 100	A-B	40 100	3 636 400						
B 1976			A-B	41 675	--	--	41 675	B	109 725	B	55 575	AB	117 350	--	204 325	265 900						
			2 836 450	1 844 825	4 381 325	2 820 550	910 550	4 067 675					43 025	12 331 125	17 069 100							
C 1975, AB 1986	VII	Chiapas	A-B	1 419 475	A-B-C	2 125 725	3 545 200	ABC	452 575	--	--	ABC	1 833 700	C	7 200	5 633 675	7 401 150					
C 1975, AB 1986			A-B	2 952 400	--	--	2 952 400	A-B	1 310 925	--	--	AB	414 875	A	314 350	5 002 550	5 281 200					
AB 1975, C 1976			--	A-B-C	1 667 933	--	--	1 667 933	A-B	1 217 581	--	--	ABC	538 168	C	1 600	3 423 282	5 021 700				
AB 1975, C 1976			--	A	233 575	--	--	233 575	B	83 100	--	--	A	58 125	A	851 750	1 074 650	2 376 700				
AB 1981, C 1976			--	A	297 600	--	--	297 600	A-B	1 241 775	--	--	AB	1 439 750	AB	189 470	3 862 200	4 041 200				
			1 419 485	7 293 233	8 712 708	4 285 356	1 826 576	4 342 618			1 141 200	1 165 500	18 506 872	23 800 400								
AB 1972, C 1975	VIII	Guerrero	A-C	2 015 200	B-C	244 000	2 259 200	BC	1 815 425	C	104 000	ABC	1 103 225	--	5 291 850	6 428 100						
			A-C	2 015 200	--	--	2 015 200	BC	1 815 425	C	104 000	ABC	1 103 225	--	5 291 850	6 428 100						
AB 1977	IX	Puebla	A-B	209 214	A-B	123 725	422 937	AB	821 080	--	--	AB	211 080	--	1 043 067	1 473 200						
AB 1976			A-B	433 775	A-B	11 100	444 875	AB	61 700	AB	211 200	--	--	AB	34 475	2 081 300						
AB 1975, C 1975			ABC	59 000	--	--	59 000	--	--	ABC	535 525	--	--	AB	112 375	401 600						
					791 937	134 825	926 762	882 780	--	747 245					1 581 700	5 873 100						
A 1974, C 1975	X	San Pedro Federal	A-C	48 800	--	--	48 800	C	--	--	AC	64 400	--	80 200	147 200							
AB 1976			A-B	190 450	--	--	190 450	AB	3 000	AB	527 225	AB	290 675	--	961 350	1 144 900						
			239 250	--	--	239 250			527 225		290 675		1 040 550	1 292 500								
			27 482 917	11 405 158	38 888 075	29 264 556	56 098 175	17 837 863			1 524 675	143 514 344	155 820 150									

TIPO DE ESTUDIO
 A) Maza forestal elaborada con datos de inventarios y mediciones de campo.
 B) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 C) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 D) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 E) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 F) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 G) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 H) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 I) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 J) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 K) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 L) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 M) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 N) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 O) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 P) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 Q) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 R) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 S) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 T) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 U) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 V) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 W) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 X) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 Y) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.
 Z) Maza forestal elaborada mediante el muestreo estadístico.

Disponibilidad de Recursos Forestales por Regiones de la CNIF 1988

Regiones	BOSQUES DE CLIMA TEMPLADO Y FRIO				SELVAS DE CLIMA CALIDO-HUMEDO				Volumen en milas de m ³ rollo
	Incremento de Coniferas (I)	Coniferas y latifoliadas (I)	Latifoliadas (I)	Total	Selvas altas (I)	Selvas medianas (I)	Total	Existencias locales	
I Chihuahua	3 750	230 524	27 000	257 524	-	-	-	257 524	
Sonora	831	44 323	12 270	56 533	-	-	-	56 533	
Baja California Norte	99	15 379	-	15 379	-	-	-	15 379	
Baja California Sur	31	1 830	2 460	4 290	-	-	-	4 290	
Total	4 711	292 056	41 730	337 786	-	-	-	333 786	
II Durango	6 283	245 273	6 600	251 873	-	-	-	251 873	
Sinaloa	469	27 586	16 981	44 567	-	49 020	49 020	93 587	
Zacatecas	260	16 354	11 145	29 499	-	-	-	29 499	
Total	7 032	291 213	34 726	325 939	-	49 020	49 020	374 959	
III San Luis Potosí	62	3 053	20 816	23 889	-	579	579	24 448	
Tamaulipas	109	9 296	53 027	62 323	-	267	267	62 590	
Nuevo León	176	15 213	28 965	44 198	-	-	-	44 198	
Coahuila	106	7 772	13 091	20 864	-	-	-	20 863	
Total	453	35 334	115 919	151 254	-	846	846	152 099	
IV Jalisco	1 461	87 743	84 711	172 454	-	8 020	8 020	180 474	
Nayarit	262	27 648	11 786	39 434	-	16 000	16 000	55 434	
Colima	-	6	2 202	2 208	-	4 900	4 900	7 106	
Aguascalientes	4	426	-	426	-	-	-	426	
Total	1 727	115 823	98 699	214 522	-	28 920	28 920	243 442	
V Michoacán	4 013	163 366	13 404	176 770	-	15 980	15 980	192 750	
México	1 691	58 986	14 872	73 858	-	-	-	73 858	
Guanajuato	58	3 289	4 973	8 262	-	-	-	8 262	
Total	5 762	225 641	33 249	258 890	-	15 980	15 980	274 870	
VI Oaxaca	1 690	119 915	63 168	183 083	18 104	201 453	219 567	402 650	
Veracruz	236	7 140	-	7 140	69 578	59 867	129 445	136 585	
Morales	150	4 930	359	5 289	-	-	-	5 289	
Total	2 276	131 985	63 527	196 512	87 682	261 330	349 012	544 524	
VII Chiapas	1 304	101 099	25 768	126 867	176 346	168 105	354 451	491 318	
Campeche	-	-	-	-	-	-	-	156 951	
Quintana Roo	-	-	-	-	26 288	78 591	104 879	104 879	
Tabasco	-	-	-	-	12 453	14 712	27 165	27 165	
Yucatán	-	-	-	-	-	16 103	16 103	16 103	
Total	1 304	101 099	25 768	126 867	236 813	432 736	669 549	796 416	
VIII Guerrero	2 517	227 340	59 452	286 792	-	12 200	12 200	298 992	
Total	2 517	227 340	59 452	296 792	-	12 200	12 200	298 992	
IX Puebla	709	31 329	1 802	33 131	-	9 270	9 270	42 401	
Tlaxcala	271	7 740	2 695	10 436	-	-	-	10 436	
Hidalgo	413	21 733	15 256	36 989	16	1 050	1 066	38 055	
Total	1 393	60 802	19 753	80 556	16	10 320	10 336	90 892	
Sin región									
Distribto Federal	159	5 505	821	6 326	-	-	-	6 326	
Querétaro	55	4 261	4 701	8 962	-	-	-	8 962	
Total	214	9 766	5 522	15 288	-	-	-	15 288	
Total	27 389	1 491 059	498 345	1 089 404	324 511	811 352	1 135 063	3 125 269	

(I) Tipo de apoyo empleado en las estimaciones.

(II) Estimación de volúmenes para bosques o selvas, e incrementos volumétricos de coníferas, en base en los resultados del muestreo de campo efectuado en la entidad.

(III) Estimados en base al estudio realizado por la Comisión Forestal del Estado.

I.1.2 Producción maderable.

Como áreas potenciales útiles para la producción maderable, existen 17 millones de Ha. arboladas (46% del total) De los cuales, 7 millones están bajo aprovechamiento y solo 1.2 millones realmente bajo cultivo. En 1971, la producción maderable industrial fue de 5.4 millones de m³. El crecimiento promedio anual fue de 1971 a 1977 del 6%; de 1977 a 1983 del 2.1% y de 1983 a 1987 del 3.0%. México ocupa a nivel mundial el vigésimo cuarto lugar en cuanto a producción maderable industrial (ver Cuadros I.4, y I.5).

Del potencial normal del bosque natural, se aprovecha el 35% de la corta anual de pino y maderas tropicales y menos el 20% del encino. El potencial del bosque natural bajo silvicultura podría ser de 40 millones de m³, al año 2010 o sea 300% más que el volumen de corta anual actual y si le agregáramos plantaciones industriales en 0.5 millones de Ha. al mismo año, se le incrementaría el potencial a -- 47 millones de m³.

Valor del Producto Interno Real del Sector Manufacturero

Millones de pesos de 1980

	1981	1982		1983	1984	1985		1986	1987	1988	
	Valor	Valor	Var.	Valor	Valor	Valor	Var.	Valor	Valor	Valor	Var.
Alimentos, bebidas y tabaco	253 519	165 002	4.5	261 611 (1.3)	265 415 1.5	275 410 3.8		273 845 (0.6)	276 563 1.0	284 147 2.7	
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	143 899	137 040 (4.8)		129 508 (5.5)	130 741 0.9	134 088 2.6		127 153 (5.1)	119 600 (6.0)	121 344 1.5	
Madera y productos de la madera	41 923	41 404 (1.2)		38 371 (7.2)	39 651 3.4	40 187 1.3		38 764 (3.5)	37 955 (2.1)	37 414 (1.4)	
Papel, productos de papel, imprentas y editoriales	56 876	57 265 0.7		53 061 (7.3)	56 030 5.7	60 942 8.8		58 880 (3.3)	61 091 3.7	53 958 (1.8)	
Sustancias químicas, derivados del petróleo, productos de caucho y plásticos	161 458	165 445 (2.5)		162 781 (1.6)	174 015 6.9	184 060 5.8		177 610 (3.5)	183 353 3.3	180 331 (1.7)	
Minerales no metálicos	71 281	69 447 (2.7)		64 073 (7.6)	67 690 5.6	72 862 7.5		68 032 (6.7)	75 150 10.6	70 784 (5.9)	
Industrias metálicas básicas	63 774	57 855 (9.2)		54 283 (6.2)	60 577 11.6	61 215 1.0		57 032 (6.9)	64 916 13.9	63 031 (2.9)	
Productos metálicos, maquinaria y equipo	230 994	202 537 (12.3)		157 244 (22.4)	171 555 9.2	194 160 13.2		164 727 (15.2)	169 614 3.0	171 924 1.4	
Otras industrias	28 946	27 816 (3.8)		22 617 (18.7)	25 182 11.5	27 263 8.3		24 455 (10.3)	22 303 (9.0)	22 246 (0.3)	
Total	1 052 660	1 023 811 (2.7)		943 549 (7.8)	990 856 5.0	1 050 187 6.0		990 468 (5.7)	1 010 55 2.0	1 011 200 1.0	

• Estimación

Producto Interno Bruto Real del Sector Manufacturero

Variación Anual en %

Millones de pesos a precios de 1980

División	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988*	Promedio
Alimentos, bebidas y tabaco.	25.9	27.7	26.8	26.2	27.6	27.4	28.1	27.1
Textiles, prendas de vestir e industria del cuero	13.4	13.7	13.2	12.8	12.8	11.8	12.0	12.09
Madera y prod. de madera	4.0	4.1	4.0	3.8	3.9	3.8	3.7	3.9
Papel, productos del papel, imprentas y editoriales	5.6	5.6	5.7	5.8	5.9	6.0	5.9	5.8
Sustancias químicas y derivados del petróleo	16.2	17.3	17.6	17.5	17.9	18.1	17.8	17.5
Minerales no metálicos	6.6	6.8	6.8	6.9	6.9	7.4	7.0	6.9
Industrias metálicas básicas	5.6	5.7	6.1	5.8	5.8	6.4	6.2	5.9
Productos metálicos maquinaria y equipos	19.8	16.7	17.3	18.5	16.6	16.8	17.0	17.6
Otras industrias	2.7	2.4	2.5	2.6	2.5	2.2	2.2	2.4
Total	100.0	100.00	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0

* Estimado

1.1.3 La industria forestal.

A diferencia de otros cultivos en los que es posible autoconsumir y comercializar el producto en su estado natural, el recurso forestal, generalmente, requiere de la existencia de la infraestructura industrial que procese la cosecha.

De la producción maderable industrial comercial, la mitad se destina a la industria del aserrio; una cuarta parte a la celulosa y el papel y la otra cuarta parte a la chapa, los tableros, los durmientes, los postes, etc. De la producción de madera aserrada, las calidades de 3ra. y peor representan entre el 60-80% del valor total. (Ver cuadros 1.6, 1.7 y 1.8).

Existen 1,200 instalaciones de aserrio, 50 de tableros, 8 de celulosa y papel de madera, 20 impregnadoras y alrededor de 90 secadoras. (Ver cuadro 1.9). De cada unidad de volumen de árbol que se derriba legalmente en el país, se desperdicia en monte y fábrica casi el 45%. Cada vez, con mayor insistencia, se cuestiona en la comercialización de tablas de madera, el tradicional uso de refuerzos, las medidas en pares, en ancho y largo y las diversas clasificaciones regionales de calidad.

La Industria del Aserrio 1988

Número de Plantas ¹	926
Capacidad Instalada en miles de m ³ rollo	7 432
Capacidad empleada	81.6%
Producción en miles de m ³ rollo ²	6 064
Personal ocupado	23 078
Inversiones en miles de dólares ³	223 166

¹ Unidad de producción

² Incluye tablas y tablones, durmientes, cuadrados madera para envase y otros productos con escuadría, así como la producción de rolizos destinados a este fin.

³ Dólar controlado

FUENTE: CNIF con datos de las Industrias y la Dirección General de Normalidad Forestal SARH.

La Industria de Cajas y Envases de Madera 1988

Número de Plantas ¹	1 144
Capacidad instalada en millones de unidades	115
Producción de madera destinada a la industria en miles de m ³ rollo	815
Inversiones en miles de dólares ²	11 726
Personal ocupado en la industria	8 296

¹ Incluye talleres y fábricas

² Dólar controlado

FUENTE: CNIF con datos de la Sección de Productores de Cajas y Envases Industriales de Madera

La Industria de la Impregnación 1988

Número de plantas	19
Capacidad instalada anual ¹ en miles de m ³	1 187
% de la capacidad empleada	46%
Producción nacional de artículos ² impregnados en miles de m ³	499
Personal ocupado directo	2 090
Inversiones en miles de dólares ³	1 837

¹ Para impregnar pilotes, durmientes, estacas para vid y otros productos.

² Cifras estimadas

³ Dólar controlado

FUENTE: CNIF con datos de la Sección Industrial de Impregnación y Preservación.

La Industria de la Celulosa y del Papel 1988

	Producción en miles de toneladas métricas *	Capacidad instalada en miles de toneladas métricas *	Capacidad utilizada %	Número de plantas	Personal ocupado directo	Inversiones del sector en millones de dólares *	Inversiones en 1987 en miles de dólares *
Celulosa							
Celulosa de madera blanqueada	234.7	279.8 ¹	83.8	8			
Celulosa de madera sin blanquear	226.7	287.3	78.9				
Celulosa de plantas anuales blanqueadas	233.1	327.5	71.1				
Celulosa de plantas anuales sin blanquear	3.2	3.3	96.9				
Pasta mecánica de madera	111.6	162.1	68.8				
Subtotal	809.3	1 060.0²					
Papel							
Periférico y libro de texto	355.2	425.3	83.5	62			
Papel para escritura e impresión	472.0	614.3	76.8				
Papel para empaque	1 379.7	1 829.3	75.4				
Papel sanitario y facial	340.0	435.3	78.1				
Papeles especiales	46.6	70.8	65.8				
Subtotal	2 593.5	3 375.0	75.9				
Total	3 402.8	4 435.0	78.3³	70	33 286	1 739	24.8

¹ Incluye fibra regenerada.

² Incluye pasta termomecánica

³ Promedio celulosa y papel

⁴ Cifras estimadas dólar controlado/ valor de sustitución

⁵ Estimación CNIF

FUENTE: CNIF con datos de la Cámara Nacional
de la Industria de la Celulosa y del Papel.

La Industria de los Tableros de Madera 1988

	Contrachapados	Apelmazados	Fibra	Total
Número de plantas	37	10	2	49
Capacidad instalada en miles de m ³	556	685	125	1 366
% de la capacidad instalada empleada	41.2	63.6	36.0	51.9
Producción en miles de m ³	229	436	45	710
Inversiones totales en miles de dólares ¹	--	--	--	720 232
Inversiones en 1987 en miles de dólares ¹	--	--	--	2 000
Personal ocupado	Obreros 9 067	Empleados 2 213	Técnicos 652	11 932

¹ Dólar controlado

FUENTE: CNIF con datos de la Asociación Nacional
de Fabricantes de Tableros de Madera, A.C.

Composición de la Producción Maderable 1981 - 1988

Volumen en miles de m³ rollo

Producto	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987	1988
Escuadría ¹	5 331.5	5506.7	5 399.4	5 641.0	6 081.7	5 508.4	6 137.0	5 839.8
Celulosa	2 479.0	2 457.6	2 393.3	2 650.0	2 654.5	2 410.4	2 663.8	2 590.9
Postes pilotes y morillos	191.8	205.4	223.2	229.1	236.6	172.7	149.2	164.4
Combustibles	550.1	520.0	515.9	468.2	484.3	453.7	492.0	434.7
Durmientes	402.2	307.8	215.8	250.2	279.1	413.3	348.8	224.5
Total	8 954.4	8 997.5	8 747.6	9 948.5	9 946.2	8 958.5	9 790.8	9 314.3

¹Incluye tablas y tablones, madera para envases y embalaje, labrados, madera para chapas y tableros, industrializados, desperdicios de madera, trozas para aserrío, trozas para chapa y otros productos en rollo

Localización Geográfica de las Industrias Forestales 1988

Entidad	TABLEROS													
	Aseraderos	Fábricas de cajas	Aseraderos fab. de cajas	Impregnación	Chapa	Contra-chapas	Aglomerados	Fibra	Celulosa	Celulosa y Papel	Papel	Resinas	Taller de secundarios	Total
Aguascalientes	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1
Baja California Norte	1	5	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--	--	7
Baja California Sur	1	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1
Campeche	25	--	--	--	4	2	--	--	--	--	--	--	--	31
Coahuila	6	--	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	9
Colima	3	22	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	1	28
Chiapas	47	--	--	--	2	3	--	--	--	--	--	--	18	70
Chihuahua	217	45	--	5	--	6	2	--	1	--	1	--	27	304
Distrito Federal	7	--	--	--	1	--	--	--	--	--	10	--	--	18
Durango	65	148	105	3	1	10	2	--	2	--	--	--	--	335
Guanajuato	2	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2
Guerrero	36	3	4	1	--	--	1	--	--	--	--	1	1	47
Hidalgo	14	4	3	--	1	1	--	--	1	--	--	--	4	27
Jalisco	61	26	--	--	--	1	1	--	1	1	3	3	--	99
México	41	--	5	1	4	5	1	1	2	4	17	2	6	89
Michoacán	199	580	--	1	--	2	1	--	1	1	1	12	--	895
Morelos	1	4	--	--	--	--	--	--	--	--	1	--	5	11
Nayarit	3	4	4	--	--	1	--	--	--	--	--	--	5	17
Nuevo León	23	1	--	--	--	--	--	--	--	--	4	--	--	28
Oaxaca	59	6	--	3	1	2	1	--	1	1	--	2	9	85
Puebla	13	21	5	--	--	--	--	--	--	--	2	--	12	53
Querétaro	3	--	--	--	--	--	--	--	--	--	2	--	--	5
Quintana Roo	23	--	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--	4	28
San Luis Potosí	3	--	--	--	--	1	--	--	--	--	3	--	--	8
Sinaloa	1	8	11	1	--	--	--	--	--	--	--	--	8	29
Sonora	10	--	5	2	--	--	--	--	--	--	1	--	--	18
Tabasco	7	--	--	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	8
Tamaulipas	11	--	1	--	1	--	--	--	--	--	--	--	--	13
Tlaxcala	6	4	--	1	--	--	--	--	1	--	3	--	1	16
Veracruz	17	1	3	1	1	1	--	--	--	2	3	--	1	30
Yucatán	7	--	9	--	1	1	1	--	--	--	--	--	4	23
Zacatecas	13	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	13
Total	926	984	160	19	18	37	10	2	8	10	52	20	106	2 352

1.1.4. El desempeño de la actividad forestal.

Las principales limitantes de fondo para mejorar el nivel de desempeño en la actividad forestal, están relacionadas con: el valor asignado a los recursos forestales tanto por los centros de decisión y las instituciones, como por los dueños y poseedores: La necesidad de convertir a los recursos y tierras forestales de los campesinos, no tan solo es una opción industrial y comercial viable o una acción pública útil de conservación, sino en una alternativa económica rentable para ellos, a partir de su propia involucración, organización productiva y protectora. Con la necesidad de contemplar a la actividad forestal, desde la silvicultura hasta la comercialización, como un sistema integral indivisible en el cuál se articule el desarrollo industrial con el manejo integral del recurso, los caminos, el abasto de materias primas, la oferta y demanda, la participación campesina y la comercialización y finalmente con un nuevo esquema de corresponsabilidad que haga participar a los sectores público, privado y social de sus necesidades y ventajas.

1.1.5. Las experiencias y políticas forestales.

Frente a la demanda de bienes y servicios y la pobreza y deforestación en las áreas rurales, la política forestal del gobierno de México, enfatiza como fines fundamentales: La producción de satisfactores maderables y no maderables, y el bienestar campesino y la protección del medio ambiente, como un sistema de objetivos que deben conseguirse en forma armónica y equilibrada.

En los últimos 13 años, pero sobre todo en los últimos 6, han surgido varias experiencias constructivas, que van a la raíz de los problemas, mencionamos solo algunas de

ellas: Socio-producción silvícola o la apropiación productiva protectora y el cultivo de los bosques de pino por parte de las propias comunidades rurales, en diversas zonas de once entidades del país.

Industrialización integral: Hay ejemplos de integración y modernización industrial con componentes de exportación y del uso de la madera en la construcción de vivienda; en Durango, Chihuahua, Michoacán, Oaxaca y Puebla. Con maderas de conservación en el trópico, en el sur de Quintana Roo, en 300 mil Ha., en un hecho sin precedente, se ha frenado y revertido la tendencia en la desaparición y transformación de las selvas.

La reforestación, en 5 entidades: Michoacán, Edo. de México, Veracruz, Oaxaca y Tabasco.

Cinco reservas de la biosfera: que concientizan sobre la importancia de la protección de la diversidad de flora y fauna y la conservación del germoplasma.

En los dos últimos años, se dan otros acontecimientos, promociones y eventos que tienen que ver con el futuro y la modernización del sector forestal.

* Desconcentración y descentralización de la Administración Pública Forestal.

* Estímulos fiscales forestales: De 1986 a la fecha se han otorgado 5,325 millones de pesos en certificados de promoción fiscal.

* Financiamiento para el desarrollo forestal: A partir de este año en Durango, Chihuahua, Oaxaca y Guerrero en proyectos con el Banco Mundial y

el Banco Interamericano de Desarrollo para apoyar caminos, industria, silvicultura, plantaciones y asistencia técnica.

- * Desincorporación, liquidación y/o venta de cinco empresas paraestatales y tres organismos públicos descentralizados.
- * Apertura definitiva al Comercio Exterior.
- * Mayor participación de la Sociedad Urbana en aspectos relacionados con el medio ambiente y el manejo de los recursos forestales.
- * Nuevo marco jurídico forestal y ecológico en búsqueda de una mejor atención a los recursos forestales del país y
- * Programa de acción forestal tropical para frenar y revertir el proceso de transformación, deforestación y mal uso de los recursos naturales forestales del Sureste.

1.2 INTERRELACION Y COOPERACION ENTRE EL SECTOR FORESTAL Y LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCION.

El empleo tradicional de la madera en cimbras y decoración en la industria de la construcción, han representado un mercado que ha contribuido al despegue y desarrollo del sector forestal. Pero, ampliar el mercado para la madera como elemento estructural en la vivienda, sería una gran aportación en la conservación y desarrollo del recurso y en la economía industrial y campesina.

Ya hay en México 24 empresas que producen componentes de madera para la construcción de vivienda. Su capacidad instalada, de acuerdo con COMACO, se estima en equivalente a 24 mil casas, base 55 m², anualmente. Sin embargo, en 1986 se produjeron 760, en 1987, 700, y en 1988, se incrementó a 2,500. Por otra parte, se afirma que la superficie que se techa con madera es mayor que la que se construye. (Ver cuadro 1.10).

Se estimula la producción masiva de componentes de madera en la vivienda y también se estimula la productividad para demostrar ventajas de su uso.

Diríamos que la interrelación entre el sector forestal y la industria de la construcción debería entenderse mejor y dinamizarse para encontrar soluciones integrales y de apoyo mutuo.

Aportación del sector forestal al sector de la construcción:

- * Por la disponibilidad de recurso forestal: cuantía producción actual, potencial silvícola, infraestructura vial e industria, se puede garantizar que de emprenderse proyectos masivos de uso de la madera en la vivienda, los constructores no tendrían, aunque hay que trabajar al interior del sector, problemas de abasto, tanto de oportunidad, calidad y precio.

La madera proporciona al sector de la construcción:

- * Rapidez en los procesos constructivos y facilidad, por la nobleza de la madera, para ser trabajada.

Producción Maderable por Productos y Regiones de la CNIF 1988

Volumen en m³ r/o

Regiones	Producto	Eucalipto	Cedro	Pinos, pinoles y morales	Compositos	Duramiente	Total
I	Chihuahua	969 710	739 961	22 032	2 959	20 705	1 755 367
	Sonora	48 205	500	243	79 226	--	128 174
	Baja California Norte	2 038	--	261	5 328	--	7 627
	Baja California Sur	129	--	280	11 669	--	12 078
	Total	1 020 082	740 461	22 816	99 182	20 705	1 903 246
II	Durango	2 003 417	603 356	99 008	5 497	19 973	2 731 251
	Sinaloa	30 149	2 100	1 104	630	--	33 983
	Zacatecas	18 469	370	753	3 538	--	23 130
	Total	2 052 035	605 826	100 865	9 665	19 973	2 788 364
III	San Luis Potosí	11 341	10 075	34	8 618	8 419	38 687
	Tamaulipas	19 606	11 292	9 156	171 802	1 062	212 938
	Nuevo León	29 341	--	7 820	17 292	1 220	55 673
	Coahuila	12 784	607	3 540	--	--	16 931
	Total	73 072	21 974	20 550	187 912	10 721	324 229
IV	Jalisco	373 952	535 572	--	33 902	--	943 426
	Nayarit	25 377	--	4 044	4 472	--	33 893
	Colima	3 789	--	65	225	36	4 115
	Aguascalientes	380	--	--	3 902	--	4 282
	Total	403 498	535 572	4 109	42 581	36	985 716
V	Michoacán	900 998	274 821	3 341	2 890	--	1 182 050
	México	215 826	126 069	19	19 274	--	361 168
	Guanajuato	3 387	3 700	1 292	26 751	--	35 130
	Total	1 120 211	404 590	4 632	48 915	--	1 578 358
VI	Oaxaca	315 785	109 660	1 016	18 914	16 440	461 815
	Veracruz	48 602	6 642	1 345	12 895	380	69 864
	Morelos	945	1 257	--	108	--	2 310
	Total	365 332	117 559	2 361	31 917	16 820	533 989
VII	Chiapas	235 089	2 195	11	1 141	548	238 984
	Campeche	48 835	--	--	1 952	122 637	173 424
	Quintana Roo	66 774	--	--	90	33 060	99 944
	Tabasco	9 396	--	403	--	--	9 799
	Yucatán	5 070	--	938	4 193	--	10 201
	Total	365 164	2 195	1 352	7 376	156 265	532 252
VIII	Guerrero	154 787	1 194	112	1 685	--	157 778
	Total	154 787	1 194	112	1 685	--	157 778
IX	Puebla	160 884	80 705	4 442	43 900	--	269 931
	Hidalgo	79 126	6 023	2 060	5 999	25	93 233
	Tlaxcala	31 664	--	661	2 965	--	35 290
	Total	271 674	86 728	7 163	52 864	25	418 454
Sin Región	Distrito Federal	10 352	74 795	--	917	--	86 074
	Querétaro	3 571	--	433	1 810	--	5 814
	Total	13 923	74 795	433	2 727	--	91 889
Total	5 839 788	2 590 894	164 413	494 744	224 545	9 315 384	
	62.70%	27.82%	1.76%	5.31%	2.41%	100%	

FUENTE: CNIF, con datos de la Dirección General de Normatividad Forestal SARH.

- * Posibilidad de emplear técnicas de preconstrucción y ensamble en forma industrial abatiendo tiempo costo.
- * Ligereza a través de sistemas constructivos mixtos que abaten el costo y el peso de la construcción, reduciendo la carga sísmica y el costo de las cimentaciones.
- * Menor costo integral de la construcción: La rapidez de la construcción, utilizando sistemas constructivos con madera, representan un menor costo financiero y permiten mayor rotación de los recursos disponibles.
- * Las ventajas económicas son máximas no solamente desde el punto de vista de la ganancia económica, sino desde el punto de vista de la ganancia política, ya que se puede dar soluciones masivas muy rápidas y convenientes.

Aportación del sector de la construcción al sector forestal.

- * Básicamente la generación de una gran demanda para las maderas de baja calidad. Si se utiliza masivamente madera de 3ra. y peor, se habrá de dinamizar el sector forestal en forma muy importante.
- * Se facilitará promover el cultivo del bosque y el aprovechamiento racional e integral, se ampliarían las alternativas económicas para las industriales y las campesinas y con ello, sin duda habrá mayores probabilidades de aspirar a

la permanencia del bosque, frenar la deforestación y contribuir a la protección ambiental.

Dinaminizando esta relación y trabajo conjunto, obtendríamos las siguientes ventajas:

- * Utilizar a la madera como elemento estructural junto con otros materiales para generar sistemas mixtos rápidos, baratos y seguros.

El sector forestal tendrá que hacer por su parte, mayores esfuerzos de modernización en productos y procesos como:

- * Producir maderas dimensionadas especialmente con medidas para la industria de la construcción, fijas y definitivas sin refuerzos, que se mantengan concientemente la precisión de las medidas comerciales tanto en grueso, ancho y largo.
- * Instalar extensivamente, secadoras o estufas en los aserraderos o en centrales de secado.
- * Instalar extensivamente impregnadoras de madera que permita la disponibilidad de bajo costo de maderas impregnadas, incluyendo retardantes de fuego, preservadores contra hongos, etc.

Mencionaremos otro campo de trabajo conjunto:

- * Para emplear la madera se requiere desarrollar proyectos de instalación simplificados y de operarios especializados, ni carpinteros, ni ebanistas, sino prácticos técnicos que tengan las herramientas y herrajes especializados y tiempos y mo-

vimientos especializados. Hay que formarlos, de acuerdo con los varios sistemas ya utilizados en la construcción con madera.

Resumiendo: El recurso y la industria forestal son ya un soporte a la industria de la construcción. Ante la oportunidad de ampliar los mercados, el reto es desarrollar una mayor comprensión y apoyo mutuo entre ambas partes. Con el propósito de beneficiar al final a los millones de usuarios potenciales que buscan vivienda económica.

1.3 LA MADERA COMO MATERIA PRIMA EN LA CONSTRUCCION.

Como ya se mencionó, la madera es un producto orgánico de origen vegetal, de composición y estructura bien definidas.

La madera se obtiene de los árboles, por lo que empezaremos a conocer a éstos.

Las partes fundamentales de un árbol son: Fig. 1.2.

Corteza.- La corteza exterior de un árbol lo protege de insectos y lesiones, la corteza interior es impermeable y retiene la savia.

Cambium.- Es una sustancia viscosa que se encuentra entre la corteza interior y la albura. Es donde se efectúa el crecimiento del árbol.

Albura.- Está formado por células vivas que llevan la savia desde las raíces al tronco. Es de color claro.

Corazón.- Cuando el árbol se hace viejo, las capas de albura gradualmente se convierten en el corazón. Las células del corazón están llenas con resinas y gomas que no tienen ninguna función.

Médula.- Es una sustancia suave que se encuentra en el centro del árbol. Cuando el árbol envejece, las células de alrededor se cierran tanto que a menudo en los árboles maduros ya no se encuentra médula.

Rayos Medulares.- Son una serie de células que parten del centro del árbol hacia el exterior del tronco. Distribuyen alimento horizontalmente a través del árbol y mantienen los anillos anuales juntos.

Anillos Anuales.- Cada anillo anual tiene dos secciones: Madera de Primavera y Madera de Verano, cada anillo completo representa un año de crecimiento. Todos los anillos son concéntricos.

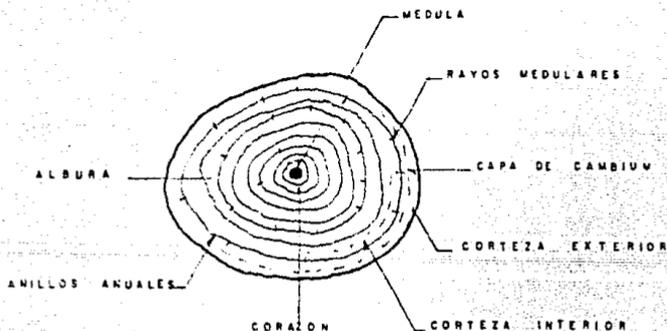


Fig. 1.2 Estructura de la Madera.

1.3.1. Obtención y transformación.

La madera se obtiene de los bosques y/o selvas, en forma de trozos, con maquinaria y equipo apropiado para su explotación y transporte, aunque ésta, en ocasiones, se realiza en forma muy rudimentaria.

Posterior a la tala, los trozos son transportados a los aserraderos para ser dimensionados.

Los métodos de corte (dimensionamiento), pueden ser: Tangenciales, radiales o una combinación de ambos, (ver Fig. 1.3).

El corte tangencial ofrece una textura grata, pero tienden a curvarse o alabearse y a desgastarse fácilmente. El Radial, proporciona una textura uniforme y con poca tendencia al alabeo y buena resistencia al desgaste, pero implica mayor dificultad en el corte y mayor desperdicio que el método tangencial.

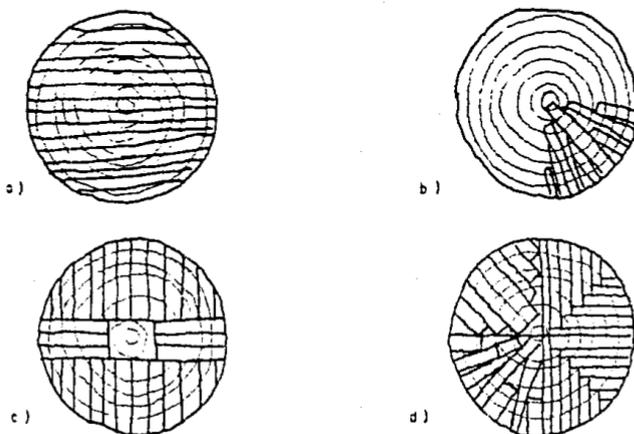


Fig. 1.3 Métodos de Corte.

I.3.2. Clasificación.

Por su procedencia, las maderas se pueden clasificar en dos grupos: Maderas Blandas y Maderas Duras.

Las maderas blandas provienen de árboles conocidos como coníferas, que tienen hojas en forma de agujas y las conservan todo el año, como el abeto, pino, pinabeto etc. Estas se usan generalmente para cimbras, construcción de casas, aislamientos, etc.

Por otra parte, las maderas duras provienen de árboles de hoja ancha. Debido a que estos árboles se desprenden de sus hojas en invierno, se conocen como árboles caducos o de hoja caduca. Estas especies, son las llamadas maderas preciosas, como la caoba, el cedro rojo, etc. Se utilizan generalmente para la fabricación de muebles.

Para su uso estructural y como materia prima en carpintería se le puede clasificar de acuerdo a la Norma DGN C18-1946 de la Secretaría de Industria y Comercio (Cuadro I.11), o alternativamente de acuerdo a las figuras I.4 y I.5 y las Tablas del Cuadro I.12 y I.13.

La Norma DGN C18-1946 clasifica a la madera en cinco grupos: madera selecta, madera de primera, madera de segunda, madera de tercera calidad y madera de desecho. La clasificación considera nudos, fisuras, bolsas de resina, etc. pero sin tomar en cuenta su localización con relación al trabajo estructural de la pieza.

Debido a estas deficiencias, se realizaron trabajos de investigación experimental para determinar los efectos que sobre la resistencia de la madera tiene un cierto número de defectos. En estas condiciones, se tienen cuatro calidades: V-75, V-65, V-50 y V-40. La calidad V-40 significa que la resistencia de esa madera está entre 40 y el 49 por ciento de la resistencia que tendría. Si careciera de defectos, la resistencia de una madera clasificada como V-50 es entre el 50 y el 64 por ciento de la correspondiente a madera sin defectos y así sucesivamente.

La madera blanda, que es la de uso más común en las construcciones se puede clasificar de la siguiente manera:

MADERA
BLANDA.
(Esta clasificación se aplica a la madera en bruto o cepillada. Los tamaños dados son normales.

MADERA COMERCIAL
(madera de grueso menor de 5 pulg. para aplicación general en las construcciones, que se clasifica según el uso de toda la pieza).

MADERA ESTRUCTURAL.
(madera de 5 ó más pulg. de grueso y ancho, excepto viguetas y tablonos clasificados de acuerdo con su resistencia y el uso a que se destina la pieza entera).

MADERA POR ELABORAR
(clasificada por el área de la pieza que se presta para hacer piezas cortadas de cierto tamaño y calidad).

LABRADA (de grueso no mayor de 4 pulg. y de ancho no mayor de 16 pulg.).

TABLAS COMUNES (de grueso menor de 2 pulg. y de una ó más pulg. de ancho.

ASERRADA COMUN (de 2 pulg. y menor de 5 pulg. de grueso y de 2 pulg. ó más de ancho.

VIGUETAS O TABLONES
(de 2 ó 4 pulg. de grueso y de 4 ó más de ancho).

VIGAS Y LARGUEROS
(de 5 pulg. ó más de grueso y 8 ó más de ancho).

POSTES Y MADERA
GRUESA (de 5x5 pulg. y mayor).

TABLONES PARA FABRICA.
Clasificados para puertas, marcos y otras piezas de 1 1/4" ó más de grueso y 5" ó más de ancho.

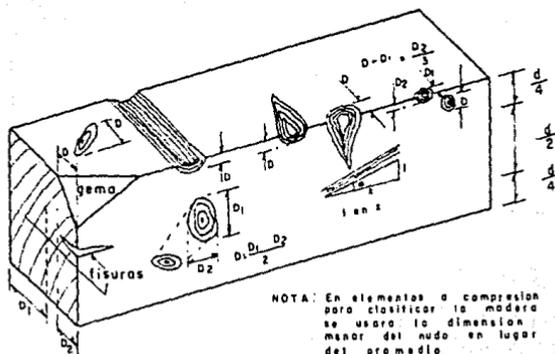
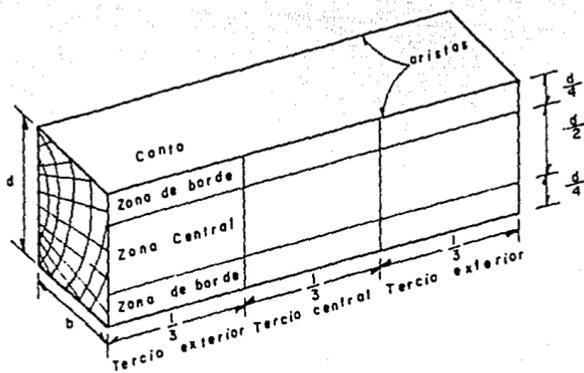
MADERA DE TALLER
Clasificada para cortar piezas en general.

TABLONES (de 2 ó 4 pulg. de grueso y de 8 pulg. ó más de ancho).
ALFARDAS (de 2 ó 5 pulg. de grueso y de anchura máx. de 6 pulg.)
VIGUETAS GRUESAS (de 4 pulg. de grueso y de 8 pulg. ó más de ancho).

CLASIFICACION Y ESPECIFICACIONES DE LA MADERA C-18-1946 DE LA DGN

GRADO	NUDOS	MANCHAS	BOLSAS DE RESINA	VETAS	GRIETA	RAJADURAS	TOLERANCIA EN DIMENSION	PARTES PODRIDAS	HUMEDAD MAXIMA	CAMBIO COLOR	AGUJEROS	TORCEDURAS
A. SELECTA	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	NO	10%		NO	NO
B. PRIMERA	2 mm. MAX.	NO		10 cms. MAX.	10 cms. MAX.	NO	30 a 1 100 x 100 a 400 ESP. 25 ANCHO 10 a 30 x 100 2400 ESP. 1.5 mm.	NO	15%	10 cms. MAX.		NO
C. SEGUNDA	SANOS TABLA II D? VECES NUDO MAX.	MEJOR DE 1/12 ANCHO = 1/16 LONG.	MAX. 5 mm. x 150 mm.		10 mm. MAX.	SOLO EXTREMOS	ESPESOR 2.5 y 5 mm. ANCHO 1 mm.	NO	20%	LIGERO EN CADA CARA	2 mm. a 6 mm. si	NO
D. TERCERA	SANOS TABLA II D ANCHO LA CARA ENFERMOS UNO x CARA		MAX. 10 mm. x 300 mm.	VETAS GRANDES AREA 1/4 SUPERF. TOTAL		MAX. 252 mm.		EN LOS EXTREMOS Y MENOR QUE ANCHO 6 y 1/6	20%	1/4 DE LA SUPERF. DE LA CARA	2 mm. TAB. Q' 2 VECES NUDO MAX.	19 mm.
E. DESECHO	NO CUMPLEN LAS ESPECIFICACIONES DE LA NORMA											

TIPO DE DEFECTO	CALIDAD V-75	CALIDAD V-65	CALIDAD V-50	CALIDAD V-40
Velocidad de crecimiento (minima)	16 anillos/5 cm	12 anillos/5 cm	8 anillos/5 cm	8 anillos/5 cm
Fisuras o grietas (maxima proyeccion sobre cada cara) y bolsas de resino	1/4 de la cara considerada	1/3 de la cara considerada	1/2 de la cara considerada	3/5 de la cara considerada
Desviacion de la fibra (no mayor de)	1 en 14	1 en 11	1 en 8	1 en 6
Gema en cada cara (no mayor de)	1/8 de la cara considerada	1/8 de la cara considerada	1/4 de la cara considerada	1/4 de la cara considerada



NOTA: En elementos a compresion para clasificar la madera se usara la dimension menor del nudo en lugar del promedio.

11. PROPIEDADES

Las propiedades de la madera dependen de su crecimiento, edad, contenido de humedad, clases de terreno y distintas partes del tronco, pero fundamentalmente de tres factores principales:

- a) La cantidad de elemento básico que forma las paredes celulares de la madera.
- b) La disposición y orientación de los materiales que forman la pared celular, que es la causa principal de la Anisotropía de la madera. Entendiendo como Anisotropía a la propiedad de las sustancias que presentan características diferentes según la dirección que se considere; o en otras palabras, la madera es un cuerpo que no posee idénticas propiedades físicas y mecánicas en todas sus direcciones.
- c) La composición química del elemento básico, la cual explica muchas diferencias cuantitativas en el comportamiento de la madera, ya que la variabilidad química actúa como modificador de los dos primeros factores.

11.1.- PROPIEDADES FÍSICAS.

Las Propiedades Físicas más importantes de las maderas son las siguientes:

- Contenido de humedad.

- Peso, densidad y gravedad específica.
- Contracción e hinchamiento.

Las cuales detallaremos enseguida:

II.1.1. Contenido de humedad.

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

El contenido de humedad (C.H.) es el porcentaje de agua que contiene la madera, en peso. Por ejemplo, dos kilogramos de madera con un C.H. de 100% tendrán un kilogramo de agua y un kilogramo de madera seca (Fig. II.1).

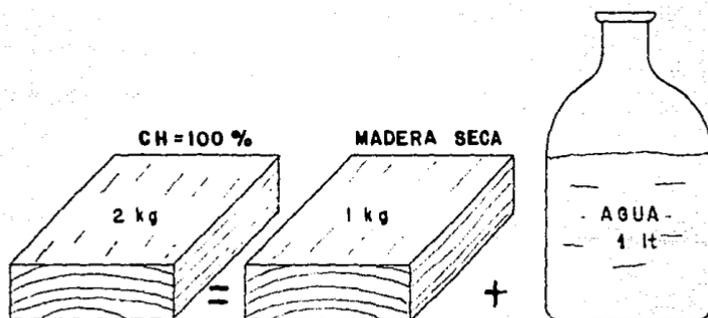


fig II-1 Contenido de agua en una pieza de madera con un CH = 100 %

Como la madera es Higroscópica (ávida de agua y sobre la cual se condensa fácilmente el vapor de agua atmosférico), absorbe o desprende humedad, según el medio ambiente. El agua libre desaparece totalmente al cabo de un cierto tiempo, quedando, además del agua de constitución, el agua de saturación correspondiente a la humedad de la atmósfera que rodee a la madera hasta conseguir el equilibrio, diciéndose que la madera está secada al aire.

La humedad de la madera varía entre límites muy amplios. En la madera recién cortada oscila entre 150 y 200%, y por imbibición puede llegar hasta 250 y 300%. En general, los árboles cortados en invierno, contienen más agua que los cortados en primavera.

La madera secada al aire contiene del 10 al 15% de su peso de agua, y como las distintas mediciones físicas están afectadas por el contenido de humedad, resulta de relevante importancia.

El contenido de humedad es la relación que existe entre el peso del agua de la madera respecto al peso anhidro de la misma, o sea:

$$\text{Contenido de humedad de la madera (en porcentaje)} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso de la madera anhidra}} \times 100$$

La que generalmente se usa en la construcción tiene contenidos de humedad del 7 al 50% aproximadamente, siendo la humedad media internacional del 15%.

Para el usuario de la madera resulta de mucha importancia conocer el contenido de humedad de ésta; a continuación se describe un método sencillo, confiable pero algo tardado: De la pieza de madera que se desea calcular el

contenido de humedad se corta una muestra de ancho de la pieza y de una longitud de 3 cms. en la dirección del grano, dicha muestra debe cortarse a no menos de 75 cms. de alguno de los extremos de la pieza. La muestra se pesa inmediatamente o se coloca dentro de una bolsa de polietileno, a fin de pesarla posteriormente. Se debe tener precaución de remover el aserrín y astillas que pueda tener la muestra antes de obtener su peso inicial.

La balanza con la que se efectúe la medición debe tener capacidad de más de 1000 gr. y una sensibilidad mínima de 0.1 gr.

Una vez pesadas las muestras se colocan en un horno a $102^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ hasta que tengan un peso constante, lo cual se determina pesando las muestras periódicamente. Por lo general, las muestras se secan en un mínimo de 48 hrs. Ya secas se pesan inmediatamente después de sacarlas del horno, con lo cual se determina su peso anhidro.

Este método de entre los sencillos es el más exacto, pero existen aparatos portátiles que en forma instantánea miden el contenido de humedad de una pieza de madera. Ciertos modelos se fundamentan en la característica de que en la madera la resistencia a una corriente eléctrica directa es un millón de veces mayor cuando es anhidra, que con un contenido de humedad de 30%. La resistencia que la madera saturada de humedad ofrece a una corriente eléctrica directa es alrededor de 50 veces menor que a un contenido de humedad de 30%.

La razón expuesta explica porque estos aparatos tienen la capacidad de medir la humedad de la madera con exactitud cuando ésta se encuentra abajo del punto de saturación de la fibra, pero arriba de este contenido de hume-

dad, la exactitud de medición es menor. Se ha observado que en el intervalo de 7 a 25% de humedad, cuando están adecuadamente calibrados y se usan correctamente, proporcionan lecturas con una exactitud de $\pm 1\%$.

La madera actúa como una resistencia en el circuito eléctrico del medidor. Por lo general, los electrodos son agujas que se clavan en ésta, orientadas de tal manera que el flujo de corriente sea paralela a las fibras. La corriente sigue el camino de menor resistencia, que es aquel que contiene mayor cantidad de humedad.

La longitud de las agujas que son intercambiables varía de acuerdo al grosor de la pieza de madera a la que se va a medir el contenido de humedad.

Estudios de la distribución de humedad en madera secada abajo del punto de saturación de la fibra han mostrado que el contenido de humedad promedio generalmente se encuentra a una quinta parte del grosor de la pieza, a partir de la superficie. La razón es porque las superficies pueden estar más secas o húmedas que el centro de la tabla, y si los electrodos se clavan a la distancia recomendada la lectura que se obtiene es la del contenido de humedad promedio. Es importante anotar que cada especie actúa un poco diferente a la de otra respecto a sus propiedades de conductividad eléctrica. Por lo tanto para emplear dicho medidor con exactitud, es indispensable que las lecturas que se obtengan con el se corrijan a fin de eliminar la variación entre especies. Estas correcciones pueden ser del orden de $\pm 3\%$.

Contenido de humedad en equilibrio.

La madera es un material higroscópico que toma o deja escapar humedad hasta que se balancea con la de la atmósfera. Este punto de balance se conoce como contenido de humedad en equilibrio. Durante la época de lluvias y en climas cálido-húmedos, la madera tiene contenidos de humedad en equilibrio superiores que en el tiempo de sequía o en climas cálido-secos. La fig. II.2 muestra como varía el contenido de humedad en equilibrio de la madera según la humedad relativa del medio ambiente. Esta variación se encuentra estrechamente relacionada con los cambios dimensionales de la madera y con su secado.

Punto de saturación de la fibra.

La humedad en la madera puede estar en los espacios intercelulares, lúmenes y dentro de las paredes celulares. Al secarse la madera, el agua que se encuentra en los lúmenes y espacios intercelulares es la primera en perderse. Cuando la humedad que queda es la que está dentro de las paredes celulares, se conoce como punto de saturación de la fibra, siendo el intervalo de valores para la madera en general de 18 a 34%. Como se verá, la mayoría de las propiedades de la madera cambia notablemente a contenidos de humedad inferiores al punto de saturación de la fibra.

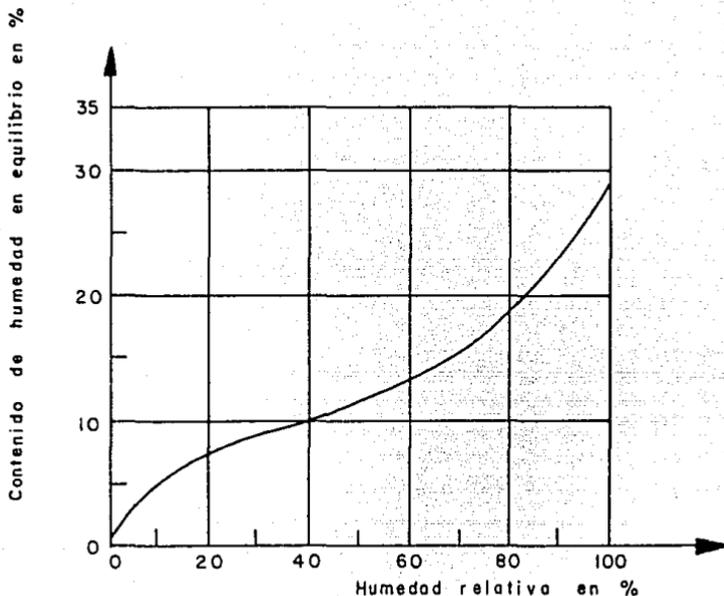


Figura II. 2: Relación del contenido de humedad en equilibrio de madera, con la humedad relativa de atmosfera a una temperatura de 32° C.

II.1.2. Peso, Densidad y Gravedad Específica.

La cantidad de elemento básico se calcula midiendo ya sea su peso, densidad o gravedad específica, siendo este sistema el más común y útil para predecir las propiedades físicas de la madera.

El peso es el más fácil de determinar. Puede definirse como el producto de la masa de la madera por la aceleración de la gravedad en el sitio donde se hace la medición. Por lo general, cuando se utiliza el peso para calificar una madera, se expresa en relación al volumen, o sea

que el índice que se usa es el de densidad-peso, que generalmente se expresa en (Kg/m^3) ó (Gr/cm^3) . El peso total de una muestra de maderas es la suma de los pesos de:

- a) Sustancia madera.
- b) Agua en las paredes celulares y espacios libres
- c) Extractivos.

Este último componente no es muy importante, ya que su contribución al peso total de la madera seca puede variar de una fracción a cerca de 25%. El agua en cambio si puede contribuir en forma notable al peso de la madera, llegando en algunas especies a más del 200%. De donde se deduce que los valores de densidad son de poco valor como índices de las características físicas de la madera si no establece el contenido de humedad al que se hizo la medición. Por ejemplo, la de balsa (una de las maderas más ligeras y frágiles que existen) puede tener la misma densidad cuando tiene cierta cantidad de humedad que la madera de palo de fierro cuando está totalmente anhidra y que es una de las más duras y resistentes que se conocen.

La Densidad real de las maderas es sensiblemente igual para todas las especies.

La densidad aparente varía no sólo de unas especies a otras, sino aún en la misma, con el grado de humedad y sitio del árbol, siendo más densa el duramen que la albura en la seca, y en la base y su parte más delgada que en el tronco, y para determinar la densidad media de un árbol hay que sacar muestras de varios sitios.

Como la densidad aparente comprende el volumen de los huecos y los macizos, cuanto mayor sea la densidad aparente de una madera, mayor será la superficie de sus ele-

mentos resistentes y menor el de sus poros. En la Tabla II.3 se muestran valores de densidades de algunas maderas mexicanas.

E S P E C I E	NOMBRE COMUN	DENSIDAD EN (GR/CM ³)	
		P.A.	V.V.
<i>Pinus Douglasiana</i>	Pino Blanco	0.45	
<i>Pinus Leiophylla</i>	Pino Chino	0.46	
<i>Pinus Michoacana</i> var <i>Cornuta</i>	Pino Lacio	0.45	
<i>Manickara Zapota</i>	Chicozapote	0.88	
<i>Maclura Tinctoria</i>	Mora Amarilla	0.71	
<i>Roseodendrom Donell - Smithij</i>	Primavera	0.39	
<i>Ceiba Patandra</i>	Ceiba	0.28	
<i>Enterolobium cyclocarpum</i>	Guanacastle	0.35	
<i>Guarea Glabra</i>	Cedrillo	0.52	
<i>Abies Religiosa</i>	Oyamel	0.38	
<i>Quercus Barvinervis</i>	Encino	0.71	
<i>Swietenia Macrophylla</i>	Caoba	0.40	

P.A. = Peso anhidro

V.V. = Volumen verde

TABLA II.3 Densidades de algunas maderas mexicanas.

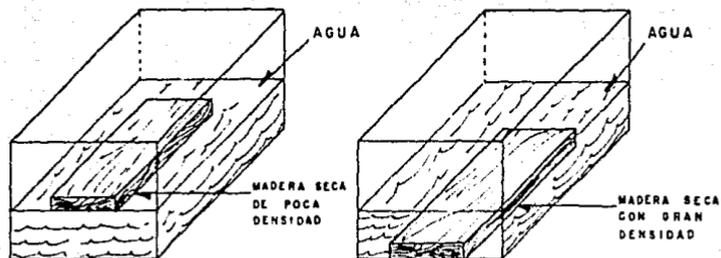


fig II 4: Densidad de la madera.

Se puede observar en la figura II.4 que si colocamos un trozo de madera dentro de un recipiente con agua, ésta se sumergirá si su densidad es mayor a la del agua y si no lo es, permanecerá en la superficie flotando.

Las maderas se clasifican por su densidad aparente en:

- a) Pesadas, si > 0.8
- b) Ligeras, si se encuentra entre 0.5 y 0.7
- c) Muy ligeras, si < 0.5

En general la variación de la densidad de la madera es muy amplia. La madera de balsa (*Ochroma Lagopus*) llega a tener densidades de 0.10 Gr/cm^3 (P.A. y V.V.) y el guayacan (*Gualacum Sanctum*) 1.30 Gr/cm^3 (P.A. y V.V.), la madera de pino que comúnmente se utiliza en la construcción tiene densidades que van de 0.40 a 0.50 Gr/cm^3 . La variación en densidades es muy grande, pues no sólo existe entre especies, sino también en árboles de la misma especie e inclusive dentro de éstos.

Como se mencionó, en el cálculo de la densidad la contribución del peso del agua en el peso total de la madera puede ser de gran importancia; además, el volumen de la madera puede variar de acuerdo con su contenido de humedad y, por lo tanto, también su densidad. Un ejemplo de esto puede ser el siguiente:

A una muestra de pino chino (*Pinus Leiophylla*) con cierto peso anhidro conocido, se le determina su densidad cuando está verde y cuando está anhidra, obteniéndose los siguientes resultados:

DENSIDAD (GR/CM^3)		CONDICIONES DE MEDICION	
0.45	(P.A. V.V.)	PESO ANHIDRO	VOLUMEN VERDE
0.51	(P.A. V.A.)	PESO ANHIDRO	VOLUMEN ANHIDRO

¿Cuál es la densidad de esta madera? ¿ 0.45 ó 0.51 Gr/cm^3 ? a un cuando la respuesta es que ambos valores, es muy importante mencionar las condiciones bajo las que se efectuarán mediciones, para que el resultado obtenido tenga utilidad. La razón por la que un valor es superior a otro

es que la madera al secarse hasta el estado anhidro se contrae y su volumen también se reduce, haciendo que su densidad sea mayor que cuando verde.

La gravedad específica en la madera se expresa comúnmente como la relación de la masa de la madera por unidad de volumen comparada con la masa de un volumen igual de agua. La gravedad específica no tiene unidades y en el Sistema Métrico Decimal los valores de densidad de la madera son equivalentes a los de gravedad específica, o sea que una madera que tiene una densidad de 1.13 Gr/cm³ (Peso anhidro volumen verde) tiene una gravedad específica de 1.13.

II.1.3. Contracción e Hinchamiento.

La madera al perder o ganar agua de las paredes celulares se contrae o aumenta de dimensión respectivamente, de lo que se deduce que los cambios dimensionales de la madera únicamente ocurren cuando su contenido de humedad varía abajo del punto de saturación de la fibra, a su vez esta variación se origina por la propiedad de la madera de llegar a tener un contenido de humedad en equilibrio con la humedad relativa de la atmósfera que la rodea. La expresión que se usa para valorizar las contracciones de la madera es la siguiente:

$$\text{Cambio Dimensional en \%} = \frac{\text{Dimensión 1} - \text{Dimensión 2}}{\text{Dimensión 1}} \times 100$$

Donde:

Dimensión 1.- Es la dimensión de mayor magnitud, la cual generalmente es la que la muestra tiene cuando su contenido de humedad es superior al punto de saturación de la fibra.

Dimensión 2.- Es la dimensión menor, que por lo general es la que la muestra tiene cuando su contenido de humedad es inferior al punto de saturación de la fibra.

De una manera simplista puede decirse que las paredes celulares se contraen porque al perder humedad las moléculas de agua que se encuentran entre las cadenas de celulosa y hemicelulosas tienden a salir causando un acercamiento entre cadenas. El reverso del proceso provoca que la madera aumente en dimensiones.

En la Fig. 11.5 se muestra en forma de diagrama la relación que existe entre contenido de humedad abajo del punto de saturación de la fibra y las contracciones. Es interesante notar que esta relación es lineal, también se ha encontrado que conforme aumenta la densidad de la madera, la magnitud de sus contracciones también se incrementa, aunque existen algunas excepciones.

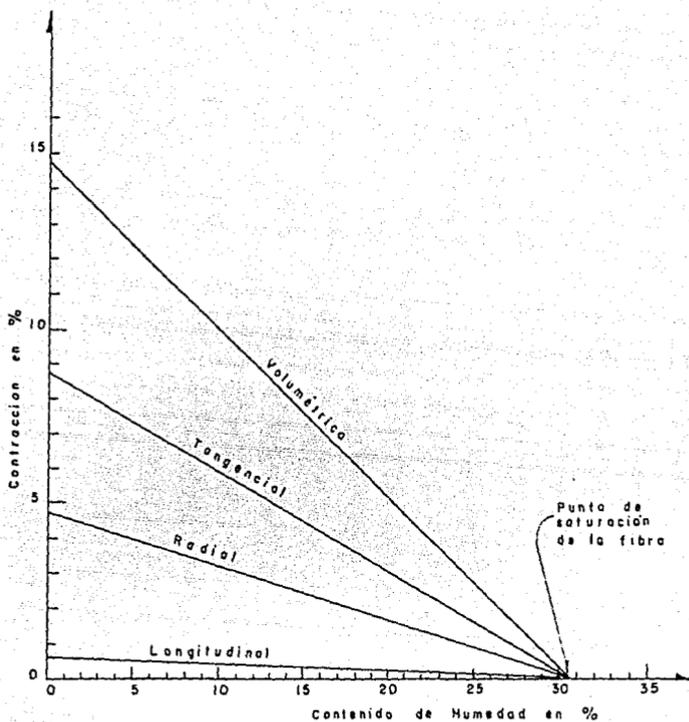


fig. II. 5.- Diagrama de Relación Contracción-Contenido de Humedad, para las tres direcciones de la madera.

11.2. PROPIEDADES MECANICAS.

Desde el punto de vista mecánico la madera ofrece diversas ventajas. Si se compara madera y acero estructural con bajo contenido de carbón, podemos observar que para pesos iguales de ambos materiales, la madera es 16 veces más eficiente que el acero en flexión estática. La razón principal de esto estriba en el hecho de que conforme la densidad de un miembro decrece, el volumen, el área transversal y su momento de inercia aumenta.

Para emplear adecuadamente la madera en la construcción es indispensable tener presente que es un material anisotrópico y que como tal sus propiedades en general, específicamente las mecánicas varían según la orientación de las fibras que tengan los esfuerzos que actúan sobre el miembro. Como la madera tiene tres ejes principales (Fig. 11.6) longitudinal, tangencial y radial, las propiedades mecánicas son diferentes en dirección de cada uno de estos ejes aún cuando en muchas ocasiones estas diferencias entre el radial y el tangencial son mínimas, por lo que se ha optado por hablar únicamente de las resistencias mecánicas en dirección paralela y en dirección perpendicular a las fibras. A continuación se describen las principales características de estas resistencias.

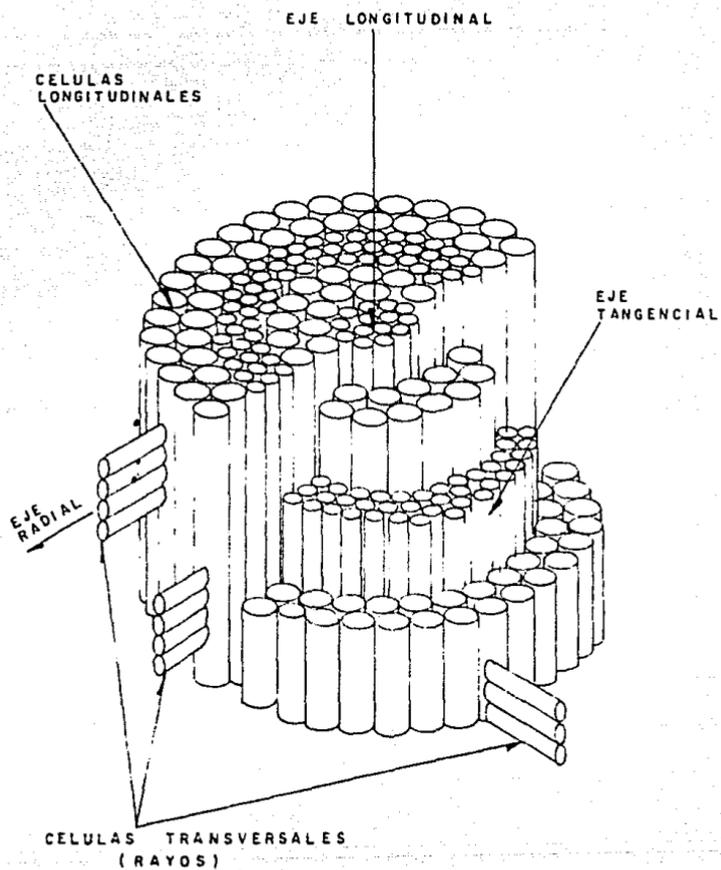


figura II 6.- Representación esquemática de la estructura de la madera.

ralización. Por lo regular, los valores que se determinan únicamente indican la resistencia de la madera en tensión, sin diferenciar si corresponde a la superficie radial o tangencial.

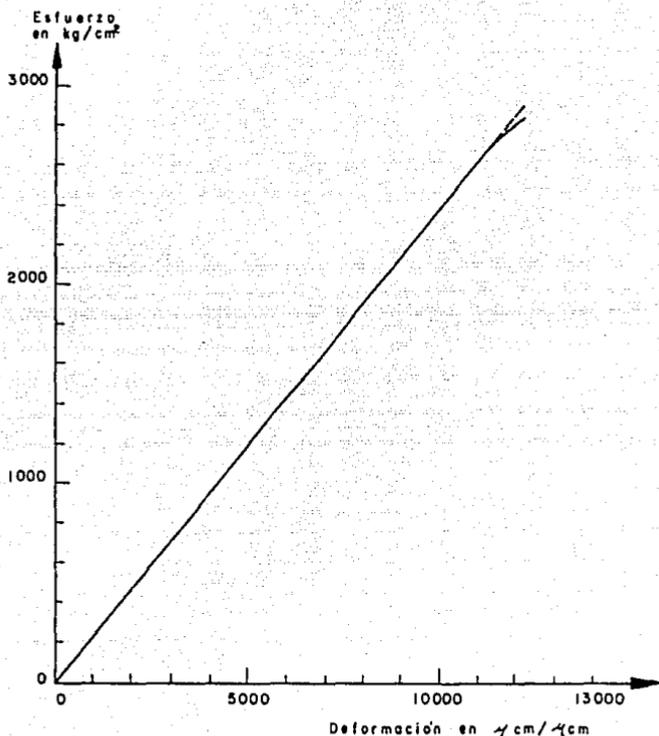


Figura 11.7.- Grafica esfuerzo-deformación de una probeta ensayada en tensión II, de 0.98 DA y VV de gravedad específica y contenido de humedad de 11.37 %

11.2.2. Resistencia a la compresión.

11.2.2.1. Compresión paralela a las fibras (C II).

Los ensayos de laboratorio para determinar esta característica se hacen sobre pequeños prismas o cilindros. En la Fig. 11.8 se presenta una gráfica esfuerzo-deformación de una probeta ensayada en compresión paralela a las fibras. En contraste de T II, el límite de proporcionalidad está bien definido y la porción plástica de la curva es mayor. Aunque las resistencias son diferentes para ambas características, los módulos de elasticidad son iguales.

Por lo general, el esfuerzo al límite de proporcionalidad es de 75% del esfuerzo al momento de la ruptura para madera de latifoliados, y de 80% para madera de coníferas. La resistencia a compresión en la dirección paralela a las fibras es de 3 a 10 veces mayor que en la dirección perpendicular. El intervalo de valores de esfuerzo al momento de la ruptura cuando la madera tiene un contenido de humedad de 10% se estima que es de 100 a 1600 kg/cm², aunque la mayoría de las especies tiene valores de alrededor de 500 kg/cm².

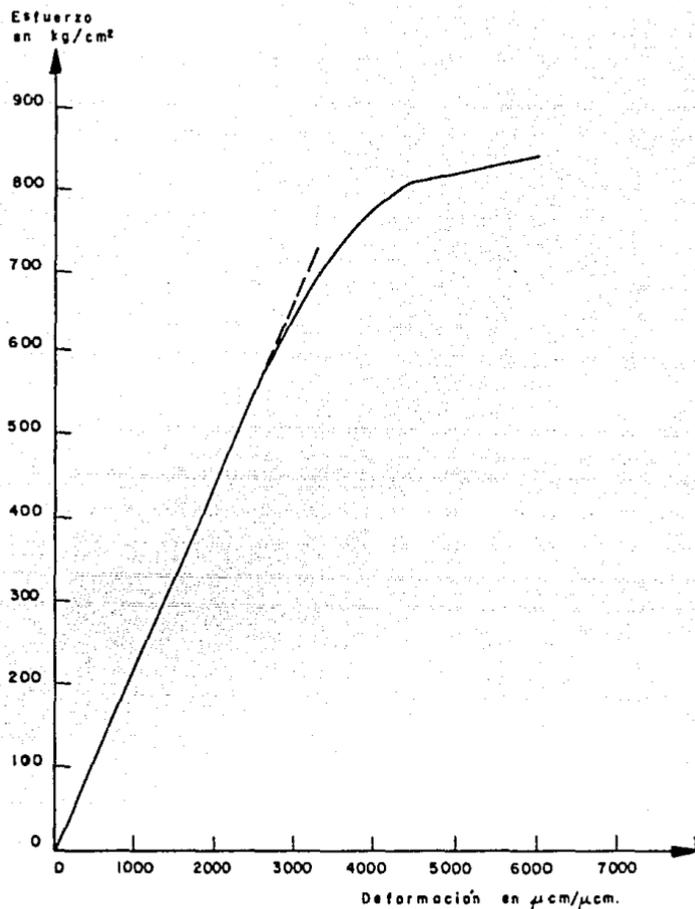


Figura II.8 Gráfica esfuerzo-deformación de una probeta ensayada en compresión II. de 0.98 P.A. y V.V. de gravedad específica y contenido de humedad de 7.90 %

II.2.2.2, Compresión perpendicular a las fibras. (C \perp).

Esta característica está íntimamente relacionada a la dureza y resistencia al corte perpendicular a las fibras. Experimentalmente, el esfuerzo al límite de proporcionalidad (que es el máximo esfuerzo que la muestra puede soportar sin sufrir deformación permanente) es el único que se determina.

Cuando una muestra se comprime perpendicularmente a las fibras, la tendencia es la de compactar las fibras e incrementar la densidad conforme va aumentando la carga, razón por la cual se puede decir que el máximo esfuerzo es imposible de determinar (Fig.II.9).

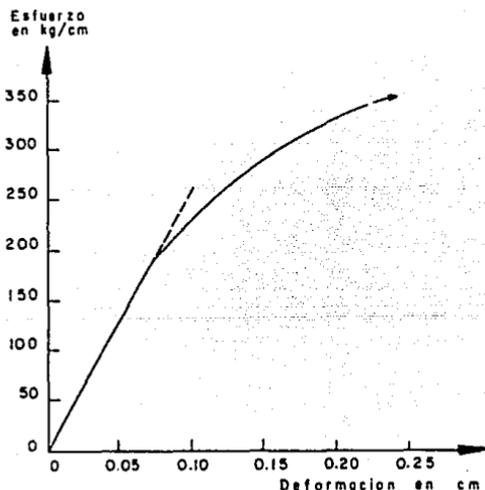


Figura II. 9:- Gráfico esfuerzo-deformación de una probeta ensayada en compresión de 100 PA. y V.V. de gravedad específica y contenido de humedad de 31.93 %

Se ha observado que cuando en una muestra la relación que existe entre el área de carga y el área libre de carga disminuye, aumenta el esfuerzo al límite de proporcionalidad. La razón es que existe una contribución de las fibras adyacentes en la región libre de carga, mediante una acción de viga cantiliver que tiende a incrementar la resistencia de la madera sobre los valores que se obtienen cuando la muestra se carga sobre toda la superficie y no existe área libre de carga. Entre las maderas mexicanas pueden encontrarse especies con valores de 22 a 225 kg/cm² a un contenido de humedad cercano a 12%.

11.2.3. Resistencia al cortante (corte paralelo a la fibra).

Cuando se impone a la madera un esfuerzo cortante en dirección perpendicular a las fibras, su resistencia es muy grande y nunca sucede ruptura en el plano transversal, ya que esta únicamente se presenta en compresión perpendicular a las fibras o en corte paralelo a las mismas.

Dicha resistencia no se ve afectada por la orientación de la superficie de ruptura respecto a los anillos de crecimiento. Si existen pequeñas rajaduras en la sección radial, es de esperarse que con esta orientación la resistencia sea menor que en línea tangencial.

En maderas mexicanas con un contenido de humedad de aproximadamente 12% tienen un rango de resistencia de 40 a 194 kg/cm².

11.2.4. Resistencia a la flexión.

Para flexión estática los valores de resistencia que generalmente usamos son: el de esfuerzo al momento de

ruptura, esfuerzo al límite de proporcionalidad, módulo de elasticidad y trabajo hasta el límite de proporcionalidad. La fig. II.10 presenta una gráfica de carga-deformación en una muestra de pino. El límite de proporcionalidad está bien marcado y una vez que se llega a la carga máxima la muestra se sigue deformando paulatinamente conforme la carga disminuye, o sea que generalmente en flexión estática la fractura total en la madera no es instantánea sino que se desarrolla poco a poco. Cuando el contenido de humedad es cercano a 12%, las especies mexicanas tienen un intervalo de esfuerzos al momento de la ruptura de 300 a 2100 kg/cm² y de módulo de elasticidad de 40,000 a 300,000 kg/cm². Se estima que la madera nacional de pino tiene valores de módulo de elasticidad de 100,000 kg/cm², y de esfuerzo al momento de la ruptura de 850 kg/cm².

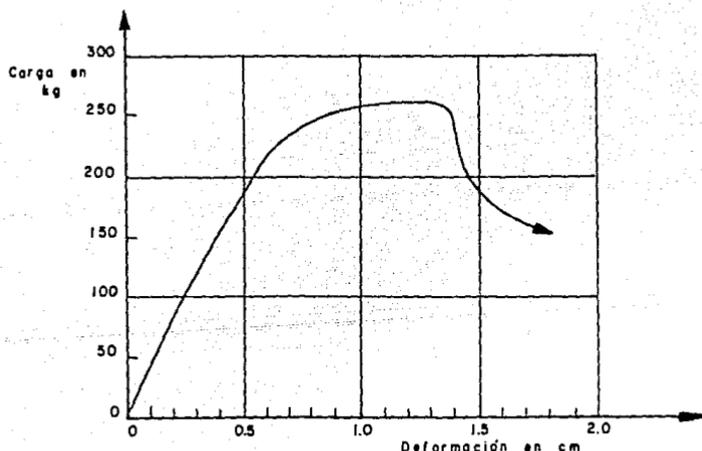


Figura II.10.- Gráfica carga-deformación de una probeta de pino ensayada en flexión estática. Pino blanco de 0.42 P.A. y V.V. de gravedad específica y contenido de humedad de 12.5 %

II.2.5. Dureza.

Los valores de dureza indican la resistencia que tiene la madera a indentarse es decir a astillarse. También pueden emplearse como indicadores de la resistencia a la abrasión. Existen varias pruebas normalizadas de dureza, habiéndose ensayado la mayoría de las maderas por el método Janka, el cual consiste en introducir en la madera una esfera de acero de un diámetro de 0.444 pulg. hasta una profundidad de 0.222 pulg. La carga necesaria para introducirla y la profundidad especificada es el valor de dureza.

La dureza en las superficies radial o tangencial es prácticamente igual; sin embargo, la que se presenta en la transversal es por lo general mayor que la lateral.

Maderas mexicanas con contenidos de humedad cercanos a 12% tienen rangos de dureza en las superficies laterales de 109 a 1548 kg. y en las transversales de 152 a 1550 kg. las maderas nacionales de pino aproximadamente tienen una dureza lateral de 360 kg y transversal de 460 kg.

II.2.6. Resistencia al choque.

La madera es más resistente a una carga de impacto que a una aplicada estáticamente, siendo en flexión 50 a 60% más resistente al choque. Generalmente esta característica se estima midiendo el trabajo necesario para romper una muestra. Existen varios métodos aprobados internacionalmente cuyos resultados no son comparables entre sí. La gran mayoría de las maderas del Continente Americano se han probado. El intervalo de valores para las especies mexicanas puede considerarse entre 0.30 a 4.0 kg-m/probeta.

Las pruebas de flexión estática también son importantes pues se obtienen datos sobre trabajos que van hasta el límite de proporcionalidad, hasta la carga máxima y hasta la ruptura total, los cuales indican la resistencia relativa de la madera al choque. El trabajo hasta el límite de proporcionalidad indica el choque o energía que la madera puede absorber sin que sufra deformaciones permanentes cuando se aplica una carga estáticamente; el trabajo hasta la carga máxima indica la energía que puede asimilar sufriendo una pequeña o gran deformación permanente, y el trabajo total la resistencia al choque hasta la fractura total.

II.2.7. Flujo (Creep).

Una manifestación no estática de la madera es el flujo, que básicamente consiste en un incremento de deformación con el tiempo cuando se mantiene la carga constante. Este fenómeno es de primordial importancia en la construcción, y se ha venido estudiando intensamente durante los últimos años, aún cuando no se ha obtenido evidencia experimental acerca de cuál es el nivel de carga crítica que la madera puede soportar indefinidamente. Existen varias pruebas de flujo, de las cuales se están obteniendo datos experimentales, pero aún se considera que es necesario más tiempo para llegar a determinar los rangos pertinentes en cuanto a la aplicación de un esfuerzo y el flujo experimentado.

II.2.8. Relajamiento de esfuerzos.

Otro fenómeno inelástico que presenta la madera es el de relajamiento de esfuerzos. Esto sucede cuando se mantiene una deformación constante y se nota que el esfuerzo necesario para mantener dicha deformación disminuye o se

relaja con el tiempo. Es lo opuesto al fenómeno de flujo, las figs. II-11, II-12, II-13 y II-14 muestran el relajamiento de esfuerzo de varias especies tropicales en compresión paralela ($C \parallel$) y tensión paralela ($T \parallel$) a bajos y altos niveles de deformación y con un contenido de humedad constante de 12%. Se puede observar que el relajamiento es mayor en compresión que en tensión, y que cuando la deformación constante es pequeña, el relajamiento no aumenta después de poco tiempo, mientras que a grandes deformaciones el relajamiento de esfuerzos continúa por más de 480 min. En la construcción el flujo es mucho más importante que el relajamiento de esfuerzos, ya que la mayor influencia de este último está en las uniones a base de herrajes.

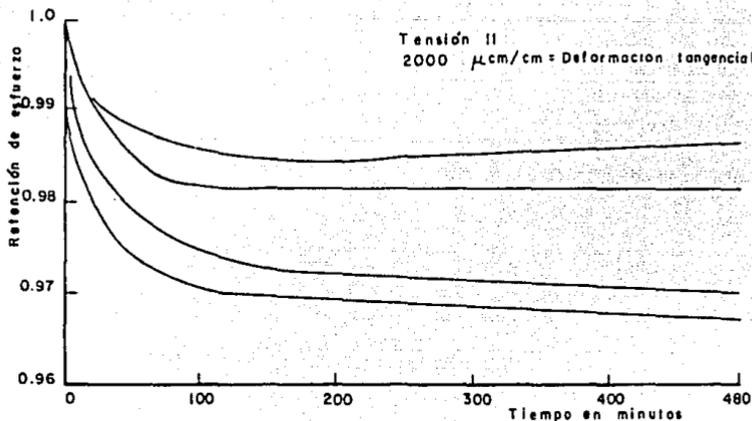


Figura II.11.- Retención de esfuerzo en compresión II como función de --- tiempo con una deformación de 1000 $\mu\text{cm/cm}$

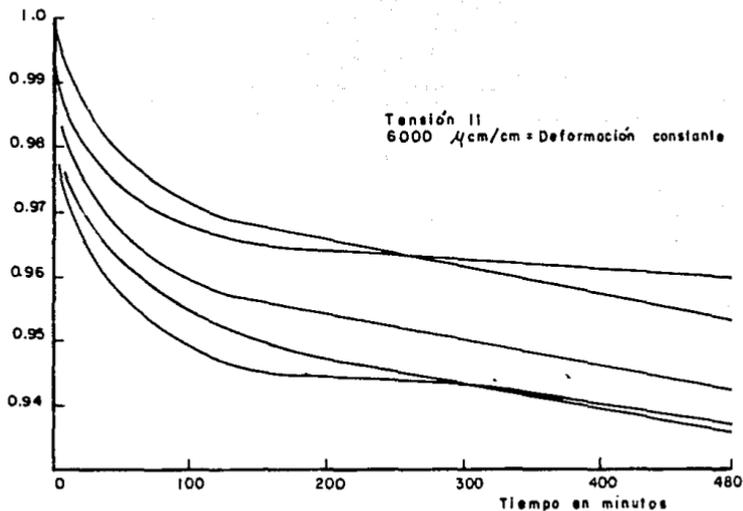
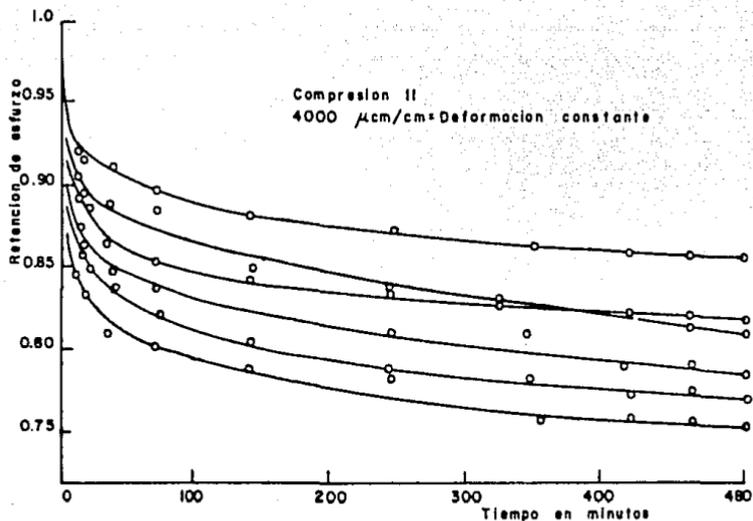
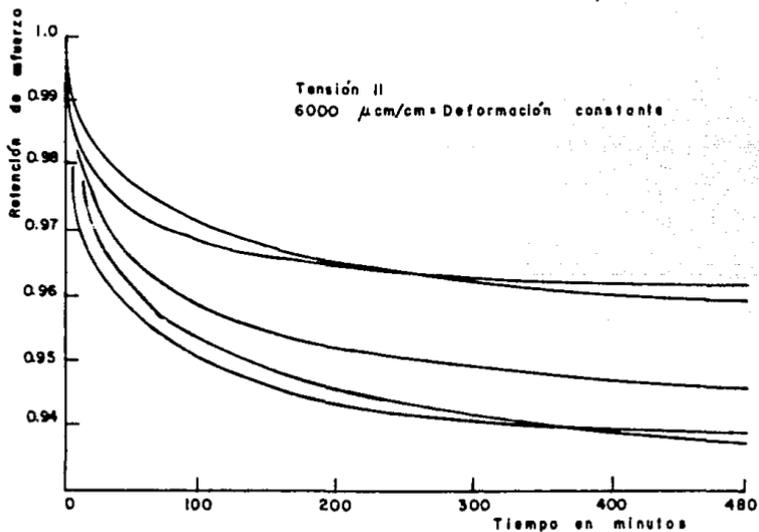


Figura II.12.- Retención de esfuerzo en compresión II como función de --- tiempo con una deformación constante de 4000 $\mu\text{cm/cm}$.



Figuro II. 13.- Retención de esfuerzo en tensión II como función de tiempo con una deformación constante de 2 000 $\mu\text{cm/cm}$.



Figuro II. 14.- Retención de esfuerzo en tensión II como función de tiempo con una deformación constante 6000 $\mu\text{cm/cm}$.

II.2.1. Resistencia a la tensión.

II.2.1.1. Tensión paralela a las fibras (T ||).

La resistencia de la madera en tensión paralela a las fibras es la más alta de todas las resistencias de este elemento. En la Fig. II.7 se presenta un diagrama de carga-deformación de una muestra de madera en tensión paralela a las fibras. Cabe hacer notar que la deformación es proporcional a la carga prácticamente hasta la carga máxima, y que el límite de proporcionalidad no está bien definido. La madera tiene una deformación plástica mínima cuando se sujeta a esfuerzos de tensión paralela a las fibras.

Comúnmente la resistencia en tensión paralela a las fibras puede ser 40 veces mayor que perpendicularmente a ellas. Por lo regular se entiende que los resultados de pruebas de flexión estática (esfuerzo al momento de la ruptura) valorizan conservadoramente la madera en T ||. Existen maderas de alta densidad que con un contenido de humedad de 12% tienen resistencia en T || un poco mayor de 3000 Kg/cm², y maderas de baja densidad de 300 Kg/cm².

II.2.1.2. Tensión perpendicular a las fibras. (T ⊥).

La resistencia de la madera en tensión perpendicular se determina midiendo el esfuerzo necesario para producir ruptura. Esta característica es importante en el diseño de uniones, ya que la acción de pernos sobre la madera puede ser en compresión. Cuando la superficie de ruptura es tangencial, la resistencia es un poco mayor que cuando es radial, aunque existen notables excepciones a esta gene

II.2.9. Factores que afectan las características mecánicas de la madera.

Siendo la madera un material natural de estructura compleja, higroscópica y anisotrópica, es de esperarse que varios factores afecten de manera importante sus características, ya que las que normalmente se incluyen en tablas y manuales, por lo general se refieren a maderas libres de defectos. A continuación veremos la importancia que representan los defectos que afectan la resistencia mecánica de la madera, los cuales se subdividen en:

- a) Naturales, que son los que se forman cuando el árbol está en pie de los cuales de manera breve se describirán a continuación.

Nudos. Son los defectos naturales más comunes e importantes, ya que se trata de porciones de ramas que quedan incluidas dentro de la madera al crecer el árbol en diámetro. Mientras la rama permanece viva el nudo que se forma es fijo, o sea que existe una continuidad entre la madera adyacente y la del nudo. Al morir la rama, permaneciendo en el árbol, el nudo que se forma es suelto, ya que no existe continuidad entre la madera adyacente y el nudo.

Generalmente los nudos sueltos tienden a caerse de las tablas cuando éstas se secan a un bajo contenido de humedad. En ambos tipos de nudos se produce el efecto detrimental de la desviación de las fibras en sus cercanías. Recordemos que la madera es menos resistente en la dirección perpendicular a las fibras que en la paralela, de ahí que pueda explicarse porque los nudos reducen la resistencia de la madera. Especialmente los nudos flojos actúan

como reductores de área de resistencia, ya que en ese lugar se supone que existe un orificio.

Madera de reacción. Si un árbol crece inclinado y es conífera, la madera que se forma en el lado inferior es madera de reacción llamada de compresión si es latifoliada la madera de reacción se forma en la parte superior del tronco y se le llama Tensión. Hasta hace algunos años a la de reacción se le llamaba anormal, porque se creía que eran pocos los árboles con esta característica; sin embargo, se ha visto que este defecto es más común de lo que se creía y que un gran porcentaje de los árboles tienen alguna porción con madera de reacción.

Desviación de la fibra. El grano espiralado es una forma de desviación de la fibra. Por razones desconocidas algunos árboles de muchas especies crecen de tal manera que sus fibras están orientadas en espiral a lo largo del tronco. Por lo tanto, al aserrarse el producto resultante es defectuoso por presentar grandes desviaciones en dirección de las fibras, especialmente, si se recuerda que la madera es más resistente en la dirección paralela que en la perpendicular a las fibras.

Las maderas tropicales tienen el grano entre lazado o trenzado. Desde el punto de vista de resistencia este defecto no es muy importante, lo mismo que el grano ondulado que también es característica de maderas tropicales.

Bolsas de resina. Existen varios defectos menos importantes desde el punto de vista de reducción de la resistencia de la madera: Las bolsas de resina, que consisten en cavidades entre anillos de crecimiento, los cuales por lo regular contienen resina y en ocasiones también pedazos de corteza. El efecto sobre la resistencia depende de la abundancia, tamaño y localización de las cavidades de la pieza de madera. El efecto se puede comparar al de una pequeña hendidura como las que pueden aparecer en el proceso de secado. Otro defecto menor son las acumulaciones de resina dentro de las células, las cuales forman zonas irregulares y listones en la madera. Desde el punto de vista de resistencia, este defecto no es importante pero en su apariencia si lo es, ya que es difícil de barnizar o pintar.

- b) Artificiales. Que son los causados por falta de cuidado durante los procesos de aprovechamiento de la madera, aunque se pueden eliminar o reducir conociendo su origen y ejerciendo un control de calidad adecuado; enseguida los describimos brevemente.

Desviación de fibra. Es uno de los más comunes y se origina al aserrar mal el árbol o al volver aserrar las tablas sin precaución alguna para que las fibras corran paralelamente a los cantos y superficies de las piezas elaboradas. Como se aprecia en la fig. II.15 la desviación de la fibra puede ser en un plano, A o B o simultáneamente en dos planos C.

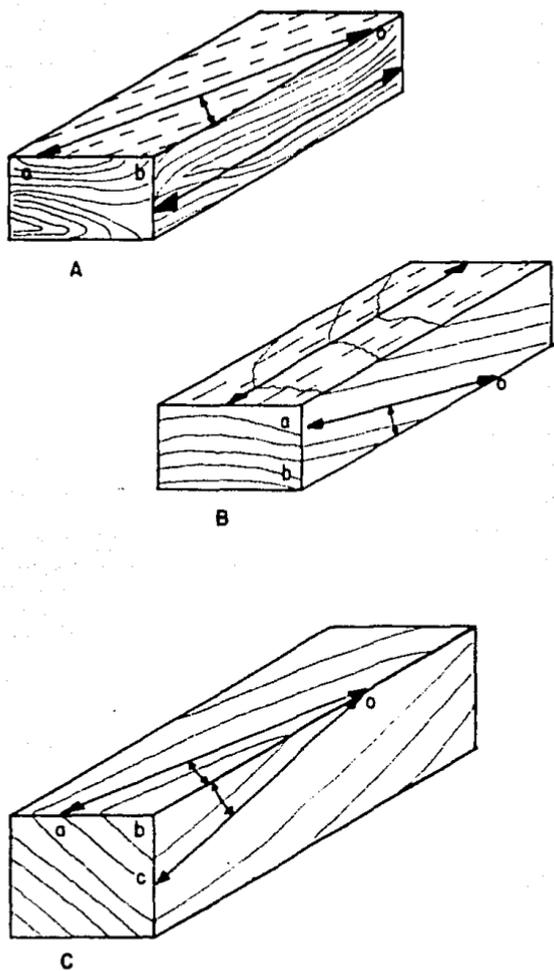


Figura II. 15: Esquemas de piezas de madera con desviación de la fibra
A y B en un plano, y C en dos planos

Grietas. Este defecto por lo regular aparece durante el proceso de secado y su magnitud y frecuencia depende primordialmente de la especie, tamaño de la pieza y precauciones durante el secado. La causa principal de este defecto es la diferencia en contracciones que existe entre las direcciones radial y tangencial. En el caso de flexión estática el efecto sobre la resistencia depende mucho sobre la localización de las grietas, ya que entre más cerca estén del plano neutral donde el corte es máximo su efecto es mayor; en las superficies donde los esfuerzos de tensión y compresión son máximos, los efectos de las grietas son poco importantes.

Colapso. Este defecto aparece especialmente cuando la madera está muy húmeda y se seca en estufa a temperaturas muy altas. Las porciones internas de la pieza se colapsan dándole una apariencia irregular. Este defecto es de los más severos y vuelve inservible a la pieza para la construcción.

Apanalamiento. Consiste en cavidades internas que se producen cuando la madera falla en dirección perpendicular a las fibras durante el secado en estufa al utilizar temperaturas demasiado altas, mientras que el contenido de humedad de la porción interna de la pieza todavía está por arriba del punto de saturación de la fibra.

Alabeos. También se originan durante el secado, por lo que con suficientes precauciones se pueden eliminar o minimizar. Se distinguen cuatro tipos principales de alabeos: alabeos de canto o sea cuando una pieza se distorsiona de tal manera que

aunque permanece plana, sus cantos se desvían de una línea recta entre un extremo y otro (fig. II.16a). El arqueamiento es un alabeo similar al de canto pero en este caso la pieza no permanece plana sino que la distorsión tiende a pandearla en tanto que los cantos permanecen paralelos a una línea recta entre los dos extremos (fig. II.16b). Un tercer tipo de alabeo es el acanalamiento, que es cuando la pieza no permanece plana en el sentido transversal y tiende a formar un canal (fig. II.16c). El último tipo de alabeo importante es el espiralado, o sea cuando las cuatro esquinas de una pieza no están en el mismo plano (fig. II.16d). Cualquiera de estos alabeos se consideran defectos ya que para eliminar las distorsiones es necesario remover material. En ocasiones la severidad del defecto es tal, que hace a la pieza prácticamente inservible para la construcción y muchos otros usos.

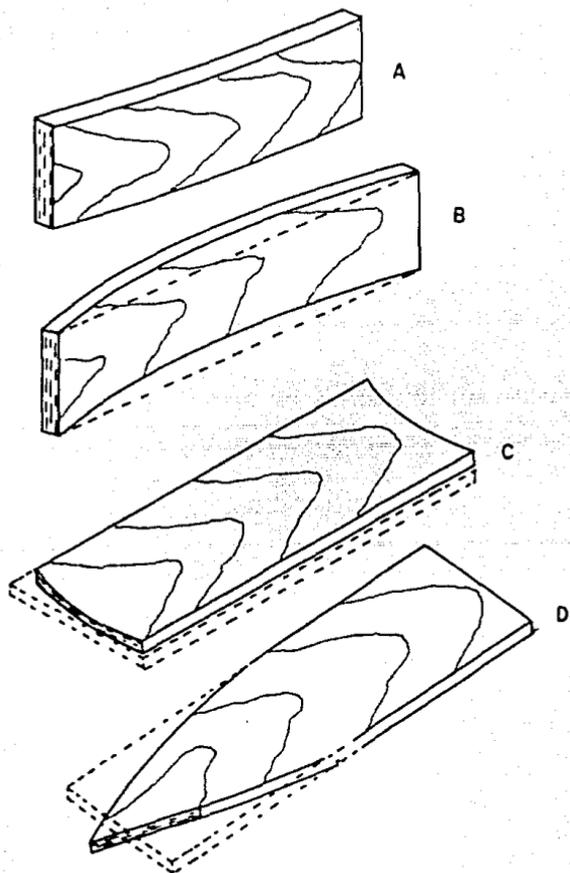


Figura II.16.- Esquema de alabeos: A alabeo de canto, B arqueamiento, C acanalamiento y D espiramiento

II.3 OTRAS PROPIEDADES IMPORTANTES.

Aquí nos referiremos brevemente a tres tipos de propiedades características de la madera, las cuales son:

- Propiedades térmicas (expansión y conductividad térmica).
- Propiedades acústicas (aislamiento y absorción de sonido).
- Propiedades eléctricas (conductividad eléctrica).

II.3.1. Propiedades térmicas.

Entre las grandes ventajas que la madera tiene sobre otros materiales de construcción están las propiedades térmicas.

- a) Expansión térmica. Como la madera es un material anisotrópico es natural que sus coeficientes de expansión térmica varíen según los ejes principales.

La expansión térmica de la madera es mínima, en la dirección longitudinal en tanto que en direcciones tangencial y radial es de 10 a 15 veces mayor. En la gran mayoría de los casos la expansión térmica de la madera no se toma en cuenta por tener valores bajos o porque los cambios dimensionales causados por variaciones de humedad son de mayor magnitud y encubren los térmicos. Es importante considerar las expansiones térmicas en estructuras de grandes

claros, o en donde están sujetas a grandes cambios de temperatura. El coeficiente de expansión térmica lineal varía directamente con la densidad de la madera, en especial en las direcciones radial y tangencial.

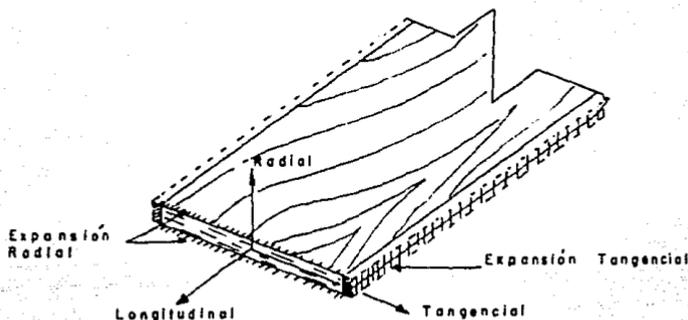


Figura. 11. 17.- Expansión térmica de la madera.

La siguiente fórmula se puede utilizar para determinar los cambios dimensionales de la madera a causa de alteraciones en la temperatura.

$$\Delta L = \alpha L_i \Delta T$$

Donde:

- ΔL Cambio dimensional lineal en cms.
- α Coeficiente de expansión lineal $\frac{1}{^{\circ}C}$
- L_i Dimensión lineal inicial en cms.
- ΔT Cambio de temperatura sufrida, en $^{\circ}C$

En la siguiente tabla se muestran los coeficientes de expansión térmica lineal de algunas maderas y materiales de construcción.

COEFICIENTES DE EXPANSION TERMICA LINEAL $\times 10^{-6}$				
MATERIAL				
ALUMINIO	23.0			
BRONCE	18.80			
ACERO DURO	13.20			
COBRE	16.80			
VIDRIO	8.0			
CONCRETO	9.90			
CEMENTO PORTLAND	12.60			
TABIQUE	6.10			
MADERAS		GRAV. ESPEC. P.A. y V.A.	PARALELO A LAS FIBRAS	PERPENDICULAR A LAS FIBRAS
ABETO		0.51	3.16	42.70
PINO BLANCO DEL ESTE		0.39	3.65	63.60
ARCE		0.68	3.82	35.30

P.A. PESO ANHIDRO

V.A. VOLUMEN ANHIDRO

- b) Conductividad Térmica. La madera es un buen aislante térmico y su baja conductividad térmica la ha hecho un elemento preferido de construcción.

Para medir la conductividad térmica de los materiales se calcula el coeficiente (λ) que se define como la energía térmica (Q) por unidad de tiempo (t) que fluye a través del grosor (s) de una muestra de material con dos caras de superficie (A) cada una sujeta a una diferencia constante de temperatura entre las dos caras de ($T_2 - T_1$)

$$\lambda = \frac{Q \cdot s}{A \cdot t (T_2 - T_1)} \quad \frac{\text{k cal}}{\text{M seg}^\circ\text{C}}$$

La conductividad térmica en la dirección radial es de 5 a 10% mayor que en la tangencial. En la dirección longitudinal (a contenidos de humedad de 6 a 15%) es de 2.25 a 2.75 veces mayor que en las direcciones transversales. Un aumento en la densidad o en el contenido de humedad y hasta cierto punto de temperatura traen como consecuencia incrementos en la conductividad térmica de la madera.

Las siguientes fórmulas se pueden usar para estimar la conductividad térmica de la madera perpendicularmente a las fibras a diferentes densidades y contenidos de humedad:

Para contenidos de humedad inferiores a 40%:

$$K = (53 \times 10^{-6} + 1.07 \times 10^{-6} \text{ CH}) \text{ GE} + 6.3 \times 10^{-6}$$

Para contenidos de humedad superiores a 40%:

$$K = (53 \times 10^{-6} + 1.45 \times 10^{-6} \text{ CH}) \text{ GE} + 6.3 \times 10^{-6}$$

Donde:

- K - Conductividad térmica k-cal/M/M¹°C/seg.
- CH - Contenido de humedad, en porcentaje (%)
- G.E- Gravedad específica, peso anhidro y volumen actual.

En la siguiente tabla se muestran valores de conductividad térmica de diversos materiales empleados en la construcción.

COEFICIENTE DE CONDUCTIVIDAD TERMICA K CAL/M SEG.°C		
MATERIAL		
COBRE	0.10287	
ALUMINIO	0.05334	
ACERO	0.01200	
TABIQUE	0.00018	
VIDRIO	0.00014-0.00027	
YESO	0.00011	
MADERA PARALELA AL GRANO	0.00006-0.00011	GRAVEDAD ESPECIF. 0.35-0.70
PANEL DE ASBESTO	0.00003	
MADERA PERPEND. AL GRANO	0.000025-0.000043	GRAVEDAD ESPECIFICA 0.35-0.70
PANEL DE CORCHO	0.000010-000012	
FIBRA DE VIDRIO	0.000010	
MADERA DE PRIMA- VERA	0.000035	GRAVEDAD ESPECIFICA 0.46 CONTENIDO DE HUMEDAD 9.7 %
MADERA DE BALSA	0.000017	GRAVEDAD ESPECIFICA 0.17 CONTENIDO DE HUMEDAD 8.0 %

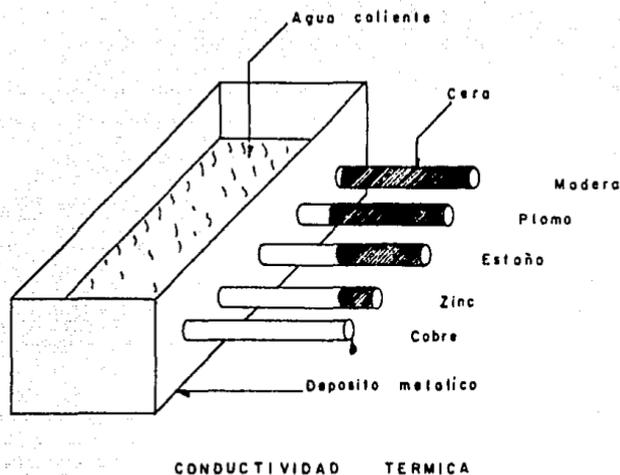


Figura II.18.- En un depósito metálico se vierte agua caliente, al depósito se conectan elementos de diferentes materiales impregnados con cera, se observa que existen materiales que son malos conductores, como la madera y buenos conductores como el cobre (La cera fluye más rápido, en el mejor conductor)

II.3.2. Propiedades acústicas.

Otra de las propiedades más importantes de la madera son las de aislamiento y absorción de sonido. La primera se refiere a la reducción en la intensidad del sonido cuando pasa a través de una barrera, y la segunda a la cantidad de sonido sobre una superficie que es absorbido por ella.

a) Aislamiento de sonido. Los valores de aislamiento de sonido se denominan pérdidas de transmisión y se miden en decibeles. Dichos valores dependen de la intensidad inicial del sonido producido en la cara opuesta a la barrera, la masa y rigidez de la barrera y la naturaleza de los conectores. La madera por sí sola, al igual que otros materiales, no constituye una buena barrera contra el sonido, pero cuando se combina con diversos elementos se puede obtener una unidad estructural con propiedades satisfactorias de aislamiento. La eficiencia de la barrera aumenta cuando se emplean materiales de gran masa por unidad de área, de poca rigidez, o unidades en donde existan espacios de aire entre capa y capa.

La siguiente tabla muestra valores de aislamiento de sonido para algunos materiales que al igual que la madera se utilizan en la construcción.

MATERIAL	DESCRIPCION	GROSOR EN CM	PERDIDAS DE TRANSMISION DE SONIDO EN DECIBELES					
			PARA VARIAS FRECUENCIAS					
			125	250	500	1000	2000	4000
MADERA	PANEL	2.5	27	31	33	35	37	40
	TRIPLAY	0.80	15	21	21	26	26	22
	PISO	1.90	0.09	-	0.08	-	0.10	-
TABIQUE	2400 kg/m	10.0	38	43	48	53	58	63
		30.0	30	47	52	75	62	72
CONCRETO	2320 kg/m	10	32	37	42	47	52	57
		30.0	42	47	52	57	62	67
VIDRIO	-	0.6	-	32	30	33	34	-

TABLA DE VALORES DE AISLAMIENTO .

b) Absorción de sonido. El problema de la absorción de sonido es diferente que el de aislamiento, ya que éste último requiere de materiales pesados y densos, mientras que el primero necesita de materiales blandos y porosos.

En el caso de una ventana abierta (de un pie cuadrado de área) toda la energía del sonido la absorbe, o sea que la deja pasar sin reflejar nada, por lo que se le considera con un coeficiente de absorción igual a 1 (uno), valor unitario que sirve de comparación para todos los materiales. Un material con un coeficiente de 0.25 absorbe el 25% del sonido y refleja el 75%. La siguiente tabla muestra los coeficientes de absorción de sonido para algunos elementos de construcción.

MATERIAL	DENSIDAD EN kg / m ³	GROSOR EN CM.	COEFICIENTES DE ABSORCIÓN A LAS SIGUIENTES FRECUENCIAS C.P.S					
			125	250	500	1000	2000	4000
TRIPLAY	481.60	0.62	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04
TRIPLAY	552.0	1.25	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04
TRIPLAY	438.4	1.84	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04
TABLERO DE PARTICULAS	803.2	0.94	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04	∠.04
TABLERO DE PARTICULAS	403.6	1.87	∠.04	∠.04	0.19	0.51	0.21	0.18
COLCHONCILLO DE FIBRAS	40.0	2.52	∠.04	.04	0.14	0.47	0.85	0.99

C.P.S = CICLOS POR SEGUNDO

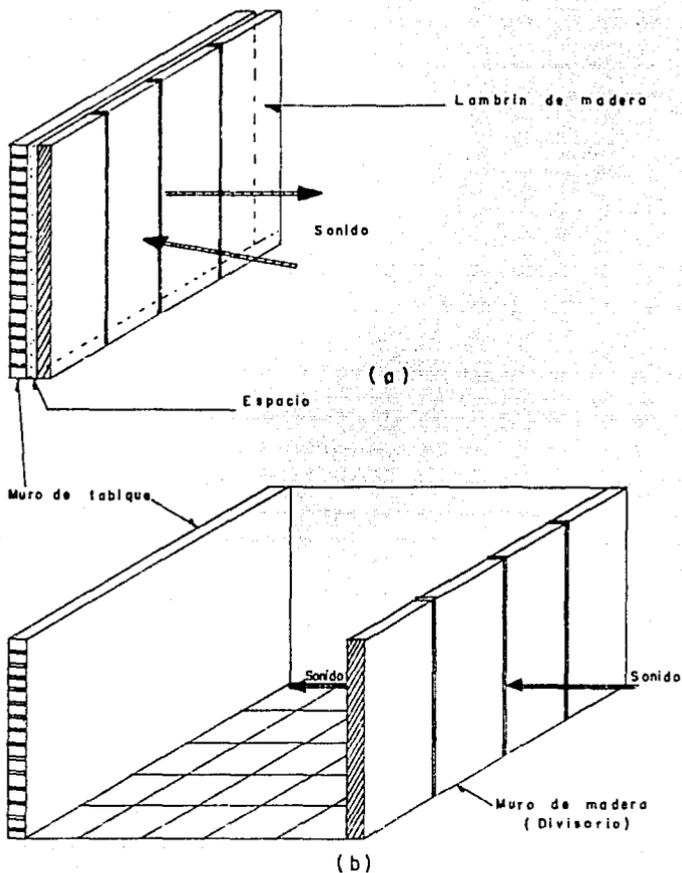


Figura II. 19- La madera en combinación con otros elementos, es un buen aislante de sonido ó pérdidas de transmisión --- (Fig.a), existen materiales que absorben el sonido, -- estos son materiales blandos y porosos de poca -- densidad (como algunas maderas). Las cuales absorben el sonido o sea que lo dejan pasar (fig.b)

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

11.3.3. Propiedades eléctricas.

Siendo la madera un material celulósico es un excelente aislante en estado anhidro. Al aumentar el contenido de humedad de la madera, aumenta su conductividad a la electricidad. La madera completamente seca actúa como los aislantes más efectivos como son las resinas de fenol-formaldehído.

La resistencia que la madera ofrece a una corriente eléctrica no varía únicamente con el contenido de humedad, sino también con la dirección respecto a la orientación de las fibras y con la temperatura.

La resistividad de la madera es la resistencia eléctrica en ohms que ofrece un cm^3 de madera.

$$r = \frac{RA}{d}$$

Donde:

- r.- Resistividad en ohms-cm
- R.- Resistencia en ohms
- A.- Area del cubo de madera, en cm^2
- d.- Distancia entre electrodos o el grosor de la resistencia que es la muestra de madera en cms.

Como ya se mencionó la madera seca es un buen aislante y su resistividad varía entre 3×10^{17} y 3×10^{18} ohm-cm. comparándose favorablemente con la de baquelita que es de 1×10^{12} ohm-cm. De ahí que conforme aumenta el contenido de humedad de la madera su resistividad disminuye apreciablemente a tal grado que alrededor de un contenido de humedad de 30% su resistividad es de 1×10^6 ohm-cm. En cambio

la disminución de esta característica por arriba del punto de saturación de la fibra, es mucho menor ya que los valores mínimos que llega a tener son del orden de 1×10^3 a 1×10^4 ohm-cm.

La resistividad de la madera en dirección longitudinal es aproximadamente la mitad que en la perpendicular a las fibras (ver Fig. 11.20). No existe diferencia apreciable en resistividad entre las direcciones tangencial y radial, lo mismo que entre maderas de diferentes densidades. Un aumento en temperatura reduce la resistencia de la madera y un aumento de 30°C reduce por un factor de 10, que comparado con los efectos de la humedad no es muy importante.

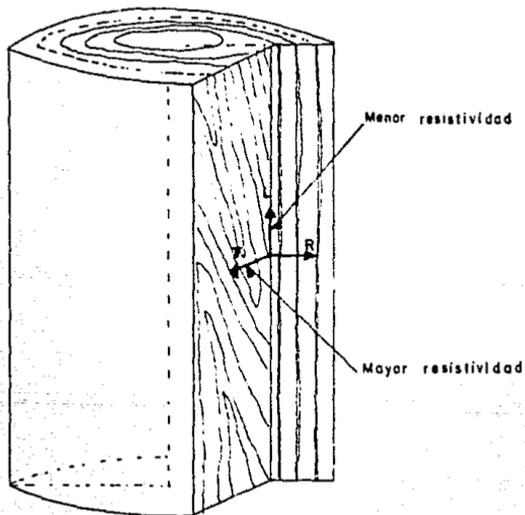


Figura 11.20

Comprendiendo las características de la madera respecto a corrientes eléctricas directas se entiende mejor que los medidores de contenido de humedad que usan corrientes eléctricas directas únicamente se recomienda para determinar humedad con exactitud por abajo del punto de saturación de la fibra.

Cuando la corriente alterna es de baja frecuencia, las relaciones que existen entre este tipo de corriente y la madera son muy similares a las de corriente directa. Únicamente cuando el fluido es de frecuencia muy alta en la variedad de las radio-frecuencias la madera no actúa como una simple resistencia, sino como un material dieléctrico, cuyas características son importantes únicamente en ciertos usos especiales cuando la dirección de la corriente eléctrica cambia de un millón a más veces por segundo, pues la oscilación rapidísima de las moléculas de agua en la madera es de tal magnitud que gran parte de la energía eléctrica se convierte en calor.

Como en la construcción, la madera únicamente podrá relacionarse con corrientes alternas de baja frecuencia, es suficiente tener presente que este material actúa de manera similar cuando la corriente es directa o alterna de baja frecuencia.

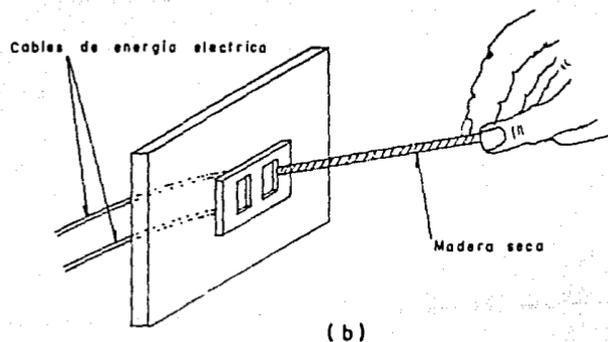
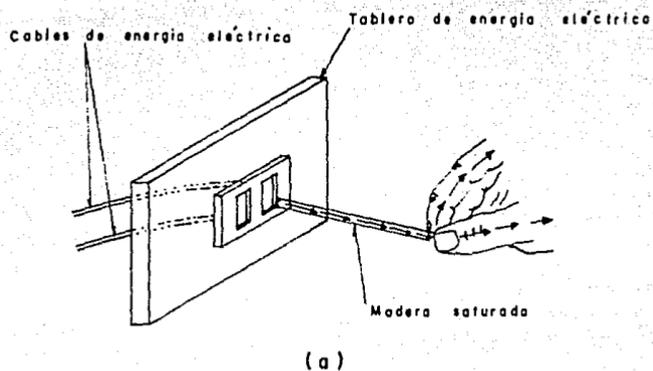


Figura II. 21.- La madera en estado seco es buen aislante de corriente eléctrica, pero en estado de saturación es buen conductor .

III. TRATAMIENTOS.

Uno de los principales problemas de la madera, que determina la falta de obras o estructuras de madera, es su poca durabilidad y su fácil deterioro bajo ciertas condiciones. Una obra a base de madera bien secada, tratada y diseñada, tiene gran durabilidad y el costo adicional para su mantenimiento es mínimo.

III.1. DESECACION.

El agua se haya en la madera, además de la de constitución que oscila del 15 al 20%, según las especies, y que no se pierde, en forma de agua de saturación higroscópica o libre, y es la que se desprende con el secado, que vuelve a absorber si se coloca en ambiente húmedo o se sumerge en agua. Una madera está seca cuando ha perdido por evaporación el agua que se encuentra impregnada en sus tejidos. Existen dos tipos de secado, que son los siguientes:

- Secado natural o al aire libre.
- Secado artificial o en estufa.

III.1.1. Secado natural o al aire libre.

Para aplicar este método son determinantes las condiciones climatológicas locales, la rapidez y calidad del secado varían de acuerdo a las temperaturas y humedades relativas de la región. La disposición de la madera en pilas y el arreglo de estas últimas en los patios de secado también es determinante en la calidad del secado. Este sistema es lento y no es posible llevar la madera a contenidos de humedad inferiores al contenido de humedad en

equilibrio en la localidad, sin embargo, se pueden obtener resultados excelentes. El mayor porcentaje de la madera para la construcción en México se seca de esta forma; y se mide de la siguiente manera:

Tiempo de secado al aire libre, es el número de días requeridos para secar una pieza de madera de 25 mm. de grueso, en el patio de secado, a partir del estado saturado, hasta alcanzar un contenido de humedad en equilibrio de la madera de 20% ($\pm 2\%$), para una temperatura de 26°C ($\pm 2^\circ\text{C}$) y una humedad relativa del 80% ($\pm 5\%$).

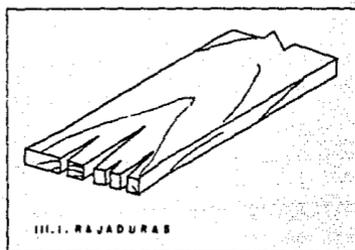
Mecanismo de secado.

Inmediatamente después de talada, la madera empieza a perder agua, disminuyendo su contenido de humedad. Mientras el contenido de humedad (CH) sea mayor al 30%, aproximadamente, no existen cambios en sus dimensiones, ya que el agua perdida corresponde al agua libre.

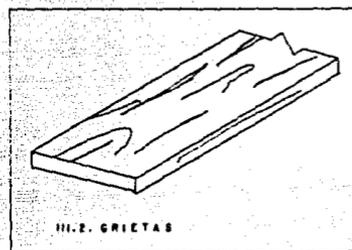
Cuando se alcanza un contenido de humedad igual al 30% se dice que la madera tiene un CH correspondiente al punto de saturación de la fibra. El cambio en el CH de la madera al modificar las condiciones exteriores se inicia en la superficie de la pieza que está en contacto directo con el aire y se va uniformizando en toda la pieza conforme pasa el tiempo. Cuando aumenta la temperatura y se reduce la humedad relativa durante el proceso de secado, por ejemplo, el CH en la superficie es más bajo que en el centro de la pieza. Si el cambio es brusco y las piezas son relativamente grandes, este secado de la superficie provocará grietas o torceduras. (Figs. III.1 y III.2).

Por otro lado, si se incrementa la humedad relativa del aire y/o baja su temperatura, el CH en la superficie será más alto que en el centro de la pieza, por lo que

puede originar también problemas de agrietamientos interiores en ella (Fig. III.3).



III.1.1 Rajaduras



III.2.2 Grietas

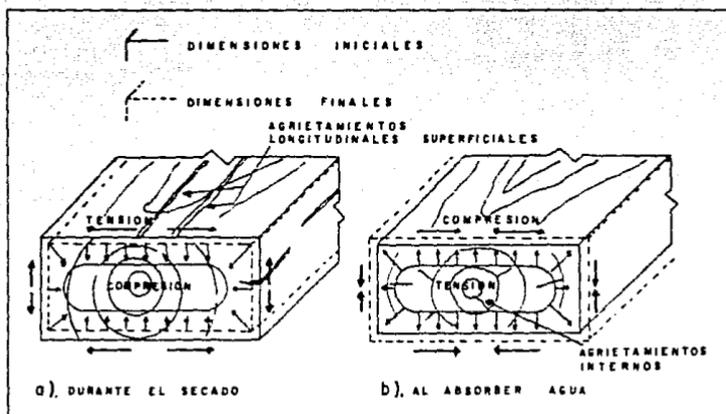


Fig. III.3 Esfuerzos en la madera durante el secado o el rehumedecimiento.

El secado al aire.

El secado de la madera es un proceso de intercambio de humedad entre ésta y su medio ambiente. El secado al aire consiste en exponer la madera a una ventilación natural para reducir su contenido de humedad tan rápidamente como sea posible, tratando de que sufra la menor cantidad de daños a causa de la pérdida de humedad o por exposición directa a los rayos del sol o a la lluvia. La madera se protege de los efectos de la intemperie almacenándola en pilas debidamente construidas cuyo diseño controla la calidad de su secado.

En general, la calidad del secado al aire depende de dos factores: los naturales y los relativos y la construcción de la pila y su distribución en el patio de secado.

Los factores naturales más importantes son la velocidad de los vientos locales, la temperatura ambiente y la humedad relativa del aire, que es un índice del grado de saturación del aire por humedad y varía entre el 30% (aire seco) y el 100% (aire totalmente saturado). No todas las épocas del año son igualmente deseables para secar la madera. Las mejores son las más cálidas y con baja humedad relativa, aunque no siempre coinciden estas dos condiciones.

En una pila de secado, el aire circula en dos direcciones: la horizontal que se debe a la diferencia de presiones ocasionada por el viento en uno y otro lado de la pila, y la circulación vertical que comienza cuando el aire recoge agua de la superficie de la madera y se enfría, descendiendo hasta alcanzar el fondo de la pila. Por esta razón el aire es más frío y húmedo en el interior y el fondo de la pila que en el exterior de ella.

El patio de secado.

El patio debe localizarse de preferencia en un sitio elevado, sin obstáculos a la circulación del aire, tales como edificios o árboles. Si está en una parte baja del terreno el suelo acumula humedad, además de carecer de la buena ventilación que hay en promotorios y llanos.

También debe buscarse que esté lejos de grandes depósitos de agua, como el mar o lagos, ya que éstos tienden a elevar la humedad relativa del aire, en detrimento del tiempo de secado.

El terreno debe de ser plano y llano, con buen drenaje; puede hacerse con una capa de material suelto sobre toda el área, usando grava, arena o tezontle, y con cunetas de desagüe. Es preferible que el terreno esté limpio de hierba, basura o astillas de madera. La hierba impide la circulación del aire debajo de las pilas, la basura y los desperdicios de madera pueden provocar incendios, además de albergar hongos e insectos.

Distribución de pilas.

Las pilas se agrupan en lotes separados entre sí por vías de acceso y de maniobras, cuyas dimensiones estarán en función del volumen de madera a secar y del equipo disponible para su manejo. En la figura III.4 se ilustra la distribución de pilas en patios de secado para pequeña o mediana industria, en los que la estiba y el manejo se efectúen manualmente.

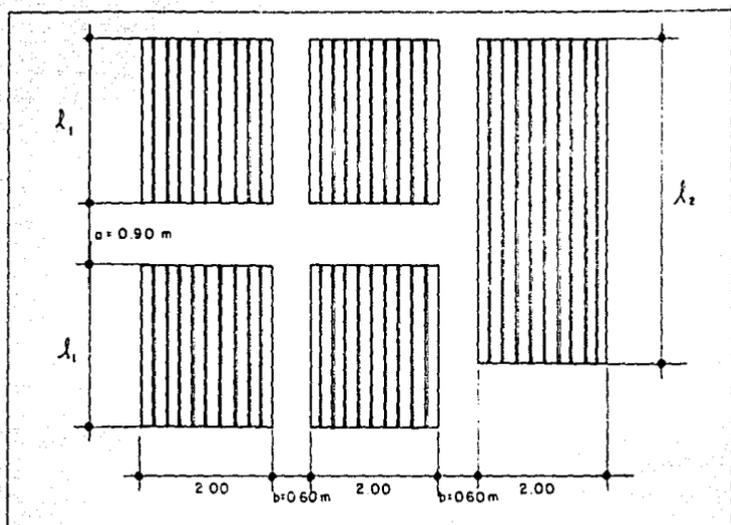


Fig. III.4 Distribución de pilas de secado en patios con manejo manual l_1 = longitud usual de las piezas de madera (2.50 m.) l_2 = longitud de piezas de madera largas (hasta 6.10 m.) a, b = distancias de circulación entre pilas, se pueden modificar de acuerdo a las necesidades y disponibilidad de terreno. La altura de la pila será de 3.5 m. como máximo recomendable.

Construcción de pilas horizontales.

Soportes. La madera no debe estar en contacto con el suelo, por lo tanto se requiere de algún tipo de cimien to que no se deforme y sea resistente y la pudrición.

Deberá ser lo suficientemente alto con respecto al nivel del terreno para permitir que salga el aire que corre hacia abajo de las pilas y facilite el movimiento general del aire a través del patio, siendo preferibles los soportes en postes, que sobre vigas continuas a lo largo de las pilas.

Los soportes desmontables o móviles pueden fabricarse de metal, concreto, madera o tabique. (Fig. III.5).

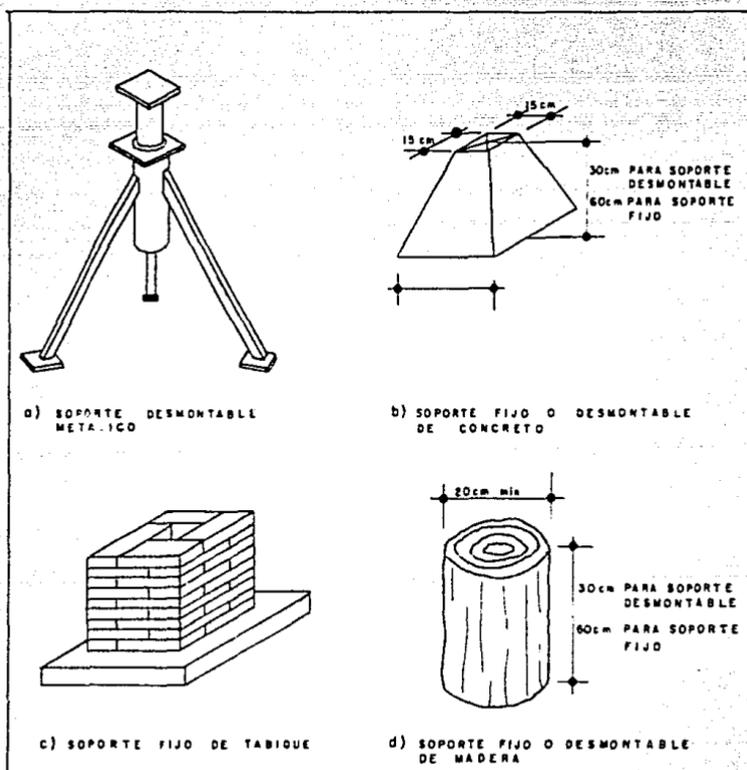


Fig. III.5 Tipos de Soportes

Los soportes sirven de guías para alinear sobre ellos los separadores que van entre las camas de madera apilada de acuerdo a las siguientes figuras (III.6 y III.7).

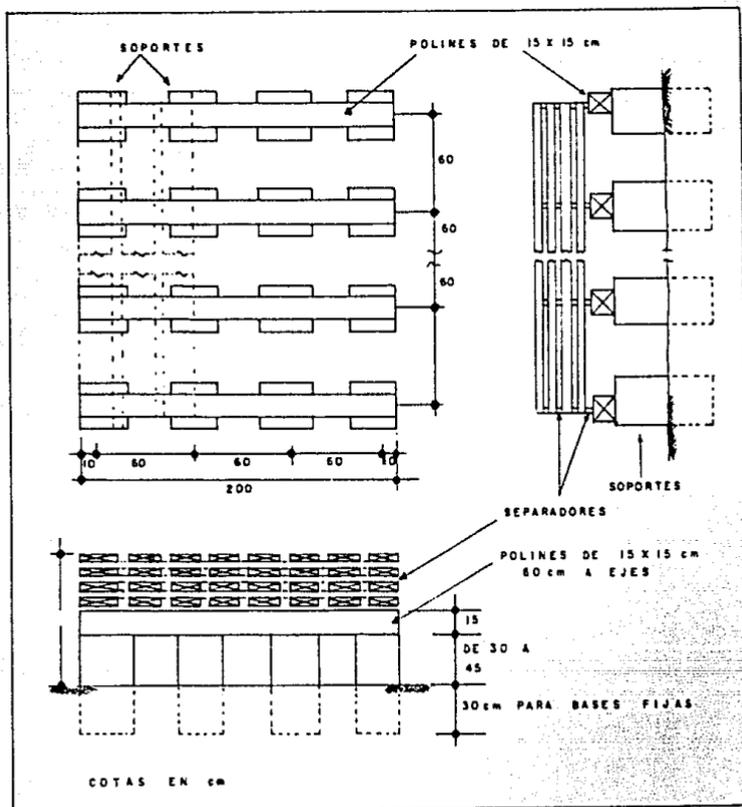


Fig.III.6 Construcción de una pila para secado al aire con manejo manual.

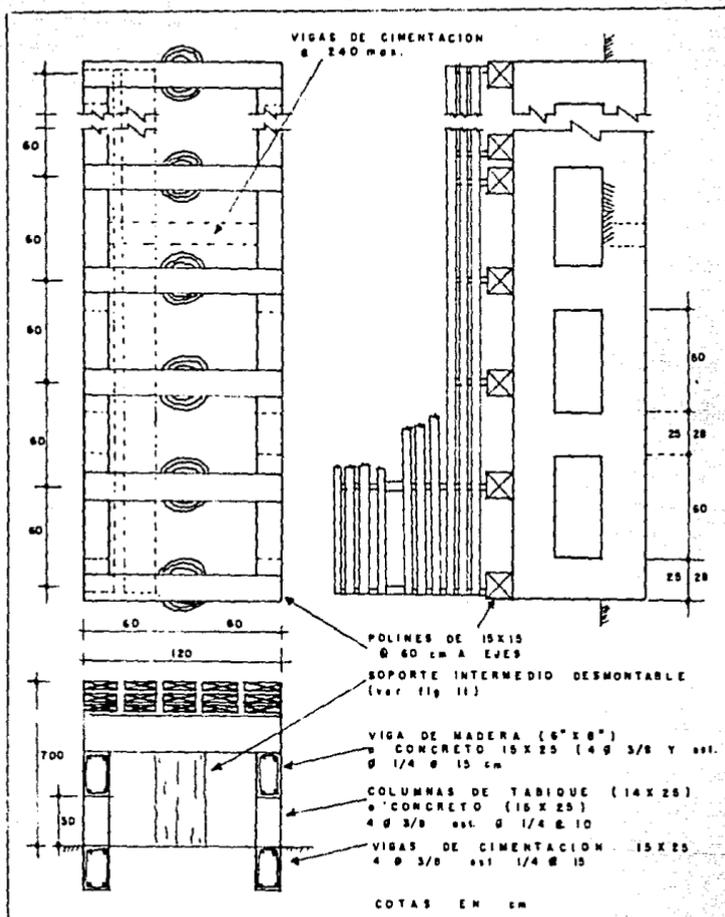


Fig.111.7 Construcción de una pila con soportes fijos para secado al aire en patios con manejo por montacargas.

Separadores. Son tiras delgadas de madera que separan entre sí las camas de una pila de secado. Tienen cinco propósitos principales:

- 1) Proporcionar estabilidad a la pila de secado.
- 2) Favorecer la circulación del aire.
- 3) Controlar la rapidez del secado.
- 4) Separar entre sí las camas de madera.
- 5) Reducir el alabeo de las piezas por su propio peso.

El número y grosor de los separadores necesarios en una pila de secado varía con respecto a:

- a) La especie de madera a secar;
- b) El grosor de las piezas;
- c) Las características de la madera en secado;
- d) La calidad de la madera.

El grosor de los separadores y su espaciamento controlan la velocidad del secado. El espaciamento entre separadores está determinado por las características de secado de cada grupo de especies. El siguiente cuadro indica el espaciamento recomendado en general.

GROSOR DE LAS PIEZAS	MENOR QUE 1"	ENTRE 1" y 2"	MAYOR QUE 2"
Coníferas y Latifoliadas con poca tendencia al alabeo *	De 0.40 m. a 0.60 m.	0.60 m.	Hasta 1.00 m.
Latifoliadas que se tuercen con facilidad	0.30 m.	0.60 m.	0.60 m.
* Pinos, oyamel, cedro etc.			

Techos. De nada sirve el secado de la madera si el agua de lluvia o el rocío la mojan de nuevo, o si se alabea por la acción del sol. Si el agua penetra en la pila favorece la aparición del manchado y la pudrición, aumenta el número y profundidad de las grietas en la madera y además propicia que la madera permanezca más tiempo en el patio de secado.

En la figura III.8 se indican las formas recomendadas de colocación de los techos para proteger de la lluvia y el sol las últimas capas de la pila, así como la pendiente requerida para facilitar el desalojo del agua del techo.

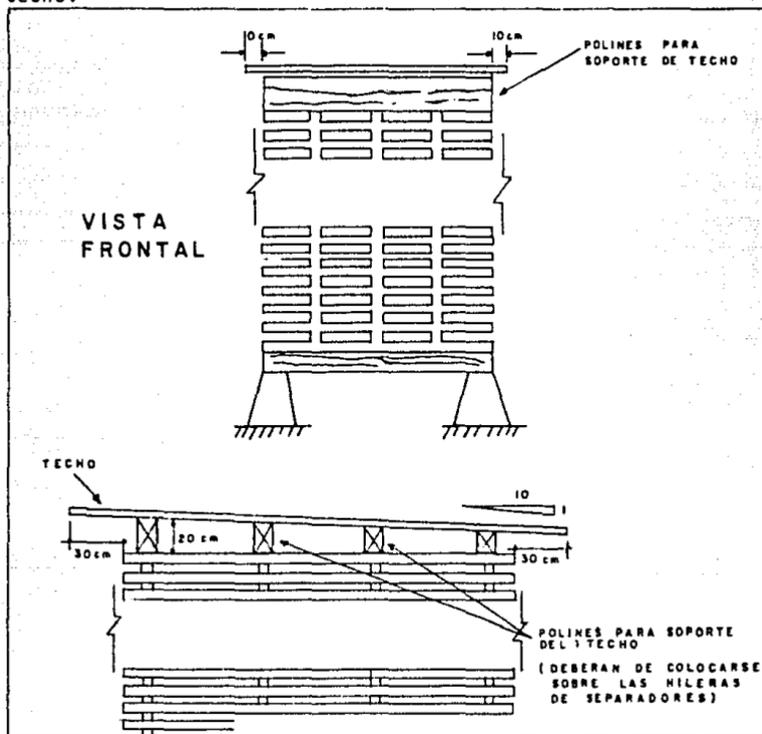


Fig.III.8 Forma de colocar techos en pilas de secado.

Una alternativa al uso de tableros de madera terciada en la construcción de techos de pilas son las láminas de acero galvanizado; también pueden emplearse láminas plásticas opacas, con el mismo sistema de apoyo que para cartón asfáltico de acuerdo a la figura III.9.

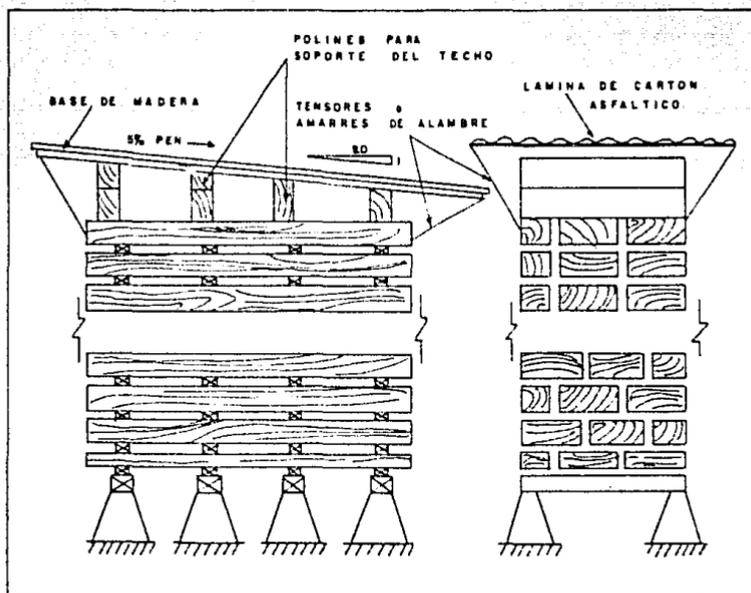


Fig.III.9 Techo de lámina galvanizada o de madera con láminas de cartón asfáltico para pilas horizontales.

Otras protecciones para la madera apilada.

A veces no basta con techar la pila para proteger a la madera de los efectos de la intemperie. Las puntas de las piezas que se están secando pueden quedar expuestas a los rayos del sol o a la lluvia y agrietarse por esa causa. Hay cuatro formas usuales de proteger a la madera apilada de estos factores:

- a) Escurrideras.
- b) Sombras o parasoles.
- c) Tablillas en los extremos.
- d) Pintura y parafina.

Otros métodos de apilado.

Existen otras formas de apilar la madera, aunque poco usadas en el país, por lo que solo las mencionaremos:

- Vertical.
- En caballete.
- Rectangular o triangular.
- Sólido o compacto.
- En andamios.

III.1.2. Secado artificial o en estufa.

Las estufas de secado consisten básicamente en una cámara dentro de la cual la temperatura (humedad relativa) se puede controlar con precisión y, hasta cierto punto, también la velocidad del aire. El dominio que se tiene sobre las condiciones de secado, el poco tiempo que se necesita para secar la madera y la capacidad de llegar a contenidos de humedad muy bajos, son las principales ventajas de este método. En México aumenta paulatinamente el empleo

de este sistema especialmente en maderas que se utilizan en muebles o interiores; la forma como se estima su comportamiento del proceso de secado es: tiempo de secado en estufa es el número de horas requeridas para secar una pieza de madera de 25 mm. (1") de grueso en una estufa de secado, a partir del estado saturado, hasta alcanzar un contenido de humedad de la madera del 8%.

El funcionamiento de la estufa está basado en la captación de energía, mediante colectores, que elevan la temperatura del aire para hacerlo circular a través de la pila de madera. Se utilizan dos ventiladores eléctricos con motor de 1/2 H.P. y aspas de 46 cms. de diámetro cada uno.

El aire que sale de la pila tiene dos opciones de movimiento, según convenga: si el par de ventilas con que cuenta la secadora se encuentran abiertas, el aire puede salir por ellas, Fig. III.10, si es que se encuentran cerradas, pasa a los colectores para calentarse nuevamente y entonces vuelve a pasar por la madera, Fig. III.11.

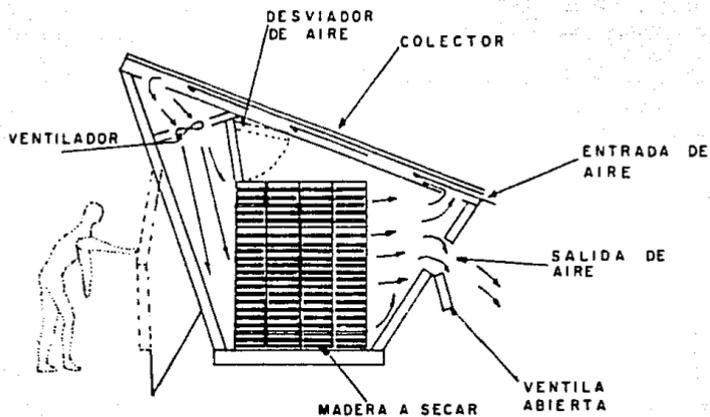


Fig.III.10 Corte lateral de la secadora sacando humedad.

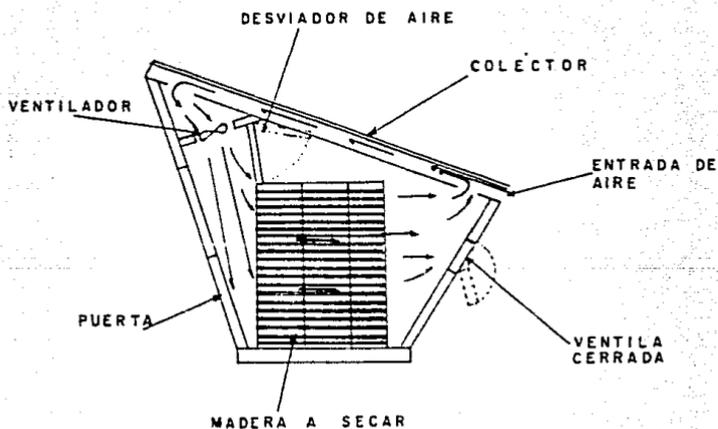


Fig.III.11 Corte lateral de la secadora recirculando aire.

Metodología para el secado.

La madera a secar debe ser apilada, dejando una separación entre capa y capa de madera de, por lo menos, la mitad del espesor de dicha madera. Para que el aire circule, los cantos de las tablas deben estar unidos con el objeto de evitar que el aire pase por los espacios, que de no hacerse así, quedarían entre tabla y tabla.

El largo máximo posible para piezas a secar es de 3.00 metros, pero en ocasiones es posible que se deseen secar las de 2.50 metros, por lo que a los extremos de la pila quedarán dos pequeños espacios que deben taparse con unos desviadores para evitar fugas de aire caliente por ellos, (Fig. III.12).

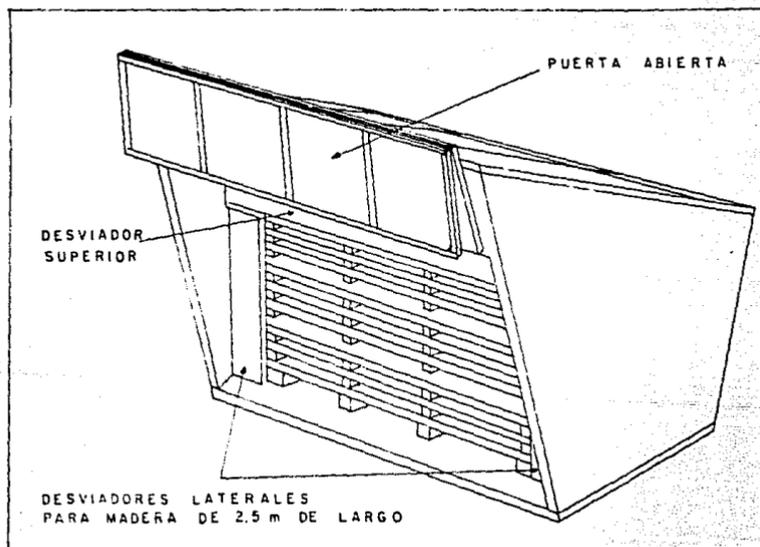


Fig.III.12 Colocación de desviadores de aire en el interior de la secadora.

Otro desviador que siempre debe ser colocado, es el que se instala en la parte superior de la pila, ya que sin su ayuda la gran mayoría del aire circularía sobre la pila de madera, disminuyendo enormemente con esto la eficiencia de la secadora. Posteriormente se colocan las piezas que controlan la entrada y salida del aire que circula por la pila, con el fin de poder llevar registros diarios del contenido de humedad, Fig. III.13.

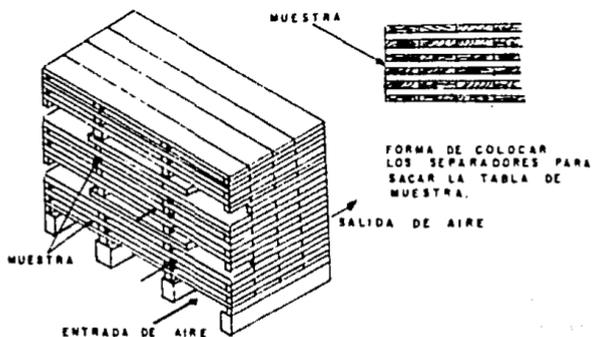


Fig.III.13 Colocado de muestras en la pila.

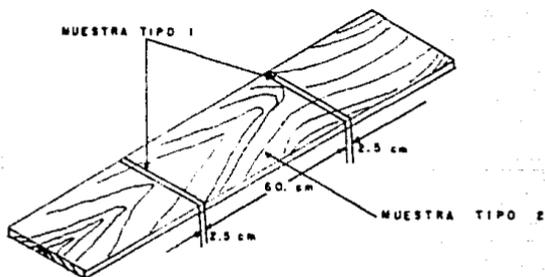


Fig.III.14 Muestra de Control.

Para obtener estos datos se cortan dos tipos de piezas a cada una de las tablas que han sido seleccionadas como control (Fig. III.14). El primer tipo o muestra tipo 1, consiste en dos secciones pequeñas de 2.5 cm. que serán secadas por separado para poder determinar el contenido de humedad (C.H.) inicial de la madera. El segundo tipo o muestras tipo 2, está constituido por una sección de 60 cm. de largo, que se pesa inmediatamente después de cortarla.

El valor obtenido se le denomina peso inicial (P.I.). Con este valor y el del contenido de humedad obtenido de las muestras del primer tipo, se puede saber cuál será el peso seco calculado (P.S.C.) utilizando la fórmula:

$$P S C = \frac{P.I.}{1 + C H}$$

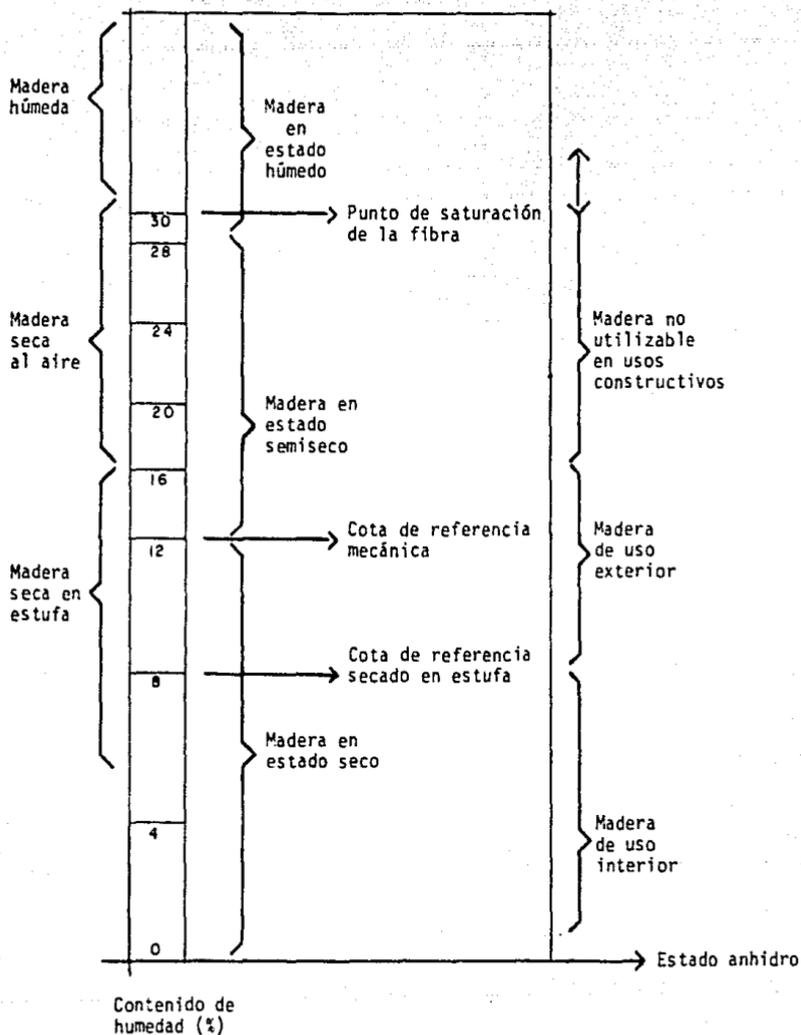
En donde los términos son como se definieron anteriormente, expresando el C H como una fracción de la unidad.

Este dato nos sirve para poder saber el porcentaje de C H que las muestras tienen día con día.

$$\text{Utilizando la fórmula: } C.H. = \frac{P V - P S C}{P S C} \times 100$$

Determinamos cuando la carga llega a tener el contenido de humedad que se desea; momento en el que la carga se considera seca.

Pesando diariamente la muestra tipo 2 se obtienen los valores del peso verde (P V) diario. Este procedimiento se repite tantas veces como muestras se tengan. Para efectuar el secado de las muestras tipo 1 se requiere un horno chico; si se da el caso de que éste no se posee, se podrá improvisar una cámara cerrada con reflectores en su



Cuadro III.1 Relación entre el estado de humedad, el contenido de humedad y los usos de la madera.

interior.

Una vez que las piezas han sido introducidas en el horno, deberán pesarse periódicamente, hasta obtener pesos constantes, para así poder tener un indicador de que las muestras se han secado. Otro objeto que también será necesario, es una báscula, preferiblemente de gran precisión, para obtener valores más exactos.

III.2. MANTENIMIENTO.

Esencialmente existen dos maneras de protección de la madera contra el deterioro; una mediante sustancias químicas, y la otra. Manteniéndola bajo condiciones no propicias al deterioro sin necesidad de tratamientos especiales. Ya que existen en el medio, agentes destructores de la madera, los cuales se pueden clasificar de la siguiente manera:

Agentes Biológicos.- Entre los que se encuentran los hongos y los insectos, como las termitas, polillas o comejenes y los taladradores marinos.

Agentes Físicos.- Entre los que se encuentran el fuego, el viento, la temperatura, la humedad y las radiaciones solares.

- Hongos: Una forma de evitar los daños que pueden producir los diversos organismos biológicos conocidos como hongos, consiste en utilizar maderas que tengan más resistencia natural. En México existen varias especies con una buena resistencia al deterioro, tales como el cedro rojo y el guanacastle. Es importante identificar las especies de este tipo y determinar sus propiedades mecánicas para bus-

carles aplicaciones apropiadas.

El deterioro causado por hongos es sin duda el más extenso, ya que si no destruyen la madera, la manchan; la gran mayoría de los hongos que viven en la madera necesitan ciertas condiciones para su crecimiento, si alguna de ellas se modifica negativamente el hongo no se desarrolla, estas condiciones son: existencia de alimento apropiado, contenido de humedad, existencia de aire y temperatura.

Si se examina cada una de las condiciones antes mencionadas, se puede observar que algunas se pueden modificar fácilmente la primera se refiere al alimento, al cual se le pueden añadir sustancias tóxicas; existiendo gran cantidad de fungicidas y métodos de aplicación. La segunda es el contenido de humedad, el cual es el más fácil controlar, ya que solo consiste en mantener la madera con un contenido de humedad en equilibrio, variable según la región, pero inferior al 15%, o sea que si se seca la madera con rapidez y cuidado después de aserrarse y esta, una vez en uso en la construcción, se mantiene a un contenido de humedad inferior al 15%, no hay peligro de ser afectada por dichos agentes. Las dos últimas condiciones son más difíciles de modificar, por lo que generalmente no se toman en cuenta.

En forma generalizada puede decirse que existen dos tipos principales de hongos que perjudican a la madera: aquellos que la manchan y que viven de sustancias almacenadas en las células, y los destructores que la manchan y afectan, ya que se alimentan de las paredes celulares. La mancha azul es un ejemplo del primer tipo y es común encontrarla en madera de pino mal protegida y secada. Aunque cabe señalar que la mancha no reduce la resistencia de la madera. Los hongos destructores de la madera son los más dañinos y no solamente causan decoloraciones, sino que reduce notablemente la resistencia.

- Insectos. También son causantes de grandes daños a la madera y se les considera como segundos en importancia, después de los hongos. Algunos insectos son capaces de utilizar la madera como alimento, otras únicamente causan deterioro en la construcción de sus moradas y otros la usan para cultivar hongos con los que se alimentan.

Los insectos más importantes son las termitas o polillas, las cuales están distribuidas en todo el país. La alimentación básica de las termitas es la madera, ya sea sana o en diferentes grados de pudrición.

Las regiones comprendidas entre los Trópicos de Cáncer y Capricornio contienen los climas más favorables para el desarrollo de estos insectos, aunque hay algunas especies que extienden su distribución dentro de las regiones templadas.

Existen dos tipos de esta especie: termitas de madera seca y termitas subterráneas, las primeras se encuentran principalmente en las áreas cercanas a las costas o en zonas con una humedad ambiental alta, no son tan numerosas como las subterráneas, pero pueden causar grandes daños, - siendo su control muy difícil. La forma de introducirse en una estructura es a través de madera previamente atacada, ya sea que en la construcción se haya usado madera infectada o se hayan llevado en los muebles de los ocupantes. Estas termitas pueden introducirse en la estructura durante la época del vuelo nupcial, en la que los individuos reproductores vuelan fuera del nido en busca de un nuevo sitio donde depositarán los huevos y formar nuevas colonias.

Una forma de determinar la presencia de estos insectos en la estructura, son los pequeños granulos duros de materia fecal, de poco menos de 1 mm. de largo con los extremos redondeados y color variable, de acuerdo al color

de la madera de la cual se están alimentando. El otro tipo, las termitas subterráneas, construyen su nido bajo el suelo o en pedazos de madera en contacto con este, a fin de hacer túneles hasta los sitios donde encuentran alimento. La característica más importante de este tipo de termitas es que necesitan el contacto de una fuente de humedad constante, siendo esta fuente en general el suelo, desde donde construyen ductos o corredores recubiertos de partículas de suelo o arena cementada con sustancias producidas por ellas mismas, para alcanzar la madera seca que no está en contacto con el suelo. En algunos casos la misma mezcla es usada para cubrir las superficies de la madera que están atacando.

Las termitas subterráneas pueden vivir dentro de la madera sin tener contacto con el suelo, cuando la madera está continuamente húmeda; cuando atacan algunas estructuras de madera que están en contacto con el suelo, muchas veces es difícil percatarse del deterioro sino hasta que está muy dañada. Consumen la parte interna de la pieza dejando un cascarrón en el exterior que las protege de la luz y cambios de temperatura y humedad.

Existe otro grupo de insectos nocivos a la madera, el cual ataca la albura de las latifoliadas, produciendo de sus desperdicios un polvillo muy fino. Como no pueden digerir la celulosa, usa los azúcares y almidón almacenados en las células de parénquima en madera con un contenido bajo de humedad.

Las larvas son las que causan el daño, y un factor muy importante que determina hasta cierto punto qué maderas serán atacadas, es el diámetro de los lúmenes de las células. Si el diámetro es muy pequeño, como el de las coníferas, el ovopositor de la hembra no puede penetrar en la madera y depositar los huevecillos.

Maderas como el encino y fresno, que tienen el diámetro del lumen muy grande, son atacadas con mayor frecuencia. Por lo general el daño causado por estos insectos se descubre cuando los insectos adultos alados salen por pequeños orificios cuyo diámetro es menor al de las termitas, los cuales están rodeados de un polvillo de desecho, siendo éste también más fino que el de otros insectos.

Tratamientos para preservación.

La mayoría de los tratamientos que son efectivos contra hongos, también lo son contra insectos. Este tratamiento por lo general consiste en una solución acuosa o aceitosa de sustancias tóxicas aplicada mediante brocha, aspersión, inmersión o presión. Existe una gran variedad de productos efectivos, pero más importante es la distribución y concentración de esta en la madera.

La solución que se vaya a usar depende mucho del uso final de la pieza. Si no se va a pintar y la apariencia no es importante, la creosota o sustancias disueltas en aceite oscuro podrían usarse. En cambio, si las piezas de madera se van a pintar o la apariencia es importante, entonces lo mejor es utilizar soluciones de sustancias tóxicas en agua o en aceite ligeros y claros.

Los tratamientos a presión con preservadores que tengan elementos insecticidas son los más efectivos, gracias a su alta penetración y retención en la madera. El tratado por difusión con sales de boro es capaz de penetrar profundamente en la madera, pero debido a que estas sales se diluyen con el agua de lluvia o por la humedad del suelo, son recomendadas, preferentemente, en interiores o en sitios en donde no estén sujetas a este lavado.

Para los tratamientos sin presión se recomiendan los solventes orgánicos, que no producen cambios dimensionales y no requieren que la madera sea secada después del tratamiento. Algunos de los preservadores repelentes al agua son:

<u>INGREDIENTES</u>	<u>CANTIDAD NECESARIA PARA 10 LTS.</u>
Pentaclorofenol (40%)	1,250 grs.
Insecticida (40%)(undano o clordano)	250 grs.
Parafina	70 grs.
Aceite de linaza	825 ml.

Otro de los tratamientos importantes que se utilizan en México es el uso de la creosota por el método de baño caliente-baño frío, utilizado generalmente para preservar postes de cerca, postes de teléfonos y energía eléctrica; y en madera que se utilizará en exteriores, donde los riesgos por hongos o insectos son muy altos.

Uno de los aspectos importantes en obras nuevas es construir sobre sitios bien drenados, ya que los altos contenidos de humedad del suelo afectan negativamente la capacidad de carga de la madera y además facilitan la entrada de hongos causantes de pudrición y termitas subterráneas.

Antes de iniciar la construcción, el terreno debe limpiarse de todo residuo vegetal como hojas, ramas, tocones, raíces, etc., para evitar la proliferación de termitas y hongos. También cuando los cimientos se terminen de construir, todo el material usado para cimbrar o nivelar como tablas, cartón, ropa y papel se deberá remover.

- Humedad. La humedad es perjudicial tanto porque propicia la acción de determinados organismos, como porque origina cambios volumétricos en la madera, además de afec-

tar otras propiedades como son las: físicas, mecánicas, eléctricas y térmicas, cuando el contenido de humedad no permanece constante a lo largo del tiempo.

Para lograr que el contenido de humedad sea el más conveniente, es necesario recubrir el secado, o mantener la madera con una humedad en equilibrio con las condiciones ambientales inferior al 15% antes mencionado.

Idealmente debe buscarse que el contenido de humedad de los elementos de una estructura en el momento de la construcción sea semejante al contenido de humedad de equilibrio; siendo este uno de los mejores métodos de protección o mantenimiento de la madera. Sin embargo es preferible desarrollar técnicas que reduzcan a un mínimo las variaciones en el contenido de humedad.

Es recomendable sellar los extremos de las piezas o elementos de la estructura, que son zonas especialmente susceptibles a la absorción de agua.

A continuación se presentan los índices de riesgos a la pudrición de la madera, sobre el suelo de algunas localidades de la república mexicana.

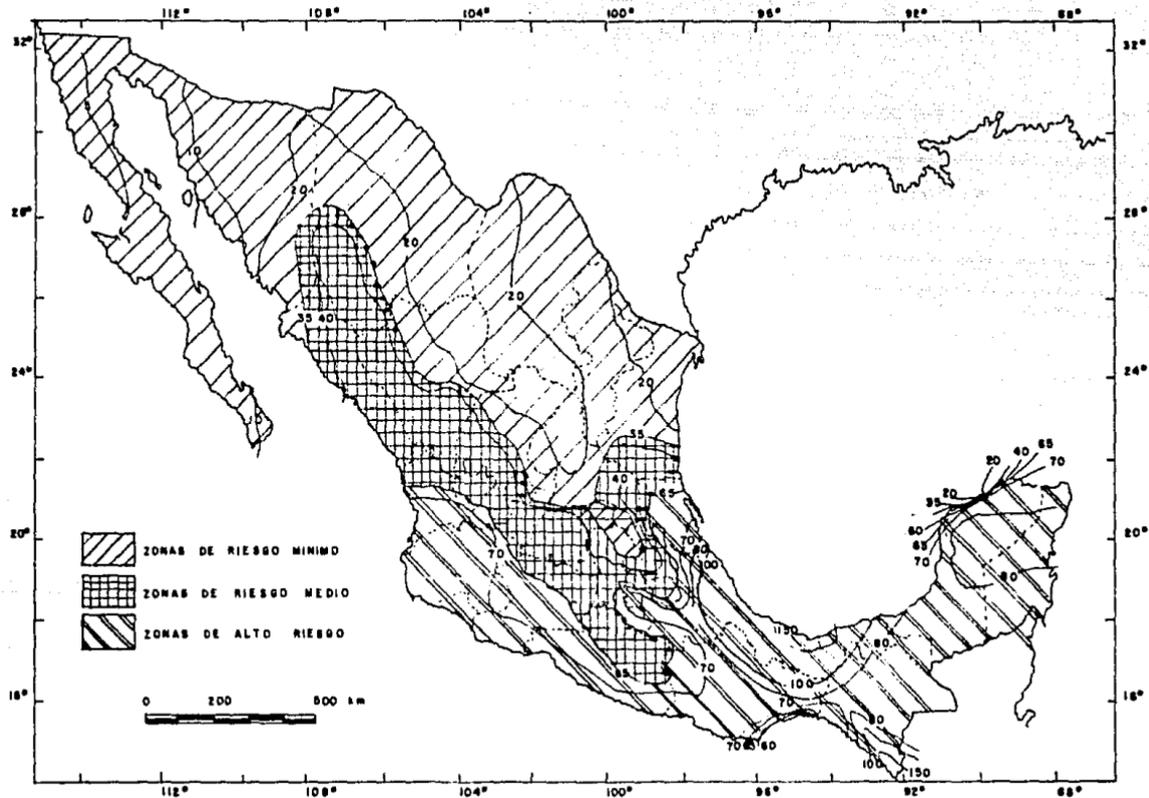


Fig.III.15 Índice de riesgo a pudrición sobre el suelo.

Población	Índice Climático	Población	Índice Climático
Acapulco, Gro.	73.79	Mérida, Yuc.	92.15
Aguascalientes, Ags.	35.44	Monclova, Coah.	16.41
Campeche, Camp.	78.12	Monterrey, N. L.	38.68
Cd. Lerdo, Dgo.	18.42	Morelia, Mich.	69.08
Cd. Obregón, Son.	25.75	Oaxaca, Oax.	73.08
Coatzacoalcos, Ver.	169.16	Orizaba, Ver.	171.35
Colima, Col.	78.49	Pachuca, Hgo.	39.89
Comitán, Chis.	71.19	Piedras Negras, Coah.	21.64
Córdoba, Ver.	115.17	Progreso, Yuc.	16.09
Cozumel, Q. Roo	112.33	Puebla, Pue.	76.48
Culiacán, Sin.	48.95	Querétaro, Qro.	39.80
Chapingo, Méx.	63.85	Río Verde, S.L.P.	37.71
Chihuahua, Chih.	28.45	Salina Cruz, Oax.	51.44
Chilpancingo, Gro.	64.88	Saltillo, Coah.	22.05
Durango, Dgo.	42.94	San Cristobal Las Casas, Chis.	68.06
Ensenada, B. C.	1.57	San Luis Potosí, S.L.P.	23.93
Guadalajara, Jal.	77.38	Soto La Marina, Tams.	16.26
Guanajuato, Gto.	48.62	Tacubaya, D.F.	83.28
Guaymas, Son.	4.50	Tampico, Tams.	65.49
Hermosillo, Son.	18.11	Tapachula, Chis.	192.85
Huejucar, Jal.	47.01	Tepic, Nay.	76.70
Isla Guadalupe, B. C.	0.00	Tlaxcala, Tlax.	67.43
Jalapa, Ver.	130.91	Toluca, Méx.	66.28
La Paz, B. C.	8.93	Torreón, Coah.	5.59
León, Gto.	53.09	Tulancingo, Hgo.	55.82
Mazatlán, Sin.	43.70	Tuxtla Gutiérrez, Chis.	71.57
Manzanillo, Col.	70.13	Veracruz, Ver.	118.21

Cuadro III.2. Índices climáticos o de nivel de riesgo a la pudrición de 54 localidades de la República Mexicana.

Componente	Riesgo Alto >65		Riesgo Medio 35-65		Riesgo Bajo <35	
	<20 cm	>20 cm	<20 cm	>20 cm	<20 cm	>20 cm
Durmientes en o sobre losa de concreto colada sobre el suelo.	P	P	P	P	P	P
Pilares de madera sobre bases de concreto en espacio bajo piso.	P	S	P	S	S	S
Ventanas de madera, bastidores, forros y pisos de cuartos de baño.	P	P	P	P	P	P
Vigas apoyadas sobre cimientos de concreto o mampostería.	P	S	P	S	S	S
Tabla base sobre losa de concreto colada sobre el suelo.	P	P	P	P	P	P
Tabla base sobre cimientos de concreto o mampostería.	P	N	P	N	N	N

P = Impregnar con preservadores de madera por medio de procesos a presión.

N = Impregnar con preservadores de madera por medio de procesos sin presión.

S = Usar madera seca (C. H. menor de 18%) sin añadir preservador.

Cuadro III.3 Medidas de protección que se sugieren para componentes de madera de pino en interiores de estructuras en relación con el nivel de riesgo a la pudrición y a la distancia del suelo.

Fuego.- Generalmente se tiene la idea de que la madera se quema rápidamente por tratarse de un material orgánico constituido principalmente de carbono o hidrógeno. Sin embargo, como lo demuestra la experiencia de otros países, la estructura de madera, bajo determinadas condiciones, tiene un comportamiento bajo la acción de los incendios superior al de muchas estructuras de materiales incombustibles. Así, un elemento de madera de proporciones robustas, ver Fig. III.16, al inflamarse la superficie ésta se carboniza en tanto que la parte interna permanece intacta, ya que la madera es un pobre conductor de calor. Además de que conserva su capacidad de carga durante más tiempo que un miembro de acero de igual resistencia.

La flamabilidad de la madera también depende de la especie, ya que entre más densa sea, es más difícil de inflamarse.

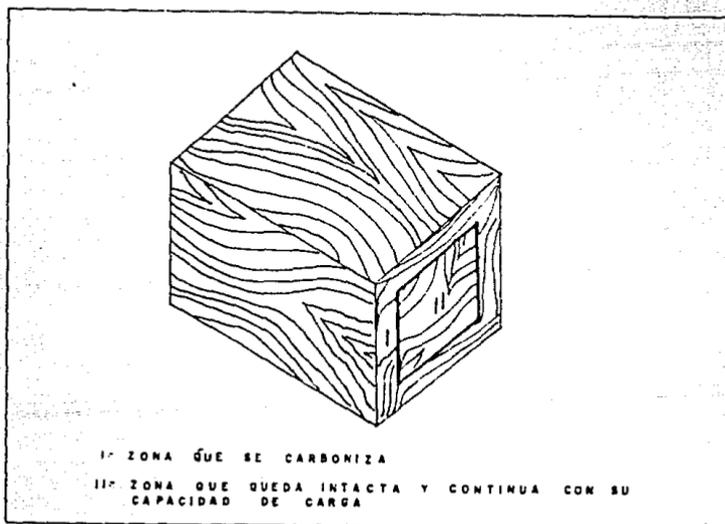


Fig.III.16 Acción del fuego en un elemento de madera de proporción robusta.

Son muchos los recursos que se pueden utilizar para lograr que una estructura de madera tenga una adecuada resistencia al fuego por medio de detalles estructurales apropiados.

Al diseñar la estructura debe tomarse en cuenta la resistencia al fuego tanto de los miembros estructurales como de los elementos de unión, considerando que un miembro de madera puede conservar su resistencia estructural frente al fuego dependiendo en gran parte de sus dimensiones transversales. También se pueden utilizar elementos retardantes de fuego como fibras minerales y capas de asbesto. Existen varios tratamientos retardantes tales como el fosfato de amonio, el fosfato monomagnésico, ácido fosfórico y el cloruro de zinc; estas sustancias se aplican a la madera como si se tratara de pintura o se les puede impregnar en solución.

Intemperie.- Las partes expuestas de madera deben protegerse contra la intemperie. Esto puede lograrse diseñando detalles estructurales y arquitectónicos adecuados o recurriendo a diversos tratamientos o acabados superficiales.

Al diseñar debe buscarse reducir a un mínimo el escurrimiento del agua de lluvia sobre las superficies expuestas de la madera. Una manera de hacer esto consiste en el empleo de techos volados o aleros amplios. En zonas tropicales estos aleros evitan las temperaturas altas y reducen los gradientes de temperatura y humedad que influyen desfavorablemente en la durabilidad de la madera.

Existe una gran variedad de acabados superficiales que, además de proporcionar cierta protección a la madera, cumplen una función decorativa. Pueden distinguirse dos

tipos principales: los que forman película, como las pinturas, los barnices y las lacas y los que penetran en la madera; como los tintes pigmentados. Otra de las formas de protección es el uso de tintes transparentes que realzan la textura de la madera y además la protege.

Desaviado.- Otra de las formas de tratar a la madera para conservar su durabilidad consiste en la eliminación de la savia por medio de un lavado interno. Este tratamiento debe hacerse recién cortada la madera, pues es cuando, por estar la savia fluida, permite la penetración del agua a través de los vasos de la madera.

El desaviado es conveniente en las maderas cuando se detecte el inicio de un parasitismo, ya que éstos no resisten dicho tratamiento. Este se hace introduciendo vapor o agua a presión, quedando las maderas ligeras y duras, menos elásticas, higroscópicas y estables.

Senilización.- Este tratamiento consiste en envejecer a la madera artificialmente, mediante la eliminación del agua. Esto se hace por medio de corriente eléctrica, logrando una oxidación de la savia, transformándola en resina y haciendo a la madera higroscópica, análoga a lo que sucede con maderas antiguas.

El procedimiento para envejecer la madera es el siguiente: la madera se apila y se separa entre sí por piezas metálicas que la hacen de electrodos, por los que circula la corriente eléctrica, ver Fig. III.17.

Otro procedimiento para envejecer la madera es por electrólisis, apilando la madera sobre una plancha de plomo que sirve de electrodo, situada en el fondo de un cubo de madera, como electrólito se emplea una solución al 20% de sales magnésicas. El otro electrodo, situado en la

parte superior de la pila de madera. Es otra plancha de plomo de 1.5 mm. de espesor. Al pasar la corriente eléctrica, desplaza la savia de los vasos de la madera, acumulándose en el electrodo superior.

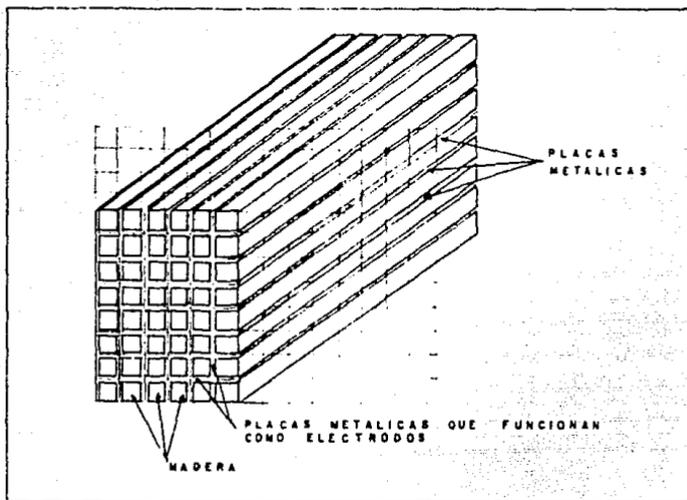


Fig.III.17 Procedimiento para envejecer la madera.

IV, CALIDADES

La buena madera para construcción deberá desprender olor fresco y agradable recién cortada, pues la madera deteriorada huele a húmedo y podrido.

Deberá estar seca, de tronco sano, que se aprecia por el sonido claro que da por percusión cuando está apoyada sobre dos puntos.

No deberá tener fibras torcidas, nudos, fendas manchas ni pudriciones y los anillos de crecimiento deberán ser de igual espesor, las maderas se clasifican por clases: La de 1a. no tendrá defectos ni alteraciones de ningún género; la de 2a. y 3a. podrán tener algún nudo no saltadizo, menores de 15 y 25 mm. y otros pequeños defectos, que no le impidan cumplir la función para la cual se utilizará.

Por lo tanto haremos la clasificación de calidad de la madera según su uso en la construcción.

La calidad de la madera para su uso en la Industria de la Construcción, es el conjunto de características naturales del material, las cuales determinan el grado en que la madera satisface los requerimientos constructivos para el usuario y el constructor.

A las características propias de la madera, es necesario incorporarle otras propiedades de carácter industrial y comercial, que modifican su estado natural e incrementan sus propiedades técnicas, esto con el objeto de optimizar la respuesta técnica del material en condiciones de servicio adversas y en eventos extraordinarios como incendios y sismos.

Desde otro punto de vista las propiedades constructivas y estéticas de la madera, están relacionadas con los requisitos del diseño estructural y del proyecto arquitectónico respectivamente.

El comportamiento industrial de la madera está vinculado con las adaptaciones que tiene al maquinado y a la calidad de terminado industrial que alcanza como producto final.

Esta consideración depende estrechamente del costo de producción y del aprovechamiento de la madera, como materia prima de origen forestal.

Al definir la calidad de una especie de madera se pretende caracterizar su comportamiento como material de ingeniería e identificar sus propiedades constructivas, y como consecuencia, contribuir a su valorización como materia prima industrial.

La proposición teórica general de trabajo es la siguiente. La calidad constructiva de una madera, depende originalmente de sus propiedades físico-químicas y de sus características anatómicas y mecánicas; la respuesta técnica de la madera en una edificación y su comportamiento industrial están ligados de manera directa con las condiciones y grado tecnológico del proceso industrial al que sea sometida para su acondicionamiento en función de las condiciones de servicio de un uso específico.

La determinación del grado de calidad constructiva de un elemento de madera sólida identificada, requiere de las siguientes consideraciones:

- a) La caracterización tecnológica del elemento. Se refiere a las características estructurales propias del material y sus partículas asociadas a la variación ocasionada por las condiciones de crecimiento y desarrollo del árbol, del cual proviene la pieza de madera. En un nivel de utilización industrial, es necesario considerar también el estado de alterabilidad de un conjunto de piezas y su rango de variabilidad.
- b) La caracterización de su estado físico y mecánico. El comportamiento constructivo de un elemento, de madera sólida depende de su estado termodinámico en condiciones de servicio. Así mismo su estado mecánico está relacionado con las especificaciones de la resistencia de materiales utilizada en ingeniería. A nivel industrial, los modelos estadísticos de caracterización del comportamiento físico y mecánico de la madera son de gran ayuda en los procesos de diseño y cálculo estructural con elementos de madera.
- c) La aptitud del material para su transformación industrial. La madera es un material que requiere un consumo energético mínimo para su transformación mecánica; sin embargo la madera sólida frente a los procesos necesarios para su acondicionamiento (secado e impregnación) se comporta de manera particular. Desde el punto de vista industrial, la madera sólida puede calificarse de acuerdo a su comportamiento en procesos de maquinado y terminado industrial y a su facilidad de transformación durante el proceso constructivo.

- d) La capacidad de adaptación a condiciones de servicio. Cada especie y tipo de madera tienen propiedades específicas de comportamiento frente a los diferentes agentes de alterabilidad que se pueden presentar en condiciones de servicio y uso de la madera. Estas propiedades naturales de la madera pueden ser acrecentadas mediante procesos tecnológicos existentes, sin embargo el criterio más importante para considerar el grado de calidad de una madera, está dado por el uso final al cual está destinado el producto. Industrialmente, los procesos de acondicionamiento y de mantenimiento, mantendrán invariable los requisitos de diseño especificados para cada utilización final de la madera. La madera como componente constructivo enfrenta dos problemas principales: Proporcionar confiabilidad estructural y controlar los procesos de alterabilidad. Actualmente existen los métodos técnicos que aseguran un nivel confiable de resistencia mecánica y controlan la influencia de los agentes que degradan a la madera.

Existen en el medio algunos métodos de calificación. Usualmente la calidad de la madera se determina de forma visual y con reglas regionales y empíricas. Este método no lo debemos aplicar para una correcta utilización de la madera en la Industria de la Construcción. Otro método es el de la calificación utilizando dispositivos mecanizados para la evaluación de determinadas propiedades. Este criterio está basado en relaciones estadísticas entre diferentes parámetros técnicos de la madera. Esta es una opción que se puede adaptar a niveles de alta producción industrial, siempre y cuando se desarrollen investigaciones para cada caso y región en el país. Finalmente, la integración de resulta

dos experimentales, la apreciación de expertos y la mecanización de métodos de calificación de la madera es la opción a desarrollar para crear las condiciones técnicas propias de la edificación con madera.

La calidad de la madera está ligada de manera directa con los aspectos de reglamentación y normalización. Los reglamentos de construcción vigentes y las normas oficiales relacionadas con los aspectos de diseño y uso de la madera, como elemento de ingeniería en la construcción. Son deficientes en la caracterización de la madera como elementos resistentes y su relación con las características tecnológicas propias de la madera.

En los aspectos de calidad propiamente, no se proporcionan de una manera completa los criterios tecnológicos suficientes para su evaluación o previsión de las características estructurales de una pieza o elemento constructivo de madera. Por otra parte las fórmulas de diseño, así como los requisitos mínimos de resistencia y los criterios de defectos permitidos en productos de madera, han sido copiados de publicaciones extranjeras y antiguas aceptando como justificación, la falta de investigación y la carencia de resultados apropiados a las maderas mexicanas. Como consecuencia los criterios para el cálculo de elementos constructivos y el uso de la madera en la edificación son superficiales y obsoletos en relación a las condiciones reales de la Industria de la Construcción en el país.

En los Estados del norte de la República se siguen las normas de la Western Pine Association de Estados Unidos que resumiendo las detallamos a continuación:

IV.1 CLASES SELECTAS.

La madera es de apariencia clara y con pocos y pequeños defectos. Su grosor puede variar de cuatro o más pulgadas de ancho a todos los gruesos en que se manufactura madera de pino de acuerdo a la clasificación de la siguiente tabla:

GROSORES Y ANCHOS COMUNES DE MADERA DE PINO ASERRADA

Grosor		Ancho	
NOMINAL, EN PULG.	MINIMO CEPILLADO, EN PULG.	NOMINAL, EN PULG.	MINIMO CEPILLADO, EN PULG.
Tablas, tablones y madera dimensional			
3/8	5/16	2	1 5/8
1/2	7/16	3	2 5/8
5/8	9/16	4	3 1/2
3/4	11/16	5	4 1/2
1	25/32	6	5 1/2
1 1/4	1 1/16	7	6 1/2
1 1/2	1 5/16	7	6 1/2
1 3/4	1 5/8	9	8 1/4
2	1 5/8	10	9 1/4
2 1/2	2 1/8	11	10 1/4
3	2 5/8	12	11 1/4
3 1/2	3 1/2	14	13
4	3 1/2	16	15
Cuadrados y vigas			
4	3 1/2	5	4 1/2
5	4 1/2	6	5 1/2
6	5 1/2	7	6 1/2
8	7 1/2	8	7 1/2
10	9 1/2	9	8 1/2
12	11 1/2	10	9 1/2
14	13 1/2	11	10 1/2
16	15 1/2	12	11 1/2
18	17 1/2		
20	19 1/2		
22	21 1/2		
24	23 1/2		

Su presentación puede ser áspera, cepillada en dos caras, cepillada por los cuatro lados, re-aserrada o bien rajada a cualquier medida según patrón, orden o diseño. Estas clases se subdividen en tres grados principales.

IV.1.1. Selecta B.

Casi libre de defectos, únicamente admite dos pequeños nudos alfiler, una cantidad ínfima de resina o también pequeñísimas rajaduras. Se recomienda para trabajos finos de interiores, incluyendo paredes, tableros, tabiques y cancelles.

IV.1.2. Selecta C.

Su número de defectos leves puede ser mayor en cuanto a pequeñas rajaduras y muy leves acumulaciones de resina y también puede tener nudos y pequeños sólidos y manchas que cubran una tercera parte de la cara. Se recomienda para interiores como cancelles y tabiques, o en trabajos exteriores en los que los defectos se cubran con barniz o pintura.

IV.1.3. Selecta D.

En este grado se incluyen piezas con defectos serios como nudos, resina y mancha sobre toda la cara. Se recomienda para trabajos en los que se requieren tramos cortos de madera limpia, tales como bastidores para ventanas, cornisas y marcos de puertas y ventanas.

IV.2 CLASES COMUNES.

Se distinguen de las selectas en una aspereza aparente causada por defectos como rajaduras, acumulaciones de resina, cantos achaflanados y manchas; a su vez éstas se subdividen en cinco grados.

IV.2.1) Común número uno.

Este grado admite piezas con pequeños nudos y sólidos hasta de 2.5 pulg. de diámetro, redondos u ovalados, bolsas pequeñas de resina y rajaduras leves, se recomienda para construcción de casas modestas, ventanas, marcos y cornisas.

IV.2.2) Común número dos.

Admite los mismos defectos que la número uno, solamente que en mayor grado, la apariencia de los grados uno y dos es muy similar. Se recomienda para formas de vaciado de concreto, cimbra fina para techos, paredes de establos, sub-pisos machimbrados, cielos, paredes, interiores, casas y fábricas.

IV.2.3) Común número tres.

Este grado muestra nudos ásperos y sueltos y en algunos casos orificios por cardas de nudos, cualquier cantidad de manchas, marcas de rodillo de cepillado y cepillado irregular. Aunque es madera de apariencia corriente, se recomienda para trabajos en general.

IV.2.4) Común número cuatro.

De apariencia corriente, puede admitir orificios

de nudos, perforaciones de gusanos, manchas, putrefacciones, rajaduras etc. Se recomienda como material económico de construcción, edificaciones temporales y en usos en que la resistencia y apariencia no son importantes.

IV.2.5) Común número cinco.

Es la madera de más baja calidad, ya que admite toda clase de defectos en número y severidad. Debe hacerse la aclaración que como en el Distrito Federal y alrededores no se siguen normas de calidad, el distribuidor es el que generalmente define y clasifica la madera como de primera, segunda y tercera, de construcción o cimbra, en orden del número y severidad de los defectos. La clase primera tiene pocos y pequeños defectos, mientras que la de construcción se asemeja a la común número cinco de las normas Western Pine Association.

En países donde la madera se usa estructuralmente en grandes cantidades, existen normas y sistemas de clasificación según las dimensiones, calidades y resistencias mecánicas de la madera. En algunos se clasifica la madera estructural visualmente, pero en los últimos años se han venido diseñando máquinas que miden la resistencia de una pieza, la clasifican y ponen un sello con dicha información.

En conclusión el usuario se enfrentará con el hecho de que mucha de la madera no se encuentra libre de defectos lo que no significa que sea inútil, ya que depende de la frecuencia y severidad de éstos lo que determina hasta cierto punto el mejor uso que se le puede dar.

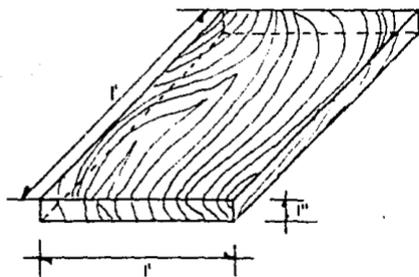
IV.3 MANEJO COMERCIAL DE LA MADERA.

En realidad en la vida práctica, al asistir a una maderería y solicitar las diferentes calidades de madera que manejan, nos explican que solo manejan tres calidades en lo referente a la madera de pino que es la más usual para la construcción.

La madera de 1a. y de 2a. de pino, por lo general la utilizan para carpintería y la de 3a. es la que se utiliza comunmente para cimbra en la construcción.

Para la cimbra convencional la madera deberá cuantificarse en el Sistema Métrico Decimal, es decir, por metro cúbico (m^3); más la práctica es hacerlo a base de "Pie-tablón" definiendo como pie-tablón la cantidad de madera que integra un elemento de un pie de ancho por un pie de largo por una pulgada de espesor; por lo tanto, un pie tablón debe ser igual al volumen contenido en una pieza de madera de esas dimensiones.

Para obtener una fórmula sencilla para encontrar pies-tablón podemos proponer lo siguiente:



$$1-) \frac{a'' \times b'' \times c'}{12} = \text{BM} = \text{PT}$$

$$2-) \frac{a'' \times b'' \times c' (mto)}{3.657} = \text{BM} = \text{P.T.}$$

Donde:

- "a" Es la dimensión mínima de la pieza indicada en pulgadas (in).
 "b" Es la dimensión media de la pieza indicada en pulgadas (in).
 "c" Es la dimensión máxima de la pieza indicada en pies (ft) en la fórmula 1 ó metros (m) en la fórmula 2.

En la siguiente tabla se muestran las dimensiones más comerciales.

GRUESOS	ANCHOS	LARGOS
1/2"	2"	7'
3/4"	4"	8 1/4'
1"	6"	10'
1 1/2"	8"	12'
2"	10"	14'
3"	12"	16'
3 1/2"		20'
4 1/2"		

Dimensiones de la madera que se utiliza comunmente en la construcción:

Duela	1"x4"x8 1/4'	2.5x10x250 cms.
Barrote	2"x4"x8 1/4'	5x10x250 cms.
Polín	4 x4 x8 1/4'	10x10x250 cms.
Tabla	1"x12"x8 1/4'	25x30x250 cms.
Viga	4"x10"x8 1/4'	10x25x250 cms.

IV.4 OTROS TIPOS Y CALIDADES DE LA MADERA.

Ya que existen otros tipos de maderas, que ofrecen ciertas ventajas sobre la madera sólida, que consisten básicamente en igualar las propiedades físico mecánicas a lo largo y ancho de la pieza, o sea que se tiende a reducir la anisotropía, las presentamos a continuación.

IV.4.1. Madera contrachapada.

Es la que comunmente conocemos como triplay y que su fabricación es a base de un número impar de hojas de chapa colocadas de tal manera que la dirección de la fibra de una capa forme un ángulo de 90° con la dirección de la fibra de la adyacente, todas ellas cementadas con un adhesivo.

El elemento contrachapado debe estar balanceado con objeto de evitar alabeos causados por cambios de contenido de humedad para obtener este balance se disponen las capas en pares a los lados del centro u hoja central, de tal manera que para cada capa exista una opuesta, similar y paralela.

La madera contrachapada que comunmente se usa en la construcción es la de pino, ya que las de otra clase generalmente se emplean con fines decorativos de gran belleza. A la calidad se le da una letra de calificación: N, A, AR, B, C y D. La primera corresponde a la de mejor calidad y la última a la de más baja calidad. Una hoja de madera contrachapada puede tener la designación de calidad A-B lo que significa que una de las caras tiene chapa de calidad A y la otra, o trascara, de calidad B. Las calidades más comunes en el mercado para triplay de pino son: A-B, A-C, A-D, B-D y C-D.

En este tipo de madera las dimensiones gruesas más comunes son:

3, 4, 5 y 6 mm. en madera de tres chapas.

9, 12 y 14 mm. en madera de cinco chapas.

19, 21, 22 y 25 mm. en madera de siete chapas.

En todas se supone una tolerancia de 0.4 mm. Los anchos más usuales son: 76, 91 y 122 cms. y los largos 152, 183, 214 y 244 cms.

Una de las principales ventajas de la madera contrachapada sobre la sólida son sus bajos cambios dimensionales por variaciones en el contenido de humedad. La reducción se debe a la orientación de sus capas y porque están firmemente adheridas entre sí, además de que esta madera ofrece un sinnúmero de posibilidades y ventajas para la construcción.

IV.4.2. Madera laminada.

El uso de resinas sintéticas con propiedades similares especiales de fraguado y de resistencia a la humedad han hecho posible que la madera laminada tenga una multiplicidad extraordinaria de usos.

Este tipo de producto consiste en dos o más capas pegadas una con otra y en dirección paralela de sus fibras. Las laminaciones pueden variar en especie, número, tamaño, forma y grosor.

Una de sus ventajas es que es posible utilizar laminaciones de varias calidades o especies. En las porciones de un miembro laminado sujetas a los mayores esfuerzos se coloca madera de buena calidad, pudiéndose ensartar en las porciones menos críticas madera de menor calidad o de especies diferentes de menor resistencia, lo que trae como consecuencia una mejor y económica utilización de la madera como materia prima.

V. USOS EN OBRA NEGRA

La madera es uno de los materiales más utilizados en la construcción por ser un material dotado de buenas propiedades estructurales.

A pesar del evidente interés por la madera como material estructural, su aprovechamiento está muy restringido, limitándose la mayoría de su producción a su uso en obras provisionales, que en general son cimbras o moldes.

Las cimbras son moldes que dan la forma a los diferentes elementos que componen las obras de concreto, ya sean edificios, puentes, etc. las cimbras pueden ser de madera, metálicas o de otros materiales, cuya función es la de contener al concreto hasta que éste haya alcanzado su fraguado final y consecuentemente, la resistencia para autosoportarse.

Es imposible describir todos los casos que se puedan presentar en las cimbras que intervienen en una estructura, cada caso dependerá del tamaño de los elementos, sus formas, las condiciones del proyecto estructural y de un sin fin de factores, que sin tener a la vista los planos de construcción, son imprevisibles. No obstante, se debe tener presente que las cimbras tengan la resistencia suficiente para el objeto que están destinadas, y que sean de fácil descimbrado.

Las cimbras serán limpiadas completamente de óxidos, virutas, aserrín u otros desperdicios, antes de verter el concreto. Para conseguir una limpieza óptima, se recomienda el uso de aire comprimido o de agua a presión. Las caras interiores de las cimbras deberán ser uniformes

y lisas. El tratamiento con aceite se aplicará a las maderas, en lo posible, antes de su colocación en los cimbrados, haciéndose esto antes de la colocación de los refuerzos. Antes del vertido del concreto, las cimbras deberán humedecerse debidamente.

Las cimbras deben diseñarse tomando muy en cuenta los esfuerzos por un lado, y la resistencia de los materiales empleados en su construcción.

En términos generales, una cimbra se integra fundamentalmente por dos estructuras:

- a) Cimbra de contacto.- es la que se encuentra directamente en contacto con el concreto, y cuya función primordial es contener y configurar al concreto de acuerdo con el diseño de la estructura; se compone principalmente por paneles, tarimas, moldes prefabricados, etc. En el presente trabajo se considerará a los elementos de refuerzo como cimbra de contacto.
- b) Obra falsa.- es la constituida por elementos que trabajan estructuralmente soportando a la cimbra de contacto; los elementos más comunmente usados en la obra falsa son vigas, maderas, pies derechos, contra viento, puntales, etc.

Podríamos decir que cualquier clase de madera sirve para cimbras, no obstante, las maderas para cimbrados reúnen ciertas condiciones que son necesarias tomar en cuenta, pues ello influye en la calidad de los trabajos, rendimiento y economía.

Los requisitos que deben de cumplir las cimbras son:

- Tener la geometría del concreto.
- No deformarse más allá de las tolerancias del concreto.
- No permitir la pérdida de lechada.
- Facilitar el llenado.
- Resistencia.
- Durabilidad.
- Indeformable
- Hermética.
- Textura adecuada al acabado.
- Fácil de armar.
- Fácil de limpiar.

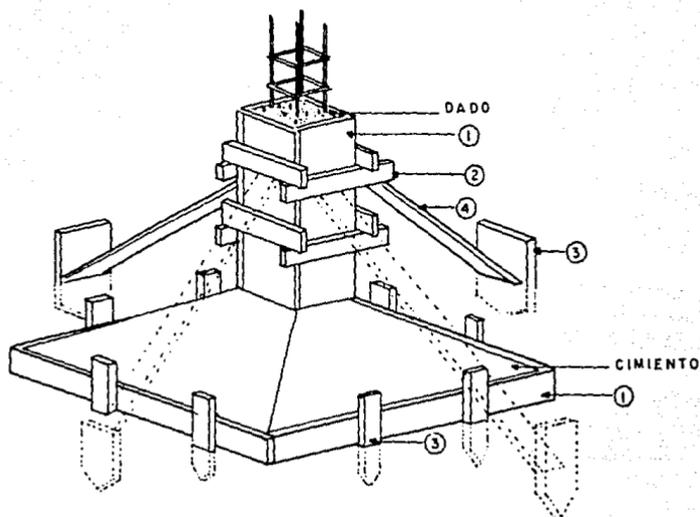
A continuación se describe brevemente la utilización de cimbras de madera en algunos elementos estructurales.

V.1. CIMBRA EN CIMENTACION.

Los cimientos son elementos que quedan enterrados por lo cual el cimbrado es muy sencillo.

Se describe a continuación la forma más común de cimbrado en cimentación conjuntamente con la cimbra en dado y los elementos que intervienen en dichas estructuras.

La cimbra de dados es un molde parecido a un cajón sin fondo. Se hace en forma rústica, ya que generalmente queda enterrado. Fig. V.1.



Cimbra en cimiento

Cimbra en dado

Obra falsa Cimbra en contacto.

Obra falsa Cimbra en contacto.

No. 1... Duela

3... Estacas 1... Duela

2... Estacas

4... Pie derecho 2... Yugo

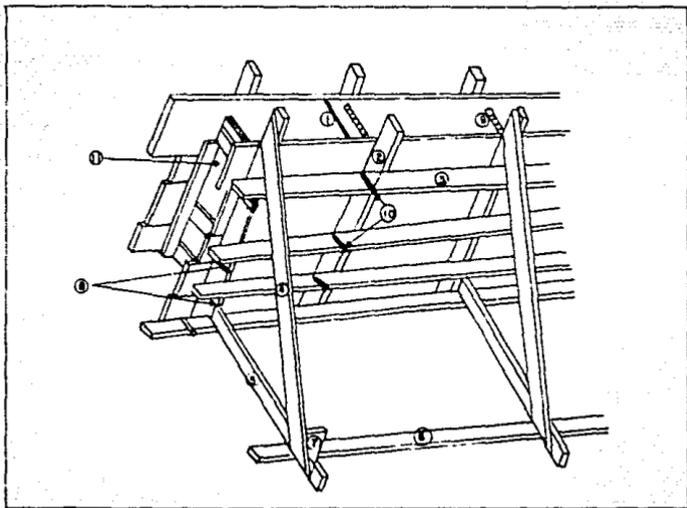
Fig. V.1 Cimbra en cimientos.

V.2 CIMBRA EN MUROS.

Los muros son elementos que en las construcciones se destinan a cumplir funciones diversas, como son: cimientos, contención de tierra y paredes.

La construcción de muros de concreto se lleva a cabo por medio de cimbras. Para el cimbrado de muros se debe tomar en cuenta dos factores muy importantes que son: Altura y Espesor. Considerando estos factores se debe hacer la adecuada ubicación de los refuerzos para que resistan los empujes del concreto.

Se muestra a continuación la forma más común de los elementos de una cimbra en muros. Fig. V.2.



Obra falsa	Cimbra de contacto
3.- Vigas madrinas	1.- Duela
4.- Pie derecho	2.- Yugos
5.- Arrastres	8.- Apoyo de larguero
6.- Zapata de pie derecho	11.- Cierre de tablero
7.- Estaca	

Se consideran otros elementos importantes

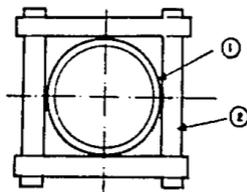
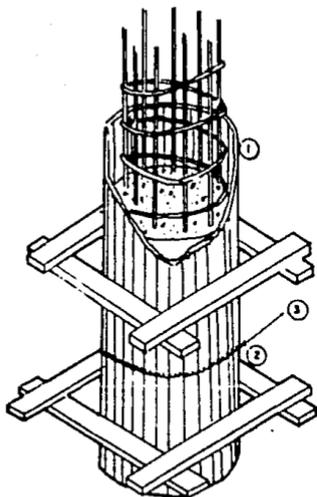
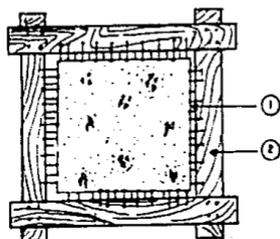
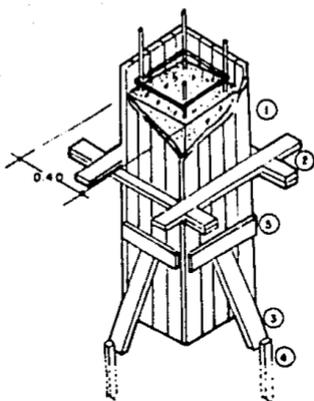
- 9.- Separadores
- 10.- Tensores

Fig. V.2 Cimbra en muros.

V.3 CIBRA EN COLUMNAS.

Los cimbrados de columnas son uno de los principales trabajos de una estructura. Las columnas pueden ser de sección cuadrada o rectangular y circular o poligonal.

Se debe tener presente dentro del cimbrado de las columnas las dimensiones de éstas, ya que de acuerdo al tamaño se considerará el refuerzo de las cimbras; como el mayor empuje del concreto es en las partes bajas, las cuales se reforzarán con mayor cuidado y énfasis en las partes bajas de las columnas.



Se muestran algunos tipos más comunes de cimbras en columnas.

Los elementos que intervienen en el cimbrado de columnas de la Fig. V.3 son:

Columnas rectangulares o cuadradas.

Obra falsa	Cimbra de contacto
------------	--------------------

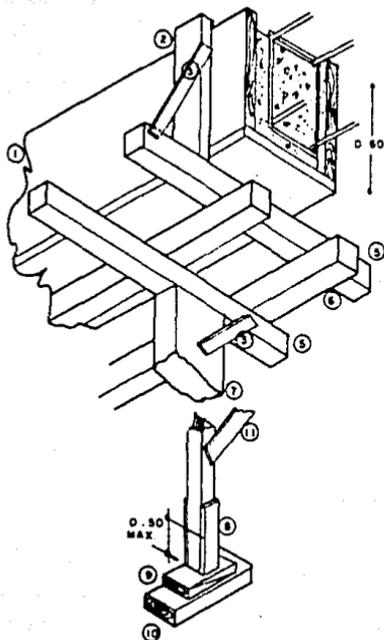
- | | |
|-----------------|---------------|
| 3.- Pie derecho | 1.- Duela |
| 4.- Estacas | 2.- Yugo |
| | 5.- Atiesador |

Columna Circular.

- | | |
|-----|------------|
| No. | 1.- Duela |
| No. | 2.- Yugo |
| No. | 3.- Zuncho |

V.4 CIMBRAS EN TRABES.

Las cimbras en trabes están formadas por tableros laterales y tablero de fondo, además de otros elementos importantes, como se puede apreciar en la Fig. V.4.



Obra falsa

- 3.- Pata de gallo
- 5.- Polín
- 6.- Languero
- 7.- Pie derecho
- 8.- Cachete
- 9.- Cuña
- 10.- Viga de arrastre
- 11.- Contraviento

Cimbra de contacto

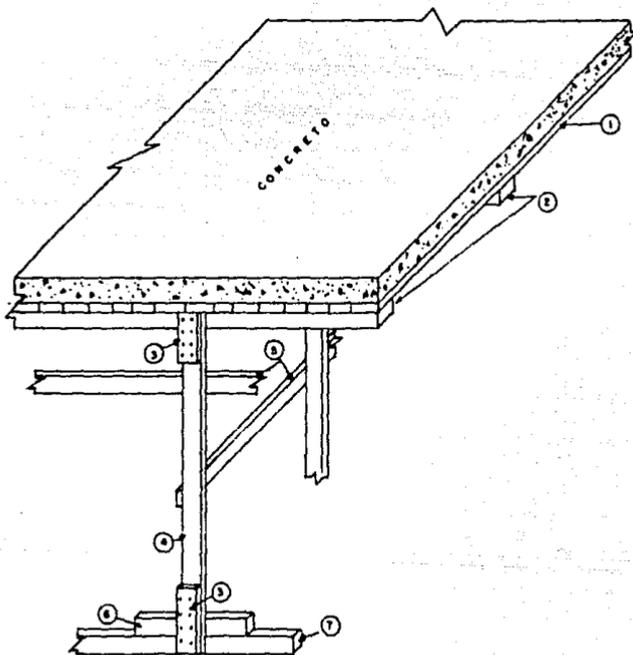
- 1.- Duela
- 2.- Yugo

Fig. V.4 Cimbra en traves.

V.5 CIBRA EN LOSAS.

Generalmente las cimbras para losas se pueden hacer con tableros prefabricados, con tablas, con p neles, etc.

Existen varias formas o tipos de cimbras para losas de, las cuales se analizar  una de las formas más comunes, considerando además los elementos que intervienen en dichas cimbras. Ver Fig. V.5.



Obra falsa

- 3.- Cachete
- 4.- Pie derecho
- 5.- Contraviento
- 6.- Cuñas
- 7.- Arrastres

Cimbra de contacto

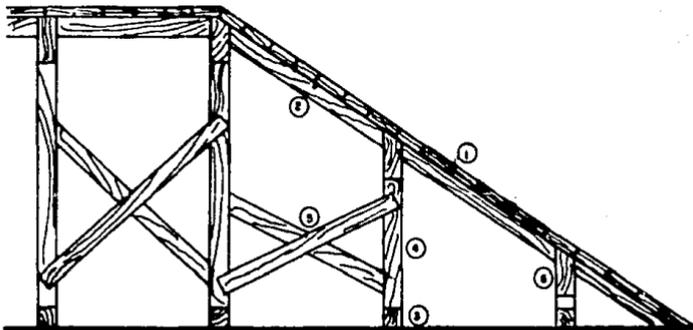
1. Duela
2. Madrina

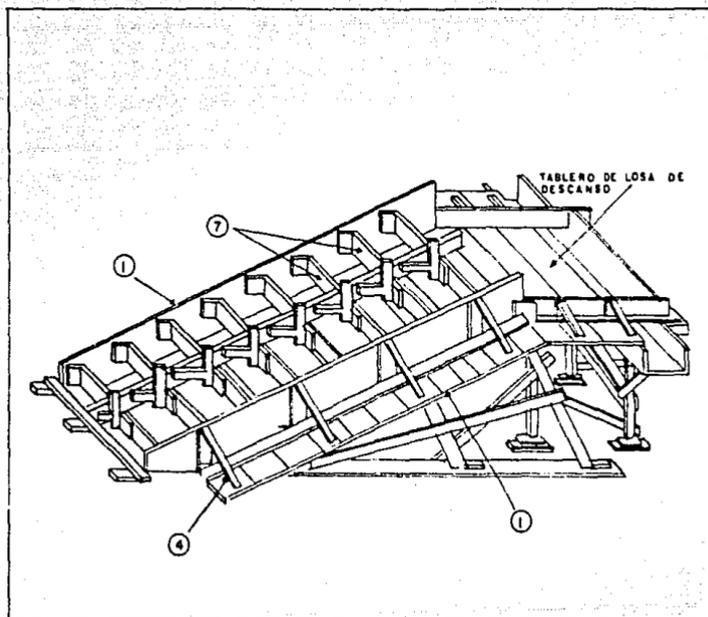
Fig. V.5 Cimbra en losas.

V.6 CIMBRA EN ESCALERAS.

El cimbrado en escaleras consiste en un molde de cierta complejidad que da la forma a la escalera.

Existen varias formas de construir escaleras, las cuales hacen cada vez más complejo el cimbrado. Se muestra en la Fig. V.6 la forma más común del cimbrado en escaleras, además de indicar los elementos que intervienen en ésta.





Obra falsa

- 3.- Arrastre
- 4.- Pie derecho
- 5.- Contraviento
- 6.- Cachete

Cimbra de contacto

- 1.- Duela
- 2.- Madrina
- 7.- Tablero de contrahuella

Fig. V.6 Cimbra en escaleras.

Hasta aquí solamente se ha presentado el cimbrado - de algunos de los elementos estructurales más comunes, ya que sería imposible mostrar todos los casos posibles de éste.

Finalmente, en la Fig. V.7 se observan las cargas y presiones que actúan sobre una cimbra, por lo que éstas deberán estar bien diseñadas para evitar cualquier contra-tiempo o defecto en el colado.

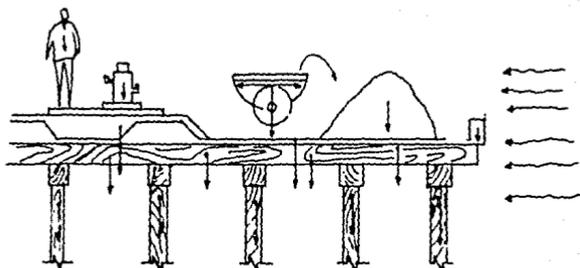


Fig. V.7 Cargas y presiones a considerar sobre una cimbra.

VI. USOS EN OBRA DEFINITIVA

En la actualidad son muchos los usos que podemos darle a la madera, en forma definitiva o permanente, como podemos mencionar una construcción a base de madera bien secada, tratada y diseñada, tiene gran durabilidad y el costo de mantenimiento es mínimo. Otro empleo de la madera es como elemento estructural, junto con otros elementos o materiales para generar sistemas mixtos rãoidos, baratos y seguros.

VI. a) CONSTRUCCIONES PERMANENTES.

Las construcciones permanentes de madera, son aquellas estructuras que prestan un servicio durante un periodo de vida predeterminado. Se utilizan todo tipo de maderas, tanto industrializadas, como no industrializadas. En México la aplicación de la madera en construcciones permanentes es poco común no como en otros países donde su uso es más intensificado como por ejemplo en las ciudades de: Chicago, Milwaukee, S. n Francisco, todas ellas en los Estados Unidos de Norteamérica, donde incluso hay edificaciones de 2 y 3 niveles.

Las construcciones permanentes pueden ser: Naves Industriales, Centros Comerciales, Auditorios, Instalaciones Deportivas, Iglesias, Casas Habitación, algunos tipos de puentes, etc.

En las construcciones permanentes de madera no hay que perder de vista el aspecto mecánico, donde la madera ofrece diversas ventajas. Si se compara la madera y acero estructural con bajo contenido de carbón, podemos observar

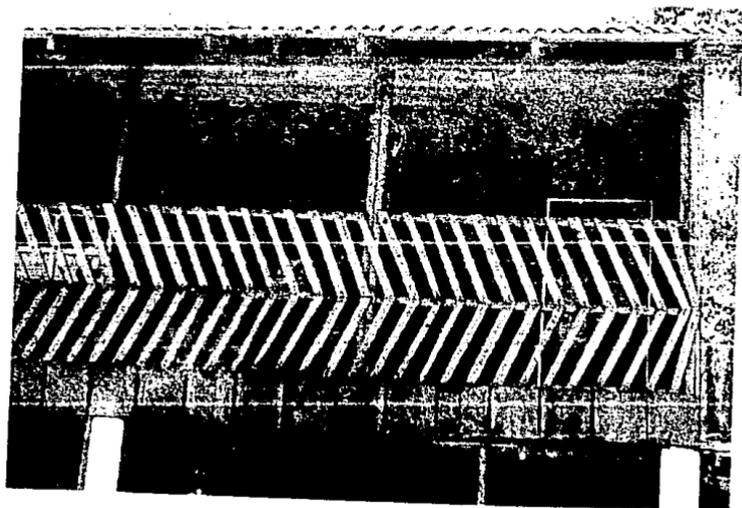
que para pesos iguales de ambos materiales, la madera es 16 veces más eficiente que el acero en flexión estática.

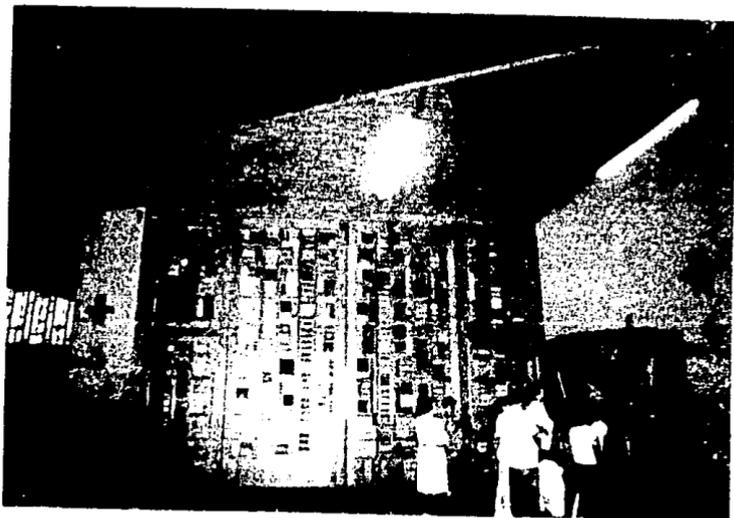
Para las construcciones permanentes de madera es importante sobre todo en el diseño de las mismas basarse en las normas técnicas complementarias para diseño y construcción de estructuras de madera.

En las siguientes fotografías se ilustran algunos tipos de construcciones permanentes y sobre todo de usos estructurales.

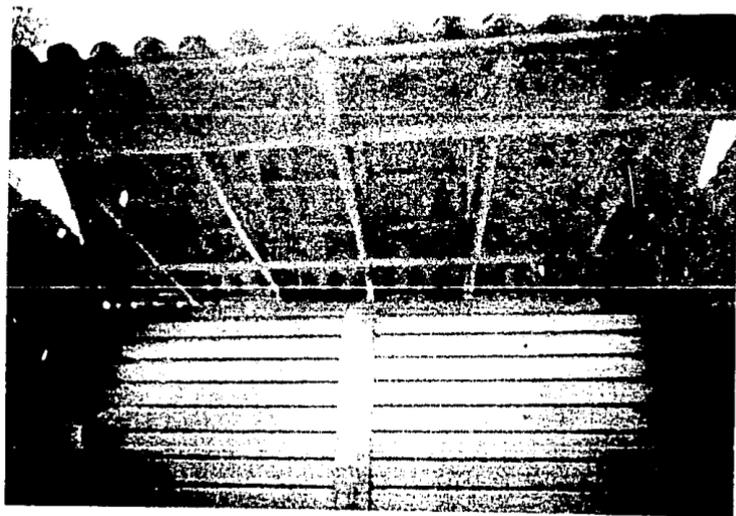


CONSTRUCCION, ESCUELA RURAL.





CANCELES Y PLAFONES



TECHUMBRES



CASAS HABITACION



ACABADOS EXTERIORES



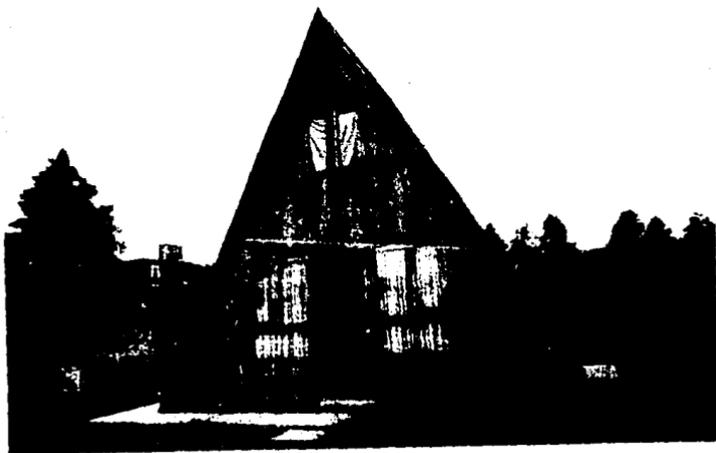
PUERTAS Y CANCELES



ACABADOS INTERIORES



TEMPLOS E IGLESIAS



CASAS CAMPESTRES

VI. b) EJECUCION DE OBRAS.

Para la ejecución de obras de estructuras de madera, se deben tener presente las siguientes consideraciones:

1.- Montajes de madera.- El montaje de estructuras de madera se hará de acuerdo a las recomendaciones del diseñador, debiendo efectuarlo cuadrillas experimentadas y equipo adecuado de levantamiento para proteger vidas y propiedades, para asegurar que los marcos estén debidamente armados y que no se dañen durante el manejo.

Deben revisarse la cantidad y los daños de cada embarque de madera que se recibe en la obra. Antes de empezar el montaje, deben verificarse las dimensiones del proyecto en la obra. Se debe determinar la exactitud y capacidad de los estribos, las cimentaciones, los pilares y los pernos de anclaje. Además el constructor debe asegurarse de que todos los soportes y anclas estén completos, accesibles y libres de obstáculos.

2.- Almacenaje en obra.- Si se tienen que almacenar los elementos de madera en la obra, deben colocarse donde no vayan a crear un peligro a los otros ocupantes o a la misma madera. Todos los armazones, especialmente los elementos laminados encolados almacenados en la obra deben colocarse en el piso sobre bloques apropiados. Los elementos deben separarse con tiras de madera de tal modo que el aire pueda circular en ellos. La parte superior y todos los lados de cada pila almacenada debe cubrirse con una cubierta resistente a la intemperie (humedad, suciedad, escombros de la obra, etc.); no utilizar películas de polietileno, en vista de que los elementos de madera pueden decolorarse por la luz del sol. Las envolturas individuales deben cortarse o perforarse del lado inferior para permi-

tir el drenaje del agua que se acumula dentro de la envoltura.

3.- Equipo.- Para todas las operaciones debe utilizarse equipo adecuado, de la capacidad de carga debida, con los controles necesarios para mover y colocar en su lugar los elementos. La naturaleza debe ser tal, que asegure la colocación segura y rápida de los materiales. Los cables y otros artefactos de amarre no deben dañar los materiales que se están colocando.

4.- Accesibilidad.- Debe haber suficiente espacio en la obra para almacenar en forma temporal los materiales desde que se entregan en la obra hasta el momento de montaje. El Equipo de manejo de materiales debe tener un camino sin obstrucciones desde el almacen hasta el punto de montaje. La localización del área requerida para operar el equipo depende de que el montaje se realice desde dentro del edificio o desde afuera.

5.- Precauciones para no dañar los elementos de madera. Descargar los camiones a mano o con grúa. Durante la descarga con grúas, utilizar cinchos de tela o plástico u otras eslingas que no rayen la madera. Si se tienen que usar cadenas o cables, proporcionar bloques protectores o acolchonamientos. No tirar, arrastrar ni dejar caer los elementos. Tomarse las precauciones debidas para evitar manchas, suciedad, huellas de zapatos, abrasiones o dañar las orillas conformadas o las esquinas agudas.

6.- Ensamblado y subensamblado. Del sistema estructural y de las varias uniones incluidas depende que estas operaciones se realizen en el taller, sobre el terreno o al aire libre en la obra.

El ensamblado debe hacerse de acuerdo a los planos aprobados, los taladros o escopleaduras adicionales, así como la instalación de todos los conectores de campo, deben hacerse con mano de obra calificada.

Las armaduras en general se embarcan total o parcialmente desarmadas. Se ensamblan sobre el terreno en la obra antes del montaje. Los arcos que en general se embarcan en medias secciones, pueden ser ensamblados sobre el terreno o las conexiones pueden hacerse después que los medios arcos estén en posición. Cuando las armaduras o los arcos se ensamblan sobre el terreno en la obra, el ensamblado debe hacerse sobre bloques nivelados, para permitir que las conexiones se ajusten en forma adecuada y se aseguren completamente sin daños.

Antes del montaje, el armado debe revisarse en cuanto a las dimensiones totales prescritas, las contra flechas prescritas y la exactitud de las conexiones de anclaje. El montaje debe planearse y ejecutarse de tal manera que, el ajuste apretado y la nítida apariencia de las uniones y la estructura total no se dificulten.

7.- Herrajes. Todas las conexiones deben ajustarse fácilmente de acuerdo con los planos, especificaciones y diseños de la obra aprobada. Todo corte armado y perforación debe efectuarse de acuerdo con buenas prácticas de taller. Todo corte escolapiado o taladrado en la obra debe realizarse con buena mano de obra, considerando el uso final y la apariencia.

8.- Contraventeo. Estos elementos estructurales deben colocarse para proporcionar restricción o soporte, o ambos para tener seguridad de que el ensamble completo formará una estructura estable. Este arriostramiento

puede extenderse en forma longitudinal y transversal. Puede consistir en elementos de contraladeo cruces verticales, diagonales, y similares, que resisten fuerzas de viento, temblores, montaje, aceleración, frenaje y otros. También puede consistir en acartelamiento, cables, torrapuntas, marcos rígidos y otros componentes similares en diversas combinaciones.

El arriostramiento puede ser temporal o permanente, cuando es permanente, y requerido como parte integral de una estructura completa, se muestra así en los planos, arquitectónicos o de ingeniería y, en general también está mencionado en las especificaciones de la obra. El arriostramiento temporal durante la construcción se requiere para estabilizar o para mantener en su lugar elementos estructurales permanentes durante el montaje, hasta que otros elementos permanentes que servirán para ese propósito se coloquen y se aseguren. Este contraventeo es responsabilidad del montador, que normalmente lo proporciona y lo arma. Debe fijarse de tal manera que los niños u otros visitantes casuales no los puedan quitar o los muevan. Deben instalarse protectores en las esquinas y otros artefactos protectores para evitar que los miembros se dañen por el arriostramiento.

La mayor parte del arriostramiento temporal para las estructuras se dejan en su lugar, porque están diseñados para contraventear la estructura terminada contra las fuerzas laterales.

VI. c) RECOMENDACIONES DE DISEÑO.

El objetivo de las siguientes recomendaciones es obtener diseños económicos con las estructuras de madera.

1.- El uso de tamaño y clases estándares de madera considerar el uso de componentes estructurales estandarizados ya sean de madera, vigas de madera encolada o estructuras complejas diseñadas para ser eficientes, económicas y adecuadas estructuralmente.

2.- Utilizar detalles estándares siempre que sea posible. Evite herrajes conectores especialmente diseñados y manufacturados.

3.- Emplear la menor cantidad de juntas simples como sea posible. Poner empalmes, cuando sea necesario, en las áreas de menor esfuerzo. No colocar los empalmes donde, los momentos flexionantes son grandes; evitando así dificultades de diseño, fabricación y montaje.

4.- Evitar variaciones innecesarias en la sección transversal de elementos en su longitud.

5.- Utilizar repetidamente diseños de elementos idénticos en toda la estructura, hasta donde sea práctico. Mantenga el número de arreglos diferentes a un mínimo. Considerar el uso de perfiles para techos que tengan una influencia favorable a la clase y la cantidad de carga sobre la estructura.

6.- Especificar siempre los esfuerzos de diseños, permisibles en cada tipo de madera o su posible combinación.

7.- Elegir madera tratada con preservativos donde las condiciones de servicio lo dictaminen. Este tratamiento no debe usarse donde no existan peligros de descomposición. Pueden usarse tratamientos retardantes al fuego para cumplir con un coeficiente específico de esparcimiento de flamas, pero no son necesarios para elementos de gran sección transversal que están bien espaciados y por tanto presentan un bajo riesgo de incendio.

8.- En lugar de tener claros largos y simples, considerar el uso de claros continuos o articulados o claros simples con voladizos.

9.- Seleccionar el grado de apariencia más adecuado al proyecto. No especifique tipos de apariencia superior para todos los elementos, si esto no se requiere.

Todo esto independientemente de lo indicado en las normas técnicas complementarias para el diseño de estructuras de madera del Reglamento para Construcciones del D.D. F.

VII. ACCESORIOS QUE REQUIERE

Uno de los aspectos más importantes y más difíciles de realizar es el del dimensionamiento de las conexiones o uniones entre elementos de madera u otros, ya que con frecuencia, es el espacio requerido para los detalles de unión, lo que define las dimensiones de los miembros, aún más que las fuerzas que estos deben soportar.

Cabe mencionar que en este trabajo no trataremos el aspecto de diseño de estructuras de madera, conexiones o uniones, pero hacemos énfasis en que en su diseño se deben cumplir ciertos requisitos que son muy importantes:

- Características estructurales adecuadas en cuanto a resistencia y rigidez.
- Facilidad de fabricación y empleo.
- Aspecto aceptable.
- Bajo costo.

Los elementos de unión más comúnmente utilizados en la madera son: Los clavos, las grapas, los pernos, los tornillos, las pijas, las placas de metal o triplay y los pegamentos de diversos tipos. Existen además conectores, generalmente patentados, tales como los de anillo abierto, los de placa de cortante y otros más, así como accesorios diversos de unión.

El comportamiento de los elementos de unión para estructuras de madera se ve influenciada por los siguientes factores: La especie, el peso específico, el contenido de humedad y la duración de las cargas transmitidas a través de la unión.

Se describen a continuación los principales elementos de unión empleados tanto para formar los distintos tipos de miembros compuestos, como para efectuar las conexiones entre miembros de madera y elementos estructurales de otros materiales.

VII.1. CLAVOS Y GRAPAS.

En el tipo de construcción ligera, propia para viviendas, en el que el grosor de las piezas por unir no suelen exceder de unos cinco centímetros, el elemento de unión más usual es el clavo, también para formar las uniones de las armaduras ligeras típicas en techos, empleando placas de unión de triplay o de lámina fijadas con clavos.

Existe una gran variedad de estos, que se distinguen por el tipo de cabeza y de punta, la relación entre la longitud y el diámetro, el material utilizado en su fabricación, y la naturaleza del acabado superficial. En la figura VII.1. Se muestran algunos tipos de ellos.

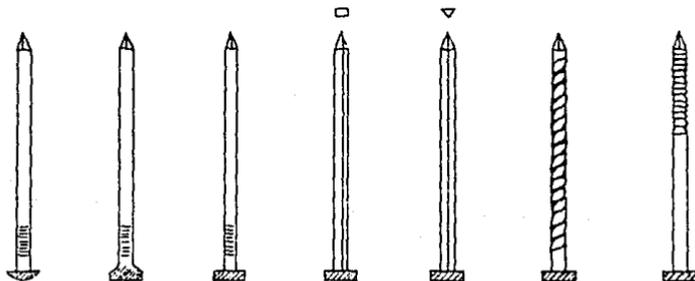


Fig. VII.1 Características geométricas de algunos tipos de clavos.

Para mejorar la adherencia con la madera y, por lo tanto, la resistencia a la extracción, se recurre a diversos tratamientos de la superficie. Estos pueden consistir en recubrir el clavo con algún material especial o en formar estrias anulares o helicoidales. Los clavos con estrias son especialmente útiles cuando es necesario hacer ensambles cuando la madera está verde, ya que conservan considerable resistencia a la extracción, aún después de la contracción que sufre la madera al secarse.

Si el clavado se hace cuando la madera está seca conviene utilizar clavos delgados de acero de alta resistencia, hincados con martillos pesados en agujeros taladrados previamente.

La variedad de clavos que se encuentran en el mercado actualmente en México es muy reducida. Los utilizados comúnmente para aplicaciones en la construcción son los denominados "estándar" con cabeza y sin cabeza, como se muestra en la figura VII.2.

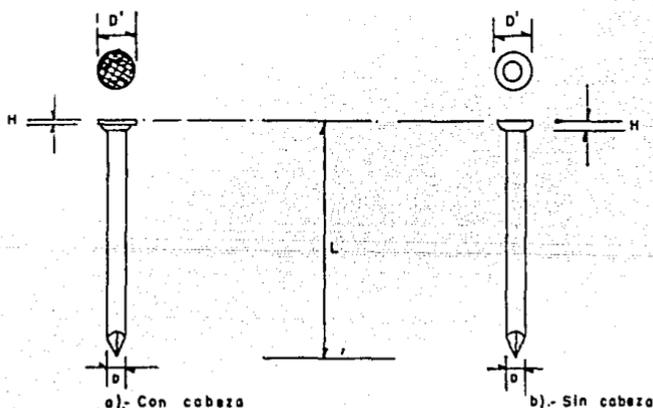


Fig. VII.2 Características geométricas de los clavos "estándar".

Las dimensiones en que se fabrican se indican en las siguientes tablas (tabla VII.1 y tabla VII.2), considerando que el clavo sin cabeza es muy poco utilizado ya que solo se requiere cuando en la unión de algunos elementos la cabeza estorbe.

MEDIDA COMERCIAL	DIAMETRO DEL ALAMBRE		LONGITUD DEL CLAVO		DIMENSIONES DE LA CABEZA		
	D		L		D'		H
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm
11-25	1.82	.072	25.4	1	4.50	.177	.914
11-30	1.82	.072	31.8	1 ¹ / ₄	4.50	.177	.914
12-35	2.03	.080	38.1	1 ¹ / ₂	5.00	.197	1.02
14-45	2.32	.091	44.5	1 ³ / ₄	5.77	.228	1.16
15-50	2.68	.105	50.8	2	6.75	.266	1.33
16-65	3.06	.120	63.5	2 ¹ / ₂	7.50	.295	1.52
17-75	3.42	.135	76.2	3	8.50	.335	1.71
19-90	4.11	.162	88.9	3 ¹ / ₂	10.3	.406	2.06
20-100	4.49	.177	102	4	11.3	.445	2.25
21-115	4.49	.177	114	4 ¹ / ₂	11.3	.445	2.25
22-125	4.87	.192	127	5	12.3	.484	2.44
22-140	4.87	.192	140	5 ¹ / ₂	12.3	.484	2.44
23-150	5.25	.207	152	6	13.0	.512	2.63

TABLA VII.1 Dimensiones geométricas de clavos "estándar" con cabeza.

(Ver Fig. VII.2)

MEDIDA COMERCIAL	DIAMETRO DEL ALAMBRE		LONGITUD DEL CLAVO		DIMENSIONES DE LA CABEZA			
	D		L		D		H	
	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg	mm	pulg
11X25	1.58	.062	25.4	1	2.2	.086	1.57	1/16
11X30	1.58	.062	31.71	1 ¹ / ₄	2.5	.099	1.57	1/16
12X35	1.82	.072	38.1	1 ¹ / ₂	2.7	.105	1.83	9/128
14X45	2.18	.086	44.45	1 ³ / ₄	2.7	.105	2.18	11/128
15X50	2.32	.091	50.8	2	3.4	.135	2.31	3/32
16X65	2.68	.105	63.5	2 ¹ / ₂	3.7	.148	2.67	13/128
17X75	3.06	.120	76.2	3	3.9	.155	3.05	15/128

TABLA VII.2 Características geométricas de clavos "estándar" sin cabeza. (Ver Fig. VII.2)

Las grapas se utilizan en forma semejante a los clavos, aunque en México se usan poco en aplicaciones estructurales, su uso más común es en cercas de alambre. En la tabla VII.3 se muestran las características geométricas de grapas típicas o referidas a la figura VII.3 que se indica a continuación.

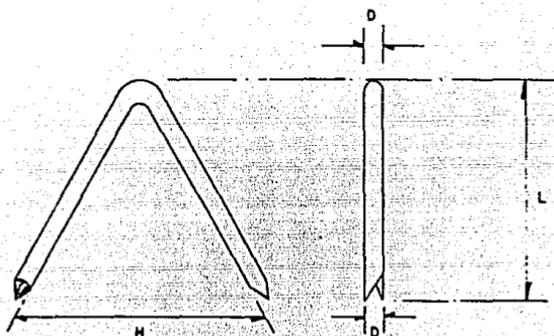


Fig. VII.3 Características de las grapas.

MEDIDA COMERCIAL	DIAMETRO DEL ALAMBRE		TIPO DE GRAPA	DIMENSIONES DE LA GRAPA	
	D			mm	
	mm	pulg		L	H
16 x 12	1.58	.062	GALVANIZADA	12.7	4.78
16 x 15	1.58	.062	GALVANIZADA	15.8	4.78
16 x 20	1.58	.062	GALVANIZADA	19.0	4.78
9 x 25	3.76	.148	GALVANIZADA	25.4	6.35
9 x 30	3.76	.148	GALVANIZADA	31.7	6.35
9 x 35	3.76	.148	GALVANIZADA	38.1	6.35
9 x 25	3.76	.148	NEGRA	25.4	6.35
9 x 30	3.76	.148	NEGRA	31.7	6.35
9 x 35	3.76	.148	NEGRA	38.1	6.35

Tabla VII.3 Tipos y dimensiones geométricas de las grapas.

Se presentan a continuación algunos detalles típicos de uniones con clavos y grapas.

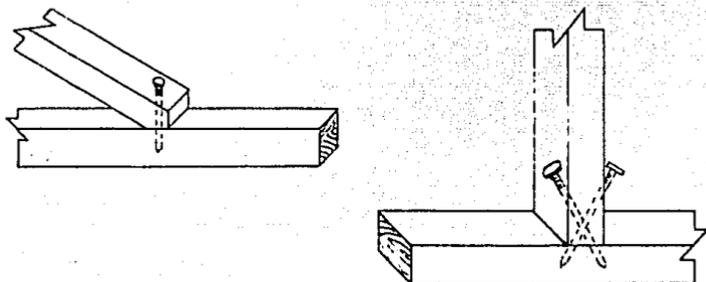


FIG. VII.4 Detalle de unión de elementos de madera con clavos "estándar".

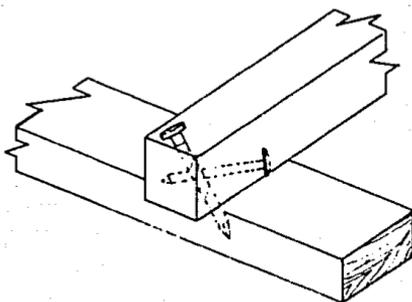


FIG. VII.5 Se muestra en esta figura la utilización de clavos con astrias para madera verde, así como la forma del incado del clavo en forma correcta.

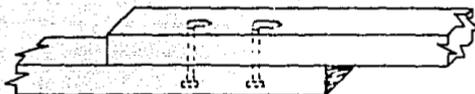


FIG. VII.5 Unión simple de elementos de madera con clavos con la punta doblada, esto incrementa la resistencia en las conexiones.

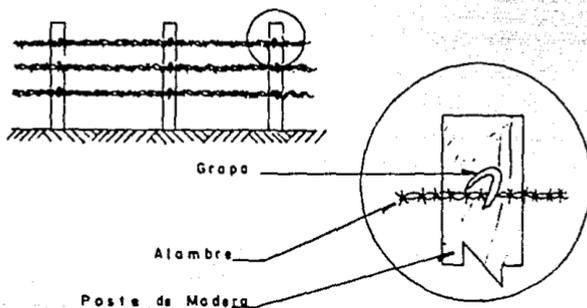


FIG. VII.6 Una de las pocas formas de utilizar las grapas. También se utilizan para hacer uniones en armaduras simples y sencillas, donde su utilización requiera de poco esfuerzo.

Las características para dimensionamiento de uniones con clavos se presentan en las normas técnicas. Para clavos de otras características, deberán ser aprobados. Para su uso en este tipo de trabajo, por el Departamento del Distrito Federal.

VII.2 TORNILLOS.

Los tornillos para madera fabricados en México varían en longitud de 5/16" a 3" y pueden tener diversos diámetros. Respecto a los clavos presentan la desventaja de que para introducirlos en la madera es necesario hacer un agujero guía previamente. Aunque también tiene ciertas ventajas respecto a los clavos, ya que con éstos se logran uniones más rígidas y mejores acabados en trabajos que requieren una buena apariencia y calidad.

En la figura VII.7 se ilustra la forma típica de los tornillos para madera y en la tabla VII.4 también se dan las características geométricas de los tornillos.

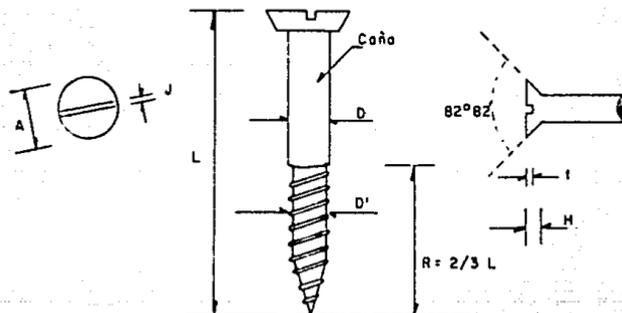


Fig. VII.7 Forma típica de tornillos para madera.

MEDIDA NOMINAL No.	DIAMETRO NOMINAL D'		HILOS POR PULGADA		D DIMENSIONES (mm)								LONGITUD L	
					A		H		J		T			
	mm	pulg	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	min	máx	de mm	a mm
2	2.18	.086	23	29	3.90	4.30	1.0	1.3	.58	.79	.32	.58	8	17
3	2.51	.099	22	26	4.60	5.10	1.2	1.5	.68	.89	.43	.68	10	20
4	2.84	.112	20	24	5.30	5.70	1.4	1.7	.78	1.0	.50	.76	10	25
5	3.17	.125	18	22	5.90	6.40	1.6	1.9	.89	1.1	.56	.86	13	32
6	3.51	.138	16	20	6.50	7.10	1.8	2.1	1.0	1.2	.61	.97	13	40
7	3.84	.151	14	18	7.20	7.70	1.9	2.3	1.0	1.2	.69	1.0	13	50
8	4.17	.164	14	17	7.80	8.40	2.1	2.5	1.1	1.4	.74	1.1	17	50
9	4.50	.177	13	16	8.50	9.10	2.3	2.7	1.1	1.4	.81	1.2	20	65
10	4.83	.190	12	15	9.10	9.80	2.5	2.9	1.3	1.5	.86	1.3	20	75
11	5.16	.203	11	13	9.80	10.4	2.7	3.1	1.3	1.5	.93	1.4	25	75
12	5.49	.216	10	12	10.4	11.1	2.8	3.3	1.4	1.7	1.0	1.5	25	75
13	5.82	.229	9	11	11.1	11.8	3.0	3.5	1.4	1.7	1.1	1.6	40	75
14	6.15	.242	9	11	11.7	12.5	3.2	3.7	1.6	1.9	1.2	1.7	40	75
15	6.48	.255	8	10	12.4	13.1	3.4	3.9	1.6	1.9	1.3	1.8	50	75

FIG. VII.7 DIMENSIONES GEOMETRICAS DE TORNILLOS PARA MADERA.

En las siguientes figuras Vi..8 y VII.9 se presentan algunos tipos de unión con tornillos para madera, existiendo gran cantidad de conexiones con este elemento.

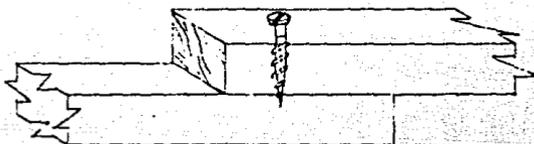


Fig. VII.8 Conexión simple de dos elementos de madera con tornillo.

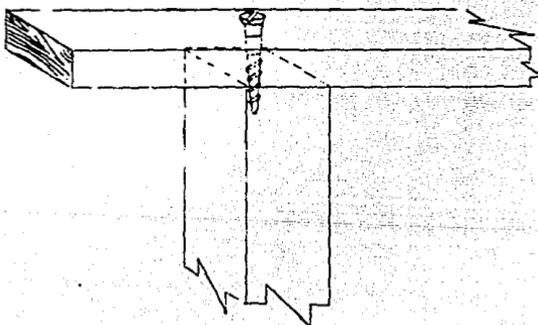


Fig. VII.9 Otro tipo de unión con tornillos para madera.

VII.3 PIJAS.

Las pijas son semejantes a los tornillos, aunque de dimensiones mayores: Su longitud puede llegar a ser de 12" y su diámetro varía de 1/2" a 1". Estas también requieren de un agujero guía para su fijación; las pijas se hacen penetrar a través de la madera por medio de destornillador.

Para maderas duras se deben utilizar pijas o tornillos de rosca fina; para maderas blandas es preferible utilizar pijas o tornillos de rosca gruesa.

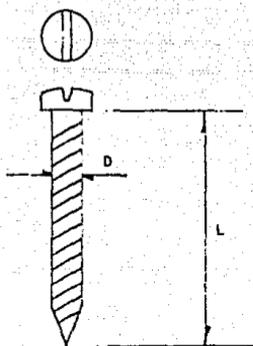


FIG. VII.10 Característica geométrica de la pija.

Las conexiones que se hacen con este tipo de accesorio es similar a la de los tornillos, la única diferencia de éstos con las pijas, es que con ésta se logran uniones a elementos de madera de mayores dimensiones debido al tamaño de la pija; por lo que las uniones con este elemento es idéntico al de los tornillos, ver Fig. VII.8 y Fig. VII.9.

VII.4 PERNOS.

Los elementos de unión de uso más común son los pernos, ya que permite realizar conexiones de considerable resistencia y con relativa sencillez. Generalmente los pernos se emplean en combinación con rondanas, que reducen los esfuerzos de aplastamiento que afecta a la madera. Los pernos pueden construirse con barras de varillas de acero, formando la rosca con la ayuda de una tarraja. El diámetro y longitud de los pernos son muy variables. El diámetro varía entre 1/4" a 3".

Las características de los pernos se muestran con la Fig. VII.11, haciendo la consideración de que los elementos que intervienen en la resistencia de las uniones con pernos son la densidad de la madera y su dureza, así como el grosor del perno a utilizar.

El diámetro del agujero no debe ser más de 1.6 mm. mayor que el del perno.

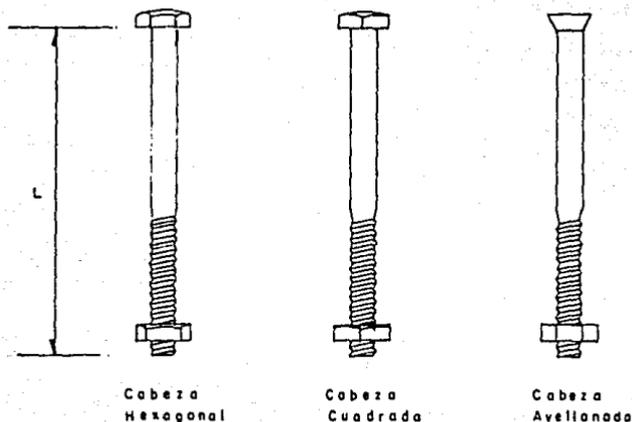


FIG. VII.11 Características geométricas de los pernos.

A continuación se presentan conexiones comunmente utilizadas con este elemento, considerando que la rondana es un elemento indispensable para evitar el aplastamiento de la madera. Por los esfuerzos realizados.

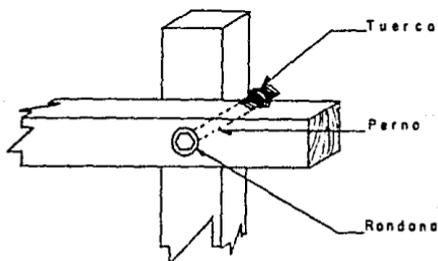


FIG. VII.12 Uniones típicas de elementos de madera con perno.

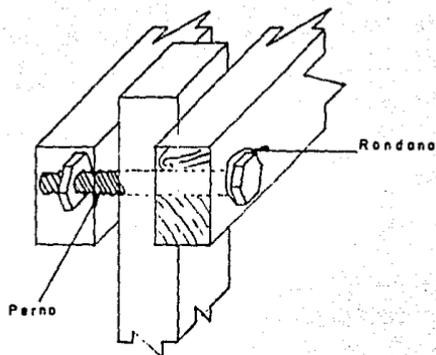


FIG. VII.12 Conexión compuesta por tres elementos de madera con sus ejes perpendiculares entre sí.

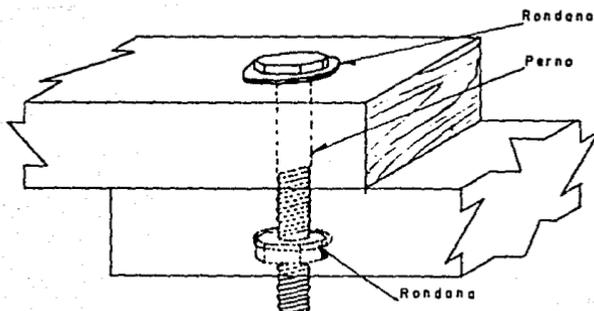


FIG. VII.13 Unión con perno en dos elementos de madera con sus ejes paralelos.

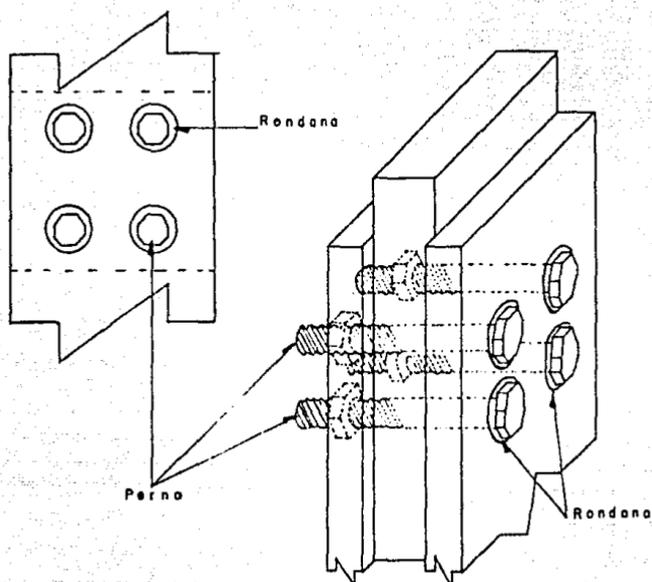


FIG. VII.14 Unión de elementos con cuatro pernos, para conexiones que están expuestas a grandes esfuerzos.

VII.5 PLACAS.

Las uniones con placas se hacen en ocasiones combinando tornillos, clavos y pernos con placas de acero.

Para uniones sencillas y ligeras como las utilizadas para viviendas, se han desarrollado placas con salientes integrados que actúan como clavos (sistemas "gang-nail"). Existen otros tipos de los cuales la mayoría son patentados. La colocación de este tipo de placa se hace mediante prensas hidráulicas o herramientas especiales.

Para uniones en que las fuerzas que deben transmitirse son muy pequeñas, pueden emplearse placas de triplay fijadas por medio de clavos o algún pegamento o por una combinación de ambos.

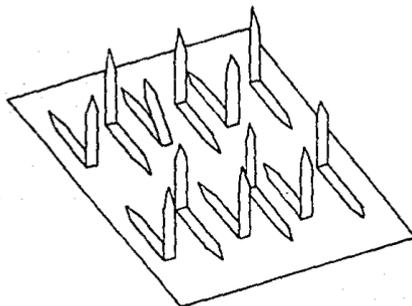


FIG. VII.15 Placas "gang-nail" para uniones sencillas en la cual ya no se requiera la aplicación de clavos u otro elemento para su fijación.

VII.6 CONECTORES:

Estos elementos se utilizan en uniones de estructuras pesadas, en combinación con pernos.

Las capacidades de estos elementos, generalmente pa tentados, suelen estar tabuladas en las especificaciones de los fabricantes. En México su uso es prácticamente nulo.

El objetivo de estos elementos es repartir las fuerzas en la superficie de la madera, ya que con éstos se reducen las concentraciones de esfuerzos de aplastamiento que se presentan cuando se utilizan solamente pernos. Su colocación requiere herramientas especiales y personal debidamente capacitado.

Existe gran variedad de tipos de conectores de los cuales solamente se mencionarán algunos.

VII.6.1 Conectores de anillo partido.

Este tipo de conectores se puede apreciar en la figura VII.16. El anillo de acero se coloca en unas ranuras circulares formadas en las superficies de las piezas por unir.

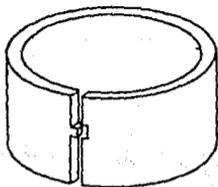


FIG. VII.16 Conector de anillo partido.

En la siguiente figura se presentan la herramienta para ranurar las piezas por unir con el conector de anillo partido.

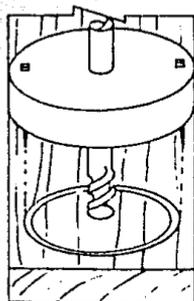


FIG. VII,17 Herramienta para formar ranuras y colocar el anillo partido.

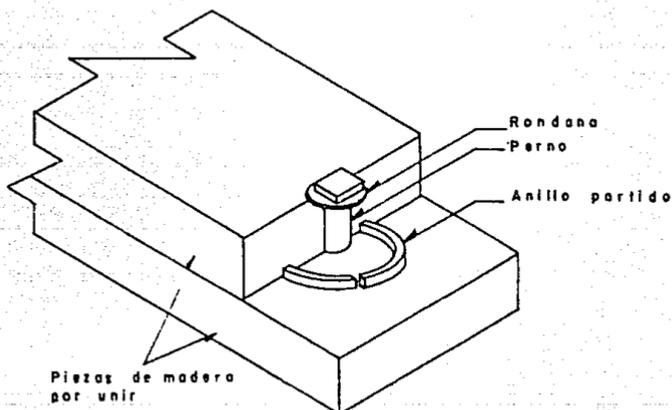


FIG. VII,18 Detalles de unión entre dos estructuras de madera utilizando conector de anillo partido.

VII.6.2. Conectores de placa de cortante.

Este está constituido por placas circulares metálicas fijadas en ranuras previamente hechas en las piezas por unir. También las piezas se mantienen unidos por medio de un perno. Con este tipo de conectores se pueden unir piezas de madera con otro de madera y también piezas de madera con uno de acero.

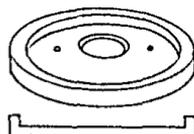


Fig. VII.19 Placa de Cortante.

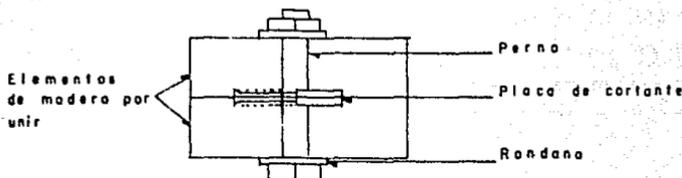


Fig. VII.20 Unión de dos elementos de madera con conector placa de cortante.

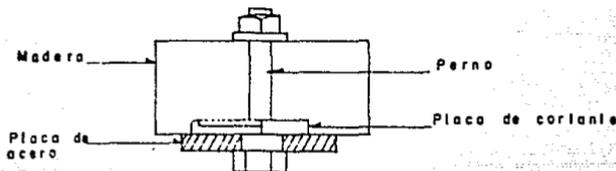
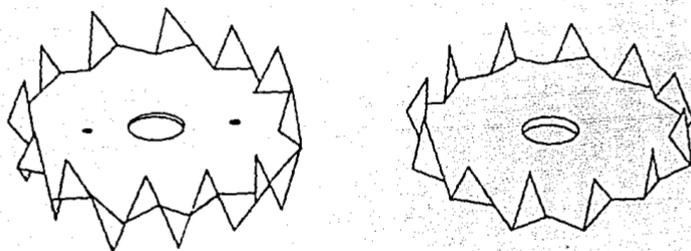


Fig. VII.21 Unión de elementos de madera y acero con conector placa de cortante.

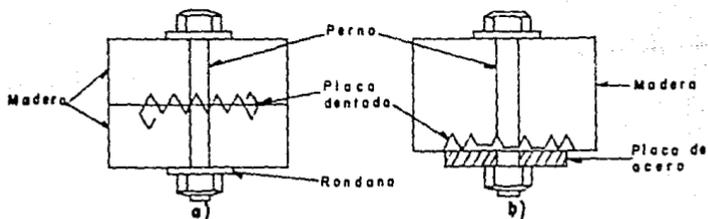
VII.6.3. Conectores de placas o anillos dentados.

Existe gran variedad de conectores de este tipo, y pueden emplearse para unir miembros de madera, o unir miembros de madera con acero. Para realizar estas uniones con dicho tipo de conector se requiere herramienta especial, la cual proporciona la presión necesaria para hincar los dientes en la madera. También en la utilización de estos conectores se usa el perno.

En las figuras VII.22 a) y b) se presentan los tipos de placas para unir miembros de madera y para unir miembros de madera y acero respectivamente.



a) Placa para unir miembros de madera.
b) Placa para unir madera y acero



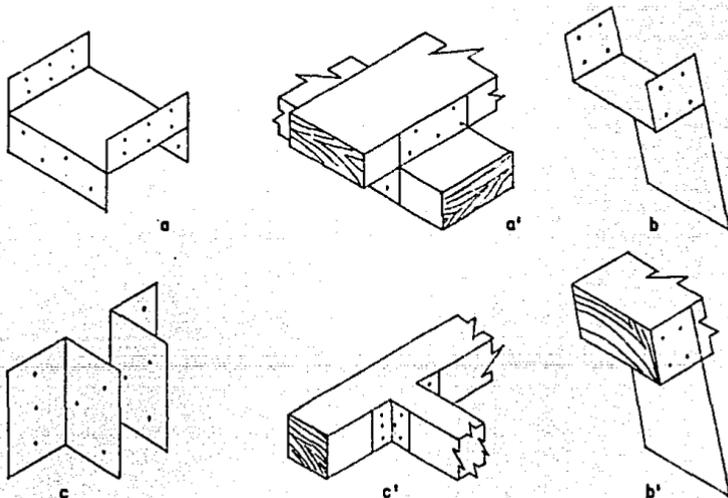
a) Unión entre miembros de madera.
b) Unión entre miembros de madera y acero.

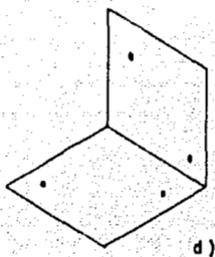
Existen además de los antes mencionados, otros tipos de conectores, pero, al igual que éstos, son de poco uso en MÉXICO, como el de rejillas el cual es utilizado para unir elementos de madera en trozo, ya que se le puede dar la curvatura que se requiere. Al igual que el conector de placa dentada, éste también requiere herramienta especial.

VII.6.4. Accesorios metálicos.

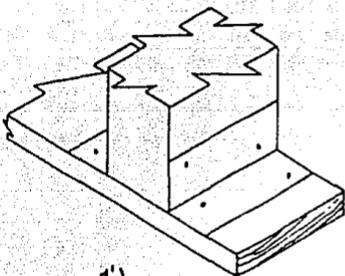
Existen gran variedad de elementos de unión para estructuras de madera a los cuales se les puede aplicar diferentes tipos de conexiones y con relativa facilidad y bajo costo, haciendo la consideración de que estos elementos de unión no son muy resistentes a grandes esfuerzos, como los conectores antes mencionados.

En la fig. VII.24 se muestran los diferentes alternativas de unión con este tipo de accesorios.

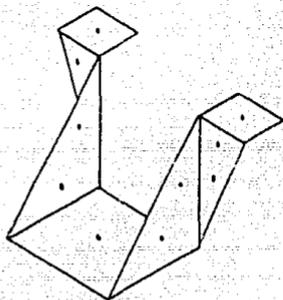




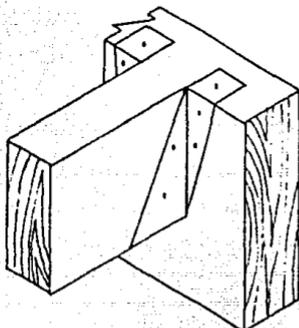
d)



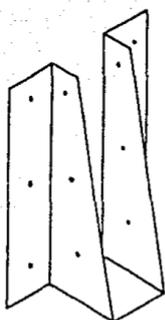
d')



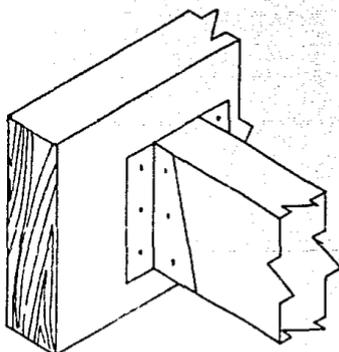
e)



e')



f)



f')

La Fig. VII.24 indica en los incisos sin asterisco el accesorio, y los incisos con asterisco las uniones que se puedan realizar.

VII.7 PEGAMENTOS.

Existe una gran diversidad de pegamentos, los cuales pueden ser de origen natural como la caseína, y los artificiales, como las resinas sintéticas. Los tipos más comunes de pegamentos son:

- Caseína. Es un pegamento muy fácil de usar, pero es muy sensible a la humedad, por lo que su uso en uniones que estén expuestas a la intemperie no es muy recomendable.
- Resinas fenólicas. Este es un pegamento sintético, su aplicación es muy difícil, pero constituye el pegamento más satisfactorio desde el punto de vista de resistencia y durabilidad. Resiste la humedad de tal manera que puede utilizarse en elementos que están expuestos a la intemperie.
- Urea. También es una resina sintética, ésta es muy fácil de aplicar pero su comportamiento es muy dudoso ya que dura muy poco.

Los pegamentos se utilizan no solamente para fabricar elementos de madera laminada o triplay, así como vigas y componentes diversos, sino también para efectuar uniones. Una de las aplicaciones más usuales entre elementos de unión con pegamentos es en armaduras ligeras o base de placas de triplay. Las placas se fijan con pegamento con ayuda de clavos u otros elementos mecánicos cuya función es la de rigidizar las piezas para resistir los esfuerzos producidos en la unión.

Dentro de los elementos de unión mencionados en este capítulo, se hace la aclaración de que solamente algunos de ellos se encuentran dentro de las Normas Técnicas Complementarias de Diseño y Construcción para el D.F., ya que algunos de estos son de patentes extranjeros y las capacidades de éstos elementos de unión vienen tabulados en manuales con especificaciones de los fabricantes.

VIII GUIÓN DE AUDIOVISUAL

Uno de los elementos más importantes dentro de la biosfera, son los bosques, ya que éstos proporcionan alimento, abrigo y un habitat de características privilegiadas, además de que ayudan a eliminar la contaminación ambiental al permitir la regeneración de oxígeno.

Los recursos forestales en México son bastante considerables, de los cuales el 50% se utiliza en la industria del aserrio, un 25% en la celulosa y el papel y el 25% restante en la fabricación de chapa, tableros, durmientes y postes.

La madera la obtenemos de los bosques y selvas por medio de la tala de árboles en trozo, utilizando para esto maquinaria y equipo adecuado para su explotación; posteriormente ésta es transportada ya sea en vehículos o aprovechando las condiciones naturales como son la corriente de los ríos hasta lugares denominados aserraderos, donde se tienen las instalaciones adecuadas para darle el tratamiento necesario.

En la actualidad se observa un interés creciente por la madera como material estructural, ya que como todos sabemos, la madera puede reproducirse y cosecharse y es el único recurso material renovable dotado de buenas propiedades estructurales. En esta época en que nos preocupan, por una parte la crisis de energéticos y de minerales y, por otra, la progresiva contaminación ambiental, es evidente el interés en un material como la madera, cuya transformación en material de construcción implica menor consumo de energía y menor contaminación del aire y del agua, que los que caracterizan a la fabricación del acero, el cemento, el aluminio, los tabiques o ladrillos y los plásticos. La madera es el material de construcción que menos consumo de energía requiere para su conversión de producto natural en producto terminado útil para fines constructivos; se estima que la producción -

de madera consume por tonelada 200 veces menos energía que la del tabique, 30 veces menos que la del concreto y 1200 veces menos que la del acero. Debido a la ligereza de la madera, se ahorran energéticos no solo en los procesos de elaboración, sino también en el transporte.

Existen dos tipos de maderas, blandas y duras; las primeras provienen de árboles de coníferas o gimnospermas, que son de hoja perenne y tienen forma de aguja con semillas alojadas en conos; las segundas provienen de árboles de latifoliadas o angiospermas, que son de hoja caduca de forma ancha y que producen su semilla dentro de frutos.

Los elementos que constituyen la madera son:

- MEDULA: es una sustancia suave que se encuentra en el centro del árbol.
- CORAZON: son las capas maduras de albura.
- ALBURA: es la capa cuya función es la de alimentar de savia al tronco.
- RAYOS MEDULARES: conductos que alimentan horizontalmente al árbol.
- RAYOS ANUALES: anillos concéntricos que reflejan la edad del árbol.
- CORTEZA INTERIOR: sustancia impermeable que retiene la savia.
- CAMBIUM: sustancia viscosa donde se efectúa el crecimiento del árbol.
- CORTEZA EXTERIOR: capa cuya función es la de proteger el árbol de insectos y lesiones.

La deforestación desmedida de algunas zonas de la República

blica Mexicana ha traído como consecuencia el cambio completo del ecosistema en las mismas, dando lugar a la poca productividad agrícola, cambios climatológicos y la erosión -- del suelo.

La madera siendo un material natural y anisotrópico - tiene un comportamiento distinto de acuerdo a la dirección de sus ejes y a la variedad de sollicitaciones a las que sea sometido, por lo que en consecuencia agruparemos sus diferentes propiedades en:

Propiedades Físicas.

- .- Densidad, peso y gravedad específica.
- .- Contenido de humedad.
- .- Contracción e hinchamiento.

Propiedades Mecánicas.

- .- Resistencia.
- .- Dureza.
- .- Flujo.
- .- Relajamiento de esfuerzos.

Existiendo otros factores que afectan las características mecánicas de la madera como son:

- .- Nudos.
- .- Desviación de la fibra.
- .- Grietas.
- .- Colapso.

- .- Apanalamiento.
- .- Alabeos.
- .- Bolsas de resina.

Todo lo anterior sin olvidar que la madera queda exenta de ser un mal conductor térmico, un excelente elemento acústico, y dependiendo del contenido de humedad un buen o mal conductor eléctrico.

Considerando que la madera es un producto natural, es lógico pensar que fácilmente puede deteriorarse, ya sea por humedad, hongos, termitas, fuego o intemperismo. Para evitar ésto, es necesario darle un tratamiento adecuado ya sea por medio de secado natural o artificial, que nos permita mantener a la madera con una humedad en equilibrio para protegerla y que ésta no sufra daños debido al ataque de agentes externos o insectos, pudiéndole aplicar insecticida y barniz o pintura para cubrirla contra el intemperismo.

De acuerdo a la diversidad de usos de la madera en la Industria de la Construcción, en México se acostumbra clasificar la madera en forma visual y empírica; existen también normas de calidad que por lo general no se usan. En este medio normalmente se clasifica a la madera como de 1a., 2a. y 3a., utilizando las dos primeras en carpintería y acabados y la de 3a. en la construcción, ya sea para cimbra de contacto o refuerzo.

La madera de manera convencional se cuantifica por pie tablón y los tipos y dimensiones de madera utilizada en la construcción en México son:

- .- Duela 1" x 4" x 8'

.- Barrote	2" x 4" x 8'
.- Polín	4" x 4" x 8'
.- Tabla	1" x 12" x 8'
.- Viga	4" x 10" x 8'

Dentro de las formas más comunes de las cimbras están: cimbras para cimientos, muros, rampas, columnas, trabes y losas. Las cimbras deben diseñarse en forma adecuada, ya que las cargas y presiones que deben soportar son muy grandes, y un mal diseño traería consigo el colapso de las mismas.

En este sentido y como apoyo para el diseño de estructuras provisionales y definitivas se cuenta con la guía de las Normas Técnicas Complementarias para diseño y construcción de estructuras de madera y de la serie Diseño de cimbras de madera I M C Y C.

Existen también otros tipos de madera que se obtienen mediante cierta industrialización adquiriendo una gran calidad siendo éstas:

- .- Madera contrachapada.
- .- Madera laminada.

La primera mejor conocida como triplay, tiene ensambladas un número impar de hojas de chapa acomodadas en forma alterna a la dirección de sus fibras formando un ángulo de 90° entre ellas, las dimensiones y espesores más comunes de este tipo de madera van de 3 a 25 mm de espesor, de 76 a 122 cms., de ancho y de 152 a 244 cms. de largo.

La segunda, también conocida como madera aglomerada, se forma colocando dos o más láminas pegadas una con otra en dirección paralela a sus fibras, una de las ventajas en relación con la anterior es que se pueden intercalar maderas de menor calidad entre lámina y lámina consiguiendo con ésto una gran economía.

La madera en México se ha limitado a usos como: cimbras, durmientes, postes, acabados interiores y muebles. Esto se debe al escaso conocimiento acerca de sus propiedades estructurales y de la poca información de los métodos para conservarla repercutiendo ésto en el poco uso en obra definitiva en la mayor parte del país, sin embargo en algunas entidades de la República se está utilizando como elemento fundamental en vivienda popular; aunado a ésto la construcción de escuelas de tipo económico en zonas rurales, como es el caso de los Estados de Chihuahua, Durango, Michoacán, Guerrero, Oaxaca y Chiapas.

En fechas recientes con la participación del sector forestal en combinación con la Industria de la Construcción, se convocó al concurso a nivel nacional denominado: Concurso Nacional de Vivienda Popular casa de madera organizado por "FONHAPO", en el cual se logró el objetivo con la construcción de vivienda de madera en las poblaciones de la Victoria en Durango, Morelia en Michoacán, Acapulco en Guerrero y Tuxtla Gutiérrez en Chiapas.

Finalmente y ya que uno de los aspectos más importantes y complicados en el diseño de estructuras de madera son los elementos de unión, cabe indicar que actualmente existe una gran variedad de conectores en el país que se utilizan con ese fin, tales como: clavos, pijas, tornillos, grapas, placas, pernos, etc., todos ellos con medidas y tamaños estandarizados, complementando estos con el uso de pegamentos o combinándolos en algunos casos en elementos resaltando en particular el uso de pernos en elementos estructurales.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Los recursos forestales disponibles en México son adecuados para atender la demanda actual de madera y se podría reforzar siempre y cuando se introduzcan algunas mejoras en los sistemas de explotación de los bosques y la comercialización de sus productos. Sin embargo, es necesario resolver antes una serie de problemas que se oponen al empleo de la madera en obras permanentes, entre las que se encuentran la falta de conocimientos acerca de la resistencia de esta ante algunos elementos que la afectan, y de los tratamientos que se le puedan dar para protegerla o incrementar su vida útil.

Para lograr una explotación racional de la madera es necesario capacitar personal en todos los niveles; profesional, técnico y obreros o artesanos; que contribuirían a preservar e incluso fomentar su uso en la Industria de la Construcción.

Para aumentar el uso de la madera se requiere una planeación que conduzca a accionar prácticas que consistirían en exigirle a la Industria Maderera un mayor control de calidad en sus productos en cuanto a su conservación y tratamientos. En particular mejorando los métodos de clasificación de las maderas referentes a sus propiedades mecánicas a fin de que el dimensionamiento de las piezas pueda hacerse con mayor eficiencia.

A pesar de que la madera ha tenido muchas aplicaciones dentro de la construcción, su uso como componente estructural ha sido restringido. Se ha considerado como un material de corta duración y de mucha inversión en mantenimiento, lo que ha limitado su aceptación social para

su uso en la construcción de obra definitiva, aunque se trate de un material ideal para ser industrializado, capaz de brindar enormes ventajas aprovechables en el campo de vivienda popular.

En base a estas conclusiones nos atreveríamos a hacer las siguientes recomendaciones:

- Para poder atender las demandas futuras de una manera adecuada, es importante que las políticas forestales que se deban adoptar en el país consideren la regeneración de los bosques y selvas, además de implementar paralelamente la capacitación del personal, promoviendo formas eficientes de obtención, distribución y aprovechamiento de la madera. Todo ello sin afectar el equilibrio ecológico, tomando en cuenta que los bosques, además de proporcionar combustible y materia prima de gran importancia para la Industria en general, tiene otras funciones; figurando entre estas la de proteger al medio ambiente, regular el régimen hídrico, reducir la erosión del suelo y la de proporcionar áreas de recreo. Por otro lado, puesto que el suelo es un recurso limitado, debe considerarse también el equilibrio entre las superficies de bosques y selvas, las destinadas a la agricultura y las requeridas para los asentamientos humanos.
- Formular normas y reglamentos realistas y eficaces para la clasificación de la madera y el diseño estructural que respondan a las características de nuestro medio.

- Realizar una gran campaña de educación del público en general sobre las posibilidades de la madera como material estructural, sobre todo en relación con la construcción de vivienda.

- Desarrollar sistemas de construcción de vivienda, apropiados para la construcción convencional y para la autoconstrucción, siendo los sistemas -- mixtos de madera y mampostería los de interés -- más inmediato.

- Promover medidas tendientes a reducir el uso de la madera en obras provisionales e incrementar su uso en obra permanente.

- Propiciar el desarrollo de Industrias nacionales con capacidad para producir herramientas y maquinaria requeridas por la Industria de la Madera, considerando que actualmente se cuenta en el mercado mexicano con accesorios, que permiten realizar conexiones que dan mejor apariencia, calidad y seguridad a las estructuras de madera.

BIBLIOGRAFIA

1. ESTRUCTURAS DE MADERA
Francisco Robles Fernández-Villegas
Ramón Echenique - Manrique
Editorial Limusa
2. SERIE MADERAS DE MEXICO
Ramón Echenique - Manrique
(C.N.I.C.).
3. CALIDAD DE LA MADERA EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION
Javier Ramón Sotomayor Castellanos
Instituto Regional de Investigaciones de la
Construcción de Michoacán, A.C. 1987
(C.N.I.C.)
4. MEMORIA ECONOMICA 1988-1989
Cámara Nacional de Industrias Derivadas de la
Silvicultura.
5. NOTAS TECNICAS TOMOS 1-10
LA MADERA Y SU USO EN LA CONSTRUCCION
Instituto Nacional de Investigaciones sobre
Recursos Bióticos
6. BOLETIN.
"LOS PRODUCTOS DE LA MADERA EN LA INDUSTRIA DE LA
CONSTRUCCION"
Jesús Valdivia
Cámara Nacional de Industrias Derivadas de la
Silvicultura

7. MEMORIA DEL SEMINARIO
"PERSPECTIVAS ECONOMICAS DE LA MADERA Y SU USO
EN LA CONSTRUCCION" 1988
Consejo Nacional de la Madera en la Construcción,
A.C.
(COMACO)
8. SERIE CIMBRAS TOMOS I AL V
Instituto Mexicano del Cemento y del Concreto
(I M C Y C)
9. DISEÑO DE CIMBRAS DE MADERA
Departamento de Construcción
Facultad de Ingeniería U.N.A.M.
10. MATERIALES DE CONSTRUCCION
Félix Orus Asso.
Editorial Madrid
11. INFORMACION TECNOLOGICA
Instituto de Capacitación de la Industria de la
Construcción
(I.C.I.C.)
12. COMACO BOLETINES 33, 37, 38 y 39.
Consejo Nacional de la Madera en la Construcción, A.C.
13. APUNTES DE CLASES DE CONSTRUCCION I
Ing. Oscar E. Martínez Jurado
Facultad de Ingeniería de la U.N.A.M.