

Si ellos no son suficiente se debe buscar otro tipo de anclaje como por ejemplo ángulos metálicos o oletinas. Ver Figuras Nº 45 y Nº 46.

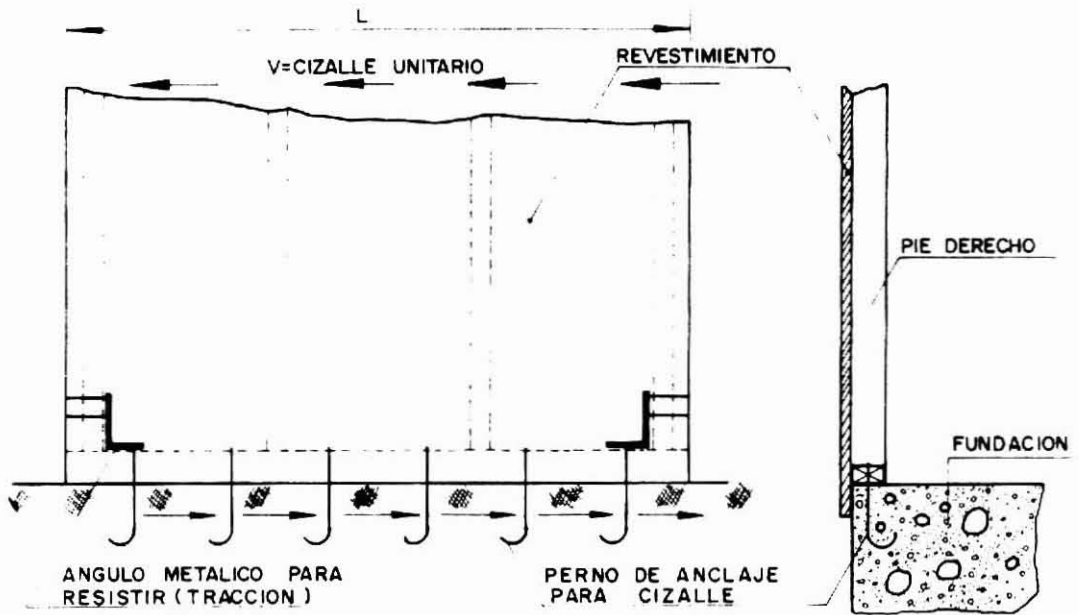


FIGURA Nº 45.

Anclaje de un muro vertical para cargas paralelas a su plano.

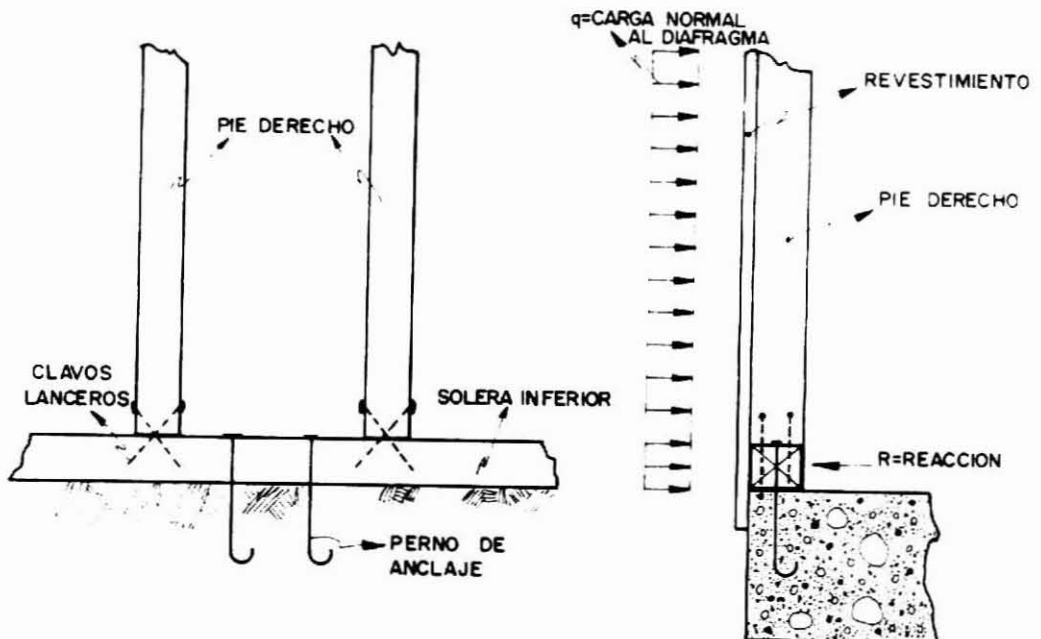


FIGURA Nº 46.

Anclaje de un muro vertical para cargas normales a su plano.

El amarre de la solera inferior a la fundación se hace también con pernos o espárragos. Debido a que las cargas paralelas al muro no se consideran actuando en forma simultánea con aquéllas de dirección normal al plano del diafragma, pueden usarse los mismos elementos dispuestos para resistir el cizalle originado con cargas paralelas al muro. (Ver Figura N° 45). La determinación del número (n) de pernos a ubicar se hace considerando la expresión siguiente:

$$n = \frac{R \times L}{q_{\text{perno}}}$$

en donde :

R = reacción inferior del diafragma, en Kg/cm lineal.

L = longitud del diafragma, en cm.

q_{perno} = el menor valor entre la resistencia del perno empotrado en hormigón y la resistencia al aplastamiento normal a la fibra de la madera usada, en Kg.

Este número de pernos se debe comparar con el que se determina en el caso de cargas paralelas al muro y elegir de entre ellos, el valor mayor.

5.3.4. Deformaciones de los Diafragmas

La deformación de un diafragma sometido a solicitaciones contenidas en su plano, no puede ser calculada por métodos analíticos racionales debido a la complejidad de la distribución de esfuerzos en los diferentes componentes del diafragma.

Los ensayos han demostrado que si se mantiene la razón longitud/altura (L/h) por bajo de los límites incluidos en la Tabla N° 58, es posible asegurar que la deformación del diafragma no es excesiva y que por tal razón no necesita ser calculada.

La deformación de un diafragma incluye la deformación por flexión de éste, por corte y por corrimiento de los elementos de unión tanto en las piezas perimetrales como en el revestimiento.

TABLA Nº 58. RESTRICCIONES GEOMETRICAS EN DIAFRAGMAS.

TIPO DE REVESTIMIENTO	TIPO DE DIAFRAGMA	
	HORIZONTAL Razón Máxima L/b	VERTICAL Razón Máxima L/h
1.- Entablado Transversal (perpendicular a pie-derechos o vigas).	Limitado por deformación máxima aceptada.	Limitado por deformación máxima aceptada.
2.- Entablado Diagonal Convencional.	3:1	2:1
3.- Entablado Diagonal Especial (por ambas caras y perpendicular entre sí).	4:1	3,5:1
4.- Contrachapado (clavado en todo el borde).	4:1	3,5:1
5.- Contrachapado, con zonas pequeñas sin clavado en los bordes.	4:1	2:1

L = longitud ; b = ancho ; h = altura.

NOTA: Estas restricciones geométricas se aplican no sólo al diafragma como un todo, sino que también a cada una de las zonas llenas de él, tales como áreas bajo las ventanas o de cualquier otro vano. Ver Figura Nº 47.

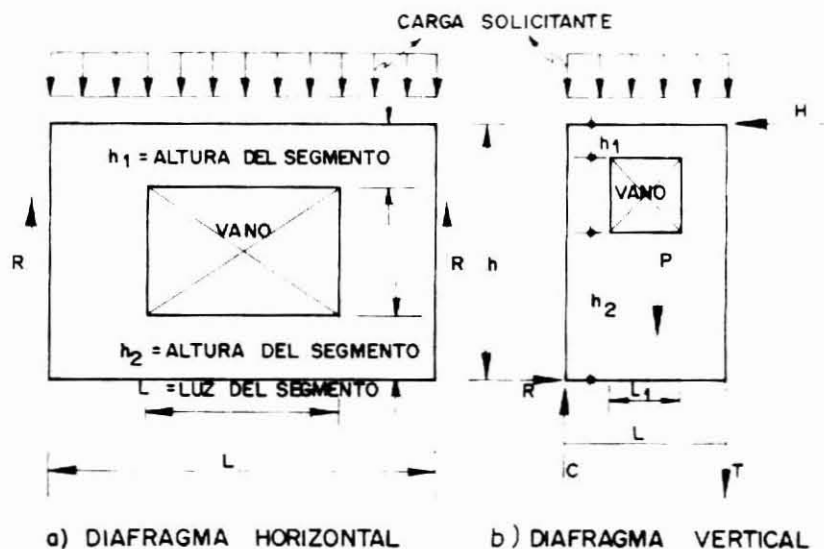


FIGURA Nº 47. Condicionantes geométricas de los diafragmas.

5.3.5. Revestimientos

Se ha mencionado en 5.3.2.1. que se pueden usar distintos materiales como revestimiento, siendo el contrachapado el más conveniente, especialmente cuando las sollicitaciones de cizalle son altas. Sin embargo, si tales sollicitaciones son bajas, los otros materiales enumerados en 5.3.2.1 proporcionan su suficiente rigidez y resistencia para absorber tales sollicitaciones menores.

5.3.5.1. Cizalle Unitario en los Diafragmas

El cizalle unitario que solicita un diafragma se asume resistido por su revestimiento. Se presenta a continuación el procedimiento para determinar el valor del cizalle unitario en los tipos de diafragmas tradicionales.

- a) Cizalle unitario admisible (v_{adm}) para entablado en ángulo recto. Ver Figura N° 48.

El valor del cizalle unitario admisible (v_{adm}) queda determinado por las características del revestimiento y se puede expresar con la ecuación:

$$v_{adm} = \frac{m}{a \times s} = \frac{R_{CZS} \times d}{a \times s}$$

en donde :

m = momento resistente aportado por los dos clavos que unen la pieza del revestimiento al pie-derecho o viga ($Kg \times cm$).

R_{CZS} = resistencia a la extracción lateral en cizalle simple del clavo usado (Kg).

d = distancia entre los dos clavos usados (cm).

a = ancho de la pieza usada en el revestimiento (cm).

s = espaciamiento entre pie-derechos o vigas del diafragma (cm).

Se deberá verificar que :

$$\frac{v}{v_{adm}} \leq 1$$

Con :

v = cizalle unitario de trabajo, calculado según Figura N° 39 y Figura N° 40.

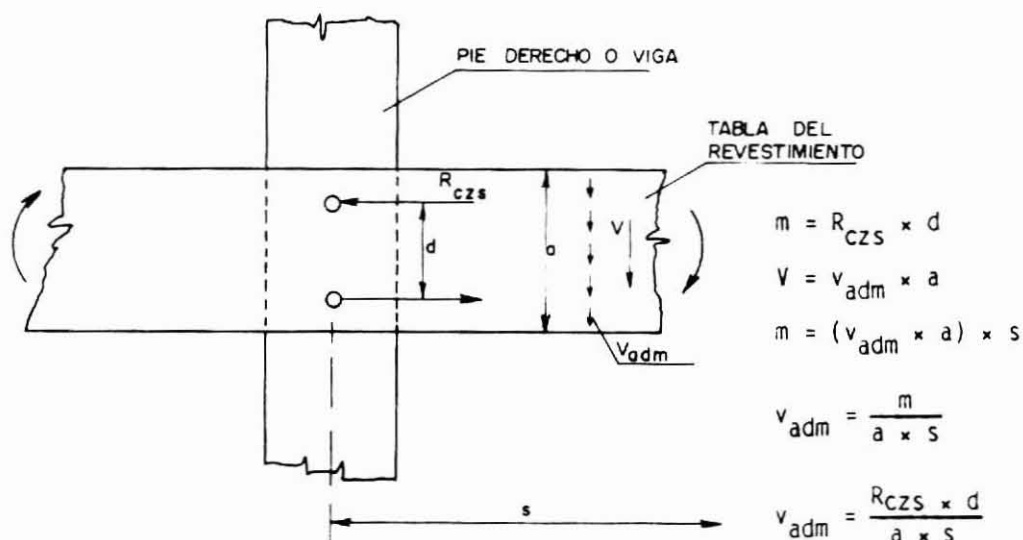


FIGURA N° 48. Cizalle unitario admisible para entablado en ángulo recto.

Debido a que la resistencia de un diafragma vertical con revestimiento normal a los pie-derechos es muy baja comparada con otros revestimientos, resulta conveniente colocarles una diagonal a fin de incrementar tal resistencia. Ella debe ir incrustada en los pie-derechos, sin cortarlos. Ver Figura N° 49.

b) Cizalle unitario admisible (v_{adm}) para entablado en diagonal (45°)

Cuando el diafragma vertical tiene revestimiento simple o doble, en diagonal (45° respecto a pie-derechos), la resistencia resulta mucho mayor que el caso anterior,

debido a la triangulación del sistema resistente. Las tablas del revestimiento resultan comprimidas o traccionadas y estos esfuerzos se transmiten a los pie-derechos o vigas a través de la cupla de fuerzas que se origina en los dos clavos que se colocan en cada encuentro entre pie-derecho y revestimiento. Este traspaso resulta máximo en los elementos perimetrales y bastará usar estos valores en el diseño del diafragma.

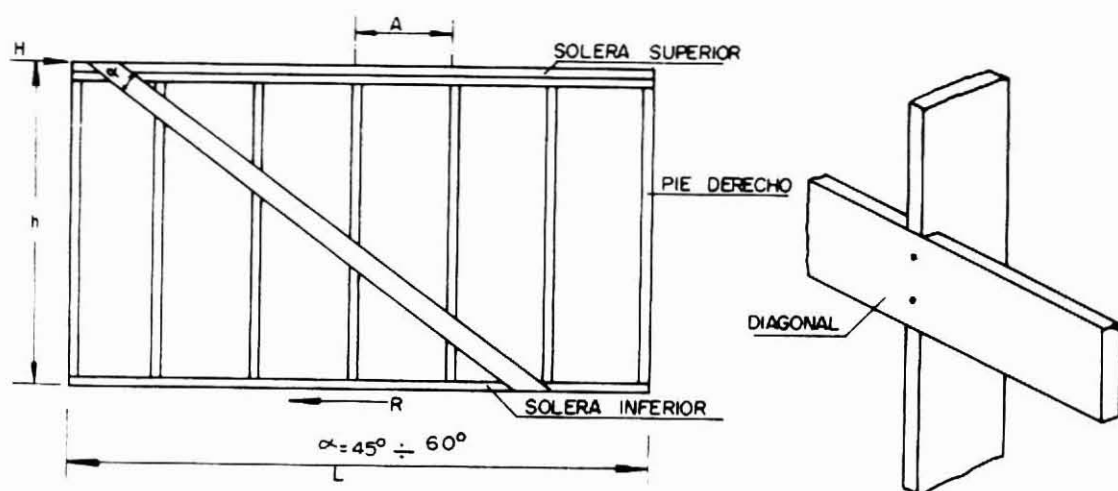


FIGURA Nº 49. Estructura de un diafragma vertical con diagonal.

Las solicitaciones axiales en un revestimiento en diagonal son mayores en el perímetro del diafragma, por lo cual el clavado de las diagonales a dicho perímetro debe diseñarse para absorber tales solicitaciones. En tal caso, de acuerdo a Figura Nº 50, el cizalle unitario admisible (v_{adm}) está dado por la expresión:

$$v_{adm} = \frac{n \times R_{czs} \times \sin^2 45}{a} \text{ (Kg/cm)}$$

en donde :

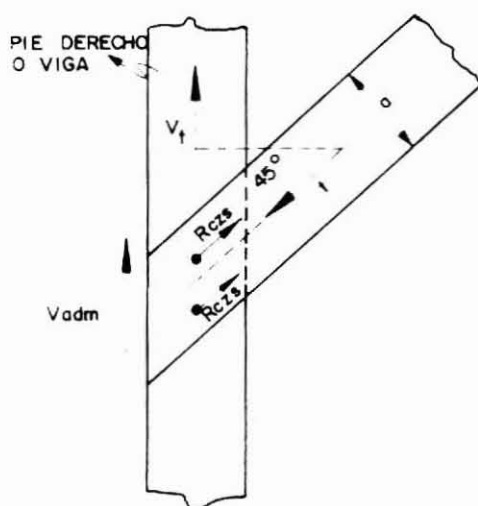
n = número de clavos ubicados en cada pieza en la unión revestimiento-perímetro.

R_{czs} = resistencia a la extracción lateral del clavo usado, Kg.

a = ancho de la tabla usada, cm.

Se debe cumplir que el cizalle unitario de trabajo (v), calculado según Figura N° 42 no supere el valor del cizalle unitario admisible, es decir:

$$\frac{v}{v_{adm}} \leq 1$$



$$t = n \times R_{czs}$$

$$v_t = t \times \text{sen } 45^\circ$$

$$v_{adm} = \frac{v_t}{(a/\text{sen } 46^\circ)}$$

$$v_{adm} = \frac{n \times R_{czs} \times \text{sen}^2 45^\circ}{a}$$

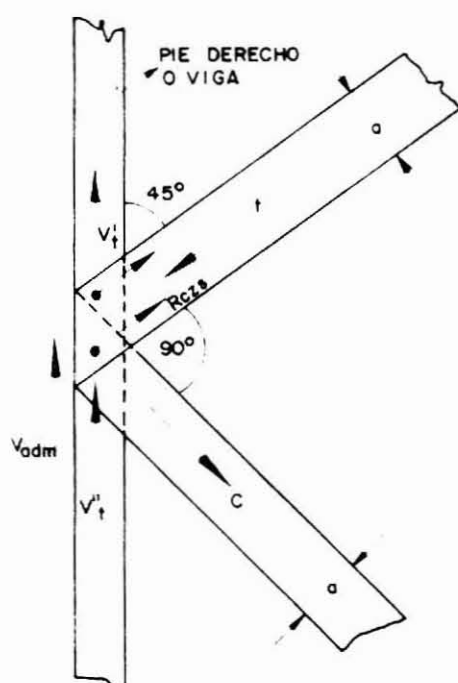
FIGURA N° 50.

Valor de cizalle unitario para revestimiento de madera elaborada, colocado en unión de diagonal (45°) en pie-de-rechos o vigas.

c) Para diafragmas horizontales con doble revestimiento en diagonal.

Un notorio aumento de la resistencia y rigidez se obtiene en el diafragma cuando el revestimiento se conforma con dos capas de tablas colocadas formando 45° con los elementos perimetrales y de tal forma que los ejes de las tablas de una de las capas formen 90° con los de la otra. (Ver Figura N° 51).





$$t = n \times R_{czs} = c$$

$$v_t' = t \times \text{sen } 45^\circ$$

$$v_t'' = c \times \text{sen } 45^\circ$$

$$\text{Pero: } v_t' = v_t'' = v_t$$

$$v_{adm} = 2 \times \frac{v_t}{(a/\text{sen } 45^\circ)}$$

$$v_{adm} = \frac{2 \times n \times R_{czs} \times \text{sen } 45^\circ}{(a/\text{sen } 45^\circ)}$$

$$v_{adm} = \frac{2 \times n \times R_{czs} \times \text{sen}^2 45^\circ}{a}$$

FIGURA N° 51. Valor de cizalle unitario para revestimiento de madera elaborada, colocada en dos capas en diagonal (45°) a pie-derechos o vigas.

Se debe verificar que se cumpla :

$$\frac{v}{v_{adm}} \leq 1$$

El clavado de la capa inferior del revestimiento se hace al perímetro y debe ser capaz de transmitir la suma de ambos cizalles por tabla (v_t), a los elementos del perímetro. En tanto que el clavado de la capa superior se hace a la capa inferior, y su función es la de transmitir el cizalle (v_t) de la capa superior a la inferior. El área de clavado en los elementos perimetrales debe ser lo suficientemente extensa para acomodar el número de clavos requeridos.

5.4. Arriostramientos

En este capítulo se analizarán algunos métodos de arriostramientos que pueden ser usados para proporcionar a las estructuras de madera, de la adecuada resistencia frente a solicitaciones horizontales tales como las originadas por el sismo y el viento.

5.4.1. Riostras Angulares

Son usadas según se señala en la Figura N° 52 a fin de convertir un mecanismo estructural en un marco rígido.

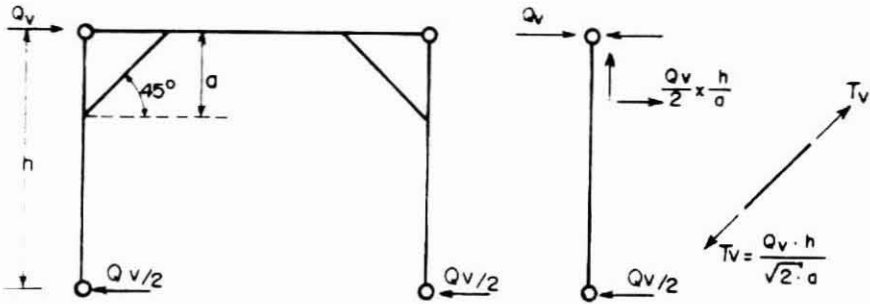


FIGURA N° 52. Riostra angular.

Si la estructura simétrica de la Figura N° 52 es solicitada por una carga de viento Q_v , las reacciones horizontales en las bases de las columnas serán: $Q_v/2$. Considerando cada columna como un cuerpo libre y tomando momentos con respecto a la rótula superior, se obtiene que el valor de la sollicitación de tracción (T_v) a la cual queda sometida la riostra angular izquierda es:

$$T_v = \frac{Q_v \times h}{\sqrt{2} \times a}$$

La riostra angular de la derecha quedará comprimida con una fuerza de igual magnitud:

$$C_v = \frac{Q_v \times h}{\sqrt{2} \times a}$$



5.4.2. Arriostramiento Tipo X

En este tipo de arriostramiento se pueden usar cables, barras de acero, perfiles metálicos, madera laminada encolada, etc., en la forma indicada en la Figura N° 53.

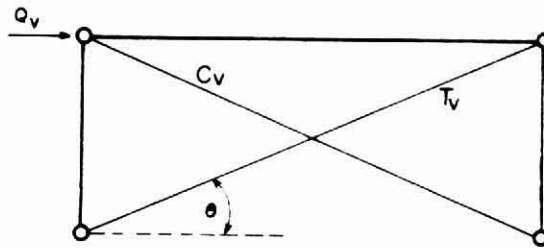


FIGURA N° 53. Arriostramiento tipo X.

Cuando se aplica la carga Q_v , una de las diagonales queda traccionada y la otra comprimida. La resistencia que ésta última aporta al sistema es muy pequeña debido a su gran esbeltez y al pandeo que se producirá en ella.

Al despreciar la diagonal comprimida, la estructura queda estáticamente determinada y la fuerza axial en la barra traccionada es:

$$T_v = Q_v / \cos \theta$$

5.4.3. Arriostramiento con Pilares Empotrados

Este método es el usado en el sistema constructivo denominado "Poste-Viga", en el cual las columnas quedan sometidas tanto a cargas verticales como a fuerzas horizontales.

Para la estructura simétrica señalada en la Figura N° 54, las bases de las dos columnas quedan solicitadas por momentos de flexión iguales, y cuya magnitud es la mitad del momento solicitante.

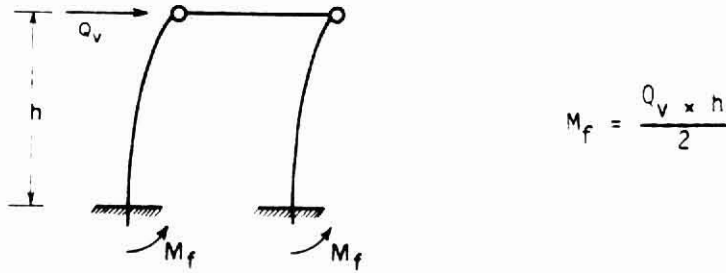


FIGURA N° 54. Arriostramiento con pilares empotrados.

5.4.4. Arcos y Marcos

Las cargas horizontales son resistidas por la capacidad soportante en flexión del arco (ver Figura N° 55.a) y del marco (ver Figura N° 55.b).

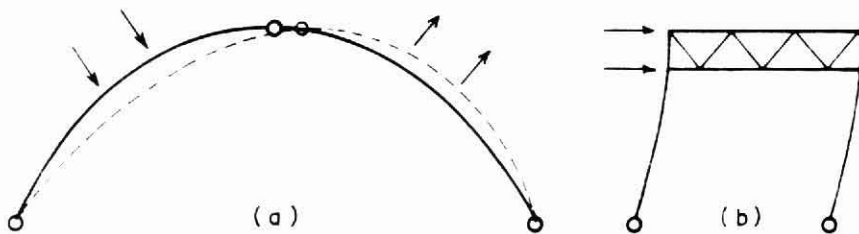


FIGURA N° 55. Resistencia a la flexión de arcos y marcos.

5.4.5. Diafragmas

Las techumbres y pisos constituyen elementos comunes en una construcción. Por ello es que, frecuentemente, resulta más económico diseñar el revestimiento de estos elementos como diafragmas a fin de eliminar el arriostramiento tipo X u otro destinado a resistir las fuerzas horizontales. El diafragma puede funcionar eficientemente en una techumbre plana, en un techo a dos aguas o en una cubierta curva, tal como se indica en la Figura N° 56. En edificios, cada piso puede considerarse como un

diafragma además de cumplir su función fundamental, cual es soportar las cargas verticales.

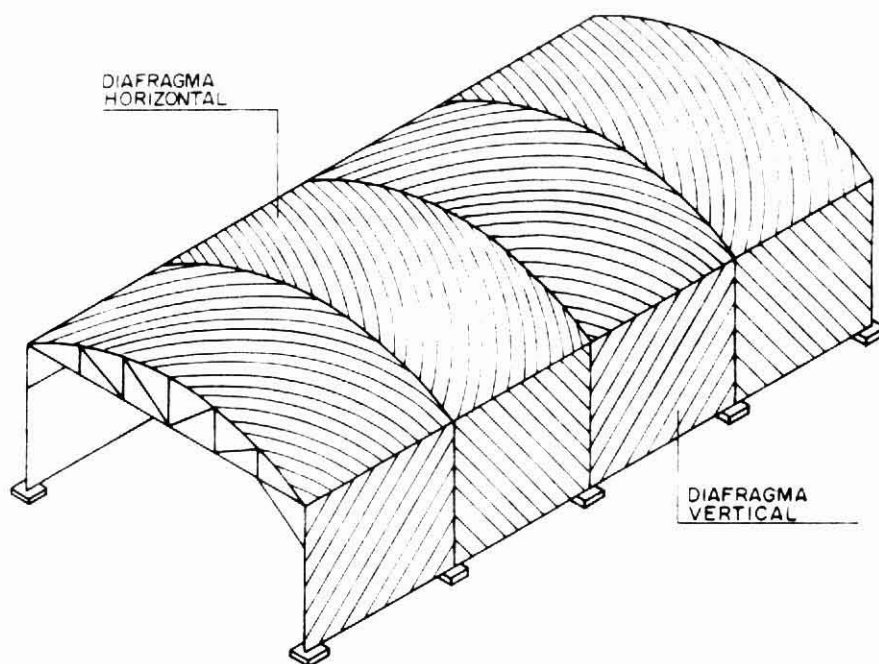


FIGURA Nº 56. Diafragma curvo con entablado en diagonal.

Siempre que un edificio quede subdividido con muros permanentes, éstos y los frontones o muros extremos pueden utilizarse, económicamente, como diafragmas arriostrantes destinados a resistir las solicitaciones laterales.

La clasificación, conformación y análisis estructural de los diafragmas se incluye en capítulo 5.3.

5.4.6. Arriostramiento de Cerchas

En este caso se pueden distinguir dos tipos de arriostramiento :

- De montaje
- Permanentes

El arriostramiento de montaje se coloca sólo durante la instalación de la cercha a fin de mantenerla en su posición has

ta que los elementos arriostrantes permanentes estén en su si
tio.

El arriostramiento permanente forma parte integral de toda la estructura y se debe ubicar tanto en planos paralelos como perpendiculares al plano de la cercha.

Las fuerzas laterales con dirección paralela al plano de la cercha, pueden ser soportadas mediante riostras angulares colocadas entre la cercha y los pilares o columnas, lo que per
mitirá repartir tales solicitaciones tanto en las cerchas como en los pilares. Alternativamente, las cargas laterales para
las al plano de la cercha pueden ser trasladadas a los muros ex
tremos y/o intermedios mediante la acción de diafragmas hori
zontales (techumbre) o por un arriostramiento horizontal tipo X u otro similar. Esto requiere que los muros sean diseñados como muros de corte de modo que permitan transferir las solicita
ciones de cizalle a las fundaciones.

Las fuerzas laterales cuya dirección es perpendicular al plano de la cercha, generalmente son trasladadas a los muros laterales mediante la acción de la techumbre diseñada como dia
fragma. Esto se puede materializar con un entablado rígido (ma
chihembrado) o un tablero (contrachapado) colocado sobre las cer
chas, el cual es unido (clavado) a las costaneras, las que a su vez quedan firmemente conectadas a las cerchas. Se deberá con
sultar un adecuado sistema de unión en el perímetro del diafragma que se enlaza con los muros laterales.

Si la techumbre no puede tomar las funciones de un dia
fragma, se deberá disponer de un arriostramiento horizontal y ubicarlo ya sea en el plano del cordón superior o en el del cor
dón inferior de las cerchas. El sistema elegido debe ser com
plementado por un arriostramiento tipo X que se ubique en un pla
no vertical, perpendicular a las cerchas, el que debe asegurar que dichas fuerzas sean transferidas al cordón inferior de la cercha y además, que los cordones comprimidos tengan apoyos ta
les que aseguren en ellos la ausencia de pandeo o volcamiento lateral.

En una construcción con cerchas de madera se requiere,

además, de un arriostramiento para proporcionar estabilidad al sistema de techumbre. Usualmente consiste en un arriostramiento tipo X, vertical, entre cerchas, ubicado en paños alternados complementado por una línea continua de puntales ubicados entre los cordones inferiores de las cerchas. Estos puntales deben tener un espaciamiento no mayor que 10 metros, tal que la esbeltez de los tramos de cordón inferior, que quedan entre puntales, no exceda del valor 50.

5.5. Reglas de Dimensionamiento de elementos Comprimidos. Longitudes de Pandeo

Cuando debido a la acción de elementos constructivos la barra comprimida quede asegurada en sus extremos contra desviaciones laterales, se puede suponer un apoyo rotulado en ambos extremos. Si en una pieza comprimida existen puntos intermedios apoyados contra otros puntos fijos, se puede suponer como longitud efectiva de pandeo en el sentido en que los apoyos son efectivos, la distancia entre los puntos de apoyo.

En los cordones comprimidos de estructuras reticuladas (cerchas) se debe considerar como longitud de pandeo, ℓ_p , en el plano de la cercha, el largo del eje de la estructura reticular análoga. Para barras interiores se puede calcular con $\ell_p = 0,8 \times \ell$, siendo ℓ , el largo de su eje en el reticulado análogo. Sin embargo, si una barra interior se fija en sus extremos únicamente mediante embarbillados, conectores con un solo perno o exclusivamente con pernos se debe suponer $\ell_p = \ell$. Ver Figura N° 57.

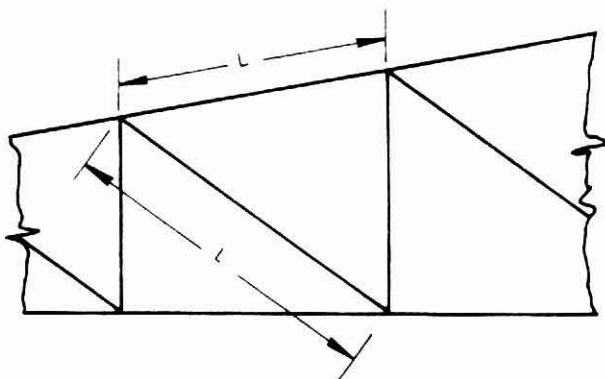


FIGURA N° 57. Longitud de pandeo en estructuras reticuladas.

Para el pandeo fuera del plano de la estructura se consideran como longitudes de pandeo de los cordones, la distancia entre los puntos de arriostramiento. La verificación de las barras interiores deberán asumir siempre una longitud de pandeo igual a la longitud del eje del reticulado análogo.

En cerchas tipo "A" (ver Figura Nº 58) con travesaño desplazable la verificación de pandeo del tijeral en el plano de la estructura se puede desarrollar en forma aproximada, considerando la fuerza de compresión máxima y una longitud de pandeo: $\ell_p = 0,8 \ell$.

Para la aplicación de la expresión anterior se debe cumplir que:

$$0,3 \ell < \ell_1 < 0,7 \ell$$

Con :

ℓ = longitud total del tijeral; y

ℓ_1 = longitud del tramo inferior del tijeral.

En caso contrario ($\ell_1 > 0,7 \ell$) se debe tomar $\ell_p = \ell$.

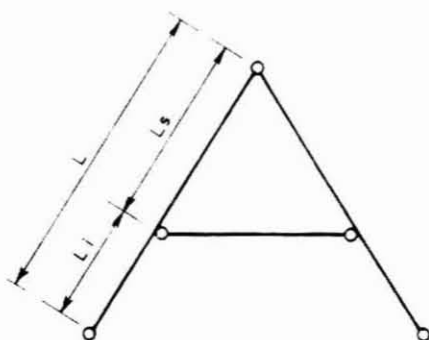


FIGURA Nº 58. Longitud de pandeo en tijerales de cercha tipo "A".

En cerchas con travesaños desplazables cada tramo del tijeral se verifica independientemente.

El pandeo fuera del plano de la estructura queda condicionado por la distancia entre los puntos de arriostramiento transversal.

En los pilares de marcos conformados con una viga reticulada y cuando no se desee hacer una verificación exacta del pandeo, se puede considerar como valor aproximado de la longitud de pandeo en el plano de la estructura, el entregado por la expresión:

$$l_p = 2h_i + 0,7 h_s$$

Para el análisis se debe considerar que la compresión máxima actúa sobre toda la longitud h o h_i del pilar. Ver Figura Nº 59.

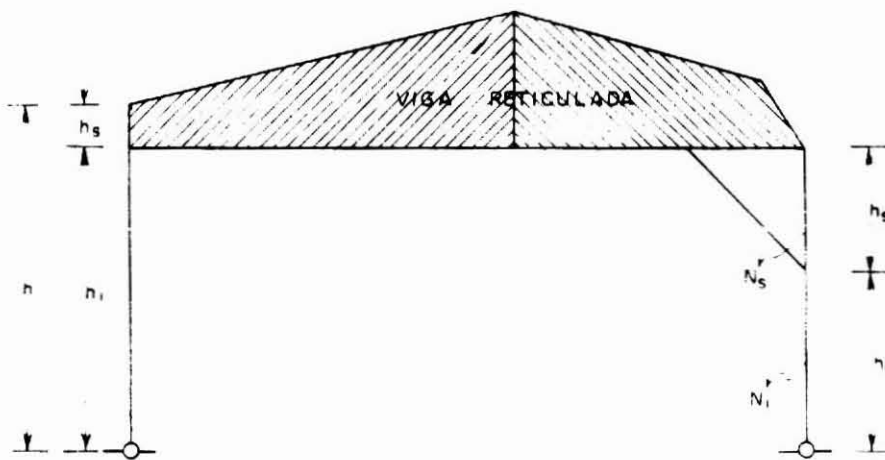


FIGURA Nº 59. Longitud de pandeo en marcos con vigas reticuladas.

Quando no se desee verificar en forma exacta el pandeo en el plano de arcos bi y triarticulados, con una relación de flecha f/L , comprendida entre 0,15 y 0,5 y una sección transversal poco variable, se puede suponer como longitud de pandeo la expresión:

$$l_p = 1,25 \ell \quad (\text{Ver Figura Nº 60})$$

en donde :

ℓ = longitud del semi-arco, mm.



En la verificación del pandeo se debe considerar la solicitación de compresión que existe en los puntos cuartos.

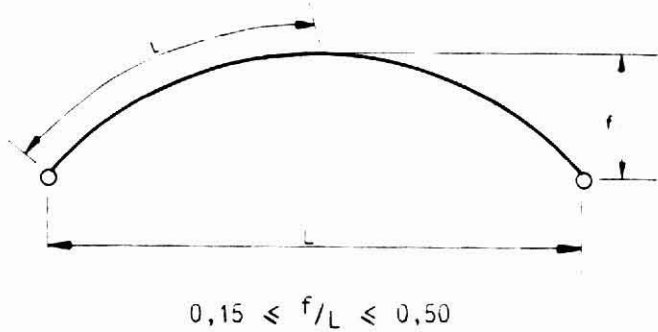


FIGURA Nº 60. Longitud de pandeo a considerar en arcos.

En marcos simétricos, bi y triarticulados, según Figura Nº 61, una solución aproximada para el pandeo en el plano de la estructura se obtiene:

i) Para la columna del marco:

$$e_p^C = 2h \sqrt{1 + 0,4 \times c}$$

Con : $c = 2 \times I \times s / (I_0 \times h)$

en donde :

e_p^C = longitud de pandeo de la columna, mm.

h = altura de la columna, mm.

I = momento de inercia de la columna, mm⁴.

s = longitud del tijeral, mm; y

I_0 = momento de inercia del tijeral, mm⁴.

ii) Para el tijeral del marco:

$$e_p^t = 2h \sqrt{k_r} \times \sqrt{1 + 0,4 \times c}$$

Con : $K_r = I_0 \times N / (I \times N_0)$



en donde :

l_p^t = longitud de pandeo del tijeral del marco, mm.

h, l, c, l_0 = tienen el significado dado en 5.5.i).

N = fuerza axial promedio de la columna, kN; y

N_0 = fuerza axial promedio en el tijeral, kN.

Si los momentos de inercia son variables, en las expresiones dadas se debe incorporar el momento de inercia correspondiente a $0,65 h$ o $0,65 s$, respectivamente, calculándose el radio de giro con la sección transversal existente en dichos puntos.

En la verificación de pandeo de la ecuación de interacción flexo-compresión, se deben considerar los valores máximos de momento flector y compresión del sector de marco, pilar o travesaño que se analiza.

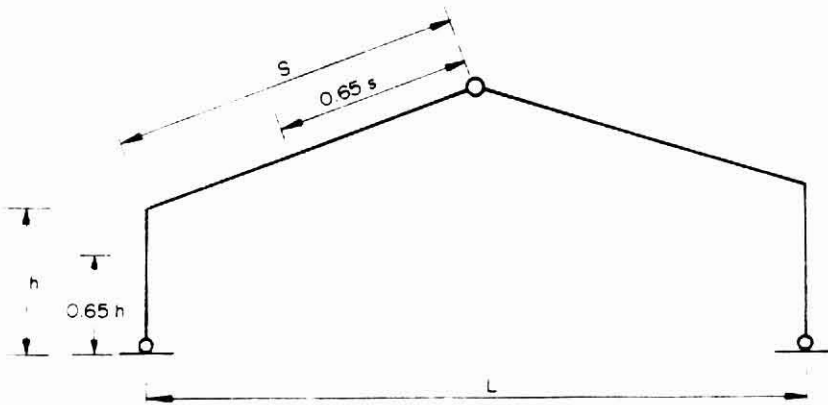
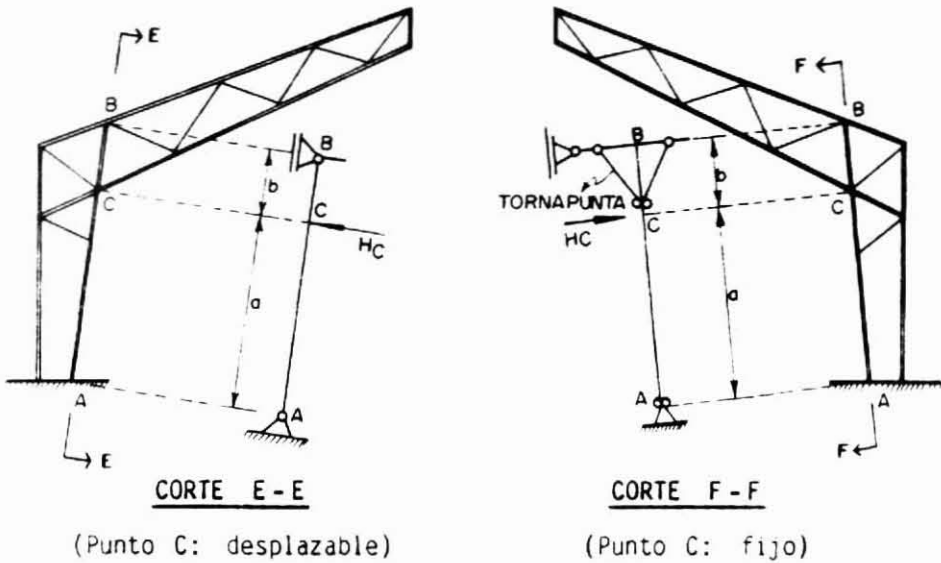


FIGURA Nº 61. Longitud de pandeo en un marco simétrico bi o triarticulado.

En marcos reticulados en los que la esquina de interacción de los cordones de columna y tijeral no está fijado lateralmente, el análisis de pandeo de los cordones interiores comprimidos de las columnas del marco, fuera del plano de la estructura debe considerar como longitud de pandeo, la distancia entre la base de apoyo de las columnas y el borde inferior de

la cubierta de techo, ver Figura N° 62. Adicionalmente, se debe considerar la acción de una fuerza lateral de una magnitud equivalente a $1/100$ ó $1/50$ de la mayor de las solicitaciones de compresión en los cordones concurrentes a la esquina interior del marco dependiendo de las características del punto C (ver Figura N° 62). Esta fuerza lateral debe ser aplicada en el punto de intersección de los cordones interiores.



a) $H_C = N_{máx}/100$

$$M_C = H_C \times a \times b / (a + b)$$

$$l_p = a + b$$

b) $H_C = N_{máx}/50$

$$l_p = a$$

$$\text{o, } l_p = b$$

FIGURA N° 62. Longitudes de pandeo en un marco reticulado.

Si existen tornapuntas apoyando el cordón AB (ver Figura N° 62, Corte F-F), la fuerza lateral debe considerarse como:

$$H_C = N_{máx}/50$$

y las longitudes de pandeo :

$$l_p = a$$

$$l_p = b$$

según sea la zona a verificar.



CAPITULO SEXTO

6.0 UNIONES EN LA MADERA ESTRUCTURAL

6.1. Generalidades

6.2. Uniones con Barras de Acero y Pernos

6.3. Uniones con Tirafondos

6.4. Uniones con Tornillos

6.5. Uniones con Clavos

6.6. Uniones con Conectores de Anillo

6.7. Embarbillado

6.0 UNIONES EN LA MADERA ESTRUCTURAL

6.1. Generalidades

Las consideraciones que siguen se aplican, en general, a todos los elementos mecánicos de unión, tales como: clavos, tirafondos, pernos, barras de acero, tornillos y conectores para madera. Las disposiciones que afectan a un elemento particular de unión se podrán encontrar más adelante.

Un elemento mecánico de unión es aquel que, al quedar sometido por fuerzas de cizalle, admiten corrimientos relativos entre las piezas conectadas y cuyas magnitudes dependen de la fuerza solicitante. Estos corrimientos se originan como consecuencia de las deformaciones por aplastamiento de la madera en la zona de contacto con el elemento de unión y, adicionalmente, en el caso de elementos de unión de forma cilíndrica (clavos, pernos, etc.), por las deformaciones de flexión que ellos experimentan.

Dependiendo de su disposición en la unión, estos elementos pueden quedar, también, solicitados según su dirección axial.

Los factores que requieren ser considerados, debido a que ellos afectan la resistencia de la unión y que son comunes a todos los elementos de unión son:

- La especie maderera (densidad).
- Sección transversal crítica y tensiones de cizalle.
- Dirección de la carga respecto a la fibra de la madera.
- Espaciamientos.
- Excentricidad.
- Acción en grupo de los medios de unión.
- Factores de modificación.

6.1.1. Especie Maderera

La resistencia de un elemento mecánico de unión varía con la madera en la cual él se utiliza. Para los efectos del diseño de uniones, las especies madereras se consideran agrupadas,

según su densidad anhidra (ρ_o), en la forma que se indica en la Tabla N° 59.

TABLA N° 59. AGRUPACION DE ESPECIES, SEGUN SU DENSIDAD ANHIDRA, A SER CONSIDERADA EN EL DISEÑO DE UNIONES.

GRUPO	DENSIDAD ANHIDRA (Kg/m ³)		ESPECIES COMERCIALES DE MAYOR USO EN LA CONSTRUCCION
	CONDICION	VALOR MEDIO ($\bar{\rho}_o$)	
A	$\bar{\rho}_o \leq 400$	370	Alamo (<i>Populus nigra</i>)
B	$400 < \bar{\rho}_o \leq 500$	460	Alerce (<i>Fitzroya cupressoides</i>)
		470	Canelo (<i>Drymis winteri</i>)
		470	Ciprés de la Cordillera (<i>Austrocedrus chilensis</i>)
		470	Ciprés de las Guaitecas (<i>Pilgerodendron uvifera</i>)
		410	Pino oregón (<i>Pseudotsuga menziesii</i>)
		450	Pino radiata (<i>Pinus radiata</i>)
C	$500 < \bar{\rho}_o \leq 600$	570	Araucaria (<i>Araucaria araucana</i>)
		590	Coigüe de Chiloé (<i>Nothofagus nitida</i>)
		510	Laurel (<i>Laurelia sempervirens</i>)
		540	Lenga (<i>Nothofagus pumilio</i>)
		596	Lingue (<i>Persea lingue</i>)
		520	Maño hojas punzantes (<i>Podocarpus nubigenus</i>)
		550	Olivillo (<i>Aextoxicon punctatum</i>)
		510	Raulí (<i>Nothofagus alpina</i>)
		520	Tepa (<i>Laurelia philippiana</i>)
D	$\bar{\rho}_o > 600$	740	Algarrobo (<i>Prosopis chilensis</i>)
		650	Coigüe (<i>Nothofagus dombeyi</i>)
		620	Coigüe de Magallanes (<i>Nothofagus betuloides</i>)
		800	Eucalipto (<i>Eucalyptus globulus</i>)
		630	Roble (<i>Nothofagus alpina</i>)
		680	Roble del Maule (<i>Nothofagus glauca</i>)
		700	Tineo (<i>Weinmannia thrischosperma</i>)
		630	Ulmo (<i>Eucryphia cordifolia</i>)

Las cargas admisibles que se entregan para los distintos elementos de unión, en una determinada especie, son aplicables sobre todos los grados estructurales de dicha especie maderera y supone, además, que en su instalación se han seguido todas las prácticas que aseguren un correcto funcionamiento del conector.

6.1.2. Sección Transversal Crítica y Tensiones de Cizalle

La sección transversal crítica de una pieza de madera que contiene una unión es aquella sección transversal, normal al eje longitudinal de la pieza, que presenta las tensiones de trabajo máximas, calculadas éstas con la sección transversal neta. La sección transversal neta es igual a la sección transversal bruta de la pieza menos las áreas de perforaciones o de cualquier otra remoción de madera (ver Figura N° 63).

La sección transversal neta requerida, en piezas traccionadas o comprimidas, se determina dividiendo la carga total que se traspa a través de la sección transversal neta crítica por el correspondiente valor de tensión de diseño en tracción ($F_{tp,dis}$) o de compresión paralela a la fibra ($F_{cp,dis}$) para la especie y grado del material empleado. En el primer caso $F_{tp,dis}$ debe incorporar el factor de modificación por concentración de tensiones, establecido en la Tabla N° 46.

Para solicitaciones paralelas a la dirección de la fibra con pernos, barras de acero, tirafondos o conectores alineados en forma alternada, éstos se consideran dispuestos sobre una misma sección transversal crítica, salvo que el espaciamiento entre las secciones sea mayor o igual a:

- i) 8 diámetros, en el caso de pernos, barras de acero y tirafondos; (ver Figura N° 64).
- ii) 2 diámetros, en el caso de conectores.

En uniones solicitadas por fuerzas de corte y materializadas con pernos, tirafondos, barras de acero o conectores, se debe verificar que las tensiones de cizalle, f_{cz} , inducidas

$$\text{Sección transversal neta} = b \times h - \left\{ \begin{array}{l} \text{Área proyectada del material} \\ \text{removido de la pieza, en la} \\ \text{unión.} \end{array} \right\}$$

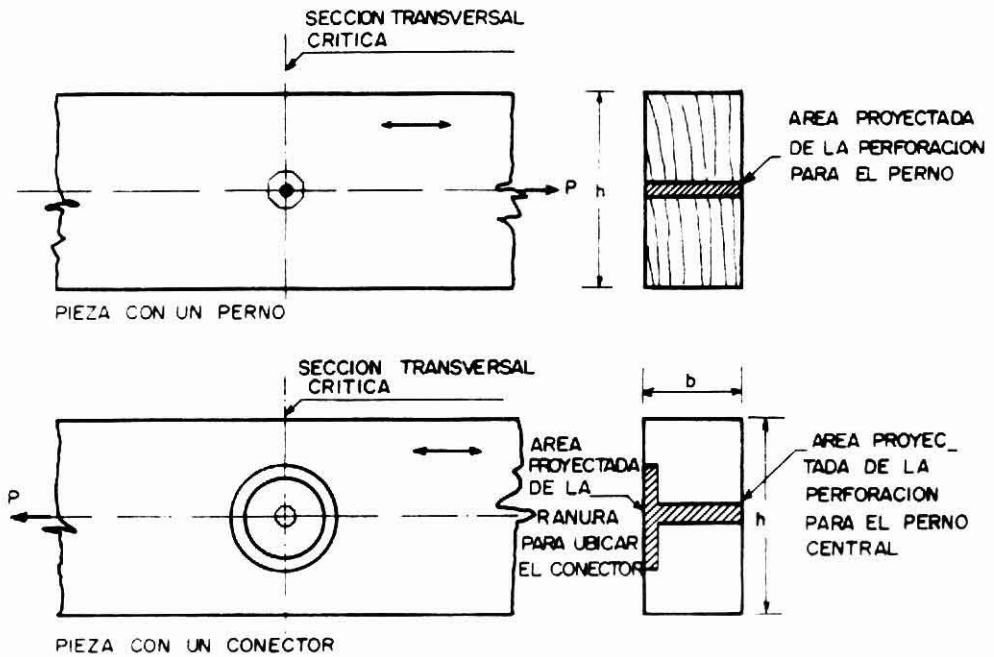
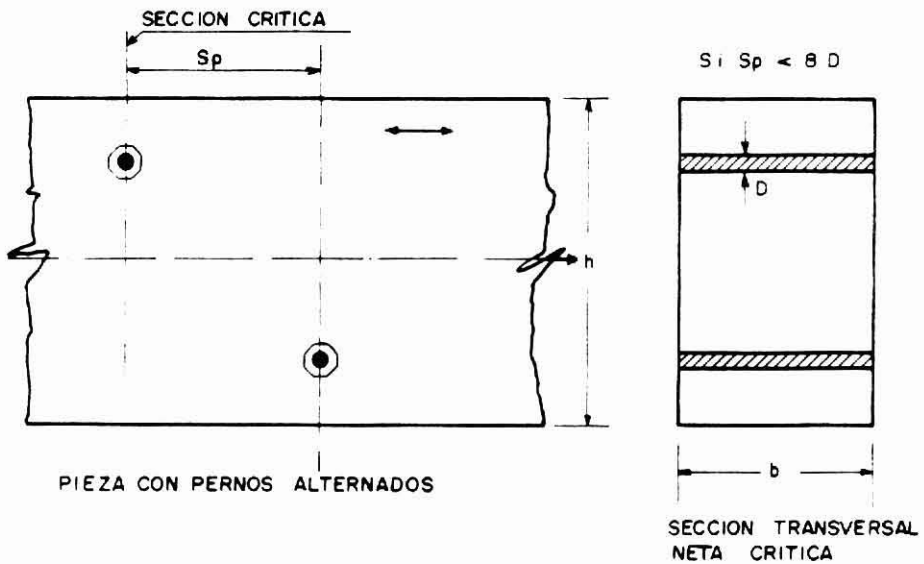


FIGURA N° 63. Secciones transversales netas en las uniones.



$$\left\{ \begin{array}{l} \text{Sección transversal} \\ \text{neta crítica.} \end{array} \right\} = b \times h - 2 \times (b \times D) \quad (\text{Si } S_p < 8D)$$

FIGURA N° 64. Sección transversal neta para pernos alternados.

por las fuerzas de corte Q y evaluadas con las relaciones que siguen, no excedan los valores indicados:

- a) en uniones alejadas del extremo de la pieza en 5 o más veces la altura (h) de la misma (ver Figura N° 65), con :

$$f_{cz} = \frac{1,5 Q}{b \times h_e}$$

verificar :

$$f_{cz} \leq 1,5 F_{cz,dis}$$

- b) en uniones separadas del extremo de la pieza en menos de 5 veces la altura de la misma, con :

$$f_{cz} = \frac{1,5 Q}{b \times h_e} \times \frac{h}{h_e}$$

verificar :

$$f_{cz} \leq F_{cz,dis}$$

En el caso de conectores, "h_e" corresponde a la altura de la pieza menos la distancia desde el borde descargado hasta el borde del conector más cercano. (Ver Figura N° 66).

En el caso de pernos, tirafondos y barras de acero, "h_e" se evalúa deduciendo de la altura, la distancia entre el borde descargado y el centro del perno, tirafondo o barra de acero más próximo. Ver Figura N° 67.

Adicionalmente se debe verificar la sección transversal bruta de acuerdo con la relación:

$$f_{cz} = \frac{1,5 Q}{b \times h} \leq F_{cz,dis}$$

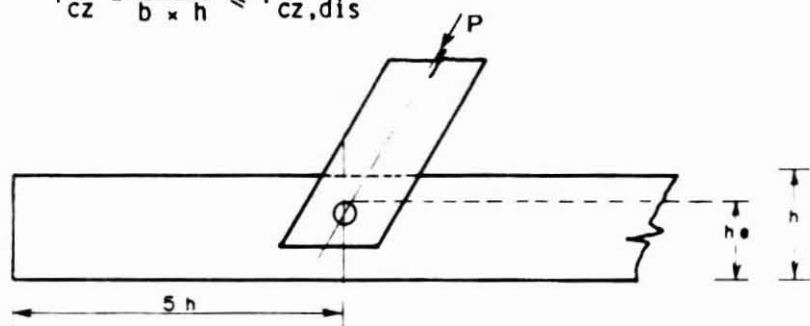


FIGURA N° 65. Tensiones de cizalle en las uniones.

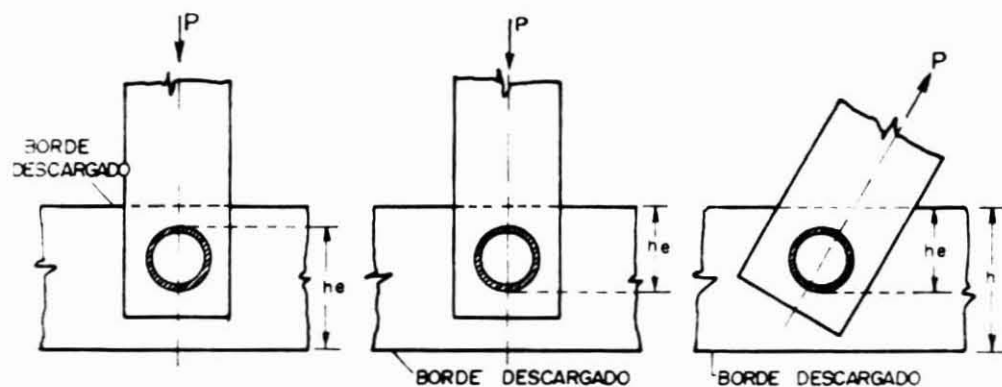


FIGURA N° 66. Valor de " h_e " para conectores.

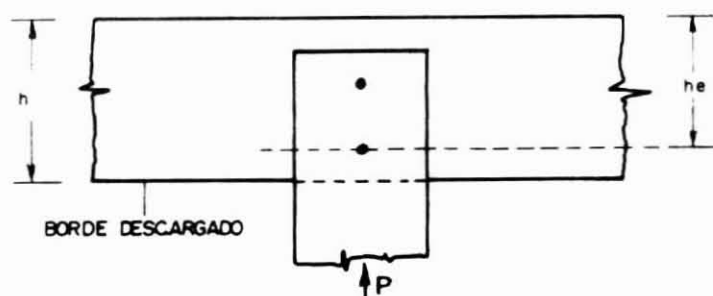


FIGURA N° 67. Valor de " h_e " para pernos, barras de acero y tirafondos.

En las expresiones y figuras anteriores se tiene que:

Q = esfuerzo de corte en el extremo del elemento.

b = ancho de la pieza.

h = altura de la pieza.

h_e = distancia medida desde el borde descargado hasta el borde del conector más cercano.

Para aclarar los conceptos sobre esta materia, ver ejemplo de aplicación en Tomo II.

6.1.3. Dirección de la Carga Respecto a la Fibra de la Madera

El ángulo formado por las direcciones de la carga y de la fibra, en una unión, es un factor que, para algunos tipos de elementos de unión, incide sobre la determinación de las cargas de diseño, obteniéndose valores mayores en la dirección paralela a la fibra de la madera. El ángulo de inclinación (θ) es el comprendido por la dirección de la fuerza con que el medio de unión actúa sobre la pieza y la fibra de esa pieza, la que puede suponerse coincidente con su eje axial. (Ver Figura N° 68).

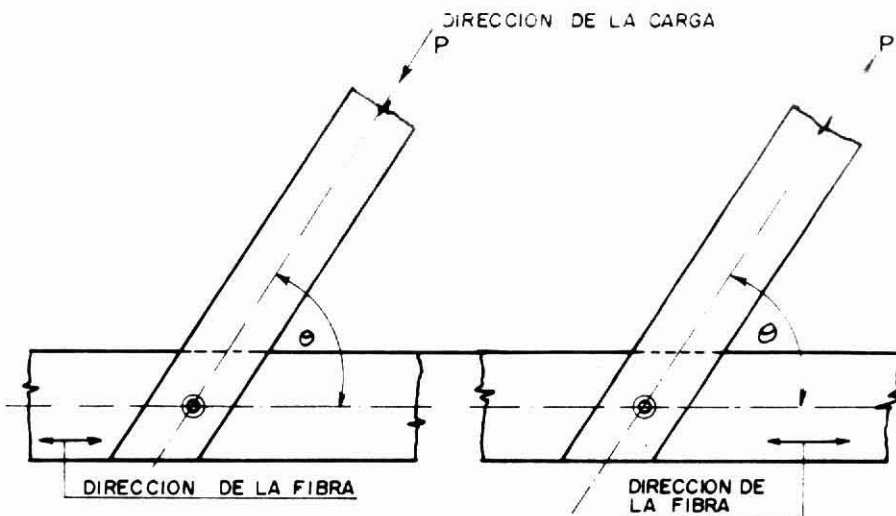


FIGURA N° 68. Cargas inclinadas respecto a la fibra de la madera.

La carga admisible, $P_{\theta,ad}$, se determina en función de los valores de diseño para cargas paralelas, $P_{p,ad}$ ($\theta = 0^\circ$), y normal, $P_{n,ad}$ ($\theta = 90^\circ$) a la fibra, aplicando la fórmula de Hankinson:

$$P_{\theta,ad} = \frac{P_{p,ad} \times P_{n,ad}}{P_{p,ad} \times \sin^2 \theta + P_{n,ad} \times \cos^2 \theta}$$

en que :

$P_{\theta,ad}$ = carga admisible para un ángulo, θ , entre carga y la fi
bra.

$P_{p,ad}$ = carga admisible para carga paralela a la fibra.

$P_{n,ad}$ = carga admisible para carga normal a la fibra.

6.1.4. Espaciamientos

Se entiende por espaciamento a la distancia que debe existir entre centros de elementos de unión para que cada uno de ellos desarrolle su resistencia total.

El espaciamento puede medirse en dirección paralela o normal a la fibra. Ver Figura Nº 69. Se le da, también, el nombre de espaciamento a la distancia que debe dejarse entre el centro de un medio de unión vecino a un borde y éste.

Los bordes pueden tomar la designación de :

- a) borde cargado, cuando la carga inducida por el elemento de unión actúa hacia dicho borde.
- b) borde descargado, cuando la carga inducida por el medio de unión actúa alejándose de tal borde.

Con estos antecedentes se puede definir los siguientes

tipos de espaciamentos, los cuales se grafican en la Figura N° 69 , tanto para la pieza solicitante como para la solicitada:

- i) Espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección paralela a las fibras de la pieza: S_p .
- ii) Espaciamiento mínimo entre elementos de unión medido en dirección normal a las fibras de la pieza: S_n .
- iii) Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado, medido en dirección paralela a las fibras de la pieza: S_{bcp} .
- iv) Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde cargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza: S_{bcn} .
- v) Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado, medido en dirección paralela a las fibras de la pieza: S_{bdp} .
- vi) Espaciamiento mínimo entre un elemento de unión y un borde descargado medido en dirección normal a las fibras de la pieza: S_{bdn} .

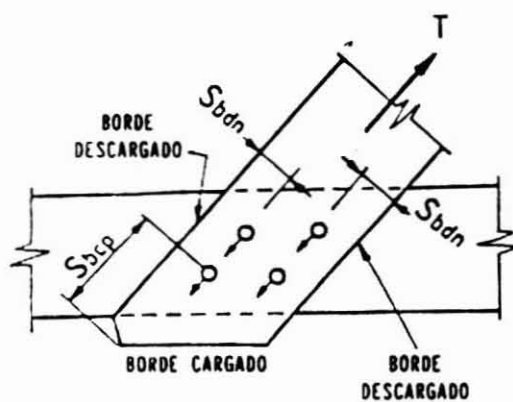
6.1.5. Excentricidad

Las uniones deben conformarse, en lo posible, de modo que los ejes de las barras sean concéntricos.

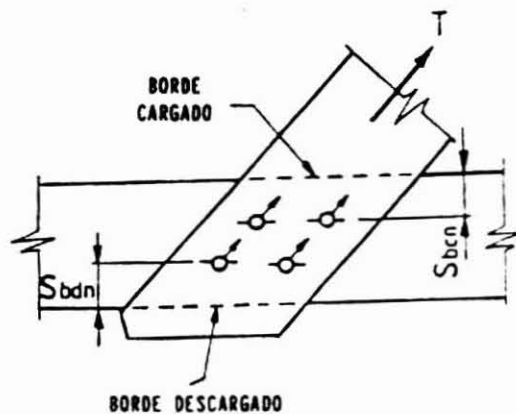
En uniones y empalmes, los elementos de unión se deben disponer simétricamente con respecto al eje de la pieza.

La unión de barras en enrejados debe materializarse en la forma más centrada posible. En el caso de uniones clavadas y con placas dentadas, las tensiones que se induzcan debido a excentricidades no necesitan ser verificadas si la excentricidad "e" no excede la mitad de la altura del cordón (ver Figura N° 70).

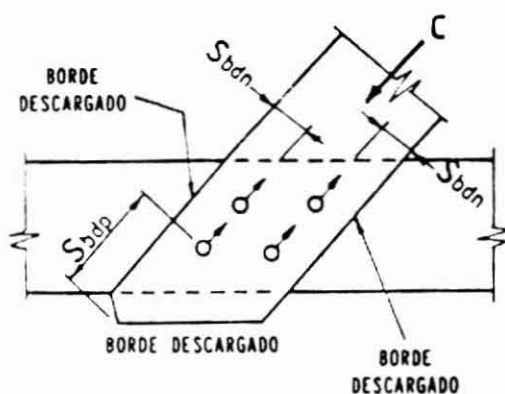




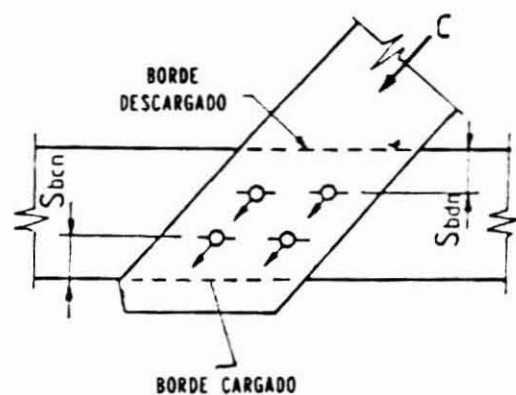
a) Unión traccionada: En pieza solicitante



b) Unión traccionada: En pieza solicitada



c) Unión comprimida: En pieza solicitante



d) Unión comprimida: En pieza solicitada

FIGURA Nº 69. Designaciones para los espaciamientos y bordes.

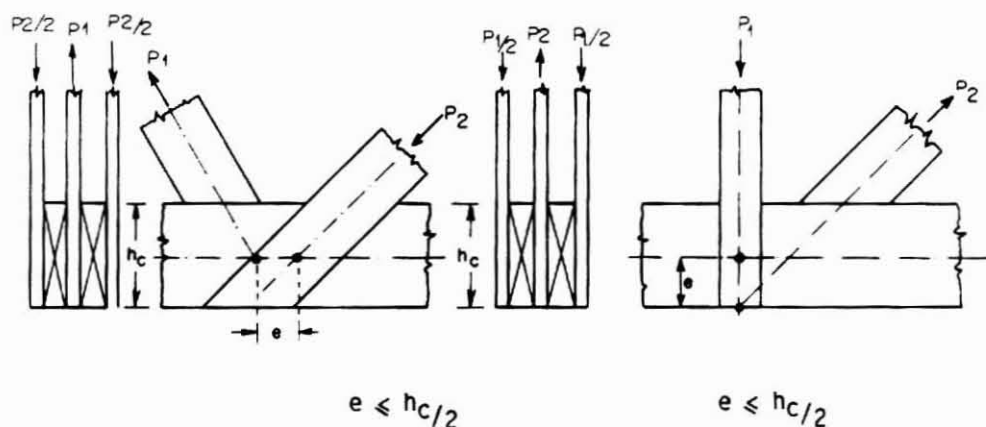


FIGURA Nº 70. Uniones de barras excéntricas.

En estas uniones excéntricas se debe verificar la com
binación de:

- a) tensiones principales, debido a las solicitaciones que trans
miten las barras, y
- b) tensiones secundarias, debido al momento generado por la
excentricidad,

de manera que no se sobrepasen los valores de diseño, tanto en
las piezas estructurales como en los elementos de unión.

6.1.6. Acción en Grupo de los Elementos de Unión

Una hilera de elementos de unión consiste en dos o más
elementos del mismo tipo y tamaño alineados en la dirección de
la carga, solicitados en cizalle simple y/o múltiple.

Las últimas investigaciones han indicado que una carga
transferida por una hilera de elementos de unión, no queda repar
tida en forma equitativa entre todos los medios de unión. Los
conectores extremos, tales como A y G en Figura N° 71, tienden
a recargarse con una mayor proporción de la solicitación, que
aquellos intermedios. De esta forma la eficiencia de una co
nexión se reduce a medida que se incrementa el número de elemen
tos de unión. La distribución de la carga solicitante queda de
terminada por la rigidez relativa entre la pieza central y las
piezas laterales.

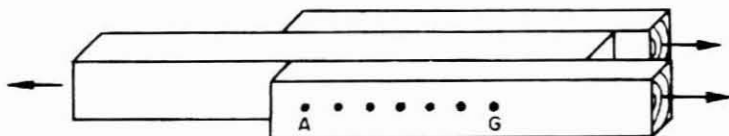


FIGURA N° 71. Hilera de conectores.

6.1.7. Factores de Modificación

Las cargas admisibles que se indican en este capítulo, rigen para un elemento individual, que una piezas de madera, ubicado con los espaciamientos que le permitan desarrollar su total resistencia, solicitado por una carga de duración normal y usado en las condiciones de contenido de humedad previamente establecidas.

Cuando existan otras condiciones, estas cargas admisibles deben ser ajustadas por los factores de modificación que a continuación se señalan:

- K_D = por duración de la carga.
- K_{UH} = por contenido de humedad.
- K_Q = por tratamiento químico (ignífugos).
- K_T = por temperatura.
- K_S = por espaciamiento.
- K_U = por longitud de hilera.
- K_{cm} = por cubrejunta metálica.
- K_{pp} = por profundidad de penetración.

La Tabla Nº 60 señala la aplicabilidad de estos factores de modificación a los diferentes tipos de medios de unión.

6.1.7.1. Por Duración de la Carga, K_D

Las cargas admisibles tabuladas o deducidas en este capítulo para elementos de unión, corresponden a las máximas para cargas de duración normal (10 años). Cuando se consideren cargas de distinta duración estos valores deben ser multiplicados por los factores de modificación que se entregan en Tabla Nº 24.

El factor de modificación K_D es aplicable a las cargas admisibles de elementos de unión solicitados en dirección paralela y normal a la fibra. Se recuerda que este factor no se aplica en la deducción de las tensiones de diseño de madera sometida a compresión normal a la fibra.



TABLA N° 60. APLICABILIDAD DE LOS FACTORES DE MODIFICACION.

TIPO DE ELEMENTO DE UNION	FACTOR DE MODIFICACION							
	K_D	K_{UH}	K_Q	K_T	K_S	K_u	K_{cm}	K_{pp}
Barras de acero	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Pernos	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Tornillos	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Tirafondos	SI	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO
Conectores de anillo	SI	SI	SI	SI	SI	SI	NO	NO
Clavos	SI	SI	SI	SI	SI	NO	SI	SI
Placa metálica dentada	SI	SI	SI	SI	NO	NO	NO	NO

6.1.7.2. Por Contenido de Humedad, K_{UH}

En relación con los medios de unión, la condición de la madera se define como:

- i) Seca : Si su contenido de humedad, H , es menor que 20% ($H < 20\%$).
- ii) Semiseca : Si su contenido de humedad, H , está comprendido entre 20% y el punto de saturación de la fibra ($20\% \leq H < P.S.F.$).
- iii) Verde : Si el contenido de humedad, H , es igual o superior al P.S.F. ($H \geq P.S.F.$), asumiéndose como valor para el punto de saturación de la fibra un contenido de humedad igual a 28%.

Las cargas admisibles tabuladas o derivadas en este capítulo corresponden a elementos de unión colocados en madera seca. Para madera semiseca o verde durante la construcción, los valores admisibles se deben multi

plicar por los factores de modificación (K_{UH}) señalados en las Tablas N° 61 y N° 62.

Las uniones deben ensamblarse de modo que las superficies de las piezas queden en pleno contacto. Las estructuras que se construyen con madera verde o semiseca deben ser inspeccionadas regularmente en intervalos de tiempo que no excedan de 6 meses, hasta que resulte aparente que las contracciones en la madera son despreciables. En cada inspección se debe proceder a reapretar las uniones hasta que las superficies de las piezas vuelvan a quedar en contacto, sin deformarse.

6.1.7.3. Por Tratamiento Químico, K_Q

Las cargas admisibles de los elementos de unión que unen madera tratada con ignífugos por método de vacío-presión deben ser afectadas por el factor K_Q , señalado en la Tabla N° 27.

6.1.7.4. Por Temperatura, K_T

La resistencia de los elementos de unión usados en madera, generalmente es controlada por la resistencia al aplastamiento de ella. En aquellos pocos casos en los cuales se debe alterar la resistencia de la madera por temperatura, será también necesario afectar las cargas admisibles de los medios de unión por el factor K_T , que se incluye en la Tabla N° 25.

6.1.7.5. Por Espaciamiento, K_S

Las cargas admisibles que se entregan en este capítulo para pernos, tirafondos y conectores son válidas para espaciamientos que aseguren el desarrollo de la resistencia total del elemento de unión. Cuando no se usen estos espaciamientos mínimos, establecidos en el texto para cada medio de unión, las cargas admisibles deben ser afectadas por el factor K_S que se señalan para cada tipo de conector.



TABLA N° 61. FACTORES DE MODIFICACION DE LA CAPACIDAD DE CARGA DE ELEMEN
TOS DE UNION, POR CONTENIDO DE HUMEDAD, K_{UH} .

ELEMENTO DE UNION	CONDICION DE LA MADERA		K_{UH}
	DURANTE LA FABRICACION	EN SERVICIO	
PERNOS, BARRAS DE ACERO Y TIRAFONDOS	SECA SEMISECA O VERDE ³⁾ SECA O VERDE SECA O VERDE	SECA SECA A LA INTEMPERIE ¹⁾ VERDE	1,0 VER TABLA N° 63 0,75 0,67
CLAVOS			
- Extracción Lateral	SECA SEMISECA O VERDE SECA	SECA SECA O VERDE SEMISECA O VERDE	1,0 0,75 0,75
- Extracción Directa	SECA SEMISECA O VERDE SEMISECA O VERDE SECA	SECA VERDE SECA CICLOS HUMEDO-SECO ¹⁾	1,0 1,0 0,25 0,25
PLACAS METALICAS DENTADAS	SECA SEMISECA O VERDE	SECA SECA O VERDE	1,0 0,80
CONECTORES ²⁾	SECA SEMISECA ³⁾ VERDE SECA O VERDE	SECA SECA SECA SEMISECA O VERDE	1,0 VER NOTA 3 0,80 0,67
TORNILLOS	SECA O VERDE SECA O VERDE SECA O VERDE	SECA A LA INTEMPERIE VERDE	1,0 0,75 0,67

NOTAS: 1) - A la intemperie: Si en servicio, H varía de seco a semisecho, sin llegar al P.S.F. en el momento en que la unión esté bajo la carga total de diseño.

- Ciclos húmedo-seco: Si en servicio, H varía desde seco a semisecho, o viceversa con el consecuente efecto sobre el apriete de la unión.

2) En conectores, las restricciones de humedad rigen hasta una profundidad de 20 mm de la superficie.

3) Cuando conectores, pernos, barras de acero o tirafondos solicitados a cizalle, se instalan en madera semisecha durante la fabricación, pero que se secará antes de ser solicitada plenamente la unión (por la carga de diseño), se pueden usar factores de modificación intermedios, obtenidos mediante interpolación lineal.



TABLA N° 62. FACTORES DE MODIFICACION PARA PERNOS, BARRAS DE ACERO Y TIRAFONDOS, SOLICITADOS EN CIZALLE, EN MADERA QUE SE SECA EN SERVICIO, K_{UH} .¹⁾

DISPOSICION DE PERNOS, BARRAS DE ACERO O TIRAFONDOS	CUBREJUNTA	K_{UH}
- Un solo elemento. - Dos o más elementos dispuestos en una hilera paralela a la fibra. - Elementos dispuestos en dos o más hileras paralelas a la fibra, con cubrejuntas separadas para cada hilera.	Madera o Metal	1,0
- Cualquier otra disposición.	Madera o Metal	0,40

NOTA : 1) Estos factores se aplican cuando la madera está VERDE durante la fabricación y que toma el estado SEMISECO o SECO antes de ser solicitada plenamente la unión (por la carga de diseño).

Es decir, aplicable si : $H \geq P.S.F.$ durante la fabricación.

Si $20\% \leq H \leq 28\%$

Tomar : $K_{UH} = 0,4 + 0,075 (28 - H)$

Si $H < 20\%$

Tomar : $K_{UH} = 1,0$

6.1.7.6. Por Longitud de Hilera, K_u

Las cargas admisibles de los pernos, tirafondos y conectores decrecen cuando ellos se ubican en hileras largas. El factor de modificación que disminuye tales cargas admisibles se presenta en las Tablas N° 63 y N° 64, y el procedimiento para obtener K_u debe seguir la siguiente metodología:

- a) Cuando una pieza quede solicitada según la dirección de la fibra, en el cálculo de las razones de áreas de sección transversal (para las Tablas N° 63 y N° 64) se deben considerar las superficies de sección transversal bruta (A_1 , A_2), sin aplicar reducciones por concepto de debilitamiento derivados de perforaciones. Ver Figura N° 72.
- b) Cuando una pieza quede solicitada según la dirección perpendicular a la fibra, el área equivalente a su sección transversal (A_1) se obtiene como el producto del espesor (e) de la pieza por la distancia (g), entre las dos hileras extremas de la unión. Cuando los elementos de unión se disponen en una única hilera, el ancho (g) se considera igual al espaciamiento (S_p), medido según la dirección de las fibras. Ver Figura N° 72.
- c) Cuando los elementos de unión ubicados en hileras adyacentes se disponen en forma alternada y la distancia (a) entre dos hileras adyacentes es menor que un cuarto de la distancia (b) entre dos elementos de unión vecinos dispuestos entre hileras adyacentes, para efectos de la determinación del valor admisible, las hileras adyacentes se consideran como una sola. Para uniones constituidas de un número par de hileras, este principio se aplicará sobre cada par. Ver Figura N° 73.

TABLA N° 63. FACTOR DE MODIFICACION, K_u , PARA UNIONES CON PIEZAS LATERALES METALICAS, CONECTORES, PERNOS Y TIRAFONDOS, SOMETIDOS A CARGAS LATERALES.

A_1/A_2 ¹⁾	A_1 mm ²	NUMERO DE ELEMENTOS DE UNION EN LA HILERA										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
2 - 12	16.000 - 26.000	1.00	0.94	0.87	0.80	0.73	0.67	0.61	0.56	0.51	0.46	0.42
	26.001 - 42.000	1.00	0.96	0.92	0.87	0.81	0.75	0.70	0.66	0.62	0.58	0.55
	42.001 - 76.000	1.00	0.98	0.95	0.91	0.87	0.82	0.78	0.75	0.72	0.69	0.66
	76.001 - 130.000	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.89	0.86	0.84	0.81	0.79	0.78
12 - 18	26.001 - 42.000	1.00	0.93	0.94	0.90	0.85	0.80	0.75	0.70	0.67	0.62	0.58
	42.001 - 76.000	1.00	0.99	0.96	0.93	0.90	0.86	0.82	0.79	0.75	0.72	0.69
	76.001 - 130.000	1.00	1.00	0.98	0.95	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.78
	> 130.000	1.00	1.00	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.91	0.90	0.88	0.87
18 - 24	26.001 - 42.000	1.00	1.00	0.96	0.93	0.89	0.84	0.79	0.74	0.69	0.64	0.59
	42.001 - 76.000	1.00	1.00	0.97	0.94	0.92	0.89	0.86	0.83	0.80	0.76	0.73
	76.001 - 130.000	1.00	1.00	0.99	0.98	0.96	0.94	0.92	0.90	0.88	0.86	0.85
	> 130.000	1.00	1.00	1.00	1.00	0.98	0.96	0.95	0.93	0.92	0.92	0.91
24 - 30	26.001 - 42.000	1.00	0.98	0.94	0.90	0.85	0.80	0.74	0.69	0.65	0.61	0.58
	42.001 - 76.000	1.00	0.99	0.97	0.93	0.90	0.86	0.82	0.79	0.76	0.73	0.71
	76.001 - 130.000	1.00	1.00	0.98	0.96	0.94	0.92	0.89	0.87	0.85	0.83	0.81
	> 130.000	1.00	1.00	0.99	0.98	0.97	0.95	0.93	0.92	0.90	0.89	0.89
30 - 35	26.001 - 42.000	1.00	0.96	0.92	0.86	0.80	0.74	0.68	0.64	0.60	0.57	0.55
	42.001 - 76.000	1.00	0.98	0.95	0.90	0.86	0.81	0.76	0.72	0.68	0.65	0.62
	76.001 - 130.000	1.00	0.99	0.97	0.95	0.92	0.88	0.85	0.82	0.80	0.78	0.77
	> 130.000	1.00	1.00	0.98	0.97	0.95	0.93	0.90	0.89	0.87	0.86	0.85
35 - 42	26.001 - 42.000	1.00	0.95	0.89	0.82	0.75	0.69	0.63	0.58	0.53	0.49	0.46
	42.001 - 76.000	1.00	0.97	0.93	0.88	0.82	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.56
	76.001 - 130.000	1.00	0.98	0.96	0.93	0.89	0.85	0.81	0.78	0.76	0.73	0.71
	> 130.000	1.00	0.99	0.98	0.96	0.93	0.90	0.87	0.84	0.82	0.80	0.78

1) A_1 = Sección transversal del elemento principal antes de perforarlo.

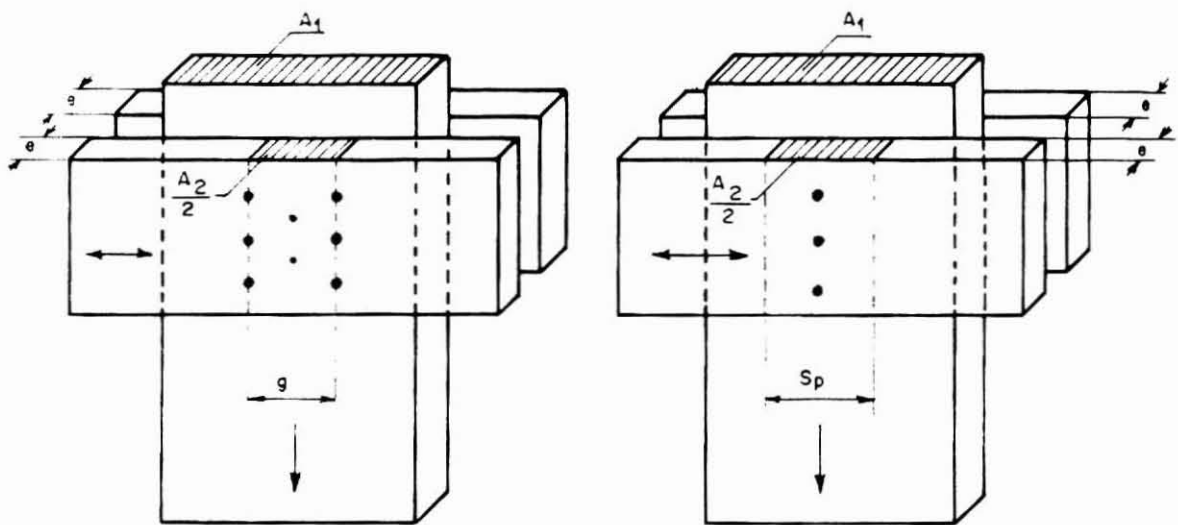
A_2 = Suma de las secciones transversales de las piezas laterales metálicas antes de ser perforadas.

TABLA N° 64. FACTORES DE MODIFICACION, K_U , PARA UNIONES CON PIEZAS LATERALES DE MADERA, CONECTORES, PERNOS Y TIRAFONDOS SOMETIDOS A CARGAS LATERALES.

A_1/A_2 1)	A_1 mm ²	NUMERO DE ELEMENTOS DE UNION EN LA HILERA										
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
0,5	< 8.000	1.00	0.92	0.84	0.76	0.68	0.61	0.55	0.49	0.43	0.38	0.34
	8.001 - 12.000	1.00	0.95	0.88	0.82	0.75	0.68	0.62	0.57	0.52	0.48	0.43
	12.001 - 18.000	1.00	0.97	0.93	0.88	0.82	0.77	0.71	0.67	0.63	0.59	0.55
	18.001 - 26.000	1.00	0.98	0.96	0.92	0.87	0.83	0.79	0.75	0.71	0.69	0.66
	26.001 - 42.000	1.00	1.00	0.97	0.94	0.90	0.86	0.83	0.79	0.76	0.74	0.72
	> 42.000	1.00	1.00	0.98	0.95	0.91	0.88	0.85	0.82	0.80	0.78	0.76
1,0	< 8.000	1.00	0.97	0.92	0.85	0.78	0.71	0.65	0.59	0.54	0.49	0.44
	8.001 - 12.000	1.00	0.98	0.94	0.89	0.84	0.78	0.72	0.66	0.61	0.56	0.51
	12.001 - 18.000	1.00	1.00	0.97	0.93	0.89	0.85	0.80	0.76	0.72	0.68	0.64
	18.001 - 26.000	1.00	1.00	0.99	0.96	0.92	0.89	0.85	0.83	0.80	0.78	0.75
	26.001 - 42.000	1.00	1.00	1.00	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.84	0.82	0.80
	> 42.000	1.00	1.00	1.00	0.99	0.96	0.93	0.91	0.88	0.87	0.86	0.85

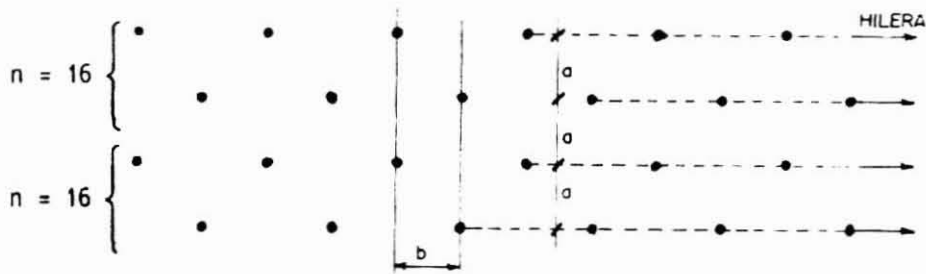
NOTAS :

- 1) - A_1 = Sección transversal del o de los elementos principales antes de perforarlos.
 A_2 = Suma de las secciones transversales de las piezas laterales antes de su perforación.
- Cuando la razón A_1/A_2 sea menor o igual a 1,0, interpolar o extrapolar linealmente con los valores de la Tabla.
- Si A_1/A_2 es mayor que 1,0; use A_2/A_1 , y en la segunda columna usar A_2 en lugar de A_1 .



e = espesor de la pieza.
 g = ancho de la unión.
 S_p = espaciamiento mínimo según la dirección de la fibra.
 A_1, A_2 = áreas definidas en Tablas Nº 63 y Nº 64.

FIGURA Nº 72. Areas A_1 y A_2 para la aplicación de las Tablas Nº 63 y Nº 64.

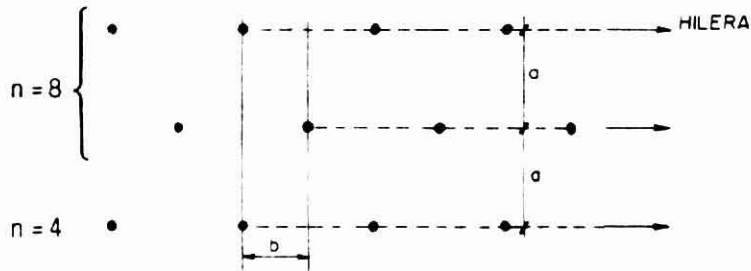


Si : $a < b/4$: Considere sólo 2 hileras con 16 elementos de unión, cada una.

FIGURA Nº 73. Elementos de unión dispuestos en forma alternada. Número par de hileras.

Para un número impar de hileras, debe aplicarse el cri

terio anterior a cada par de hileras, considerándose la restante como una hilera complementaria. Ver Figura N° 74.



Si : $a < b/4$: Considera una hilera con 8 elementos de unión y una hilera de 4 elementos de unión.

FIGURA N° 74. Elementos de unión dispuestos en forma alternada. Número impar de hileras.

d) Las Tablas N° 63 y N° 64 permiten obtener K_U para hileras constituidas de 2 hasta 12 elementos de unión. En la determinación del factor K_U , se deben aplicar los siguientes principios.

- i) Un grupo de elementos de unión consiste de uno o más elementos.
- ii) Una hilera de elementos de unión puede estar constituida por:
 - dos o más pernos solicitados a cizalle simple o múltiple.
 - dos o más conectores de anillos o tirafondos solicitados a cizalle simple.
- iii) La hilera se alinea en la dirección de la carga.
- iv) Para elementos de unión ubicados en hileras

adyacentes, dispuestos en forma alternada, aplicar el procedimiento graficado en Figuras N° 73 y N° 74.

- e) La carga admisible de una hilera de elementos de unión del mismo tamaño y tipo no debe ser mayor que el valor P_h , determinado por la siguiente expresión:

$$P_h = K_u \times \Sigma P_i$$

en que :

K_u = factor de modificación por longitud de hilera, calculado con Tablas N° 63 y N° 64 o párrafo 6.5.2.4.iv para clavos.

ΣP_i = suma de los valores admisibles de los elementos de unión individuales existente en una hilera, calculado cada uno de ellos según lo señalado en este capítulo.

La capacidad de carga admisible de una unión es la suma de las cargas admisibles asignadas a cada hilera que constituye la unión.

6.1.7.7. Por Cubrejunta Metálica, K_{cm}

Los valores de las cargas admisibles de algunos elementos de unión pueden ser incrementadas cuando se usan cubrejuntas metálicas en lugar de cubrejuntas de madera. Los valores de los factores de modificación (K_{cm}) para estos casos, se entregarán cuando se estudie el respectivo medio de unión.

6.1.7.8. Por Profundidad de Penetración, K_{pp}

Los valores de las cargas admisibles asignadas a clavos, tornillos y tirafondos se basan en un específico valor de la profundidad de penetración del elemento de

unión en la pieza que recibe su punta. Esta carga admisible disminuye si la profundidad de penetración es menor que tal valor y su valor, usualmente, es determinado mediante interpolación lineal entre el valor de la profundidad de penetración que proporciona la máxima carga admisible y aquel que entrega la menor capacidad de carga, lo que generalmente corresponde a la mínima profundidad de penetración permitida. A veces resulta ventajoso entregar esta disminución como un porcentaje de la máxima carga admisible. En tal caso, este porcentaje toma el nombre de factor de modificación por profundidad de penetración (K_{pp}).

6.1.8. Cargas de Diseño

Los valores de las cargas de diseño se calculan mediante el producto de la carga admisible que se entrega en este capítulo para los diferentes elementos de unión y direcciones de la carga respecto a la fibra de la madera, por los factores de modificación a que haya lugar. La ecuación para realizar este cálculo tiene la siguiente forma:

$$P_{dis} = P_{ad} \times K_D \times K_{UH} \times K_Q \times K_T \times K_S \times K_u \times K_{cm} \times K_{pp}$$

En la mayoría de los casos son aplicables sólo algunos de los factores de modificación señalados y se recomienda que, en los cálculos, se presenten solamente ellos. La Tabla N° 60 contiene la lista de los factores de modificación que se deben considerar para cada elemento de unión.

6.1.9. Módulo de Corrimiento (C)

6.1.9.1. Definición

El módulo de corrimiento es la fuerza, en N, requerida para provocar un corrimiento relativo unitario, en mm,

entre las piezas unidas por el elemento de unión que se considere. Su unidad de medición es, por lo tanto, N/mm.

6.1.9.2. Teoría Fundamental

La distribución de los esfuerzos internos de una viga constituida por dos elementos longitudinales dependerá de la flexibilidad de los elementos de unión utilizados para ligar las dos o más piezas individuales entre sí. Ver Figura N° 75.

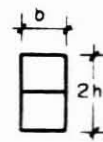
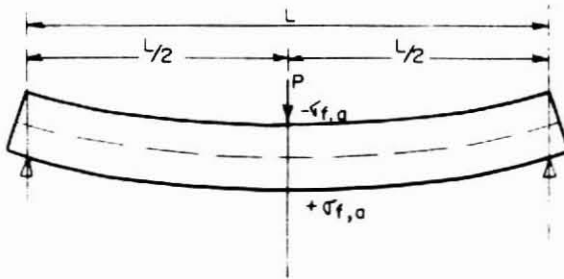
Al existir una ligazón perfectamente rígida no se producirán corrimientos relativos entre las superficies de contacto entre los dos elementos longitudinales que conforman la viga, si ésta experimenta una deflexión. Caso a) de la Figura N° 75.

El diseño se podrá realizar, entonces, considerando la pieza compuesta como si fuera de sección transversal homogénea, igual a la suma de las secciones transversales individuales y aplicando la teoría clásica de flexión de vigas.

El caso opuesto corresponde a la disposición de dos o más piezas adosadas por simple apoyo, caso b) en Figura N° 75.

En él, pese a que el área transversal será igual a la suma de las secciones transversales de las piezas individuales, el momento de inercia del conjunto será igual sólo a la suma de los momentos de inercia de las piezas individuales. Esto debido a los corrimientos no controlados que se producen entre las piezas individuales, producto de los flujos de cizalle que se originan a nivel de las superficies de apoyo en las cuales la distribución de las tensiones de cizalle será idéntica a la de una pieza de sección transversal homogénea.

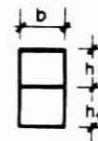
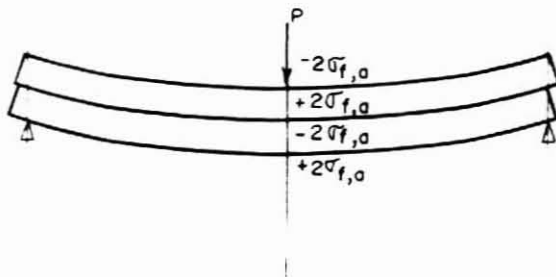
a) Dos elementos rígidamente unidos, por ejemplo encolados.



$$W = \frac{b (2 h_1)^2}{6} = \frac{2 h_1^2}{3}$$

$$\sigma_{f,a} = \frac{M_{\max}}{W}$$

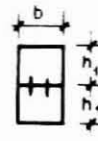
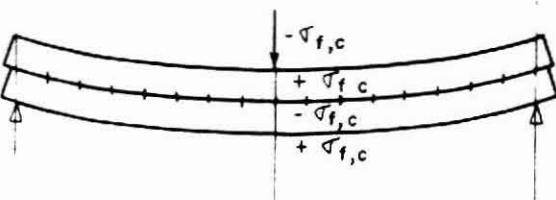
b) Dos elementos sin ligazón.



$$W = 2 W_1 = \frac{2 b h_1^2}{6}$$

$$\sigma_{f,b} = \frac{M_{\max}}{W} = 2 \sigma_{f,a}$$

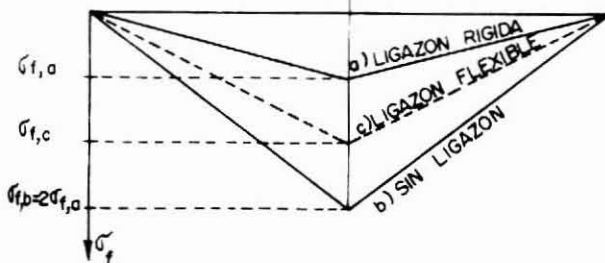
c) Dos elementos con ligazón.



$$W' > W' > 2 W_1$$

$$W' = K_{\sigma} \times W$$

$$\sigma_{f,c} = \frac{M_{\max}}{W'}$$



$$\sigma_{f,a} < \sigma_{f,c} < \sigma_{f,b} = 2 \sigma_{f,a}$$

$$K_{\sigma} \leq 1.0$$

FIGURA N° 75.

Tipos de ligazón en una viga constituida por dos elementos longitudinales.

La última situación (Caso c) se caracteriza por una "ligazón elástica" en la que al deflectarse la viga se producen corrimientos relativos entre las piezas. La viga, debido al efecto de los elementos mecánicos de unión, se ubica en una situación intermedia entre los casos extremos señalados anteriormente. La aparición de estos corrimientos relativos produce una distribución de esfuerzos internos que difiere de la correspondiente a una ligazón rígida para la misma sección transversal, pues el momento de inercia de la viga compuesta será igual a la suma de los momentos de inercia individuales más una fracción del sumando de Steiner, el cual regula el aporte de las áreas que se alejan del eje de flexión. La magnitud de esta fracción dependerá de una serie de factores que caracterizan la rigidez de la ligazón, entre los cuales está el Módulo de Corrimiento (C).

Se considera que todo elemento de unión dispuesto en la superficie de contacto de las piezas constituyentes de la viga le imprime, a dicha superficie, una determinada rigidez que condicionará la magnitud de los corrimientos relativos. La cantidad y distribución de los elementos de unión deberá ser tal que garantice un trabajo en la zona elástica para cada uno de ellos. En estas condiciones se podrá suponer que la rigidez específica de la unión (C_{esp}) queda caracterizada por el cociente entre el módulo de corrimiento C del medio de unión y el espaciamiento promedio ($\bar{S}$) entre los mismos, suponiendo que ellos estuvieran dispuestos en una sola hilera. Se puede escribir entonces:

$$C_{esp} = \frac{C}{\bar{S}}$$

en donde :

C_{esp} = rigidez específica de la superficie de contacto, en MPa.

C = módulo de corrimiento del elemento de unión usado, en N/mm.

$\bar{S}$ = espaciamento medio entre elementos de unión,
en mm.

Este último término, a su vez, se puede definir por la expresión:

$$\bar{S} = \frac{S}{n}$$

Con :

S = distancia entre dos elementos de unión con
secutivos, en mm.

n = número de hileras en que dicho elemento
de unión se ha distribuido. Ver Figura
Nº 76.

De acuerdo con esto, los corrimientos relativos que se producen en un punto cualquiera (x) sobre la superfi
cie de contacto entre las piezas que constituyen la vi
ga (lugar donde actúa el flujo de cizalle) quedan ex
presados por:

$$\delta_{(x)} = \frac{T_{(x)}}{C_{\text{esp}}} = \frac{T_{(x)} \times \bar{S}}{C}$$

en donde :

$\delta_{(x)}$ = corrimiento relativo en el punto (x),
en mm.

$T_{(x)}$ = flujo de cizalle en las superficies de
contacto de las piezas individuales li
gadas con el específico elemento de
unión, en N/mm.

C_{esp} , C y $\bar{S}$ = definidas anteriormente.

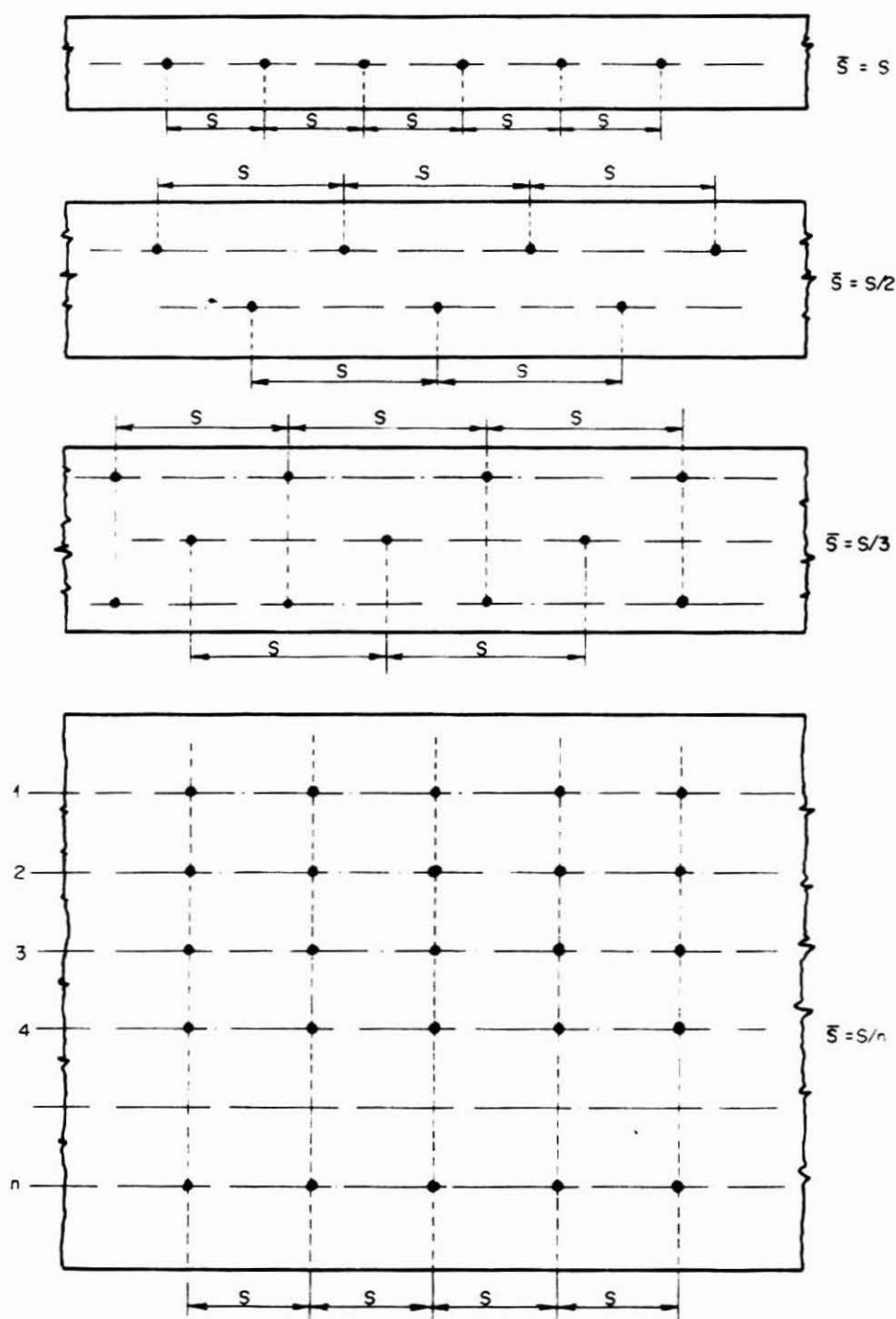


FIGURA Nº 76.

Espaciamiento condicionante ($\bar{S}$) de una disposición multi lineal de elementos de unión.

Por lo tanto, el módulo de corrimiento constituye un parámetro decisivo en la cuantificación de la rigidez del elemento de unión y por ende de la rigidez que resulta para la ligazón existente entre las piezas individuales. La Tabla Nº 65 entrega los valores de módulos de corrimiento (C) y corrimientos relativos (δ) para la carga de diseño de elementos de unión a usar en uniones y empalmes.

En dicha Tabla:

d_c = diámetro del clavo, en mm.

d_t = diámetro del tornillo, en mm.

P_{dis} = carga de diseño de una sección transversal del elemento de unión sometida a cizalle, en N. En su determinación se deben considerar todas las reducciones y mayoraciones pertinentes, tales como:

- Efecto del contenido de humedad.
- Desangulación entre las direcciones de la fuerza y la fibra.
- Disposición acumulativa de elementos de unión según la dirección de la fuerza.
- Perforación guía y similares.

TABLA N° 65. VALORES PARA EL MODULO DE CORRIMIENTO (C) Y CORRIMIENTOS RELATIVOS (δ) PARA LA CARGA DE DISEÑO (P_{dis}) DE ELEMENTOS DE UNION A USAR EN UNIONES Y EMPALMES.

ELEMENTO DE UNION	TIPO DE UNION		MODULO DE CORRIMIENTO C (N/mm)	CORRIMIENTO PARA P_{dis} δ (mm)
Conectores de Presión y Precisión	Uniones con conectores de anillo.		$1,0 P_{ad}$	1,0
Barras de Acero y Pernos	Unión con barras de acero y pernos en coníferas.		$1,2 P_{ad}$	0,8
	Unión con barras de acero y pernos en latifoliadas.		$1,5 P_{ad}$	0,67
	Unión con planchas de acero en madera laminada encolada.		$0,2 P_{ad}$	1,4
Clavos	Uniones de Cizalle Simple	Sin perforación guía. (*)	$5 \times P_{ad} / d_c$	$0,2 d_c$
		Con perforación guía.	$10 \times P_{ad} / d_c$	$0,1 d_c$
	Uniones de cizalle múltiple con y sin perforación guía.		$10 \times P_{ad} / d_c$	$0,1 d_c$
	Uniones de cizalle simple y múltiple de tableros contrachapados con madera aserrada y madera laminada encolada.		$5 \times P_{ad} / d_c$	$0,2 d_c$
	Uniones de Cizalle simple de tableros de partículas con madera aserrada y madera laminada encolada.		$6,7 \times P_{ad} / d_c$	$0,15 d_c$
	Uniones con planchas de acero	Cizalle Simple Sin perforación guía. (*)	$5 \times P_{ad} / d_c$	$0,2 d_c$
		Cizalle Simple Con perforación guía.	$10 \times P_{ad} / d_c$	$0,1 d_c$
		Cizalle múltiple con perforación guía. (*)	$20 \times P_{ad} / d_c$	$0,05 d_c$
Tornillos	Uniones de cizalle simple en madera aserrada y madera laminada encolada.		$10 \times P_{ad} / d_n$ $\leq 1,25 P_{ad}$	$0,1 \times d_n \leq 0,8$
	Uniones de cizalle simple en materiales derivados de la madera con madera aserrada y madera laminada encolada.		$12,5 \times P_{ad} / d_n$ $\leq 1,25 P_{ad}$	$0,08 \times d_n \leq 0,8$
	Uniones de cizalle simple de planchas de acero con madera aserrada y madera laminada encolada.		$0,7 \times P_{ad}$	1,4

* Valores que rigen también para contenido de humedad $H > 20\%$ durante la fabricación, pero que en servicio no excede de 18% . Si el contenido de humedad de equilibrio excede de 18% se debe considerar:

$$C = 10 \frac{P_{ad}}{d_c} \quad \text{y} \quad \delta = 0,10 d_c$$

★★ Para P_{ad} debe suponerse la carga de diseño válida para un estado de carga principal. Aquí se deben considerar todas las reducciones y mayo raciones pertinentes, como por ejemplo, los efectos del contenido de hu medad y de la desangulación entre la dirección de la fuerza y la fibra, las reducciones por concepto de disposición acumulativa de medios de unión según la dirección de la fuerza, al incremento de la capacidad ad misible por perforación gufa en clavos y similares.

M.A. = madera aserrada

M.L.E. = madera laminada encolada

d_c = diámetro del clavo

d_n = diámetro nominal del tornillo

6.2. Uniones con Barras de Acero y Pernos

6.2.1. Generalidades

Las especificaciones que siguen son aplicables sobre elementos de unión cilíndricos de acero que atraviesan perpendicularmente los planos de cizalle de la unión y que quedan solicitados preponderantemente en flexión, induciendo sobre la madera tensiones de aplastamiento. Ver Figura N° 77.

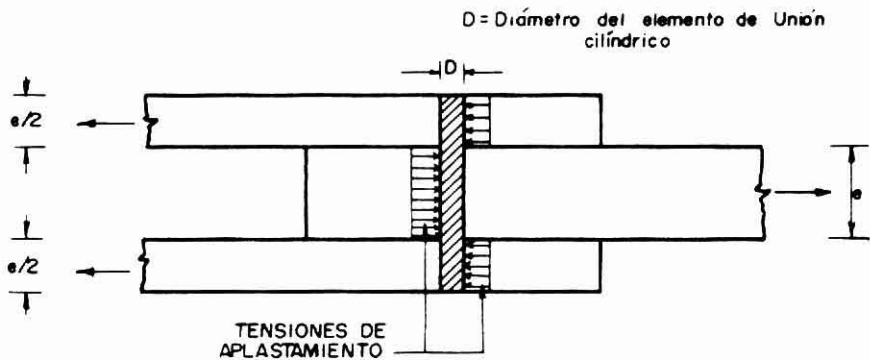


FIGURA N° 77. Elemento de unión cilíndrico solicitado a cizalle doble.

6.2.1.1. Barras de Acero

- i) Son barras cilíndricas de superficies lisas, con un extremo biselado, que se colocan en agujeros previamente perforados.
- ii) Deben estar constituidas de acero con un límite de fluencia no inferior a 230 MPa (2345 Kg/cm²).
- iii) Los agujeros se perforan en la madera con el diámetro nominal (D) de la barra. En uniones acero-madera, el diámetro de los agujeros en las piezas de acero puede ser hasta 1 mm mayor que el diámetro nominal (D). Ante una perforación simultánea de las maderas y las planchas de acero, el diámetro de la broca debe corresponder al diámetro de la barra de acero. Si las planchas de acero se disponen exteriormente, deben asegurarse en su

posición por medio de pernos de sujeción.

- iv) El rango de diámetros nominales sobre el que se aplican estas especificaciones varía entre 8 y 30 mm.
- v) Cada unión estructural debe incluir, a lo menos, cuatro secciones transversales de barra sometidas a cizalle. En todo caso, se exige una disposición mínima de dos barras de acero por unión.

6.2.1.2. Pernos

- i) Las especificaciones que entrega la norma NCh 1198 son aplicables a pernos que cumplen con las normas NCh 300, NCh 301 y NCh 302.
- ii) Los diámetros de los agujeros en la madera para ubicar los pernos deben mayorarse según la Tabla Nº 66. Esto rige también para uniones de cizalle múltiple.

TABLA Nº 66. MAYORACION DE LOS DIAMETROS DE LOS AGUJEROS EN LA MADERA, RESPECTO AL DIAMETRO DEL PERNO, EN mm.

DIAMETRO DEL PERNO D mm	HUMEDAD DE LA MADERA EN SERVICIO			
	H = 6 %	H = 12 %	H = 15 %	H ≥ 20 %
D ≤ 20	1,6	0,8	0,8	0,8
20 < D ≤ 24	2,5	1,6	0,8	0,8
24 < D ≤ 30	2,5	1,6	1,6	0,8

- iii) Para uniones estructurales se deben especificar arandelas (golillas) según Tabla Nº 67, excepto que se dispongan planchas de acero.

TABLA N° 67. **DIMENSIONES MINIMAS DE ARANDELAS PARA UNIONES APERNADAS ESTRUCTURALES.**

DIAMETRO DEL PERNO D mm	ESPESOR DE LA ARANDELA mm	DIAMETRO EXTERNO (Arandela circular) mm	LADO (Arandela cuadrada) mm
10	3	45	40
12	4	55	50
16	4	65	60
20	5	75	65
D > 20	6	85	75

Resulta recomendable preferir las arandelas cuadradas frente a las circulares pues, las primeras ofrecen una mayor resistencia al incrustamiento en la madera.

- iv) El diámetro nominal de los pernos debe estar comprendido entre 10 y 30 mm, ambos valores inclusive.
- v) En cada unión estructural se exige una disposición mínima de dos pernos. Se exceptúa de esta exigencia a las uniones rotuladas, en las que resulta suficiente un único perno y él no queda solicitado en un porcentaje superior al 50% de su capacidad de diseño.

6.2.2. Cargas Admisibles

6.2.2.1. Generalidades

Las cargas admisibles que se establecen en la norma chilena NCh 1198 son aplicables para un perno o barra de acero y:

- a) para aquellos casos en los que la dirección de la sollicitación es perpendicular al eje del elemento

de unión (ver Figura N° 77).

- b) para cualquier grado estructural de la madera usada.
- c) para solicitaciones con duración normal (10 años);
y
- d) para madera seca que permanecerá seca en servicio.

Para condiciones de carga y humedad distintas a las señaladas en c) y d), se deben efectuar las modificaciones señaladas en párrafo 6.1.7.

6.2.2.2. Cizalle Doble

La capacidad de carga admisible de un perno o barra de acero en una unión constituida de tres piezas de la misma especie, con piezas laterales dispuestas paralelas entre sí y cada una de ellas de espesor igual a la mitad del espesor de la pieza central (ver Figura N° 77), se determina en función de la esbeltez de la unión (λ_u), de acuerdo con las expresiones siguientes:

A. Para solicitaciones paralelas a la dirección de la fibra de la pieza central (ver Figura N° 77).

$$\text{Si : } \lambda_u \leq K_{cp}$$

$$P_{cp,ad} = 0,80 \times TB_{cp} \times \lambda_u \times D^2 \times 10^{-3}$$

$$\text{Si : } K_{cp} \leq \lambda_u \leq K'_{cp}$$

$$P_{cp,ad} = \frac{0,80 \times TB_{cp} \times D^2 \times 10^{-3} \times [(Z_{cp} - K_{cp}) \times \lambda_u + (K_{cp} - Z_{cp}) K_{cp}]}{(K'_{cp} - K_{cp})}$$

$$\text{Si : } \lambda_u \geq K_{cp}$$

$$P_{cp,ad} = 0,80 \times TB_{cp} \times Z_{cp} \times D^2 \times 10^{-3}$$

Con:

$P_{cp,ad}$ = carga admisible para un perno o barra de acero en una unión constituida de tres piezas dispuestas con sus fibras en la misma dirección, en kN.

TB_{cp} = tensión básica de aplastamiento en dirección paralela a las fibras, en MPa. Ver Tabla N° 68.

$\lambda_u = \frac{e}{D}$ = esbeltez del perno o barra de acero en la pieza central (ver Figura N° 77).

e = espesor de la pieza central de la unión, en mm.

Z_{cp} , K_{cp} y K'_{cp} = constantes que dependen de la especie y del medio de unión usado, según Tabla N° 69.

B. Para solicitaciones normales a la dirección de la fibra de la pieza central (ver Figura N° 78).

Si : $\lambda_u \leq K_{cn}$

$$P_{cn,ad} = TB_{cn} \times \lambda \times D^2 \times 10^{-3}$$

Si : $\lambda_u > K_{cn}$

$$P_{cn,ad} = Z_{cn} \times TB_{cn} \times D^{1,5} \times 10^{-3}$$

en que :

$P_{cn,ad}$ = carga admisible para un perno o barra de acero en una unión constituida de tres piezas y en la cual las piezas laterales tienen sus fibras normales a las fibras de la pieza central, en kN, ver Figura N° 78.

TB_{cn} = tensión básica de compresión en dirección normal a las fibras, en MPa, ver Tabla N° 68.

λ_u, e y D = ídem 6.2.2.2.A., y

K_{cn} = constante que depende de la especie maderera y del elemento de unión usado, según Tabla N° 70.

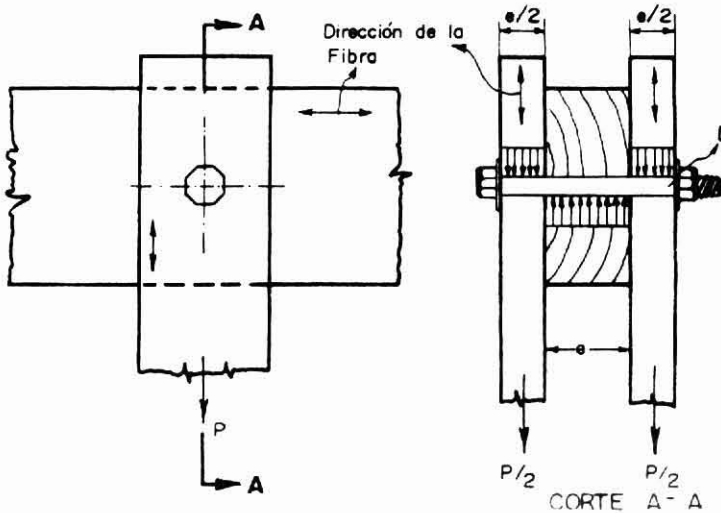


FIGURA N° 78. Solicitación normal a la fibra en la pieza central. Cizalle doble.

TABLA N° 68. TENSIONES BASICAS DE COMPRESION, (TB), EN MPa, Y GRUPO A CONSIDERAR EN EL CALCULO DE LA TENSION ADMISIBLE DEL PERNO O BARRA DE ACERO.

GRUPO ESTRUCTURAL DE LA MADERA (Ver Tabla N° 15)	SOLICITACION PARALELA A LAS FIBRAS				SOLICITACION NORMAL A LAS FIBRAS	
	TENSION BASICA DE COMPRESION PARALELA TB_{cp}		IDENTIFICACION DEL GRUPO PARA EL CALCULO		TENSION BASICA DE COMPRESION NORMAL TB_{cn}	
	PERNOS	BARRAS DE ACERO	CONIFERAS	LATIFOLIADAS	PERNOS	BARRAS DE ACERO
ES 2	15,1	18,2	P 3	P 3	8,0	9,6
ES 3	12,9	15,5	P 3	P 3	5,5	6,6
ES 4	10,7	12,8	P 3	P 3	4,3	4,7
ES 5	8,9	10,7	P 2	P 2	3,2	3,9
ES 6	7,6	9,1	P 1	P 2	2,7	3,3



TABLA N° 69. CONSTANTES A USAR EN EL CALCULO DE LA CARGA ADMISIBLE PARA UN PERNO O BARRA DE ACERO CON SOLICITACION PARALELA A LA DIRECCION DE LA FIBRA DE LA PIEZA CENTRAL.

GRUPO IDENTIFICADO EN TABLA N° 67	CONSTANTES				
	K_{cp}	K'_{cp}		Z_{cp}	
		PERNOS	BARRAS DE ACERO	PERNOS	BARRAS DE ACERO
P 1	3	6	6,5	5,15	5,55
P 2	3	6	6,5	4,55	4,95
P 3	2	5	6,5	4,00	4,35

TABLA N° 70. CONSTANTES A USAR EN EL CALCULO DE LA CARGA ADMISIBLE PARA UN PERNO O BARRA DE ACERO CON SOLICITACION NORMAL A LA DIRECCION DE LA FIBRA EN LA PIEZA CENTRAL.

AGRUPAMIENTO ESTRUCTURAL	CONSTANTES		
	K_{cn}	Z_{cn}	
		PERNOS	BARRAS DE ACERO
ES 2	$\frac{Z_{cn}}{\sqrt{D}}$	22,0	24,0
ES 3		24,0	26,0
ES 4		30,0	32,5
ES 5		34,0	36,5
ES 6		38,0	41,0

En la Figura N° 79 se grafican las relaciones, señaladas anteriormente, para el caso del Pino radiata, lo cual ayudará a visualizar el comportamiento de este tipo de elemento de unión para las diferentes solicitaciones y dimensiones de diámetro.

Los parámetros y constantes que permiten obtener estas curvas son:

SOLICITACION	: PARALELA A LAS FIBRAS	NORMAL A LAS FIBRAS
Madera	: Pino radiata	Pino radiata
Grupo Estructural	: ES 5	ES 5

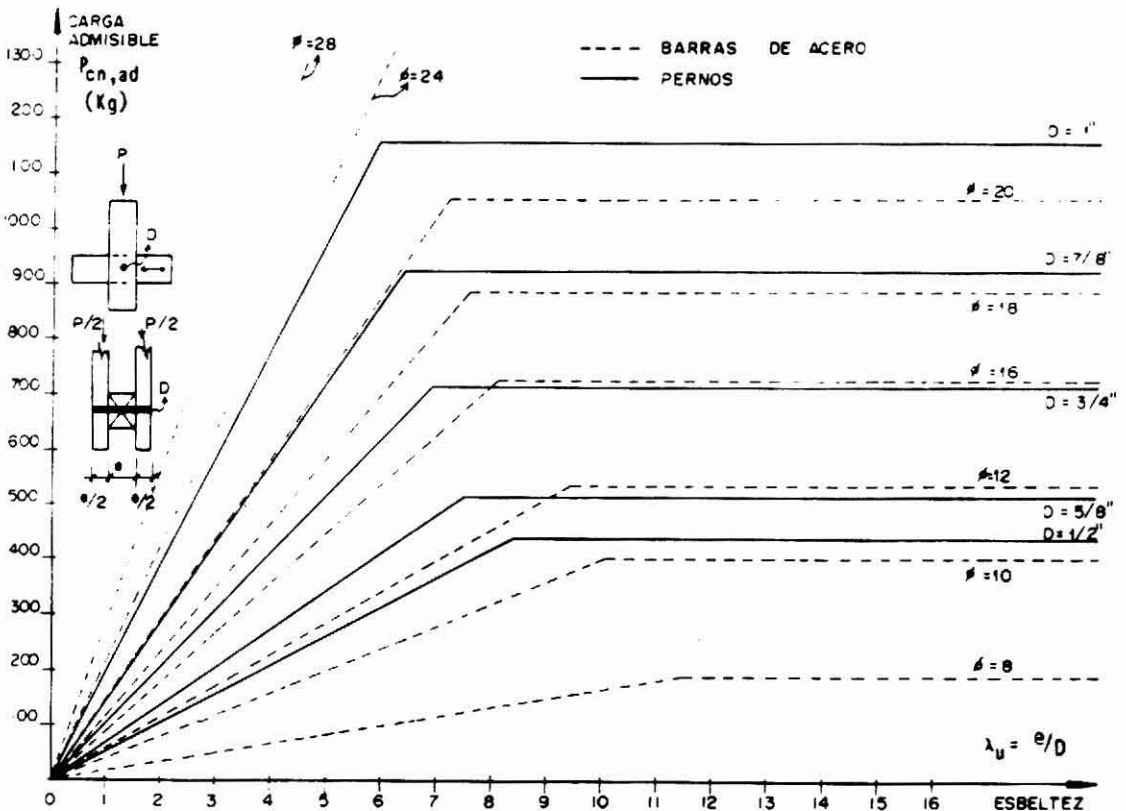
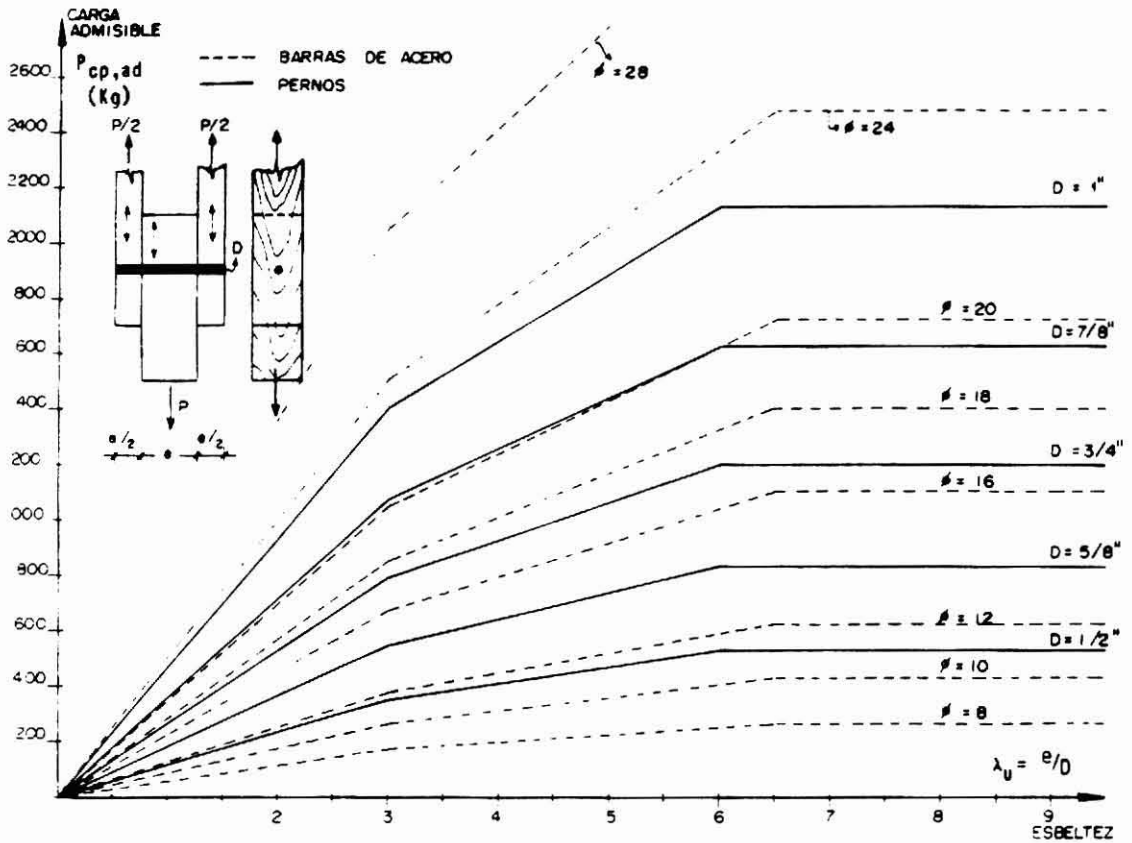


FIGURA Nº 79.

Cargas admisibles para pernos y barras de Pino radiata.

Tensión Básica	: $TB_{cp} = 8,9 \text{ MPa (Pernos)}$	$TB_{cn} = 3,2 \text{ MPa (Pernos)}$
	$TB_{cp} = 10,7 \text{ MPa (Barras)}$	$TB_{cn} = 3,9 \text{ MPa (Barras)}$
Grupo en Tabla N° 68	: P 2	P 2
Constantes	: $K_{cp} = 3$	$Z_{cn} = 34,0 \text{ (Pernos)}$
	$K'_{cp} = 6 \text{ (Pernos)}$	$Z_{cn} = 36,5 \text{ (Barras)}$
	$K'_{cp} = 6,5 \text{ (Barras)}$	
	$Z_{cp} = 4,55 \text{ (Pernos)}$	$K_{cn} = \frac{30}{\sqrt{D}} \text{ (Pernos)}$
	$Z_{cp} = 4,95 \text{ (Barras)}$	$K_{cn} = \frac{36,5}{\sqrt{D}} \text{ (Barras)}$
Esbeltez	: $\lambda_u = e/D$	$\lambda_u = e/D$

Si las piezas laterales tienen un espesor mayor que la mitad del espesor (e), de la pieza central no se deben incrementar las cargas admisibles obtenidas, según 6.2.2.2.A. y 6.2.2.2.B. (Ver Figura N° 80).

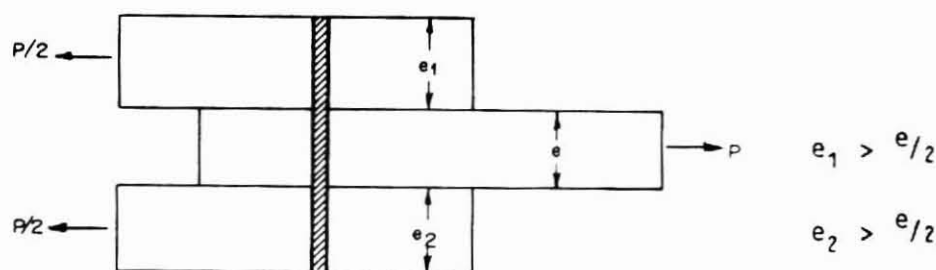
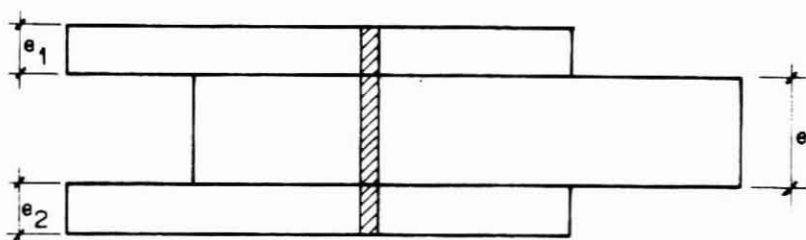


FIGURA N° 80.

Cizalle doble con piezas laterales de espesores mayores que la mitad del espesor de la pieza central.

Si las piezas laterales tienen un espesor menor que la mitad del espesor (e) de la pieza central, la carga admisible de la unión equivale a la de una unión de cizalle doble con una pieza central de espesor ficticio (e^*) igual al doble del espesor de la pieza lateral más delgada. Ver Figura N° 81.



$$e_1 < e/2$$

$$e_2 < e/2$$

$$e_2 < e_1$$

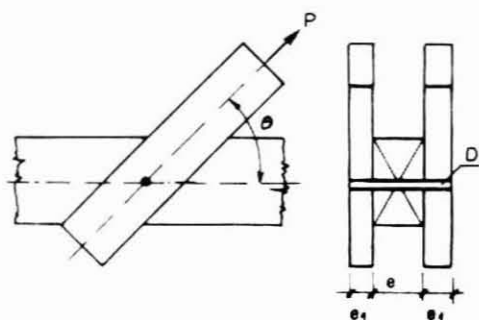
$$\text{Usar : } e^* = 2e_2$$

FIGURA N° 81.

Cizalle doble con piezas laterales que tienen espesores menores que la mitad del espesor de la pieza central.

Si las piezas laterales tienen igual espesor y quedan dispuestas desanguladamente con respecto a la pieza central, la carga admisible del perno se debe tomar como la menor entre:

- i) la carga admisible determinada para la pieza central.
- ii) la carga admisible de una pieza central de espesor ficticio (e^*), igual al doble del espesor de las piezas laterales, solicitada en la misma dirección que las piezas laterales. Ver Figura N° 82.



Tomar la menor carga admisible que resulta para:

a) $\underline{e}$ y $\underline{\theta = 0}$

b) $\underline{e^* = 2e_1}$ y $\underline{\theta}$
(Usando Hankinson)

FIGURA N° 82.

Cizalle doble con piezas laterales desanguladas respecto a la pieza central.

Las cargas admisibles que resultan de las expresiones establecidas consideran el eventual aflojamiento de tuercas inherente a la contracción de la madera. En lo posible debe respetarse lo establecido en 6.1.7.2., respecto al reapriete de las uniones con pernos después de cada inspección.

Cuando se usen planchas de acero como piezas laterales las cargas admisibles para solicitaciones orientadas según la dirección de la fibra se pueden mayorar en un 25%.

Cuando se use una plancha de acero como pieza central, la carga admisible de la unión se calculará con un espesor ficticio (e^*) igual al doble del espesor de las piezas laterales, incrementándose en un 75% para solicitaciones orientadas según la dirección de la fibra. Esta mayoración no se acepta para las cargas admisibles calculadadas para solicitaciones normales a la fibra de las piezas laterales.

6.2.2.3. Cizalle Simple

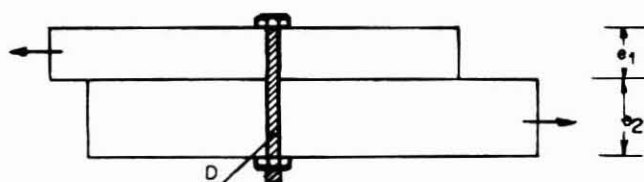
La carga admisible de una unión constituida por dos piezas de espesores diferentes, se determina como el menor valor entre:

- i) la mitad de la carga admisible de una unión de cizalle doble con una pieza central de espesor ficticio (e^*) igual al de la pieza más gruesa de la unión de cizalle simple.
- ii) la mitad de la carga admisible de una unión de cizalle doble con pieza central de espesor ficticio (e^*) igual al doble del espesor de la pieza más delgada de la unión de cizalle simple. Ver Figura N° 83.

La carga admisible de una unión constituida por dos piezas de igual espesor, se determina como la mitad de la correspondiente a la de una unión de cizalle doble con una pieza central de espesor ficticio (e^*) igual al espesor común de las piezas de la unión de cizalle simple.



Si : $e_1 < e_2$



a) Usar : $e^* = e_2$

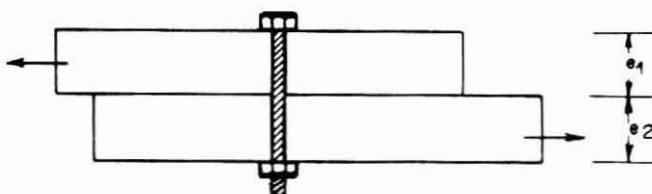
y tomar el 50% del valor calculado como carga admisible en cizalle doble con pieza central de espesor e^* .

b) Usar : $e^* = 2e_1$

y tomar el 50% del valor calculado como carga admisible en cizalle doble con pieza central de espesor e^* .

c) Tomar el menor valor entre a) y b).

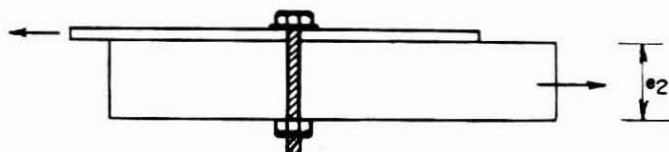
Si : $e_1 = e_2$



Usar : $e^* = e_1 = e_2$

y tomar el 50% del valor calculado como carga admisible en cizalle doble con pieza central de espesor e^* .

Si : Existe cubrejunta metálica



Usar : $e^* = e_2$

y tomar el 50% del valor calculado como carga admisible en cizalle doble con pieza central de espesor e^* y modificarlo con K_{cm} .

FIGURA N° 83.

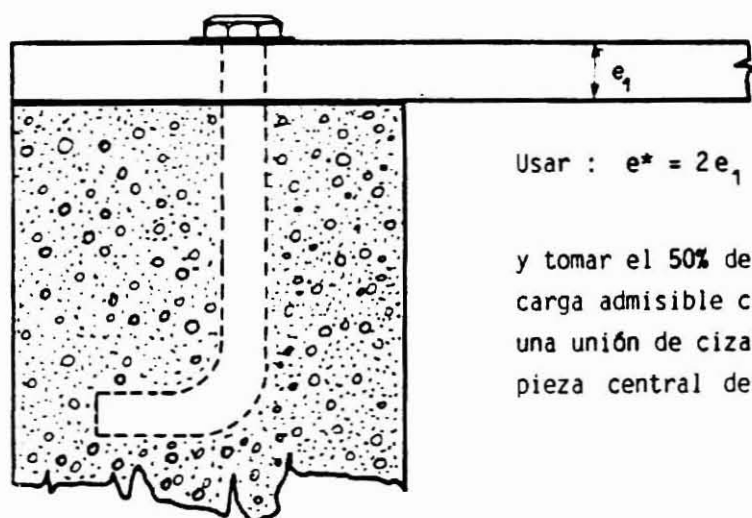
Cizalle simple. Procedimiento para obtener las cargas admisibles.

En piezas de madera ancladas a concreto o albañilería, mediante pernos embebidos en dichos materiales, la carga admisible de un perno se determina como la mitad del valor de la carga admisible calculada para una unión de cizalle doble con una pieza central de espesor ficticio (e^*) igual al doble del espesor del madero anclado. Ver Figura N° 84.

6.2.2.4. Cizalle Múltiple

Para una unión de cuatro o más piezas de espesores distintos, la carga admisible de la unión depende del número de planos de cizalle y puede determinarse considerando los valores admisibles correspondientes a los planos de cizalle individuales según el siguiente procedimiento:

- i) Descomponer la unión de cizalle múltiple en el máximo número de uniones de tres piezas adyacentes, según Figura N° 85.
- ii) Para cada una de estas uniones de tres piezas determinar la carga admisible correspondiente, de acuerdo al procedimiento estándar, asignando la mitad de la carga admisible obtenida a cada plano de cizalle en la unión.
- iii) La carga admisible final de aquellos planos de cizalle que queden asignados con dos cargas admisibles diferentes será la menor de ambas.
- iv) Para las uniones de cizalle múltiple en que la distribución de la carga entre las piezas es indeterminada, se debe considerar, como valor admisible de la unión múltiple al producto entre la menor carga de diseño de aquellas asignadas a los diferentes planos de cizalle y el número de planos de cizalle de la unión.



Usar : $e^* = 2e_1$

y tomar el 50% del valor de la carga admisible calculada para una unión de cizalle doble con pieza central de espesor e^* .

FIGURA N° 84. Pieza de madera anclada en hormigón o albañilería.

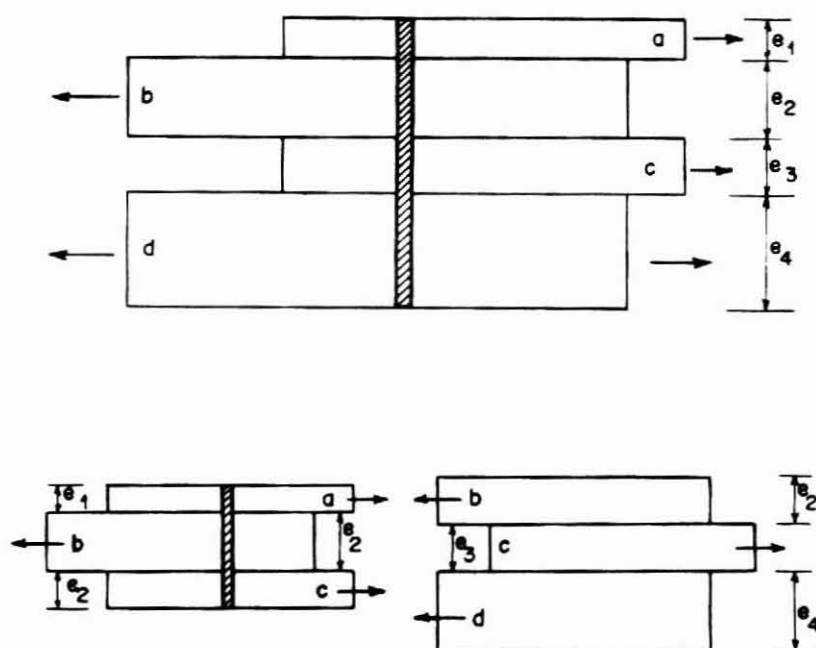


FIGURA N° 85. Descomposición de una unión de cizalle múltiple.

Para una unión con cuatro o más piezas de igual espesor, la carga admisible para cada plano de cizalle se determina considerando la mitad del valor admisible calculado para una unión de cizalle doble con espesor ficticio (e^*) de pieza central igual al de las piezas adyacentes al plano de cizalle que se considera.

6.2.2.5. Solicitación Desangulada Respecto al Eje del Perno

Si la solicitación que actúa sobre una unión con dos piezas forma un ángulo con el eje del perno y si se denomina e_1 y e_2 las longitudes del perno en ambos miembros (ver Figura N° 86), la componente de la carga admisible que actúa a 90° con respecto al eje del perno se determina de acuerdo con 6.2.2.3., como la correspondiente a una unión de cizalle simple con piezas de espesores e_1 y e_2 .

Deberá proveerse suficiente área de apoyo bajo las arandelas para resistir la componente de la solicitación que resulta paralela al eje del perno y que provoca aplastamiento sobre la madera.

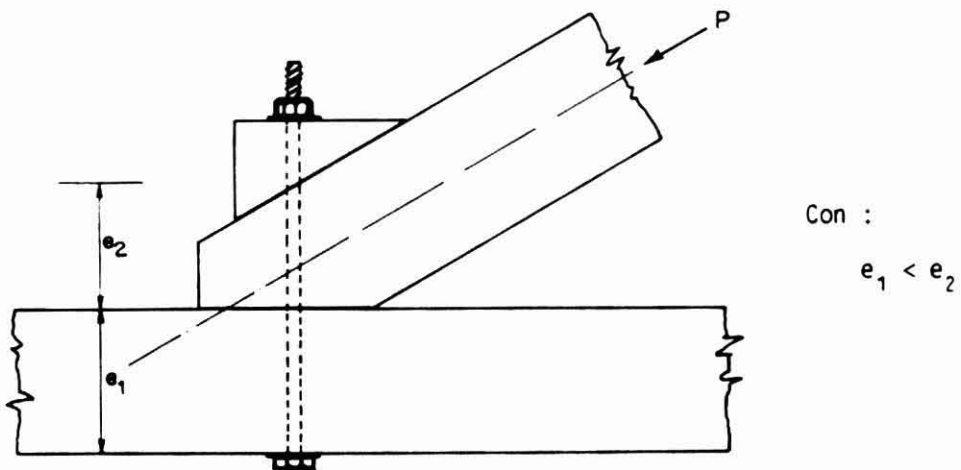


FIGURA N° 86.

Carga desangulada respecto al eje del perno.

6.2.3. Espaciamientos Mínicos

Los espaciamientos ḿnicos que se deben respetar en las uniones de pernos y barras de acero se indican en las Tablas N° 71 y N° 72, en las cuales se utiliza la nomenclatura establecida en 6.1.4.

Las restricciones de la Tabla N° 71 rigen para uniones con cubrejuntas metálicas. Cuando se utilicen arandelas cuadradas, las exigencias dimensionales establecidas en Tabla N° 67 determinan una separación física ḿnima entre pernos igual a 4D. Para arandelas circulares esta separación física deberá ser 4,6D.

Cuando las cargas de trabajo (P_{tr}) resulten menores que las cargas de diseño (P_{dis}) los espaciamientos medidos en la direcciónde la fibra pueden ser reducidos de acuerdo a lo establecido en las Tablas N° 71 y N° 72.

TABLA N° 71.

ESPACIAMIENTOS MINIMOS ENTRE PERNOS.

ESPACIAMIENTO MINIMO	DIRECCION DE LA FUERZA CON RESPECTO A LA FIBRA	ESPACIAMIENTO MINIMO CON		CONDICION	VALOR DEL ESPACIAMIENTO
		DIRECCION RESPECTO A LA FIBRA	SIMBOLO		
ENTRE PERNOS VECINOS	Paralela	Paralela	S_p	Si : $N_{tr} = N_{dis}$	$S_p = 4D$
				Si : $N_{tr} < N_{dis}$	$S_p = 4D \times (N_{tr}/N_{dis}) \geq 3D$
		Normal	S_n	$D \leq 125$	$S_n = D \leq 125$
	Normal	Paralela	S_p	$2,5D \leq S_p \leq 5D$	$S_p = 0,625 (e/D) + 1,25$
		Normal	S_n	$S_n \geq 3D$	Condicionado por las exigencias de espaciamiento en las piezas unidas al madero.
AL BORDE CARGADO	Paralela	Paralela	S_{bcp}	Si : $N_{tr} = N_{dis}$	$S_{bcp} = 7D$
				Si : $N_{tr} < N_{dis}$	$S_{bcp} = 7D \times (N_{tr}/N_{dis}) \geq 3,5D$
	Normal	Normal	S_{bcn}		$S_{bcn} = 4D$
AL BORDE DESCARGADO	Paralela	Paralela	S_{bdp}	Si : $N_{tr} = N_{dis}$	$S_{bdp} = 4D$
				Si : $N_{tr} < N_{dis}$	$S_{bdp} = 4D \times (N_{tr}/N_{dis}) \geq 2D$
	Normal	Normal	S_{bdn}		$S_{bdn} = 3D$

TABLA Nº 72. ESPACIAMIENTOS MINIMOS ENTRE BARRAS DE ACERO.

ESPACIAMIENTO MINIMO	DIRECCION DEL ESPACIAMIENTO CON RESPECTO A LAS FIBRAS	PARA DIAMETRO (D) DE LA BARRA	
		D > 20 mm	D ≤ 20 mm
Entre Barras Vecinas	Paralela (S_p)	7 D	6 D
	Normal (S_n)	4 D	3,5D
Al Borde Cargado	Paralela (S_{bcp})	7 D	7 D
	Normal (S_{bcn})	4 D	4 D
Al Borde Descargado	Paralela (S_{bdp})	6 D	4 D*
	Normal (S_{bdn})	4 D	3,5D

* En apoyos de extremos de vigas se debe respetar un espaciamiento mínimo a la cabeza de la pieza igual a 80 mm.

6.3. Uniones con Tirafondos

6.3.1. Generalidades

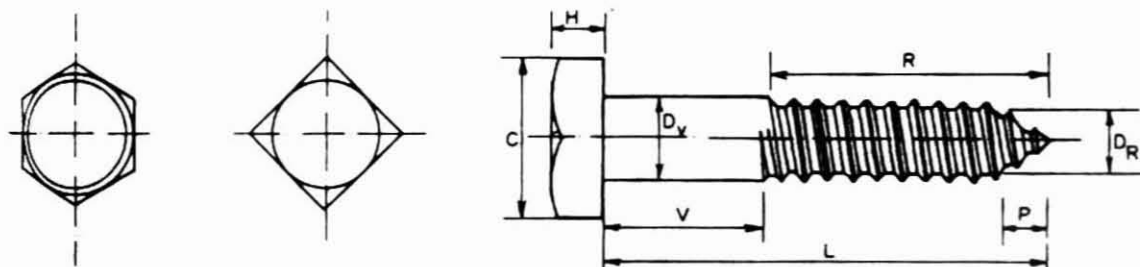
Las especificaciones que siguen son aplicables a los tirafondos señalados en la Tabla Nº 73, sometidos a extracción directa y/o extracción lateral en cizalle simple de una unión con dos elementos.

Las cargas admisibles que la NCh 1198 entrega son aplicables cuando existe una sollicitación de duración normal (10 años) en tirafondos colocados en madera seca que conserva tal estado, en servicio.

Los tirafondos deben ser instalados en perforaciones guías con las características señaladas en la Tabla Nº 73.

Para tirafondos con diámetros iguales o mayores que 3/4", ver Tabla Nº 73, ocupar los porcentajes del límite superior

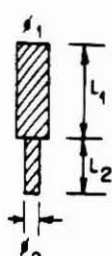
TABLA Nº 73. CARACTERÍSTICAS DE LOS TIRAFONDOS.



DIMENSIONES (mm)		Nº	1/4	5/16	3/8	1/2	5/8	3/4	7/8	1	VALORES REFERENCIALES PARA EL DISEÑO (mm)	
			Dv	Dy	P	H	C					
LARGO L			6,4	7,9	9,5	12,7	15,9	19,1	22,2	25,4		
PULG.	mm		4,4	5,3	6,7	9,4	11,9	14,7	17,3	19,8		
			4,8	6,4	6,4	7,9	9,5	11,1	12,7	14,3		
			4,4	5,2	6,4	8,3	10,7	12,7	15,1	16,7		
			9,5	12,7	14,3	19,1	23,8	28,6	33,3	38,1	R	V
1 1/2	38,1		X	X	X	X					25	13
2	50,8		X	X	X	X	X				32	19
2 1/2	63,5		X	X	X	X	X				38	25
3	76,2		X	X	X	X	X	X	X	X	44	32
3 1/2	88,9		X	X	X	X	X	X	X	X	51	38
4	101,6		X	X	X	X	X	X	X	X	57	44
4 1/2	114,3		X	X	X	X	X	X	X	X	64	51
5	127,0		X	X	X	X	X	X	X	X	70	57
5 1/2	139,7		X	X	X	X	X	X	X	X	76	64
6	152,4		X	X	X	X	X	X	X	X	83	70
7	177,8		X	X	X	X	X	X	X	X	95	83
8	203,2		X	X	X	X	X	X	X	X	108	95

$$R = \frac{L}{2} + \frac{1}{4}'' : V = L - R$$

PERFORACIONES GUIAS :



Para Zona Vástago: $\phi_1 = D_v$

$$L_1 = V$$

Para Zona Roscada:

$$\phi_2 = \begin{cases} 0,65 D_v - 0,85 D_v & (\text{Maderas Grupo C y D}) \\ 0,60 D_v - 0,75 D_v & (\text{Maderas Grupo B}) \\ 0,40 D_v - 0,70 D_v & (\text{Maderas Grupo A}) \end{cases}$$

$$L_2 = R - P$$

de los intervalos allí señalados. La zona con rosca debe ser colocada en la perforación gufa con una llave de tuerca. No es recomendable la aplicación de golpes de martillo en esta operación. Para facilitar la introducción y evitar daños en el tirafondo se acepta el empleo de lubricantes en la rosca o en la perforación.

Cuando los tirafondos con diámetros menores o iguales a $\frac{3}{8}$ ", colocados en maderas del grupo C y D son sometidos a extracción directa, se puede evitar la perforación gufa si los espaciamentos cumplen con las exigencias establecidas en 6.2.3.

Para uniones estructurales se deben especificar arandelas según Tabla Nº 67, excepto que se dispongan planchas de acero.

6.3.2. Solicitaciones de Extracción Directa

La carga admisible de extracción directa de tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera, se determina con la expresión:

$$P_{ed,ad} = \frac{\rho_o^{1,5} \times D^{0,75} \times \ell}{978} \times 10^{-3}$$

Siendo : $\ell \leq \ell_{crit}$

en que :

$P_{ed,ad}$ = carga admisible de extracción directa, en kN.

ρ_o = densidad anhidra de la madera, en Kg/m³.

D = diámetro del vástago del tirafondo, en mm.

ℓ = longitud de penetración de la zona roscada del tirafondo (R - P) en la madera, en mm.

ℓ_{crit} = longitud de penetración de la zona roscada que desarrolla la capacidad admisible de tracción en la sección

transversal crítica del tirafondo, según Tabla N° 74.

TABLA N° 74. LONGITUD DE PENETRACION DE LA ZONA ROSCADA QUE DESARROLLA LA CAPACIDAD ADMISIBLE DE TRACCION DEL TIRAFONDO.

GRUPO DE LA ESPECIE (Ver Tabla N° 59)	LONGITUD CRITICA DE PENETRACION (l_{crft}) [*]
A	11 D_R
B	10 D_R
C	8 D_R
D	7 D_R

* Si : $(R - P) < l_{crft}$, tomar: $l_{crft} = (R - P)$.

El diseño debe evitar la sollicitación a extracción directa de tirafondos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera. Si ello no fuese posible se debe considerar una carga admisible igual al 75% de aquélla calculada para tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera.

6.3.3. Solicitaciones de Extracción Lateral

6.3.3.1. Cargas Paralelas a las Fibras del Elemento Principal

La carga admisible de extracción lateral en tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera y sometidos a una carga paralela a dichas fibras, se determina con la expresión:

$$P_{el,ad} = K \times D^2 \times 10^{-3}$$

en que :

$P_{el,ad}$ = carga admisible de extracción lateral, en kN.

D = diámetro del vástago del tirafondo (ver Tabla Nº 73), en mm.

K = constante que depende de la densidad anhidra y cuyo valor se puede obtener de la Tabla Nº 75.

TABLA Nº 75. VALORES DE LA CONSTANTE K.

MADERA DE	DENSIDAD ANHIDRA * ρ_o Kg/m ³	K
Latifoliadas	330 - 475	23,4
	476 - 565	39,3
	$\rho_o \geq 566$	45,6
Coníferas	290 - 425	10,4
	426 - 475	11,7
	$\rho_o \geq 476$	13,1

* Los valores de la densidad anhidra se pueden obtener de la Tabla Nº 58.

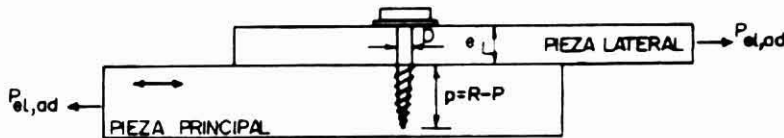
La carga admisible que entrega la expresión anterior es aplicable si:

- el espesor, e_L , de la pieza lateral atravesada por el tirafondo es igual a 3,5D.
- la profundidad mínima de penetración en la pieza principal (la que recibe la punta del tirafondo), asciende a:

7 D en maderas de los Grupos C y D.

11 D en maderas de los Grupos A y B.

- c) la penetración del vástago es completa en la pieza lateral, sin que él penetre en la pieza principal (ver Figura Nº 87).



$p = 7D$ ó $11D$ penetración mínima de la zona roscada en la pieza principal.

FIGURA Nº 87. Condiciones geométricas para el cálculo de la carga admisible de extracción lateral.

Factores de Modificación:

Si no se cumplen las condiciones anteriores, la carga admisible calculada con la expresión de 6.3.3.1. debe multiplicarse por los siguientes factores de modificación:

- i) Factor de modificación por espesor de la pieza lateral, K_{te} .

Para espesor de piezas laterales diferentes a $e_L = 3,5D$, usar los factores de modificación de la Tabla Nº 76.

TABLA Nº 76. FACTORES DE MODIFICACION POR ESPESOR (e_L) DE LA PIEZA LATERAL.

e_L/D	K_{te}	e_L/D	K_{te}
2,0	0,62	4,5	1,13
2,5	0,77	5,0	1,18
3,0	0,93	5,5	1,21
3,5	1,00	6,0 o más	1,22
4,0	1,07		

e_L : espesor de la pieza lateral.

ii) Factor de modificación por penetración del vástago en la pieza principal, K_{tv} .

Cuando el vástago penetra la pieza principal, se debe usar el factor de modificación señalado en la Tabla Nº 77.

TABLA Nº 77. FACTOR DE MODIFICACION POR PENETRACION DEL VASTAGO (p_v) EN LA PIEZA PRINCIPAL.

p_v/D	K_{tv}	p_v/D	K_{tv}
1	1,08	5	1,36
2	1,17	6	1,38
3	1,26	7	1,39
4	1,33		

p_v : penetración del vástago en la pieza principal.

6.3.3.2. Carga Normal a las Fibras del Elemento Principal.

La carga admisible a la extracción lateral de tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la maddera de la pieza principal y sometidos a una carga normal a la dirección de dichas fibras (ver Figura Nº 88) se determina con la expresión establecida en párrafo 6.3.3.1., multiplicada por el factor de modificación por diámetro, K_{tp} , que entrega la Tabla Nº 78.

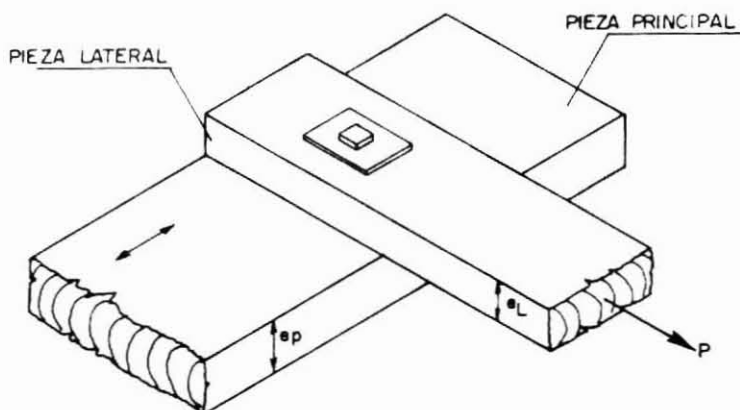


FIGURA Nº 88. Tirafondo solicitado con carga normal a las fibras.

TABLA N° 78. FACTOR DE MODIFICACION POR DIAMETRO, K_{tD} .

DIAMETRO, D		K_{tD}	DIAMETRO, D		K_{tD}
Pulgadas	mm		Pulgadas	mm	
3/16	4,8	1,00	1/2	12,7	0,65
1/4	6,4	0,97	5/8	15,9	0,60
5/16	7,9	0,85	3/4	19,1	0,55
3/8	9,5	0,76	7/8	22,2	0,52
			1	25,4	0,50

6.3.3.3. Cargas Inclınadas con Respecto a las Fibras del Elemento Principal

La carga admisible a la extracci3n lateral de tirafondos colocados con su eje normal a las fibras de la madera de la pieza principal y sometidos a una carga que forma un 3ngulo θ con dicha fibra se determina con la f3rmula de Hankinson. Ver p3rrafo 6.1.3.

6.3.3.4. Cargas Admisibles para Tirafondos con Eje Paralelo a las Fibras

La carga admisible a la extracci3n lateral de tirafondos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera de la pieza principal y sometidos a una carga normal a dichas fibras se debe considerar igual a los $2/3$ de aqu3lla determinada en p3rrafo 6.3.3.2.

6.3.3.5. Uso de Cubrejunta Met3lica

La carga admisible a la extracci3n lateral de tirafondos colocados con piezas laterales met3licas se obtiene con las cargas admisibles especificadas en 6.3.3.1; 6.3.3.2 y 6.3.3.3 multiplicadas por los siguientes factores de modificaci3n:

a) para cargas paralelas a la dirección de la fibra:

$$K_{cm,cp} = 1,25$$

b) para carga normal a la dirección de la fibra:

$$K_{cm,cn} = 1,0$$

Cuando un tirafondo queda sometido a una combinación de esfuerzos de extracción directa y lateral se debe proceder a un análisis independiente de ambas solicitudes.

La componente de extracción directa de la carga aplicada, no debe exceder la carga de diseño de extracción directa especificada en 6.3.2., y la componente de extracción lateral de la carga aplicada no debe ser mayor que la carga de diseño para extracción lateral calculada según párrafo 6.3.3.

6.3.4. Espaciamientos

Los espaciamientos y distancias a los bordes de la unión deben ser los establecidos para pernos de diámetros igual al diámetro del vástago del tirafondo usado. Ver 6.2.3.

6.4. Uniones con Tornillos

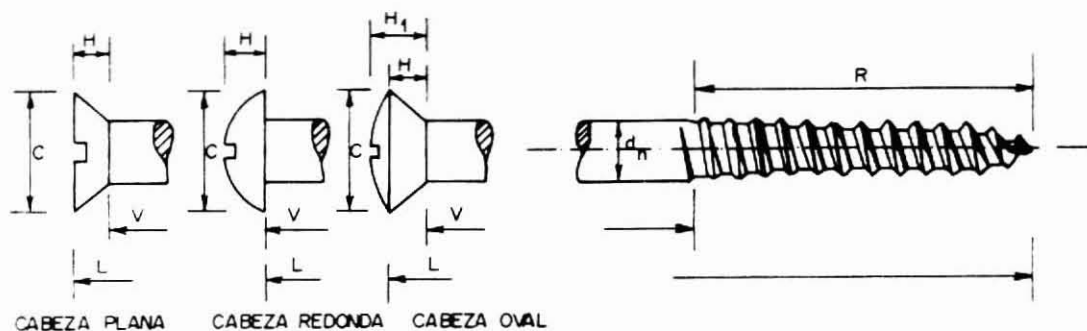
6.4.1. Generalidades

Las especificaciones que se incluyen en este capítulo rigen para tornillos según norma ANSI B 18.16.1 con un diámetro nominal (d_n) de al menos 4 mm. Ver Tabla N° 79.



TABLA Nº 79.

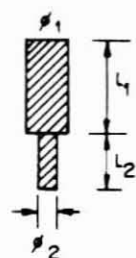
CARACTERISTICAS DE LOS TORNILLOS.



DIMENSIONES TORNILLO MADERA (mm) LARGO NOMINAL L		Nº	8	9	10	12	14	16	18	20	24
		d _n	4,2	4,5	4,8	5,5	6,2	6,8	7,5	8,1	9,5
		CABEZA PLANA Y OVAL									
		C	8,4	9,1	9,8	11,1	12,9	13,8	16,1	16,5	19,4
		H	2,5	2,7	3,0	3,4	3,9	4,2	4,9	5,0	5,8
		H _L	3,9	4,2	4,5	5,1	5,9	6,3	7,4	7,5	8,8
PULGADA	mm	CABEZA REDONDA									
		C	7,9	8,5	9,1	10,4	11,6	12,9	14,1	15,3	17,8
		H	3,0	3,3	3,5	3,9	4,3	4,7	5,2	5,6	6,6
3/4	19,1		X	X	X	X	X				
1	25,4		X	X	X	X	X	X			
1 1/4	31,8		X	X	X	X	X	X	X	X	
1 1/2	38,1		X	X	X	X	X	X	X	X	X
1 3/4	44,4		X	X	X	X	X	X	X	X	X
2	50,8		X	X	X	X	X	X	X	X	X
2 1/4	63,5		X	X	X	X	X	X	X	X	X
3	76,2			X	X	X	X	X	X	X	X
3 1/2	88,9				X	X	X	X	X	X	X
4	101,6				X	X	X	X	X	X	X

$$R = \frac{2}{3} L \quad ; \quad V = \frac{L}{3} - H$$

PERFORACIONES GUIAS :



Para Zona Vástago : $\phi_1 = d_n$

$$L_1 = V$$

Para Zona Roscada : $\phi_2 = 0,7 \times d_n$

$$L_2 = R$$

Las uniones atornilladas estructurales deben trabajar en cizalle simple y constar de al menos cuatro tornillos cuando $d_n < 10 \text{ mm}$ y de dos tornillos cuando $d_n \geq 10 \text{ mm}$.

6.4.2. Solicitaciones de Extracción Lateral

La capacidad admisible de carga, para solicitaciones con dirección perpendicular al eje del tornillo (cizalle) y en cualquier dirección con respecto a la fibra de la madera, se calcula con la expresión:

$$P_{p,ad} = 3 \times e_1 \times d_n \times 10^{-3} \leq 13 \times d_n^2 \times 10^{-3}$$

en que :

$P_{p,ad}$ = carga admisible, en kN.

e_1 = espesor de la madera o tablero a fijar (ver Figura N° 89), en mm.

d_n = diámetro nominal del tornillo, en mm.

La penetración efectiva de atornillado ($p_{ef,t}$), en mm, debe ascender a lo menos a $8 d_n$.

Las piezas a unir se deben perforar previamente con un diámetro igual a d_n hasta una profundidad igual a longitud lisa del vástago y con un diámetro igual a $0,7 \times d_n$ hasta una profundidad igual al largo de la zona roscada.

La expresión señalada anteriormente se puede usar en el cálculo de uniones atornilladas de madera con tableros de partículas de al menos 6 mm de espesor. En estas uniones, la longitud de la zona lisa del vástago del tornillo debe corresponder, a lo menos, al espesor del tablero de partícula.

6.4.2.1. Factores de Modificación

a) Por penetración efectiva, K_{pet} .

Si la penetración efectiva de atornillado ($P_{ef,t}$) es menor que $8 d_n$ ($P_{ef,t} < 8 d_n$), la carga admisible se debe reducir mediante el factor de modificación, K_{pet} , igual a:

$$K_{pet} = \frac{P_{ef,t}}{8 d_n}$$

Las perforaciones inferiores a $4 \times d_n$ no se deben considerar en el cálculo.

b) Por cubrejunta metálica, $K_{cm,t}$.

Si se usa cubrejunta metálica en la unión se debe usar los siguientes factores de modificación:

- Para carga paralela a la dirección de la fibra:

$$K_{cm,t} = 1,25$$

- Para carga normal a la dirección de la fibra:

$$K_{cm,t} = 1,0$$

6.4.3. Solicitaciones de Extracción Directa

La carga admisible de extracción directa de un tornillo colocado en madera con la perforación gufa indicada en la Tabla N° 79, se puede obtener de la expresión:

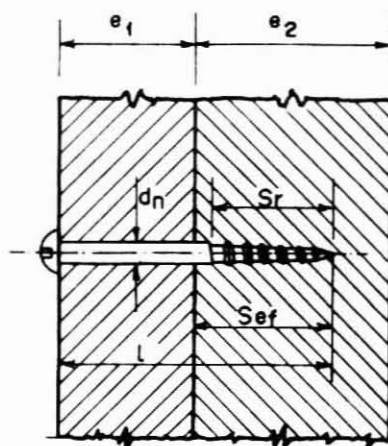
$$P_{ed,ad} = 3 \times S_r \times d_n \times 10^{-3}$$

Con :

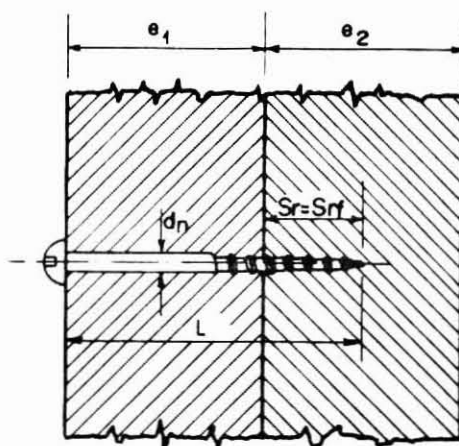
$P_{ed,ad}$ = carga admisible a la extracción directa en kN.



d_n y S_r = según Figura N° 89, en mm.



$$S_{ef} > S_r$$



$$S_{ef} = S_r$$

d_n = diámetro nominal del tornillo.

l = largo del tornillo.

S_{ef} = penetración efectiva del atornillado.

S_r = penetración de atornillado de la zona roscada del tornillo, en la pieza de madera que recibe la punta del tornillo.

e_1 = espesor de la pieza atravesada por el tornillo.

e_2 = espesor de la pieza que recibe la punta del tornillo.

NOTA : Todas las dimensiones en milímetros.

FIGURA N° 89. Uniones con tornillos.

Esta carga admisible se aplica a madera seca en servicio, independientemente del contenido de humedad de la madera durante la construcción. Para otras condiciones de humedad en servicio, ver Tabla N° 60.

En la fijación de tableros de fibras y de partículas en piezas de madera, se deben considerar las siguientes limitantes:

- a) el espesor del tablero debe ser igual o mayor que 12 mm, y
- b) para espesores menores y debido al riesgo de punzonamiento, la capacidad admisible de extracción directa se limita a 0,15 kN.

6.4.4. Combinación de Solicitaciones

Al actuar simultáneamente sobre un tornillo solicitaciones de cizalle y de extracción directa, rige la ecuación:

$$\left[\frac{P_{cz,tr}}{P_{cz,ad}} \right]^2 + \left[\frac{P_{ed,tr}}{P_{ed,ad}} \right]^2 \leq 1$$

Con :

$P_{cz,tr}$ = solicitación de trabajo en cizalle de una sección transversal de tornillo.

$P_{cz,ad}$ = carga admisible en cizalle que soporta una sección transversal de tornillo.

$P_{ed,tr}$ = solicitación de trabajo en extracción directa del tornillo.

$P_{ed,ad}$ = capacidad admisible en extracción directa que soporta un tornillo colocado en madera, calculada según fórmula de párrafo 6.4.2.2.



6.4.5. Espaciamientos

a) Espaciamientos Mínimos:

Para tornillos sometidos a extracción lateral, los es
paciamientos mínimos entre tornillos colocados en madera, deben
ser los especificados en la Tabla N° 84 para clavos colocados
con perforación gufa.

Para los espaciamientos mínimos entre tornillos, colo
cados en tableros derivados de la madera, rige lo establecido en
párrafo 6.5.2.6.

b) Espaciamientos Máximos:

En tornillos estructurales, la distancia máxima entre
tornillos vecinos, medida según la dirección de la fibra de la
madera y en cualquier dirección en tableros derivados de la ma
dera, no debe exceder de $40 \times d_n$.

La distancia máxima entre tornillos estructurales veci
nos, medida normal a la dirección de la fibra de la madera, no
debe exceder de $20 \times d_n$.

6.5. Uniones con Clavos

6.5.1. Generalidades

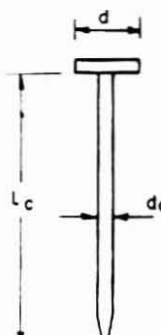
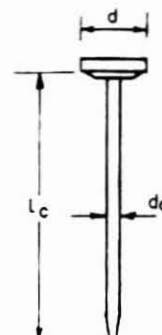
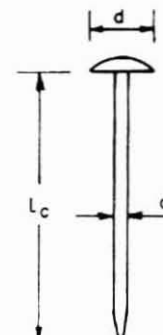
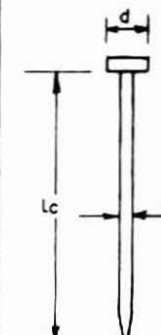
Las especificaciones que entrega la norma NCh 1198 pa
ra uniones clavadas en construcciones de madera rigen para el
empleo de los tipos de clavos fabricados según NCh 1269. Ver
Tablas N° 79 y N° 80.

La norma NCh 1198 permite el uso de uniones con clavos
especiales diferentes a los tipos especificados en Tabla N° 80
si la aptitud y resistencia de ellas se respalda mediante un
certificado de ensayo emitido por un Organismo Oficial de Inves
tigación.



TABLA Nº 80.

TIPOS DE CLAVOS FABRICADOS SEGUN NCh 1269.

TIPOS DE CLAVOS			
De cabeza plana circular	De cabeza plana avellanada, circular	De cabeza redonda	Puntas
A	B	C	D
			

NOTAS : i) Los clavos podrán tener los acabados superficiales siguientes:

1. Con tratamiento superficial:

- * Clavos galvanizados
- * Clavos barnizados

2. Sin tratamiento superficial:

- * Clavos pulidos

ii) La materia prima de la cual se fabrican los clavos son alambres endurecidos por proceso de brefilación en frío a partir de alambres de bajo contenido de carbono.



TABLA Nº 81. **DIMENSIONES Y TOLERANCIAS DE LOS CLAVOS.**

DESIGNACION mm x mm	LARGO l_c mm	DIAMETRO d_c mm	DIAMETRO MINIMO (mm) CABEZA d PARA TIPOS A - B y C	CANTIDAD DE CLAVOS POR KILOGRAMO
150 x 5,6	150	5,6	13,4	24
125 x 5,1	125	5,1	11,9	37
100 x 4,3	100	4,3	10,3	66
90 x 3,9	90	3,9	8,7	103
75 x 3,5	75	3,5	7,9	145
65 x 3,1	65	3,1	7,1	222
50 x 2,8	50	2,8	6,7	362
50 x 2,2	50	2,2	6,7	405
45 x 2,2	45	2,2	6,3	559
40 x 2,2	40	2,2	6,3	647
30 x 2,0	30	2,0	5,1	1195

Continúa

TABLA Nº 81. (Continuación)

DESIGNACION mm x mm	LARGO 1) l_c mm	DIAMETRO 2) d_c mm	DIAMETRO MÍNIMO (mm) CABEZA d PARA TIPOS A - B y C	CANTIDAD DE CLAVOS POR KILOGRAMO
25 x 1,7	25	1,7	4,3	2042
20 x 1,5	20	1,5	3,8	3362
15 x 1,3	15	1,3	3,3	6026

NOTAS : 1.- * El largo (l_c) no incluye la cabeza del clavo para los tipos A - B y D. Para el tipo C, el largo entregado no considera la cabeza del clavo.

* La tolerancia del largo (l_c) del clavo es: $\pm d_c$.

2.- La tolerancia para el diámetro (d_c) del clavo es:

$\pm 0,1$ mm para diámetros $d_c \geq 30$ mm

$\pm 0,05$ mm para diámetros $d_c < 30$ mm

6.5.2. Solicitaciones de Extracción Lateral

6.5.2.1. Generalidades

Se exige la presencia de al menos cuatro clavos en cada uno de los planos de cizalle que se presenten en una unión estructural clavada de dos o más piezas de madera, cizalle simple o múltiple respectivamente. Esto no rige para la fijación de revestimientos, entablados y contraventaciones.

En uniones clavadas de cizalle doble o múltiple, el clavado debe ejecutarse alternadamente desde ambos la dos.

La carga admisible $P_{el,ad}$ que se asigna a una sección transversal de clavo solicitada a cizalle, se calcula independientemente del ángulo que forma la dirección de la carga con la fibra de la madera, a través de la expresión:

$$P_{el,ad} = 3,5 \times d_c^{1,5} \times \rho_{o,K}^{0,5}$$

en que :

$P_{el,ad}$ = carga admisible, en N.

d_c = diámetro del clavo, en mm.

$\rho_{o,K}$ = densidad anhidra característica, en Kg/m³.

La densidad anhidra característica ($\rho_{o,K}$) se entrega en la Tabla N° 82 para cuatro especies madereras que crecen en Chile y que pertenecen a cada uno de los grupos definidos en 6.1.1.; y en la Tabla A.1 del Anexo A.

TABLA N° 82. DENSIDADES ANHIDRAS CARACTERISTICAS DEL ALAMO, PINO RADIATA, TEPA Y COIGUE.

ESPECIE MADERERA	GRUPO SEGUN 6.1.1	DENSIDAD ANHIDRA ($\rho_{o,K}$) (Kg/m ³)	
		PROMEDIO	CARACTERISTICA
ALAMO	A	386	357
PINO RADIATA	B	468	369
TEPA	C	508	442
COIGUE	D	519	398



La carga admisible (P_{ad}^*), en Newtons, de un clavo en cizalle simple y/o múltiple se calcula con la expresión:

$$P_{ad}^* = m \times P_{el,ad}$$

en que :

m = número de planos de cizalle que atraviesa el clavo.

$P_{el,ad}$ = carga admisible de una sección transversal de clavo sometida a cizalle, en Newtons.

Una superficie de cizalle se puede considerar plenamente eficiente sólo si se respetan las penetraciones mínimas de clavado, indicadas en 6.5.2.3.

6.5.2.2. Condiciones para el Espesor de las Piezas que se unen

La aplicación del valor $P_{el,ad}$ exige respetar un espesor mínimo de la madera (e_{mfn}) de magnitud:

$$e_{mfn} = 7 \times d_c$$

en uniones de clavado directo y $e_{mfn} = 6 d_c$ en uniones con perforación gufa, con:

e_{mfn} = espesor mínimo, en mm.

d_c = diámetro del clavo, en mm.

Para elementos constituyentes de uniones estructurales, se deben usar espesores mayores o iguales que 18 mm en uniones de clavado directo y 16 mm en uniones con perforación gufa.

En vigas compuestas de alma llena, constituida ésta por dos capas de entablados cruzados y considerando el efecto confinante generado por el clavado a cizalle doble

de los cordones (ver Figura N° 90), el valor de " $e_{\min}$ " calculado con la expresión anterior puede ser reducido a $\frac{2}{3}$ de su valor, siempre que el ancho individual de las tablas que forman el alma no exceda de 150 mm.

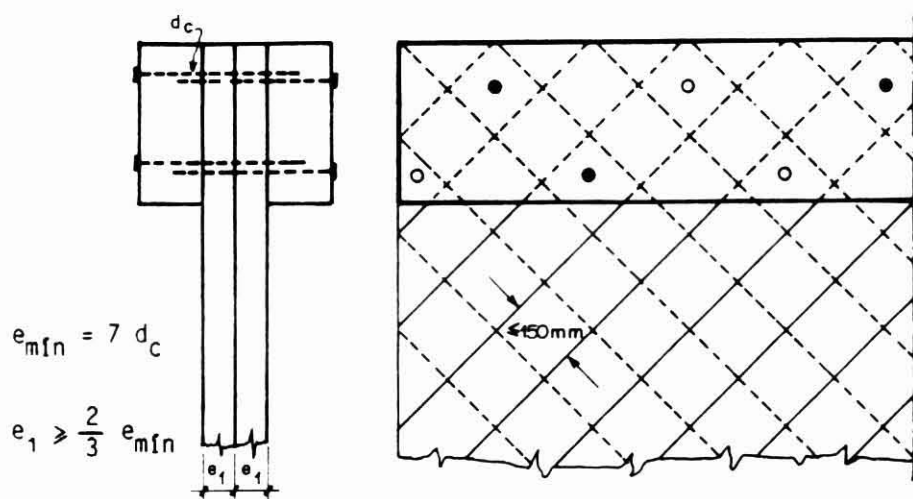


FIGURA N° 90. Clavado en vigas compuestas de alma llena.

6.5.2.3. Condiciones para la Profundidad de Penetración Efectiva del Clavado, (p_{ef})

Se define como profundidad de penetración efectiva (p_{ef}) del clavo a la parte de su longitud que penetra la pieza que recibe su punta, ver Figura N° 91.

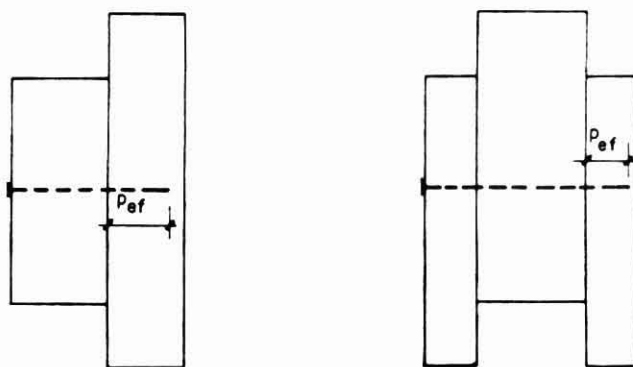


FIGURA N° 91. Definición de penetración efectiva (p_{ef}).

La profundidad de penetración efectiva debe cumplir con las condiciones señaladas en la Tabla N° 83.

TABLA N° 83. CARGAS ADMISIBLES Y FACTORES DE MODIFICACION POR PROFUNDIDAD DE PENETRACION EN EL CLAVADO.

TIPO DE SOLICITACION	CONDICION PARA LA PROFUNDIDAD DE PENETRACION 2) EFECTIVA (p_{ef})	FACTOR DE MODIFICACION K_{pp} 1)	CARGA ADMISIBLE DE UN CLAVO EN LA UNION (P_{ad}^*) 4) (N)
CIZALLE SIMPLE	Si: $p_{ef} \geq 12 \times d_c$ 3)	$K_{pp} = 1,0$	$P_{ad}^* = m \times P_{el,ad}$ 5)
	Si: $12 \times d_c > p_{ef} \geq 6 \times d_c$	$K_{pp} = \frac{p_{ef}}{12 \times d_c}$	$P_{ad}^* = K_{pp} \times m \times P_{el,ad}$
	Si: $6 \times d_c > p_{ef}$	$K_{pp} = 0$	No se le asigna carga en uniones estructurales.
CIZALLE MULTIPLE	Si: $p_{ef} \geq 8 \times d_c$	$K_{pp} = 1,0$	$P_{ad}^* = (m - 0,25) \times P_{el,ad}$
	Si: $8 \times d_c > p_{ef} \geq 4 \times d_c$	$K_{pp} = \frac{p_{ef}}{8 \times d_c}$	$P_{ad}^* = [(m - 1) + 0,75 K_{pp}] \times P_{el,ad}$
	Si: $4 \times d_c > p_{ef}$	$K_{pp} = 0$	No se le asigna carga en uniones estructurales.

- NOTAS :**
- 1) K_{pp} = factor de modificación por profundidad de penetración.
 - 2) p_{ef} = profundidad de penetración efectiva, en mm.
 - 3) d_c = diámetro del clavo, en mm.
 - 4) P_{ad}^* = carga admisible de un clavo en la unión, en N.
 - 5) m = número de planos de cizalle que atraviesa el clavo.

$P_{el,ad}$ = carga admisible que se asigna a una sección transversal de clavo sometida a cizalle.

6.5.2.4. Factores de Modificación

i) Por profundidad de penetración, K_{pp} .

Son los señalados en la Tabla N° 83 en párrafo 6.5.2.3.

ii) Por contenido de humedad, K_{UH} .

Si la unión clavada se construye en estado verde y es solicitada estando aún verde, la capacidad de carga admisible de la unión, P_{ad}^* , debe ser afectada por el factor de modificación K_{UH} señalado en Tabla N° 60.

iii) Por perforación gufa, K_{cpg} .

Si los agujeros del clavado se perforan previamente con un diámetro de aproximadamente 80% del diámetro del clavo, respetando las profundidades de penetración efectiva entregadas en Tabla N° 83, se puede incrementar la carga admisible ($P_{el,ad}$) calculada con el factor de modificación:

$$K_{cpg} = 1,20$$

El uso de esta capacidad de carga mayorada exige respetar, además, un espesor mínimo igual a $6 d_c$ para la pieza clavada. Para espesor de madera menores que $6 d_c$, las capacidades de carga admisible ($P_{el,ad}$) deben ser afectadas por:

$$K_{cpg} = \frac{e_{min}}{6 d}$$

iv) Por exceso de clavos en hileras ubicadas en elementos traccionados.

Si en un empalme o unión de elementos traccionados se disponen hileras de más de 10 clavos, en cada hilera se debe reducir en $1/3$ las capacidades de carga de aquellos clavos que exceden al décimo clavo.



Para efectos del cálculo estructural, se puede considerar un máximo de 30 clavos por hilera.

6.5.2.5. Piezas de Sección Transversal Circular

En uniones de tablas, tablones o similares con postes, rollizos o piezas de sección transversal circular se debe reducir las capacidades admisibles de carga de los clavos en $1/3$.

Las uniones clavadas entre piezas de sección transversal circular no se aceptan como estructurales.

Cuando los clavos queden expuestos a riesgos de corrosión, sólo se les podrá asignar su capacidad de carga admisible cuando ellos tengan las protecciones anticorrosivas señaladas en NCh 1198. Esta disposición no rige para construcciones provisionarias.

6.5.2.6. Uniones Clavadas para Tableros

La carga admisible ($P_{el,ad}$) calculada según 6.5.2.2 rige también para:

- i) uniones de cizalle simple y múltiple de tableros contrachapados fenólicos, de un mínimo de 4 chapas, siempre que el espesor mínimo de los tableros cumpla con lo siguiente:

$$e_{mín} = 3 \times d \quad (\text{para } d_C \leq 4,2 \text{ mm})$$

$$e_{mín} = 4 \times d \quad (\text{para } d_C > 4,2 \text{ mm})$$

- ii) uniones de cizalle simple conformadas con tableros de partículas con espesores mínimos que sean iguales a: $4,5 \times d_C$, siempre que tales tableros sean resistentes a la acción del agua y la humedad.

- iii) en uniones de cizalle simple de tableros de partículas con espesores mínimos de hasta $3 d_C$

6.5.2.4. Factores de Modificación

i) Por profundidad de penetración, K_{pp} .

Son los señalados en la Tabla N° 83 en párrafo 6.5.2.3.

ii) Por contenido de humedad, K_{UH} .

Si la unión clavada se construye en estado verde y es solicitada estando aún verde, la capacidad de carga admisible de la unión, P_{ad}^* , debe ser afectada por el factor de modificación K_{UH} señalado en Tabla N° 60.

iii) Por perforación gufa, K_{cpg} .

Si los agujeros del clavado se perforan previamente con un diámetro de aproximadamente 80% del diámetro del clavo, respetando las profundidades de penetración efectiva entregadas en Tabla N° 83, se puede incrementar la carga admisible ($P_{el,ad}$) calculada con el factor de modificación:

$$K_{cpg} = 1,20$$

El uso de esta capacidad de carga mayorada exige respetar, además, un espesor mínimo igual a $6 d_c$ para la pieza clavada. Para espesor de madera menores que $6 d_c$, las capacidades de carga admisible ($P_{el,ad}$) deben ser afectadas por:

$$K_{cpg} = \frac{e_{mfn}}{6 d}$$

iv) Por exceso de clavos en hileras ubicadas en elementos traccionados.

Si en un empalme o unión de elementos traccionados se disponen hileras de más de 10 clavos, en cada hilera se debe reducir en $1/3$ las capacidades de carga de aquellos clavos que exceden al décimo clavo.



Para efectos del cálculo estructural, se puede considerar un máximo de 30 clavos por hilera.

6.5.2.5. Piezas de Sección Transversal Circular

En uniones de tablas, tablones o similares con postes, rollizos o piezas de sección transversal circular se debe reducir las capacidades admisibles de carga de los clavos en $1/3$.

Las uniones clavadas entre piezas de sección transversal circular no se aceptan como estructurales.

Cuando los clavos queden expuestos a riesgos de corrosión, sólo se les podrá asignar su capacidad de carga admisible cuando ellos tengan las protecciones anticorrosiva señaladas en NCh 1198. Esta disposición no rige para construcciones provisionales.

6.5.2.6. Uniones Clavadas para Tableros

La carga admisible ($P_{el,ad}$) calculada según 6.5.2.2 rige también para:

- i) uniones de cizalle simple y múltiple de tableros contrachapados fenólicos, de un mínimo de 4 chapas, siempre que el espesor mínimo de los tableros cumpla con lo siguiente:

$$e_{mín} = 3 \times d \quad (\text{para } d_c \leq 4,2 \text{ mm})$$

$$e_{mín} = 4 \times d \quad (\text{para } d_c > 4,2 \text{ mm})$$

- ii) uniones de cizalle simple conformadas con tableros de partículas con espesores mínimos que sean iguales a: $4,5 \times d_c$, siempre que tales tableros sean resistentes a la acción del agua y la humedad.

- iii) en uniones de cizalle simple de tableros de partículas con espesores mínimos de hasta $3 d_c$

($e_{\min} = 3 d_c$), para clavos con diámetros menores que 4,2 mm ($d_c < 4,2$ mm) y en cuyo caso la capacidad de carga admisible del clavo debe reducirse en la razón: $e_{\min}/4,5 d_c$.

- iv) clavos cuya cabeza no penetre en más de 2 mm de la superficie del tablero. Si se acepta una penetración de la cabeza igual a 2 mm, los espesores mínimos de tableros deben ser incrementados en 2 mm.

6.5.2.7. Espaciamientos

La distribución del clavado se debe hacer respetando los espaciamientos mínimos que se especifican en la Tabla N° 84 y en las Figuras N° 92 a N° 94, tomando en consideración el ángulo (α) que forma la fibra con la dirección de la fuerza.

TABLA N° 84. ESPACIAMIENTOS MINIMOS DE CLAVOS DE DIAMETRO, d_c , EN mm.

SEPARACION MINIMA		CLAVADO SIN PERFORACION GUIA				CLAVADO CON PERFORACION GUIA
		$0 \leq \alpha \leq 30^\circ$		$30^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$		PARA CUALQUIER α
		$d_c \leq 4,2$	$d_c > 4,2$	$d_c \leq 4,2$	$d_c > 4,2$	PARA CUALQUIER d_c
Entre clavos	a fibra (S_p)	10d	12d	10d	12d	5d
	⊥ a fibra (S_n)	5d	5d	5d	5d	5d
Desde el borde cargado	a fibra (S_{bcp})	15d	15d	15d	15d	10d
	⊥ a fibra (S_{bcn})	5d	7d	7d	10d	5d
Desde el borde descargado	a fibra (S_{bdp})	7d	10d	7d	10d	5d
	⊥ a fibra (S_{bdn})	5d	5d	5d	5d	3d



En general los clavos se deben alternar según la disposición esquematizada en Figura N° 92, desplazándolos en un diámetro de clavo con respecto al gramil de clavado.

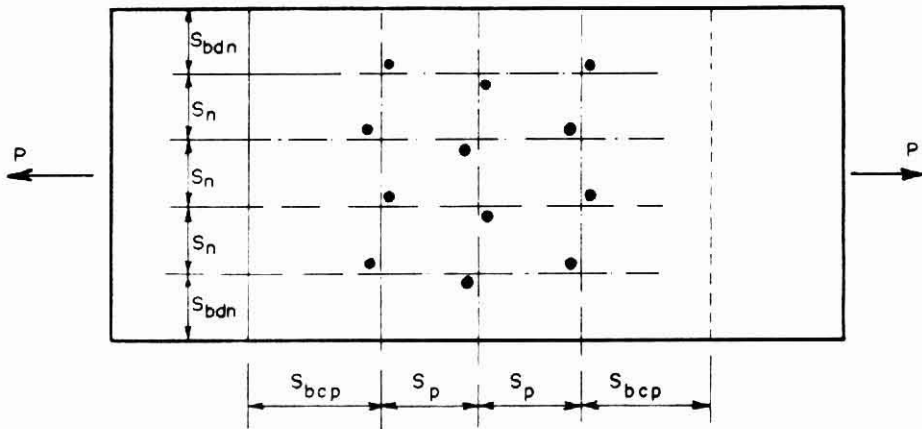


FIGURA N° 92. Disposición de clavado.

Cuando en una unión de tres maderos los clavos hincados desde lados opuestos (ver Figura N° 95), se traslapan en el madero se deben respetar las siguientes disposiciones:

- Si la punta del clavo dista al menos $8 \times d_c$ de la superficie de cizalle de los clavos hincados en el lado opuesto, se puede repetir el mismo esquema de clavado desde ambos lados (ver Figura N° 95 a).
- Si la profundidad de penetración del clavo, P_{ef} , excede el espesor del madero central, e_c , rigen los espaciamientos mínimos señalados en la Tabla N° 84. Ver Figura N° 95 b).
- En situaciones intermedias, esto es si:

$$P_{ef} < e_c < P_{ef} + 8 \times d_c$$

se deben respetar espaciamientos iguales al 50% de los

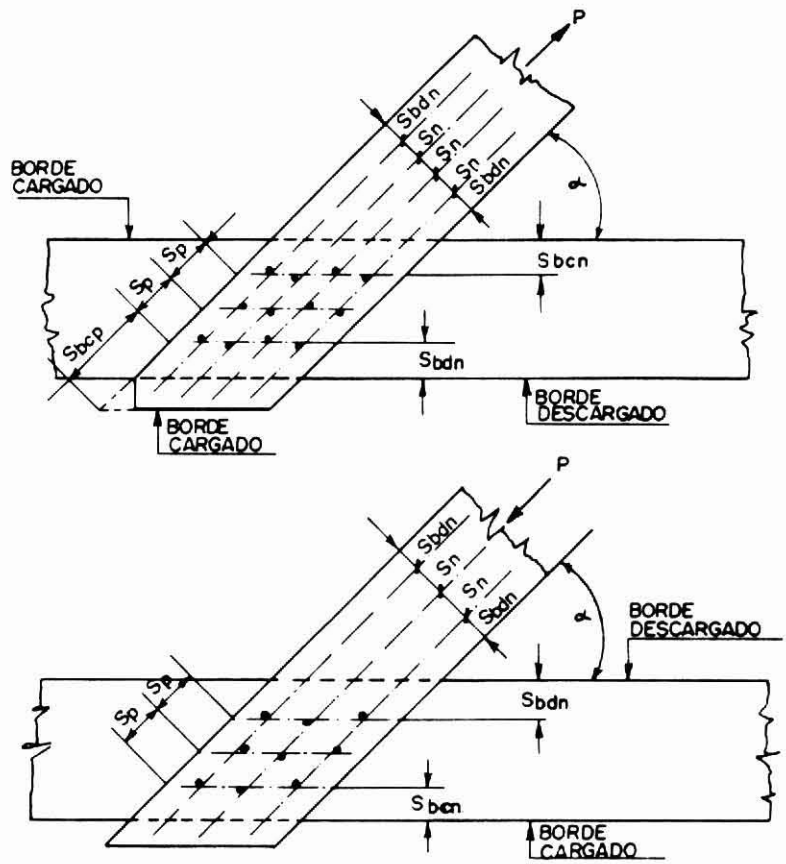
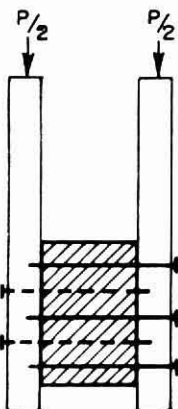
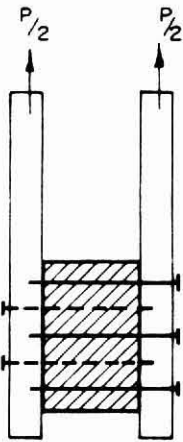
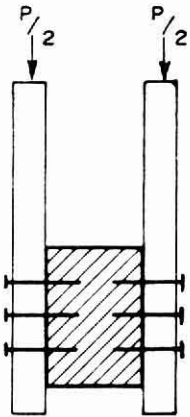
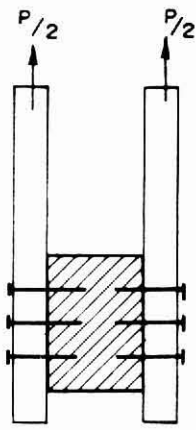


FIGURA Nº 93. Cizalle simple.

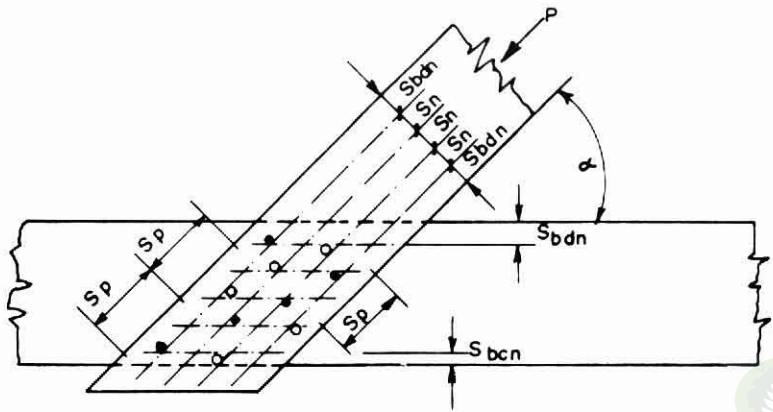
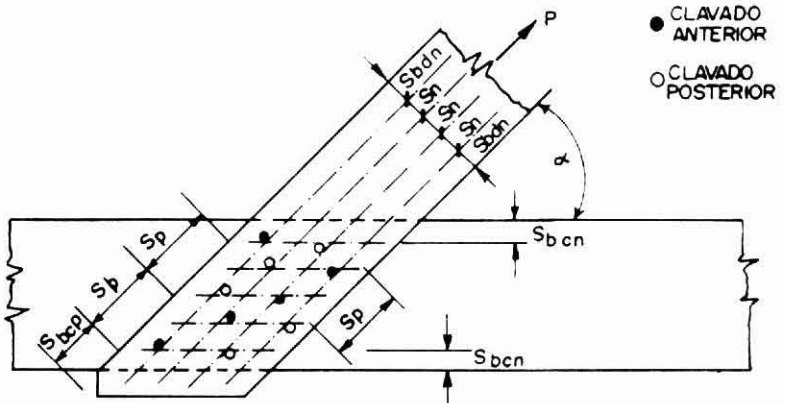


FIGURA Nº 94. Cizalle doble.

señalados para, S_p , en la Tabla N° 84. Ver esquema de Figura N° 95 c).

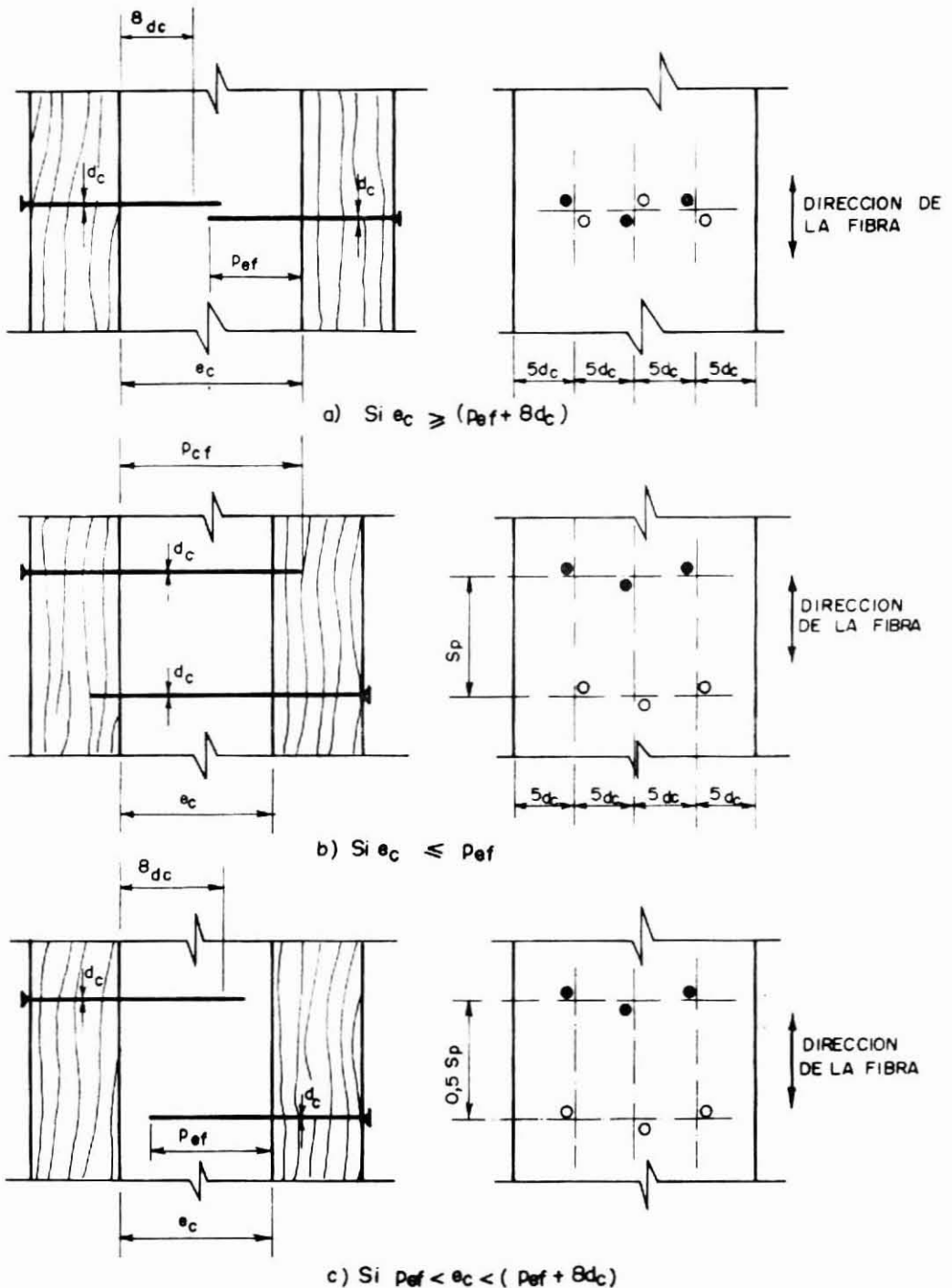


FIGURA N° 95. Espaciamientos de clavos traslapados.



El espaciamiento máximo entre clavos no debe exceder de $40 d_c$ en la dirección de la fibra y de $20 d_c$, normal a dicha dirección.

En tableros estructurales de materiales derivados de la madera el espaciamiento máximo entre clavos en cualquier dirección no debe exceder de $40 d_c$. Si estos tableros cumplen exclusivamente funciones arriostrantes, se acepta un espaciamiento máximo de $80 d_c$.

En las uniones de tableros derivados de la madera, clavados a estructuras de madera, se deben adoptar los siguientes espaciamientos mínimos:

- entre clavos colocados en los tableros: $5 d_c$, salvo que los espaciamientos entre clavos en la madera resulten condicionantes;
- al borde descargado: $2,5 d_c$.
- al borde cargado del tablero:
 - a) $4 d_c$ en contrachapados;
 - b) $7 d_c$ en tableros de partículas.

En uniones resistentes a flexión, rigen los valores de la Tabla N° 84, los cuales se deben aplicar atendiendo únicamente la dirección de la fibra y considerando todos los bordes como bordes cargados. Ver Figura N° 96.

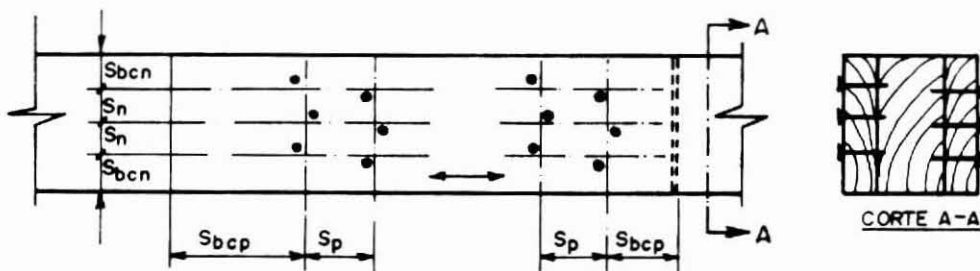


FIGURA N° 96. Espaciamientos entre clavos en uniones solicitadas a flexión.

6.5.2.8. Uniones Clavadas con Planchas de Acero

En la fijación de planchas planas de acero (ver Figuras N° 97 b y c), de al menos 2 mm de espesor con uso de clavos redondos de vástago liso, los agujeros de clavado se deben perforar simultáneamente en las planchas y en la madera con un diámetro correspondiente al diámetro del clavo hasta una profundidad igual a la requerida por la longitud del clavo.

En planchas de acero dispuestas sólo exteriormente (ver Figura N° 97 a) no se requiere de una perforación previa de la madera.

Para las capacidades admisibles de carga de clavos solicitados en cizalle, en una unión conformada con piezas de madera y planchas de acero, se debe considerar 1,25 veces el valor determinado en el subpárrafo 6.5.2.1.

En uniones solicitadas en compresión se debe controlar la unión de contacto entre los maderos y eventualmente, la adecuada seguridad al pandeo local de las planchas de acero. En uniones traccionadas se debe verificar la tensión de tracción en las planchas, considerando el debilitamiento inducido por las perforaciones.

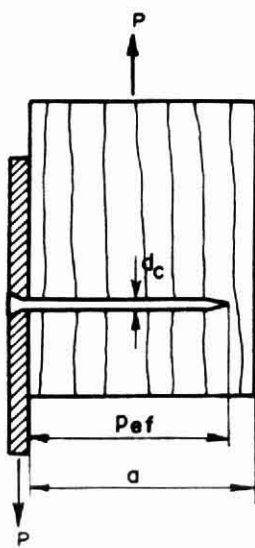
En el clavado de planchas de acero dispuestas externamente se puede prescindir de una disposición alternada de los clavos alineados consecutivamente en la dirección de la fibra cuando:

- a) se dispone una única plancha fijada con clavos de diámetros que no excedan de 4,2 mm y el espesor del madero equivale a la profundidad de clavado sin resultar inferior a $10 d_c$. (Ver Figura N° 98 c).

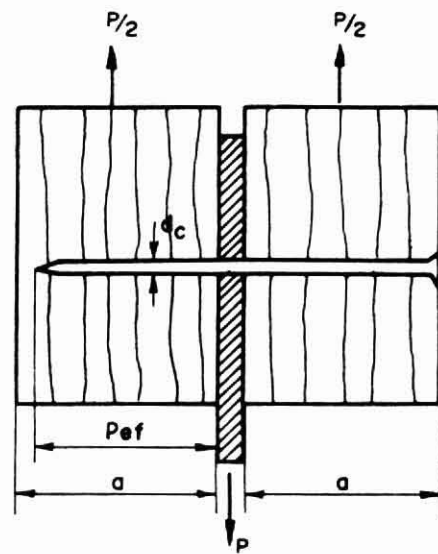
Para clavos con $d_c > 4,2$ mm, el espesor del madero debe ascender al menos a 1,5 veces la profundidad de clavado, sin resultar inferior a $15 d_c$;

- b) se disponen dos planchas, una a cada lado del mader

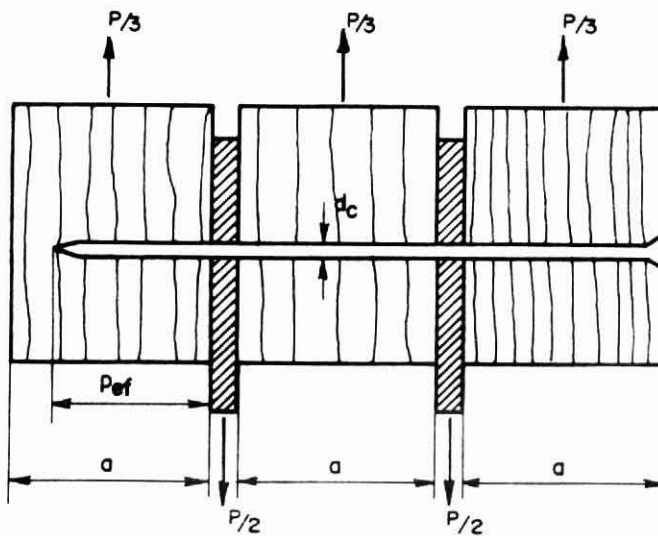




a) Cizalle Simple



b) Cizalle Doble



c) Cizalle Múltiple

ro, fijadas con clavos hincados desde ambos lados con diámetros que no excedan de 4,2 mm y siempre que estos clavos no se traslapen en el madero central (ver Figura N° 98).

Las puntas de clavos con $d_c > 4,2$ mm, deben quedar desplazadas de al menos la profundidad, p_{ef} , de clavado (ver Figura N° 98).

- c) cuando no se respeten las disposiciones de los puntos a) y b) para el madero central, los espaciamientos mínimos, S_p , en la dirección de la fibra, deben ser:

$$S_p = 10 d_c \text{ (para } d_c \leq 4,2 \text{ mm)}$$

$$S_p = 12 d_c \text{ (para } d_c > 4,2 \text{ mm)}$$

La distancia de los clavos al borde de las planchas debe ascender al menos a $2,5 d_c$ y en el caso de una disposición no alternada, a $2 d_c$. (Ver Figura N° 98).

6.5.3. Solicitaciones de Extracción Directa

El diseño estructural debe evitar el uso de clavos sometidos a la acción de solicitaciones paralelas al eje del clavo. Cuando esto no sea posible, se aplicarán las siguientes disposiciones:

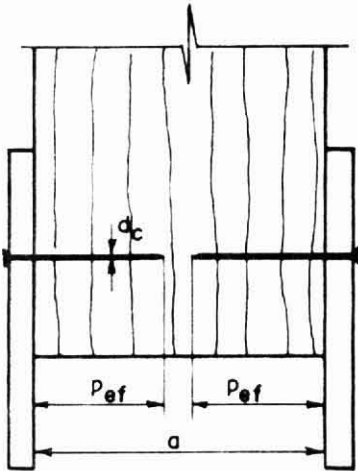
Si se cumple que:

- a) los clavos son colocados con su eje perpendicular a las fibras de la madera;
- b) la madera está verde y se mantendrá en ese estado, o la madera está seca y no alterará su contenido de humedad mientras dure la unión, entonces:

la carga admisible de extracción directa se obtendrá de la expresión:

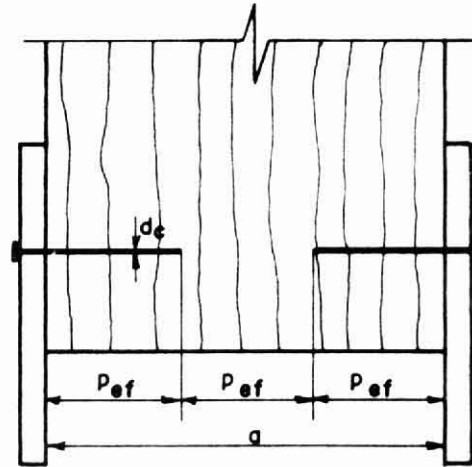
$$P_{ed,ad} = 9.000 \times p_{ok}^{5/2} \times d_c^{3/2} \times p_{ef}$$





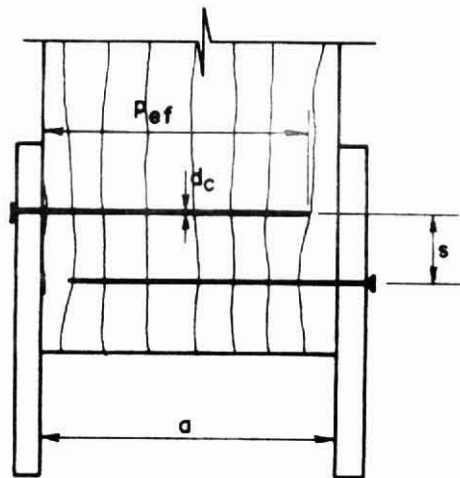
Si : $d_c \leq 4,2 \text{ mm}$
se debe cumplir:
 $a \geq 25$

a)



Si : $d_c > 4,2 \text{ mm}$
se debe cumplir:
 $a \geq 35$

b)



Si : $(d_c \leq 4,2 \text{ mm})$ y $(a < 25)$
se debe cumplir: $p_{ef} = 10 d_c$

Si : $(d_c > 4,2 \text{ mm})$ y $(a < 35)$
se debe cumplir: $p_{ef} = 12 d_c$

c)

FIGURA N° 98.

Uniones de planchas de acero y madera con clavado sin disposición alternada.

en que :

$P_{ed,ad}$ = capacidad admisible de carga a la extracción directa, en N;

$\rho_{o,k}$ = densidad anhidra característica calculada con el percentil del 5% de exclusión, en g/cm³. Ver Tabla N° 82.

d_c = diámetro del clavo, en mm; y

P_{ef} = profundidad de penetración del clavo en la pieza de madera que recibe la punta de él, en mm.

La carga admisible a la extracción directa de clavos colocados con su eje perpendicular a la fibra de madera que tiene las condiciones de humedad (durante la fabricación y en servicio) señaladas en la Tabla N° 60 y calculada según subpárrafo 6.5.3. debe ser afectada por el factor de modificación K_{UH} incluido en dicha Tabla.

Los clavos colocados con su eje paralelo a las fibras de la madera y solicitados al arranque no deben ser considerados en el cálculo estructural.

6.5.4. Solicitaciones Combinadas

En clavos sometidos a una acción simultánea de solicitaciones de extracción lateral (cizalle), según subpárrafo 6.5.2.1 y de extracción directa, según subpárrafo 6.5.3, se debe verificar que:

$$\left[\frac{P_{el,tr}}{P_{el,dis}} \right]^m + \left[\frac{P_{ed,tr}}{P_{ed,dis}} \right]^m \leq 1$$

Con :

$P_{el,tr}$ = sollicitación de trabajo de una sección transversal del clavo sometida a cizalle.

$P_{el,dis}$ = capacidad de diseño de carga de una superficie de cizalle de clavo, calculada según subpárrafo 6.5.2.1.

$P_{ed,tr}$ = sollicitación de trabajo por extracción directa del clavo;

$P_{ed,dis}$ = capacidad de diseño de carga de extracción directa calculada según subpárrafo 6.5.3.

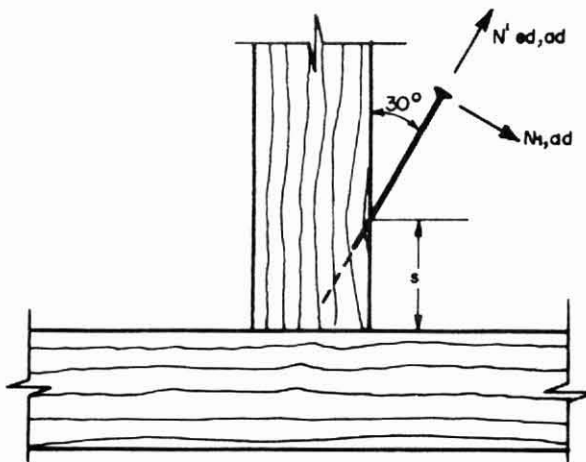
$m = 1$ = para clavos redondos de vástago liso;

$m = 1,5$ = para clavos redondos de vástago liso usados en empalmes de traslapos de costaneras.

6.5.5. Clavos Lanceros

Se da el nombre de "clavos lanceros" a los que se colocan de modo que el eje del clavo forme un ángulo de 30° con la pieza donde quedará la cabeza del clavo y a una distancia aproximadamente igual a un tercio del largo del clavo, medida a contar del extremo de dicha pieza según se indica en la Figura N° 99.

La carga admisible de extracción directa para un clavo colocado como "clavo lancero", para cualquier contenido de humedad de la madera, será igual al 65% de los valores que se calculan con la expresión de subpárrafo 6.5.3., para igual penetración del clavo en el madero que recibe su punta.



$$s = \frac{1}{3} = \text{distancia al extremo de la pieza.}$$
$$1 = \text{largo del clavo.}$$

FIGURA N° 99. Correcta forma de colocar un "clavo lancero".

La carga admisible de extracción lateral (cizalle) de un clavo colocado como clavo lancero, será igual al 30% del valor que entrega la expresión de subpárrafo 6.5.2.1., correspondiente a cizalle simple, para igual penetración del clavo.

6.6. Uniones con Conectores de Anillo

6.6.1. Generalidades

6.6.1.1. Dimensiones de los Conectores de Anillo

Las especificaciones de esta sección se aplican sólo a uniones con conectores que tengan la forma de anillo abierto, con las dimensiones especificadas en la Tabla N° 85, y que sean fabricados a partir de tubos metálicos rectificad^os en sus bordes y cortados según una generatriz, (ver Figura N° 100).

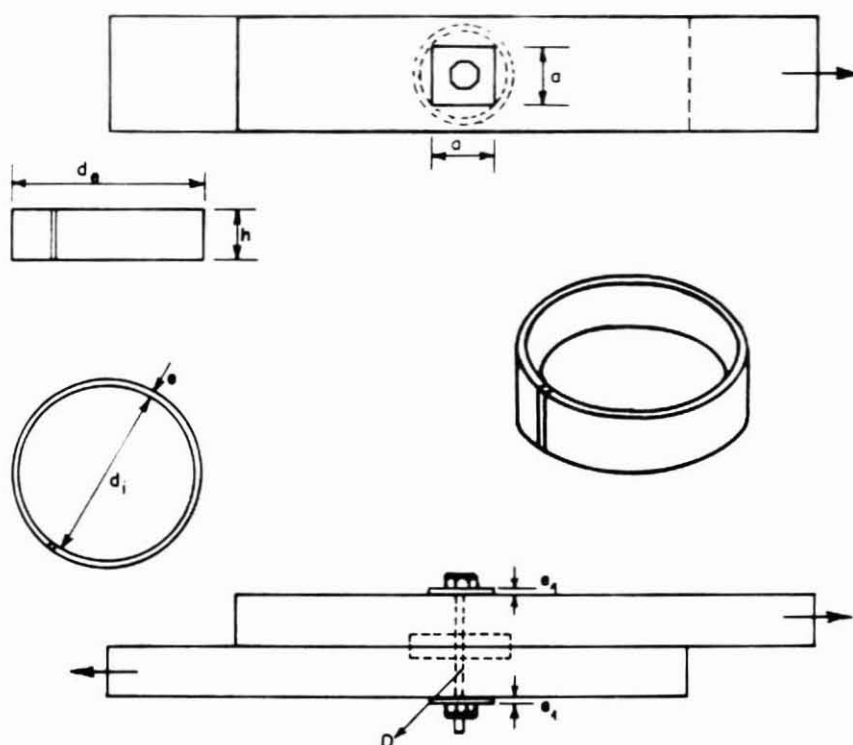


FIGURA N° 100. Forma de los Conectores de Anillo.

TABLA Nº 85. **TAMAÑOS DE CONECTORES DE ANILLO ABIERTO Y TAMAÑOS MINIMOS DE ARANDELAS.**

CONECTOR			PERNO	TAMAÑO MINIMO DE ARANDELA	
DIAMETRO EXTERIOR d_e mm	ESPESOR e mm	ALTURA h mm	DIAMETRO D mm	DIAMETRO O LADO a mm	ESPESOR e_1 mm
66,5	3,5	19	12	50	4
108,5	4,5	25	16	75	5

6.6.1.2. Pernos y Arandelas

Los diámetros de los pernos que se deben utilizar en las uniones se indican en Tabla Nº 85. Los agujeros de los pernos deberán perforarse con un diámetro mayorado según lo señalado en la Tabla Nº 66.

Se deben insertar golillas cuadradas o redondas entre la cabeza del perno o la tuerca y la madera. El tama^ño mínimo de arandela que se debe usar se indica en Ta^{bl}a Nº 85.

6.6.1.3. Ejecución de Uniones

La perforación de los agujeros debe realizarse siguiendo uno de los dos procedimientos que se establecen a continuación:

- afijar las piezas que integran la unión en su posi^{ci}ón definitiva por medio de un prensado y poste^{ri}ormente perforar los agujeros en forma simultá^{ne}a a través de todos los maderos;
- perforar los agujeros en cada una de las piezas in^{di}viduales empleando plantillas o moldes que asegu^{ren} la correcta posición de los agujeros.

La ubicación efectiva de los agujeros de los pernos no debe diferir en más de 2 mm con respecto a la ubicación especificada en los planos.

Las superficies de contacto entre las piezas deben ranurarse de acuerdo a las exigencias geométricas establecidas en Tabla N° 86.

Cuando se adopte el procedimiento de construcción (b), las ranuras para los anillos abiertos pueden ejecutarse simultáneamente con la perforación de los agujeros para los pernos.

6.6.1.4. Sección Transversal Neta

La sección transversal neta de cada pieza en una unión debe determinarse deduciendo del área bruta, el área proyectada de la o las ranuras y el área proyectada de la parte del agujero del perno no comprendida en el área anterior. Ver Figura N° 101. Las profundidades de ranuras de conectores se indican en la Tabla N° 86.

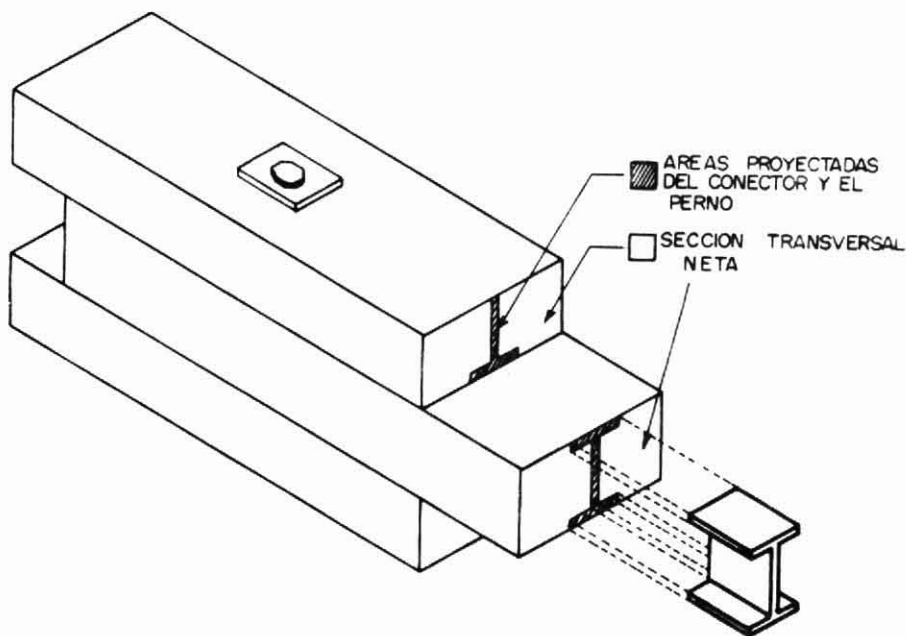


FIGURA N° 101.

Sección transversal neta en una unión con dos conectores de anillo y un perno.

TABLA N° 86. DIMENSIONES DE RANURAS CIRCULARES PARA CONECTORES DE ANILLO ABIERTO.

CARACTERISTICA	DIMENSION DE RANURAS	
	ANILLO ABIERTO DE 66,5 mm	ANILLO ABIERTO DE 108,5 mm
Diámetro interior, mm	67,5	110,5
Ancho, mm	4,6	5,3
Profundidad, mm	9,5	12,5
Area a descontar, mm ² /ranura	729	1.514

En la estimación de la sección transversal neta de uniones con conectores dispuestos alternadamente en dos o más hileras, se debe tener presente lo establecido en 6.1.6. y 6.1.7.6.

6.6.2. Espaciamiento entre Conectores

6.6.2.1. Definiciones

Espaciamientos básicos, S_b : distancias que permiten utilizar las capacidades admisibles de los conectores definidas en este capítulo, que dependen del diámetro de éstos y del ángulo formado por las direcciones de la fuerza solicitante y la fibra de la madera.

Espaciamientos mínimos, S_m : menor distancia aceptada, entre conectores y a los bordes, cuyo uso exige la aplicación de un factor de modificación sobre la carga admisible.

Los espaciamientos básicos y mínimos que se definen son los siguientes:

- Espaciamientos al borde medidos según la dirección de la fibra.

TABLA N° 87. ESPACIAMIENTOS BASICOS AL BORDE MEDIDOS SEGUN LA DIRECCION DE LA FIBRA.

DIAMETRO EXTERIOR D_e mm	AL BORDE CARGADO, S_{sbcp} mm	AL BORDE DESCARGADO, S_{sbdp} mm
66,5	140	$115 + 0,3 \alpha$
108,5	180	$140 + 0,4 \alpha$

TABLA N° 88. ESPACIAMIENTOS MINIMOS AL BORDE MEDIDOS SEGUN LA DIRECCION DE LA FIBRA.

DIAMETRO EXTERIOR D_e mm	AL BORDE CARGADO, S_{mbcp} mm	AL BORDE DESCARGADO, S_{mbdp} mm
66,5	70	$65 + \frac{\alpha}{18}$
108,5	90	$85 + \frac{\alpha}{18}$

en que : α = ángulo agudo formado por las direcciones de la fuerza y la fibra, en grados (°).

Este espaciamiento se mide paralelamente a la dirección de la fibra desde un punto desplazado $D_e/4$ respecto al eje del conector, según se esquematiza en la Figura N° 102.

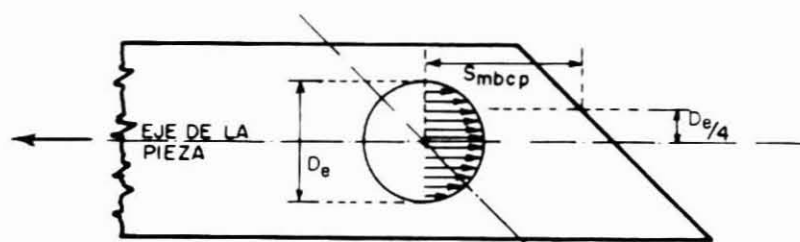


FIGURA N° 102. Espaciamiento al borde cargado en una pieza cortada de anguladamente.

- b) Espaciamientos básicos al borde, medidos normal a la dirección de la fibra.

TABLA Nº 89. ESPACIAMIENTOS BASICOS AL BORDE MEDIDOS NORMAL A LA DIRECCION DE LA FIBRA.

DIAMETRO EXTERIOR D_e mm	AL BORDE CARGADO, S_{sbcn}		AL BORDE DESCARGADO, S_{sbdn} mm
	$\alpha < 45^\circ$	$45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	
	mm		
66,5	$\frac{5}{9} \alpha + S_{mbn}$	70	45
108,5		95	70

TABLA Nº 90. ESPACIAMIENTOS MINIMOS AL BORDE MEDIDOS NORMAL A LA DIRECCION DE LA FIBRA.

DIAMETRO EXTERIOR D_e mm	AL BORDE CARGADO Y DESCARGADO, S_{mbn} mm
66,5	45
108,5	70

- c) Espaciamientos básicos entre conectores vecinos,
 S_{sc} .

$$S_{sc} = \frac{S_{cp} \times S_{cn}}{\sqrt{S_{cp}^2 \sin^2 \phi + S_{cn}^2 \cos^2 \phi}}$$

en que :

S_{cp} = espaciamiento básico entre dos conectores dispuestos con secutivamente según la dirección de la fibra;

S_{cn} = espaciamiento básico entre dos conectores dispuestos con secutivamente según la dirección normal a la fibra; y



ϕ = ángulo formado por las direcciones de la recta que une los centros de conectores vecinos y la fibra.

Los valores de S_{cp} y S_{cn} se indican en Tabla N° 91.

TABLA N° 91. ESPACIAMIENTOS BASICOS ENTRE CONECTORES VECINOS.

DIAMETRO EXTERIOR ESPACIA MIENTO (mm)	$D_e = 66,5 \text{ mm}$		$D_e = 108,5 \text{ mm}$	
	DESANGULACION ENTRE LA FUERZA Y LA FIBRA DE LA MADERA			
	$0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$	$0^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$\alpha > 60^\circ$
S_{cp}	$175 - \frac{85 \alpha}{60}$	S_{mc}	$230 - \frac{5 \alpha}{3}$	S_{mc}
S_{cn}	$90 + \frac{\alpha}{3}$	110	$130 + \frac{5 \alpha}{12}$	155

TABLA N° 92. ESPACIAMIENTOS MINIMOS ENTRE CONECTORES VECINOS, S_{mc} .

DIAMETRO EXTERIOR D_e mm	S_{mc} mm
66,5	90
108,5	130

6.6.3. Factores de Modificación por Espaciamento

Quando se materialicen espaciamentos, S , inferiores a los espaciamentos básicos, S_s , las capacidades admisibles de carga deben modificarse multiplicándose por los factores K_S que se definen a continuación. Ver Tabla N° 93.

TABLA N° 93. FACTOR DE MODIFICACION POR ESPACIAMIENTO, K_s .

PARA ESPACIAMIENTO AL BORDE SEGUN DIRECCION DE LA FIBRA K_s		PARA ESPACIAMIENTO ENTRE CONECTORES K_s
$\alpha = 0$	$0,25 + 0,75 \frac{S}{S_s}$	
$\alpha < 45^\circ$	$(1 - \frac{\alpha}{265}) + \frac{\alpha}{265} (\frac{S - S_{mbn}}{S_s - S_{mbn}})$	$0,75 + 0,25 (\frac{S - S_{mc}}{S_s - S_{mc}})$
$45^\circ \leq \alpha \leq 90^\circ$	$0,83 + 0,17 (\frac{S - S_{mbn}}{S_s - S_{mbn}})$	

NOTA: Los valores de S_{mbn} y S_{mc} se indican en Tablas N° 90 y N° 92, respectivamente.

Quando los conectores se empleen en maderas latifolia das en condición verde, el espaciamiento básico al borde, medi do según la dirección de la fibra, debe mayorarse en un 50%.

6.6.4. Uniones de Cizalle Simple

6.6.4.1. Ensamblado

Con anterioridad a la inserción de los conectores en las ranuras se deben eliminar de éstas los restos de virutas y de partículas. La colocación de los conecto res exige su expansión preliminar.

6.6.4.2. Cargas Admisibles

En Tabla N° 94 se indican las capacidades admisibles de carga según las direcciones paralela y perpendicu lar a la fibra, aplicables sobre uniones construidas con piezas de madera que cumplen con las exigencias de los Grados ES2 a ES6. Para cargas de acción inclinada con respecto a la fibra se debe respetar lo especifica do en el párrafo 6.1.3.

TABLA N° 94. CAPACIDADES ADMISIBLES DE CARGA DE UN CONECTOR DE ANILLO ABIERTO EN UNIONES DE CIZALLE SIMPLE, EN NEWTON.

DIAMETRO EXTERIOR mm	DIMENSIONES MINIMAS DE LAS PIEZAS			CARGA ADMISIBLE			
				$P_{cp,ad}$	$P_{cn,cn}$	$P_{cp,ad}$	$P_{cn,ad}$
	ANCHO mm	ESPESOR PIEZAS		GRUPOS ES6 Y ES5 N		GRUPOS ES4 A ES2 N	
		LATERALES mm	CENTRAL mm				
66,5	90	20	32	6.100	2.300	10.600	3.700
		20	45	6.550	2.750	11.400	4.450
		32	70	8.000	3.700	13.900	6.000
		≥ 45	≥ 90	9.850	3.700	15.550	6.000
108,5	140	32	45	12.400	--	19.200	--
		32	70	19.100	7.100	29.100	10.200
		≥ 45	≥ 90	20.500	8.950	31.550	13.100

6.7. Uniones de Contacto entre Piezas de Madera

6.7.1. Uniones de Tope, Rectas e Inclinadas

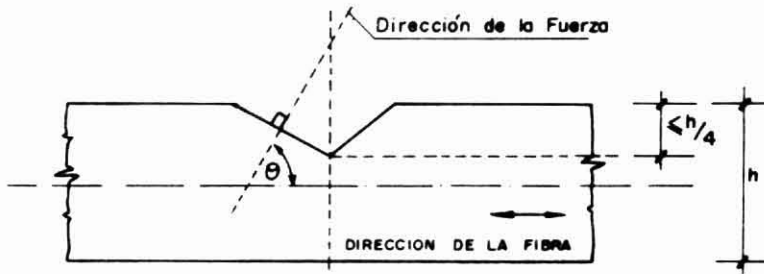
En uniones de tope rectas con superficies de contacto perpendicular a la dirección de la fibra, los valores de las tensiones admisibles de compresión paralela a la fibra deben ser afectadas con el factor de modificación por unión de tope (K_{UT}), que toma los siguientes valores:

i) Para piezas de madera con uniones de tope rectas.... $K_{UT} = 0,80$

ii) En uniones de tope de elementos de madera con materiales rígidos o cuando se inserten entre los maderos placas rígidas de distribución (por ejemplo acero)..... $K_{UT} = 1,00$

Las tensiones de diseño de compresión para uniones inclinadas (ver Figura N° 103) se obtienen con la expresión de

Hankinson establecida en 3.5., donde el cálculo de la tensión de diseño para compresión paralela debe incluir el factor de modificación K_{UT} .



$$F_{cp,dis,\theta} = \frac{F_{cp,dis} \times F_{cn,dis}}{F_{cp,dis} \times \sin^2 \theta + F_{cn,dis} \times \cos^2 \theta}$$

$$F_{cp,dis} = F_{cp} \times K_{UT} \times K_H \times K_D$$

FIGURA N° 103. Unión de tope inclinada.

6.7.2. Embarbillado

Para el traspaso de una fuerza de compresión que solicita la superficie frontal de embarbillado (ver Figura N° 104), se debe satisfacer las siguientes condiciones relativas a la profundidad de rebaje (t_r) y a la longitud de saliente (L_s).

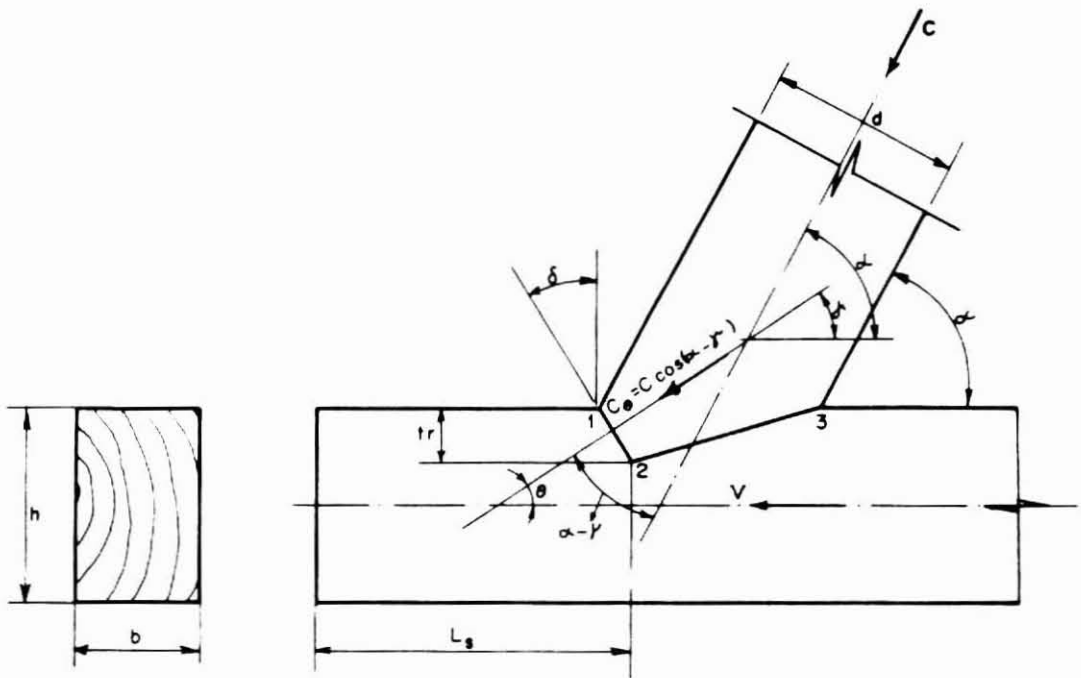
a) Condición para la profundidad del rebaje (t_r):

$$t_r \geq \frac{C \cos (\alpha - \gamma) \cos \gamma}{b \times F_{c,dis,\gamma}} \quad [mm]$$

b) Condición para la longitud de saliente (L):

$$L_s \geq \frac{C \cos (\alpha - \gamma) \cos \gamma}{b \times F_{cz,dis}} \quad [mm]$$

La deformación de la unión en un embarbillado se puede estimar en 1,0 a 1,5 mm.



1-2 = superficie frontal de embarbillado.

2-3 = superficie dorsal de embarbillado.

b = ancho de las piezas. [mm]

t_r = profundidad del rebaje. [mm]

L_s = longitud de saliente. [mm]

d = altura del puntal. [mm]

α = ángulo entre la dirección de la sollicitación en la barra y la fibra.

γ = ángulo de corte en el puntal.

C = sollicitación de compresión en la barra. [N]

θ = ángulo entre la dirección de la fuerza que comprime la sección transversal inclinada $A_1 = b t_r / \cos \gamma$.

$C_\theta = C \cos (\alpha - \gamma)$ = esfuerzo de compresion sobre A_1 . [N]

V = esfuerzo de corte sobre el área de la longitud de saliente. [N]

FIGURA N° 104. Geometría y sollicitaciones en un embarbillado simple.



6.8. Coeficientes de Corrimiento para el Cálculo de Flecha

Para el cálculo de flechas y contraflechas de elementos de construcción de sección transversal compuesta con liga zón flexible, solicitadas en flexión y de los corrimientos en empalmes y uniones materializadas con medios de unión mecánicos, se pueden usar los valores indicados en la Tabla N° 65 para los módulos de corrimiento (C) o bien corrimientos calcu lados matemáticamente bajo la acción de solicitaciones de peso propio y cargas eventuales, valores que en ningún caso podrán resultar inferiores a 1,25 veces los valores de la Tabla N° 42.

Si la solicitud de cálculo de una unión es mayor que la capacidad de carga admisible, la deformación, δ , según Tabla N° 65 debe amplificarse en la razón formada por la solici tación efectiva y la capacidad de carga admisible.

Ante solicitaciones menores que la capacidad de carga admisible, se puede reducir el corrimiento δ en forma proporcio nal.

ANEXO A

RECOMENDACION PARA EL DISEÑO DE UNIONES CON PERNOS

ANEXO A

RECOMENDACION PARA EL DISEÑO DE UNIONES CON PERNOS

Esta proposición será presentada al Comité Maderas para que se estudie y sea incluida en la versión definitiva de la NCh 1198.

A.1. General

Se recomienda la adopción del criterio de Smith y Whale para la determinación de las cargas admisibles de uniones con pernos sometidos a cizalle doble, cuando el espesor de los elementos laterales sean iguales a la mitad del espesor (e) del elemento central.

A.2. Procedimiento Recomendado

Las especificaciones del procedimiento son las siguientes :

A.2.1. Las cargas admisibles que aquí se establecen para un perno son aplicables cuando la dirección de la sollicitación es perpendicular al eje del elemento de unión, para cualquier grado estructural de la madera usada, para duración normal de la sollicitación y para madera seca que permanecerá seca en servicio.

Para condiciones distintas a las señaladas se deben efectuar las modificaciones que establece la norma NCh 1198.

A.2.2. La capacidad de carga admisible de un perno sollicitado en cizalle doble en una unión constituida de tres piezas de la misma especie, con las piezas laterales paralelas entre sí y cada una de ellas de espesor igual a la mitad del espesor de la pieza central (ver Figura Nº 77 y Figura Nº 78), se determina como el menor valor que resulta en las siguientes expresiones:

$$i) \quad P_{ad}^1 = D^2 \times \lambda_u \times S_k / \eta \quad (\text{newtons})$$

$$ii) P_{ad}^2 = D^2 \times \sqrt{\frac{4 \times S_y \times S_k}{3 \times \eta^2}} \quad (\text{newtons})$$

en donde :

P_{ad} = carga admisible de un perno solicitado en cizalla doble, newtons.

D = diámetro del perno, mm.

$\lambda_u = e/D$ = esbeltez de la unión.

e = espesor del elemento central de la unión, mm.

$S_y = 240 \text{ MPa}$ = tensión de fluencia asignada al perno, cualquiera sea su diámetro.

S_k = tensión de fluencia característica, por aplastamiento de la madera, MPa.

η = factor de reducción a la zona elástica.

A.2.3. La tensión de fluencia característica (S_k), por aplastamiento de la madera, puede ser estimada mediante la expresión:

$$S_k = \frac{0,0008 \times P_{12,k} \times (100 - D)}{2 \times \sin^2 \theta + \cos^2 \theta} \quad (\text{MPa})$$

Con :

D = diámetro del perno, mm.

$P_{12,k}$ = densidad normal característica (ver Tabla A.1), Kg/m^3 .

θ = ángulo entre la dirección de la carga y la dirección de la fibra en el elemento de la unión que se esté considerando.

A.2.4. El factor de reducción a la zona elástica (η) se determina en función de la densidad anhidra media de la madera ($\bar{\rho}_o$), de acuerdo con el siguiente criterio.

i) Para especies madereras con :

$$\bar{\rho}_o < 550 \text{ Kg/m}^3 : \eta = 2,17$$

ii) Para especies madereras con :

$$\bar{\rho}_o \geq 550 \text{ Kg/m}^3 : \eta = 2,451$$

TABLA A.1. DENSIDADES PARA DIFERENTES ESPECIES MADERERAS.

ESPECIE MADERERA Nombre Común	DENSIDAD ANHIDRA (Kg/m ³)		DENSIDAD NORMAL (Kg/m ³)	
	VALOR MEDIO $\bar{\rho}_0$	VALOR CARACTERISTICO $\rho_{0,k}$	VALOR MEDIO $\bar{\rho}_{12}$	VALOR CARACTERISTICO $\rho_{12,k}$
Alamo	370	357	399	385
Alerce	460	385	492	412
Canelo	470	440	502	470
Ciprés de la Cordillera	470	393	502	420
Ciprés de las Guaitecas	470	390	502	417
PINO RADIATA	450	370	476	391
Pino oregón	410	326	441	350
Araucaria	570	477	603	505
Coigüe de Chiloé	590	505	623	533
Laurel	510	427	543	455
Lenga	540	476	573	505
Lingue	596	498	629	526
Mañío hojas punzantes	520	435	553	463
Olivillo	550	460	583	488
Raulf	510	426	543	454
Tepa	520	442	552	469
Algarrobo	740	619	771	645
Coigüe	650	400	691	425
Coigüe de Magallanes	620	518	653	546
Eucalipto	800	543	830	564
Roble	630	527	668	559
Roble del Maule	680	605	712	634
Tineo	700	583	736	613
Ulmo	630	525	660	550

APENDICE

PINO RADIATA. TENSIONES ADMISIBLES

APENDICE

PINO RADIATA. TENSIONES ADMISIBLES

De acuerdo a la norma NCh 1207, se definen tres grados estructurales visuales para el Pino radiata en Estado Seco ($H < 20\%$).

GRADO ESTRUCTURAL SELECTO	:	GS
GRADO ESTRUCTURAL	1	: G1
GRADO ESTRUCTURAL	2	: G2

El Grado GS acepta piezas de gran capacidad resistente.

El Grado G1 comprende piezas adecuadas para ser utilizadas en tipologías constructivas normales.

El Grado G2 incluye piezas de baja capacidad resistente.

Según dicha norma, los grados estructurales GS, G1 y G2 pueden ser asimilados a las Clases Estructurales F11, F7 y F3, respectivamente, definidos en la norma NCh 1990, con módulos de elasticidad en flexión (E_f) mayorados en un 30%.

Por otra parte y de acuerdo a lo establecido en los subpárrafos 5.4.2. y 5.4.3. de la norma NCh 1198, si por razones técnicamente justificadas, la madera de Pino radiata es usada en estado verde, por ejemplo en moldajes, el cálculo de las Tensiones Admisibles debe seguir el procedimiento señalado para el estado verde en el párrafo 2.4.4.1. de este Manual.

