



## 5.2. Diseño en madera

Ref. NCh1198 (Madera - Construcciones en madera - Cálculo)

Este capítulo tiene como finalidad entregar al profesional en obra, herramientas para el diseño de piezas de madera simples.

Las recomendaciones indicadas se entregan sólo a modo de orientación, debiendo ser chequeadas por un especialista.

<b>Temas tratados</b>	5.2.1. Definiciones
	5.2.2. Procedimiento para determinar las tensiones de diseño
	5.2.3. Ejemplos de diseño
	5.2.4. Tensiones de diseño para piezas de uso corriente en obra
	5.2.5. Cargas máximas de trabajo recomendadas para piezas de uso corriente en obra
	5.2.6. Uniones
	5.2.7. Tablas

### 5.2.1. DEFINICIONES

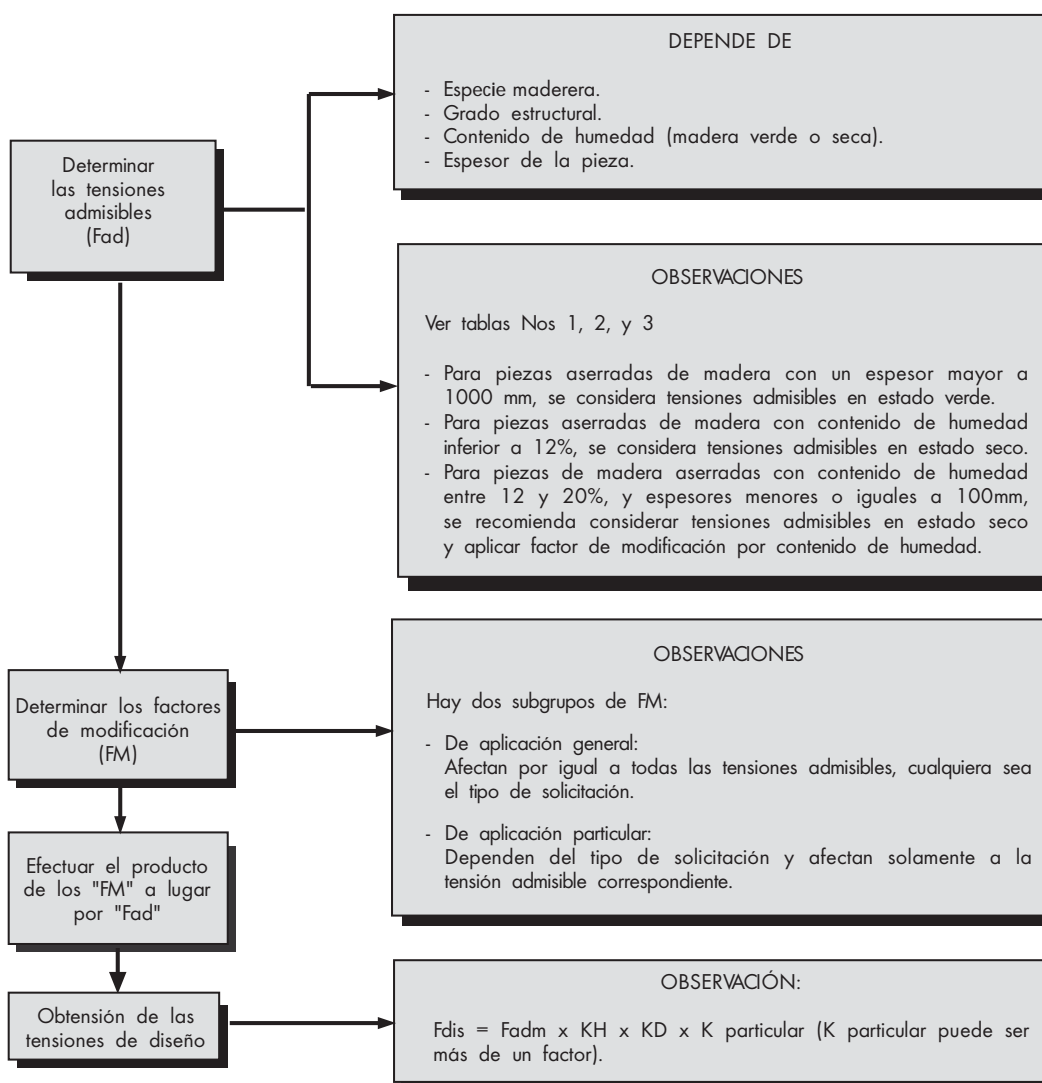
ESTADO DE LA MADERA	
Verde	Para efectos de diseño, es aquella cuyo contenido de humedad es igual o superior al 20%.
Seca	Para efectos de diseño, es aquella cuyo contenido de humedad es igual a un 12%.
TENSIONES	
Admisible	Corresponde a la carga por unidad de sección transversal de una pieza de madera, en la cual se consideran los defectos de ésta (nudos, grietas y otros) y el contenido de humedad de la madera en el momento de la construcción y puesta en servicio.
Diseño	Corresponde a la carga por unidad de sección transversal de una pieza de madera, en la cual se consideran las condiciones de carga y servicio a los que estará sometida. Es la resultante del producto de la tensión admisible por el o los "factores de modificación" que tengan a lugar (Ref. 5.2.2.)
FACTORES DE MODIFICACIÓN	
Coeficientes de carga (s) que modifica (n) la tensión admisible según las condiciones de carga y servicio a las que estará sometido el elemento estructural.	
HUMEDAD DE EQUILIBRIO	
Corresponde al contenido de humedad de la madera que permanece constante, si ésta es sometida a condiciones tales que la temperatura ambiente y la humedad relativa del medio ambiente no varían. (La madera absorbe o entrega agua, hasta llegar a una humedad tal que esté en equilibrio con el medio ambiente del lugar donde ella prestará servicio).	
RAZÓN DE RESISTENCIA	
Razón entre el valor de la resistencia de piezas de madera que satisfacen los requisitos de un grado determinado (en cuanto a las magnitudes de los defectos que ese grado admite) y el valor de resistencia de este mismo material, libre de defectos. La NCh1198 establece cuatro razones de resistencias para todas las especies, excepto para el Pino Radiata, para el cual establece tres.	

## 5.2.2. PROCEDIMIENTO PARA DETERMINAR LAS TENSIONES DE DISEÑO

### FACTORES A CONSIDERAR

- A** Procedimiento
- B** Determinación de los factores de modificación

### **A** Procedimiento





## B Determinación de los factores de modificación

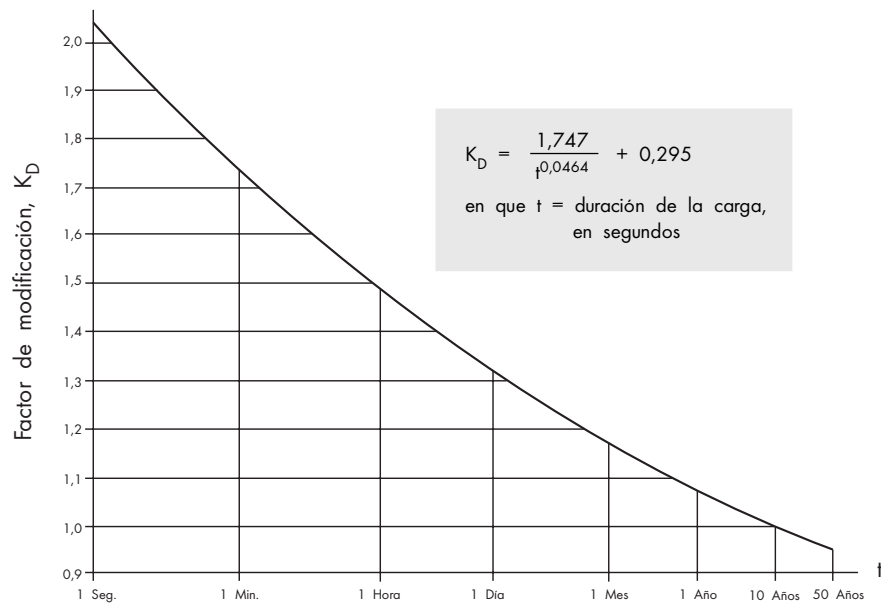
A) Para piezas estructurales de madera aserrada, los de uso práctico para este manual son:

### Tipo de factor

DE APLICACIÓN GENERAL	
POR CONTENIDO DE HUMEDAD	<p>Si se construye con un contenido de humedad (<math>H_c</math>) entre 12% y 20%, que no será excedido en condiciones de servicio, se puede obtener el valor de la tensión admisible por interpolación lineal entre valores de tensión admisible para estado verde y seco, aplicando a la tensión admisible en estado seco el factor de modificación <math>K_H</math> siguiente:</p> $K_H = (1 - \Delta H \times \Delta R), \text{ donde:}$ <p><math>K_H</math> = FM por humedad, aplicable a las tensiones admisibles y módulo elástico, definidos para una humedad del 12%.</p> <p><math>\Delta H</math> = Diferencia entre el valor del contenido humedad de servicio (<math>H_s</math>) y 12%.</p> <p><math>\Delta R</math> = Variación de la resistencia por cada variación del contenido de humedad (Ver tabla N°5).</p>
POR DURACIÓN DE LA CARGA	<p>La resistencia de la madera varía inversamente proporcional a la duración de la carga. Las tensiones admisibles entregadas son aplicables cuando la pieza alcanza la tensión admisible en un período de 10 años. Según sea la duración de la carga, se debe aplicar en siguiente FM:</p> $K_D = \frac{1,747}{t^{0,0464}} + 0,295 \quad \text{con } t = \text{duración de la carga en segundos}$ <p>NOTA: · El módulo de elasticidad en flexión y la tensión admisible de compresión normal no deben afectarse por el factor <math>K_D</math>.</p> <p>· Para valores de <math>K_D</math>. Ver gráfico de Figura N°1.</p>
SOLICITACIÓN DE FLEXIÓN	<p>Se debe aplicar un FM por altura (<math>K_{hf}</math>) para determinar la tensión de diseño en la zona traccionada en:</p> <p>Todas las especies forestales, excepto el Pino Radiata (Pino Insigne), cuya altura sea superior a 50 mm:</p> $K_{hf} = \left(\frac{50}{h}\right)^{1/9} \leq 1$ <p>Piezas de Pino Radiata de altura superior a 90 mm:</p> $K_{hf} = \left(\frac{90}{h}\right)^{1/5} \leq 1$ <p>Con <math>K_{hf}</math> = factor de modificación por altura.</p> <p><math>h</math> = altura de la viga en mm.</p> <p>Para evitar problemas de volcamiento, si la viga no tiene apoyos laterales, salvo en los extremos, usar razón máxima:</p> <p><math>h/b = 3</math>, con <math>b</math> = ancho de la viga</p>
COMPRESIÓN PARALELA	<p>Para elementos que no presentan problemas de inestabilidad lateral (<math>\lambda &lt; 5</math>), el factor de modificación de aplicación particular es 1; en caso contrario se debe aplicar el FM por esbeltez (<math>K_\lambda</math>) definido en NCh1198, pto.8.3.2.3.</p> $\lambda = \frac{l_p}{i}$ <p><math>l_p</math> = longitud efectiva de pandeo para elemento con libertad de giro e impedimento de desplazamiento en ambos extremos, se tiene:</p> <p><math>l_p = l</math>, con "l" longitud real del elemento; otros (ver Tabla N° 18 de NCh1198)</p> <p><math>i</math> = radio de giro mínimo = <math>\sqrt{I_{\min} / A}</math></p> <p><math>I_{\min}</math> = Momento de inercia menor.</p> <p><math>A</math> = Área de la sección.</p>

B) Para piezas estructurales de madera de sección transversal circular, los de uso práctico para este manual son:

DE APLICACIÓN GENERAL	POR DURACIÓN DE CARGA	Se debe aplicar el FM "K <sub>D</sub> " definido en el pto. A.
DE APLICACIÓN PARTICULAR	POR USO EN ESTADO SECO	Las tensiones admisibles y el módulo de elasticidad de piezas utilizadas en estado seco, se deben afectar por el factor "K <sub>s</sub> ", definido en la tabla N° 4. (La NCh1198 entrega valores de tensiones admisible y módulo de elasticidad en estado verde, los que deben modificarse si corresponde).



Factor de modificación por duración de la carga

FIGURA N° 1

### 5.2.3. EJEMPLOS DE DISEÑO

1. Calcular las tensiones de diseño de una pieza de madera aserrada de pino radiata.

Características:

- Humedad : 18%
- Espesor pieza : 50 mm
- Grado supuesto : G2
- Duración de la carga : 14 días



DESARROLLO:

TENSIONES ADMISIBLES VALOR* (kgf/cm <sup>2</sup> )		FACTORES DE MODIFICACIÓN		TENSIONES DE DISEÑO (kgf/cm <sup>2</sup> )
		CONTENIDO DE HUMEDAD	DURACIÓN DE CARGA	
Flexión	40	1 - 6 x 0,0205	1,21	40 x 0,88 x 1,21 = 43
Cizalle	4	1 - 6 x 0,0160	1,21	4 x 0,90 x 1,21 = 4,4
Módulo elasticidad	7 x 10 <sup>4</sup>	1 - 6 x 0,0148	—	7 x 10 <sup>4</sup> x 0,91 = 6,4 x 10 <sup>4</sup>

\* Ref. Tabla N° 1

2. Calcular las tensiones de diseño para una pieza de pino radiata, en estado verde, de sección transversal circular. Duración de la carga: 1mes.

DESARROLLO:

TENSIONES ADMISIBLES		FACTORES DE MODIFICACIÓN		TENSIONES DE DISEÑO (kgf/cm <sup>2</sup> )
TENSIÓN	VALOR* (kgf/cm <sup>2</sup> )	DURACIÓN DE CARGA		
Flexión	138	1,18		163
Compresión paralela	54	1,18		64
Cizalle	7,1	1,18		8,4
Módulo elasticidad	6,42 x 10 <sup>4</sup>	—		6,42 x 10 <sup>4</sup>

\* Ref. Tabla N° 3

**5.2.4. TENSIONES DE DISEÑO PARA PIEZAS DE USO CORRIENTE EN OBRA**

Se entregan tensiones de diseño para piezas de Pino Radiata y Álamo, en los estados verde (H ≥ 20%) y seco (H = 12%).

TENSIONES DE DISEÑO EN kgf/cm<sup>2</sup>

	PINO RADIATA ASERRADO					
	VERDE (H ≥ 20%)			SECO (H = 12%)		
	DURACIÓN DE LA CARGA	3 DÍAS	6 MESES	1 AÑO	3 DÍAS	6 MESES
FLEXIÓN	42,5	37,1	36,1	50,8	44,4	43,2
COMPRESIÓN PARALELA	42,5	37,1	36,1	50,8	44,4	43,2
CIZALLE	4,4	3,9	3,8	5,1	4,4	4,3
MÓDULO ELASTICIDAD	6,2x10 <sup>4</sup>	6,2x10 <sup>4</sup>	6,2x10 <sup>4</sup>	7,0 X 10 <sup>4</sup>	7,0 X 10 <sup>4</sup>	7,0 X 10 <sup>4</sup>

	ÁLAMO ASERRADO					
	VERDE (H ≥ 20%)			SECO (H = 12%)		
	DURACIÓN DE LA CARGA	3 DÍAS	6 MESES	1 AÑO	3 DÍAS	6 MESES
FLEXIÓN	54,6	47,7	46,4	87,6	76,6	74,5
COMPRESIÓN PARALELA	41,9	36,6	35,6	66,0	57,7	56,2
CIZALLE	6,6	5,8	5,6	9,1	8,0	7,8
MÓDULO ELASTICIDAD	5,0 x 10 <sup>4</sup>	5,0 x 10 <sup>4</sup>	5,0 x 10 <sup>4</sup>	6,1 x 10 <sup>4</sup>	6,1 x 10 <sup>4</sup>	6,1 x 10 <sup>4</sup>

OBSERVACIÓN:

Para el Pino Radiata se consideró grado estructural G2 y para al Álamo grado N° 4. (Ver notas de Tablas N°s. 1 y 2).

## 5.2.5. CARGAS MÁXIMAS DE TRABAJO RECOMENDADAS PARA PIEZAS DE USO CORRIENTE EN OBRA

Las cargas de trabajo recomendadas se entregan a modo de orientación, debiendo ser chequeadas por un especialista.

### FACTORES A CONSIDERAR

- A Entablados Pino Radiata aserrado**
  - A.1 Estado Verde ( $H \geq 20\%$ )
  - A.2 Estado Seco ( $H = 12\%$ )
- B Entablados Álamo aserrado**
  - B.1 Estado Verde ( $H \geq 20\%$ )
  - B.2 Estado Seco ( $H = 12\%$ )
- C Vigas Pino Radiata aserrado**
  - C.1 Estado Verde ( $H \geq 20\%$ )
  - C.2 Estado Seco ( $H = 12\%$ )
- D Vigas Álamo aserrado**
  - D.1 Estado Verde ( $H \geq 20\%$ )
  - D.2 Estado Seco ( $H = 12\%$ )
- E Pilares Pino Radiata aserrado**
- F Pilares Álamo aserrado**

### **A** Entablados Pino Radiata aserrado A.1. Estado verde ( $H \geq 20\%$ )

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		3 DÍAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
1" x 4"	60	98	30	86	26	84	25
2" x 4"	60	394	118	344	103	334	100
1" x 5"	60	123	37	107	32	104	31
2" x 5"	60	492	148	429	129	418	125
1" x 4"	100	35	18	31	15	30	15
2" x 4"	100	142	71	124	62	120	60
1" x 5"	100	44	22	39	19	38	19
2" x 5"	100	177	89	155	77	150	75
1" x 4"	150	16	12	14	10	13	10
2" x 4"	150	63	47	55	41	53	40
1" x 5"	150	20	15	17	13	17	13
2" x 5"	150	79	59	69	52	67	50

Condición de apoyo: simplemente apoyados.



### A.2. Estado seco (H = 12%)

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACION DE LA CARGA					
		3 DÍAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
1" x 4"	60	118	35	103	31	100	30
2" x 4"	60	470	141	411	123	400	120
1" x 5"	60	147	44	128	39	125	38
2" x 5"	60	588	176	514	154	500	150
1" x 4"	100	42	21	37	19	36	18
2" x 4"	100	169	85	148	74	144	72
1" x 5"	100	53	26	46	23	45	23
2" x 5"	100	212	106	185	93	180	90
1" x 4"	150	19	14	16	12	16	12
2" x 4"	150	75	56	66	49	64	48
1" x 5"	150	24	18	21	15	20	15
2" x 5"	150	94	71	82	62	80	60

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

## B Entablados Álamo aserrado

### B.1. Estado verde (H ≥ 20%)

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACION DE LA CARGA					
		3 DÍAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
1" x 4"	60	126	38	110	33	107	32
2" x 4"	60	506	152	442	133	430	129
1" x 5"	60	158	47	138	41	134	40
2" x 5"	60	632	190	552	166	537	161
1" x 4"	100	46	23	40	20	39	19
2" x 4"	100	182	91	159	80	155	77
1" x 5"	100	57	28	50	25	48	24
2" x 5"	100	228	114	199	99	193	97
1" x 4"	150	20	15	18	13	17	13
2" x 4"	150	81	61	71	53	69	52
1" x 5"	150	25	19	22	17	21	16
2" x 5"	150	101	76	88	66	86	64

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

### B.2. Estado seco (H = 12%)

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACION DE LA CARGA					
		3 DÍAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
1" x 4"	60	203	61	177	53	172	52
2" x 4"	60	811	243	709	213	690	207
1" x 5"	60	253	76	222	66	216	65
2" x 5"	60	1014	304	887	266	862	259
1" x 4"	100	73	37	64	32	62	31
2" x 4"	100	292	146	255	128	248	124
1" x 5"	100	91	46	80	40	78	39
2" x 5"	100	365	183	319	160	310	155
1" x 4"	150	32	24	28	21	28	21
2" x 4"	150	130	97	113	85	110	83
1" x 5"	150	41	30	35	27	34	26
2" x 5"	150	162	122	142	106	138	103

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

## C Vigas Pino Radiata aserrado

### C.1. Estado verde ( $H \geq 20\%$ )

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		3 DIAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRIA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
2" x 4"	100	283	142	247	124	241	120
2" x 5"	100	443	221	386	193	376	188
2" x 6"	100	638	319	557	278	542	271
2" x 8"	100	1133	567	989	495	963	481
2" x 4"	150	126	94	110	82	107	80
2" x 5"	150	197	148	172	129	167	125
2" x 6"	150	283	213	247	186	241	181
2" x 8"	150	504	378	440	330	428	321

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

### C.2. Estado seco ( $H = 12\%$ )

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		3 DIAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRIA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
2" x 4"	100	339	169	296	148	288	144
2" x 5"	100	529	265	463	231	450	225
2" x 6"	100	762	381	666	333	648	324
2" x 8"	100	1355	677	1184	592	1152	576
2" x 4"	150	151	113	132	99	128	96
2" x 5"	150	235	176	206	154	200	150
2" x 6"	150	339	254	296	222	288	216
2" x 8"	150	602	452	526	395	512	384

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

## D Vigas Alamo aserrado

### D.1. Estado verde ( $H \geq 20\%$ )

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		3 DIAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRIA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
2" x 4"	100	364	182	318	159	309	155
2" x 5"	100	569	284	497	248	483	242
2" x 6"	100	819	410	716	358	696	348
2" x 8"	100	1456	728	1272	636	1237	619
2" x 4"	150	162	121	141	106	137	103
2" x 5"	150	253	190	221	166	215	161
2" x 6"	150	364	273	318	239	309	232
2" x 8"	150	647	485	565	424	550	412

Condición de apoyo: simplemente apoyados.



## D.2. Estado seco (H = 12%)

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		3DÍAS		6 MESES		1 AÑO	
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)	q (kgf/m)	P (kgf)
2" x 4"	100	584	292	511	255	497	248
2" x 5"	100	913	456	798	399	776	388
2" x 6"	100	1314	657	1149	575	1118	559
2" x 8"	100	2336	1168	2043	1021	1987	993
2" x 4"	150	260	195	227	170	221	166
2" x 5"	150	406	304	355	266	345	259
2" x 6"	150	584	438	511	383	497	373
2" x 8"	150	1038	779	908	681	883	662

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

## E Pilares Pino Radiata aserrado

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		ESTADO VERDE (H ≥ 20%)			ESTADO SECO (H= 12%)		
		3 DÍAS	6 MESES	1 AÑO	3 DIAS	6 MESES	1 AÑO
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)
3" x 3"	200	975	851	828	1135	992	965
3" x 3"	250	720	629	612	832	728	708
3" x 3"	300	544	475	462	626	547	532
3" x 4"	200	1300	1135	1105	1513	1322	1287
3" x 4"	250	960	838	816	1110	970	944
3" x 4"	300	725	633	616	834	729	710
4" x 4"	200	2352	2053	1998	2763	2415	2350
4" x 4"	250	1873	1635	1591	2184	1909	1858
4" x 4"	300	1487	1298	1263	1724	1507	1466

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

## F Pilares Álamo aserrado

CARACTERÍSTICAS DE LA PIEZA		CARGAS DE TRABAJO PARA DURACIÓN DE LA CARGA					
		ESTADO VERDE (H ≥ 20%)			ESTADO SECO (H = 12%)		
		3 DÍAS	6 MESES	1 AÑO	3 DIAS	6 MESES	1 AÑO
ESCUADRÍA	LUZ (cm)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)	P (kgf)
3" x 3"	200	858	749	729	1163	1017	991
3" x 3"	250	617	539	525	816	713	695
3" x 3"	300	459	401	390	597	522	508
3" x 4"	200	1144	999	972	1551	1356	1321
3" x 4"	250	823	719	700	1088	951	926
3" x 4"	300	612	534	520	796	696	678
4" x 4"	200	2152	1879	1828	3048	2665	2596
4" x 4"	250	1662	1452	1412	2274	1988	1936
4" x 4"	300	1289	1126	1096	1723	1506	1467

Condición de apoyo: simplemente apoyados.

## 5.2.6. UNIONES

Se tratarán solamente uniones clavadas.

### FACTORES A CONSIDERAR

- A** Tipos de solicitaciones
  - A.1. Carga admisible de extracción lateral.
- B** Ejemplos de diseño

### **A** Tipos de solicitaciones

RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN DIRECTA
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Carga que soporta un elemento de unión (clavo) cuando se le solicita con una fuerza de extracción paralela a su eje.</li> <li>· Debe evitarse.</li> </ul>
RESISTENCIA A LA EXTRACCIÓN LATERAL
<ul style="list-style-type: none"> <li>· Carga que soporta un elemento de unión (clavo) cuando se le solicita con una fuerza de dirección normal a su eje (cizalle).</li> <li>· Debe evitarse.</li> </ul>

#### A.1. Carga admisible de extracción lateral

TIPO DE SOLICITACIÓN	CARGA ADMISIBLE (N)	OBSERVACIONES
Cizalle simple	$P_{cl, ad} = (3,5) \times (D^{1,5}) \times (\rho_{o,k} 0,5)$	D = Diámetro en mm. $\rho_{o,k}$ = Densidad anhidra característica en kg/m <sup>3</sup> (ver Tabla N° 6).
Cizalle múltiple	$P_{cl, ad} = (m - 0,25) \times P_{cl, ad}$	m = número de planos de cizalle que atraviesa el clavo.

#### OBSERVACIONES:

- A) Las tensiones admisibles deben afectarse por los FM de duración de la carga (ref. pto. 5.2.2.).
- B) Las relaciones anteriores son válidas siempre que el menor espesor de los elementos que se unen sea mayor a 7 veces el diámetro del clavo, en uniones de clavado directo (sin perforación guía).
- C) Las cargas admisibles son para madera seca que se mantendrá seca (después de construida). Para madera verde o semiseca durante la construcción y para madera seca durante construcción, la cual en su período de servicio incrementa su contenido de humedad a semiseca o verde, se debe aplicar un factor de modificación de 0,75 sobre las cargas admisibles.
- D) En general, se exige la presencia de, al menos, cuatro clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presenten en la unión de dos o más piezas de madera.



## B Ejemplos de Diseño

Ejemplo 1:

Calcular la capacidad de carga que tiene la unión clavada de la figura, sabiendo que la carga  $P$  actuará por 1 mes. Se usará Pino Radiata verde aserrado.

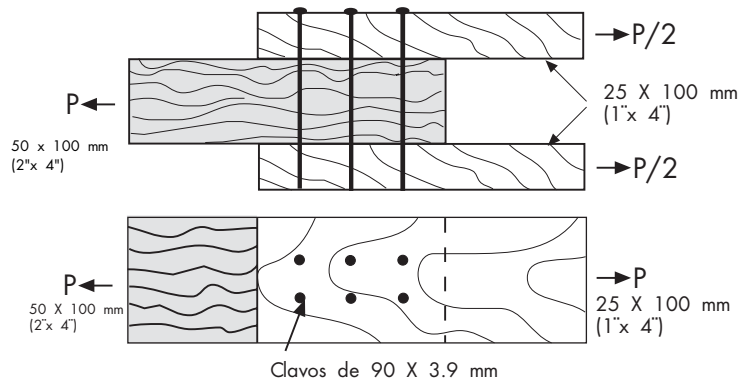


FIGURA N° 2

$$\rho_{o,k} = 370 \text{ kg/m}^3 \text{ (ver Tabla N}^\circ \text{ 6)}$$

DESARROLLO:

### A) Carga admisible por clavo:

$$\text{Cizalle simple} = P_{cl, ad} = 3,5 \times D^{1,5} \times \rho$$

$$= 3,5 \times (3,9)^{1,5} \times (370)^{0,5} = 519 \text{ N} = 51,9 \text{ kgf}$$

$$\text{Cizalle doble} = P_{clm, ad} = (m-0,25) \times P_{cl, ad} = (2 - 0,25) \times 51,9 \text{ kgf} = 90,8 \text{ kgf}$$

### B) Factores de modificación:

$$\text{Por duración de la carga} = 1,18$$

$$\text{Por estado de madera (verde)} = 0,75$$

### C) Carga de diseño por clavo:

$$90,8 \times 1,18 \times 0,75 = 80 \text{ kgf}$$

### D) Capacidad de carga de la unión:

$$80 \text{ kgf/clavo} \times 6 \text{ clavos} = 480 \text{ kgf}$$

Ejemplo 2:

Calcular la máxima carga horizontal que puede soportar la unión clavada, para una duración de 6 meses, sabiendo que la pieza vertical es Álamo y la horizontal Pino Radiata. Se consideran clavos de 150 mm x 5,6 mm (clavos de 6") y ambiente seco  $H = 12\%$ .

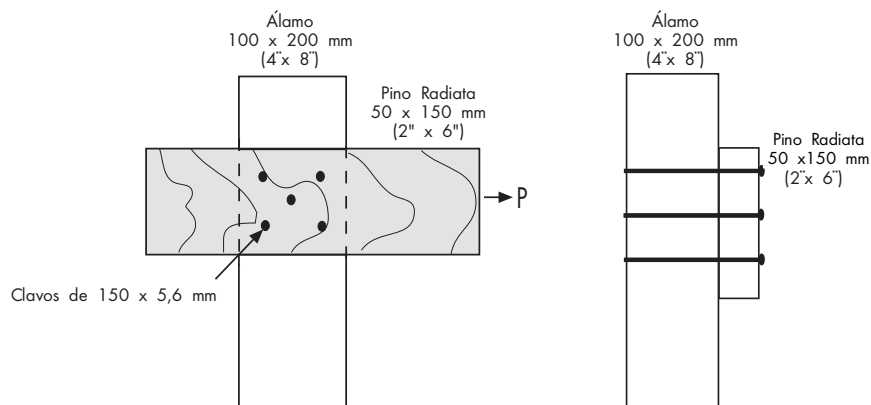


FIGURA N° 3

DESARROLLO:

**A) Carga admisible por clavo:**

En el Álamo se tiene la condición más desfavorable

$$\text{Cizalle simple} = P_{cl, ad} = 3,5 \times (5,6)^{1,5} \times (357)^{0,5} = 876 \text{ N} = 87,6 \text{ kgf}$$

**B) Factores de modificación:**

Por duración de la carga = 1,11

**C) Carga de diseño por clavo:**

$$87,6 \times 1,11 = 97 \text{ kgf}$$

**D) Capacidad de carga de la unión:**

$$97 \text{ kgf/clavo} \times 5 \text{ clavos} = 485 \text{ kgf}$$



## 5.2.7. TABLAS

**TABLA N° 1** (Ref. NCh1198)  
**Tensiones admisibles y módulo de elasticidad en flexión para Pino Radiata seco (H = 12%) Aserrado**

TENSIONES ADMISIBLES EN kgf/cm <sup>2</sup> PARA SOLICITACION DE:						
GRADO ESTRUCTURAL (*)	FLEXION	COMPRESION PARALELA	COMPRESION NORMAL	CIZALLE	TRACCION PARALELA	MODULO ELASTICIDAD
GS	110	83	25	9	66	10,5 X 10 <sup>4</sup>
G1	75	56	25	7	45	9,0 X 10 <sup>4</sup>
G2	40	40	25	4	20	7,0 X 10 <sup>4</sup>

(\*) Definido en NCh1207. Depende de los defectos de la pieza donde:

GRADO: GS: Para piezas de gran capacidad resistente.  
G1: Para piezas usadas en tipologías constructivas normales.  
G2: Para piezas de baja capacidad resistente.

**NOTA:**

Para efectos prácticos de diseño, se recomienda el uso del grado G2

**TABLA N° 2** (Ref. NCh1198)  
**Tensiones admisibles y módulo de elasticidad en flexión para Álamo aserrado ESTADO VERDE (H ≥ 20% o espesor >100 mm) GRUPO E6<sup>(1)</sup>**

TENSIONES ADMISIBLES EN kgf/cm <sup>2</sup> PARA SOLICITACION DE:						
GRADO <sup>(2)</sup> ESTRUCTURAL	FLEXION	COMPRESION PARALELA	COMPRESION NORMAL	CIZALLE	TRACCION PARALELA	MODULO ELASTICIDAD
N°1	86	66	19	8,6	52	6,9 X 10 <sup>4</sup>
N°2	69	52	19	7,2	41	6,1 X 10 <sup>4</sup>
N°3	55	41	19	6,2	33	5,5 X 10 <sup>4</sup>
N°4	43	33	19	5,2	26	5,0 X 10 <sup>4</sup>

ESTADO SECO (H ≤ 12% y espesor ≤ 100 mm)

GRUPO E6<sup>(1)</sup>

TENSIONES ADMISIBLES EN kgf/cm <sup>2</sup> PARA SOLICITACION DE:						
GRADO (2) ESTRUCTURAL	FLEXION	COMPRESION PARALELA	COMPRESION NORMAL	CIZALLE	TRACCION PARALELA	MODULO ELASTICIDAD
N° 1	140	105	34	12,5	84	9,1 x 10 <sup>4</sup>
N° 2	110	83	34	10,5	66	7,9 x 10 <sup>4</sup>
N° 3	86	66	34	8,6	52	6,9 x 10 <sup>4</sup>
N° 4	69	52	34	7,2	41	6,1 x 10 <sup>4</sup>

**OBSERVACIÓN:**

(1) Definido en NCh1198 Y NCh1989.

(2) Definido en NCh1970.

**NOTA:** Para efectos prácticos de diseño se recomienda el uso del grado N° 4.

**TABLA N° 3** (Ref. NCh1198)

Tensiones admisibles y módulo de elasticidad para piezas estructurales de madera de sección transversal circular, usadas en su forma natural.

ESTADO VERDE

ESPECIE MADERERA	TENSIONES ADMISIBLES EM kgf/cm <sup>2</sup> PARA SOLICITACIÓN DE:					
	FLEXIÓN	COMPRESIÓN PARALELA	COMPRESIÓN NORMAL	CIZALLE	TRACCIÓN PARALELA	MÓDULO ELASTICIDAD
PINO RADIATA	138	54	24,5	7,1	83	6,42 X 10 <sup>4</sup>
EUCALIPTO	325	177	84,7	17,3	195	12,43 X 10 <sup>4</sup>

**TABLA N° 4** (Ref. NCh1198)

Factor de modificación por uso en estado seco (Ks)

APLICAR A LA TENSIÓN ADMISIBLE	K <sub>s</sub> PARA ESPECIE MADERERA	
	PINO RADIATA	EUCALIPTO
FLEXIÓN	1,25	1,25
COMPRESIÓN PARALELA	1,25	1,25
COMPRESIÓN NORMAL	1,25	1,25
CIZALLE	1,12	1,06
TRACCIÓN PARALELA	1,25	1,25
MÓDULO DE ELASTICIDAD	1,12	1,12

**TABLA N° 5** (Ref. NCh 1198)

Variación de las propiedades resistentes para una variación del contenido de humedad igual a 1%

SOLICITACIÓN	VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA ΔR
FLEXIÓN	0,0205
COMPRESIÓN PARALELA	0,0205
COMPRESIÓN NORMAL	0,0267
CIZALLE	0,0160
TRACCIÓN PARALELA	0,0205
MÓDULO DE ELASTICIDAD	0,0148

**TABLA N° 6**

Densidad anhidra de algunas especies (Ref. NCh1198)

ESPECIE MADERERA (Nombre común)	DENSIDAD ANHÍDRIDA CARACTERÍSTICA, ρ <sub>o,k</sub> (kg/m <sup>3</sup> )
ÁLAMO	357
PINO RADIATA	370
EUCALIPTO	543