

Catálogo Técnico

HILAM

arauco

3

MADERA LAMINADA

Herrajes

CONTENIDO

3.1 Uniones de alero rígidas
con marco

3.2 Anexo A

3

MADERA LAMINADA
Herrajes

Catálogo Técnico

Contenido

3.1

Uniones de alero rígidas con marcos

3.1.1 Introducción

Los marcos de madera laminada encolada HILAM constituyen una de las principales aplicaciones para el material en el mercado de la construcción. En configuraciones tri o bi articuladas permiten cubrir luces generosas brindando soluciones de alta calidez visual y muy buenas condiciones de durabilidad en ambientes agresivos.

Desde puntos de vista estáticos, estéticos, resistentes y constructivos la estructuración óptima de este tipo de marcos corresponde a un desarrollo curvo y continuo del sector de los aleros. Sin embargo esta alternativa involucra muchas veces algunos problemas prácticos, destacándose entre estos, los siguientes:

- La zona curva se desarrolla hacia el interior del recinto y puede limitar el uso espacial del recinto y obstaculizar la visual global del interior.
- Laminar elementos curvos resulta mas laborioso y complicado que fabricar piezas rectas.
 - Se consume mas madera, ya que la fabricación de los sectores de altura variable de los marcos requiere aplicar técnicas de “zampoñas” (ver Figura 2).
 - El radio de curvado exige el empleo de tablas más delgadas para la fabricación de las láminas, incrementándose la cantidad de líneas de encolado y el consumo de adhesivo, por lo que el costo unitario del material es superior al correspondiente a piezas rectas.
- Las longitudes de los elementos curvos y especialmente su desarrollo dificultan y pueden incluso imposibilitar el transporte terrestre, especialmente en caminos con puentes, túneles y caminos o cuevas con curvas cerradas.
- Es por esto que a menudo resulta preferible materializar los marcos utilizando piezas rectas o de curvatura muy atenuada, de longitudes menores. Como contraparte, estas componentes requieren ser vinculadas rígidamente entre sí, de manera de permitir un adecuado funcionamiento estructural.

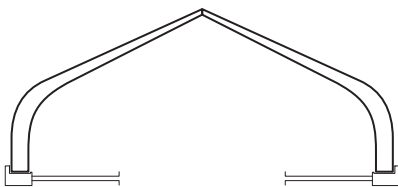


Figura 1:
Marco triarticulado curvo.

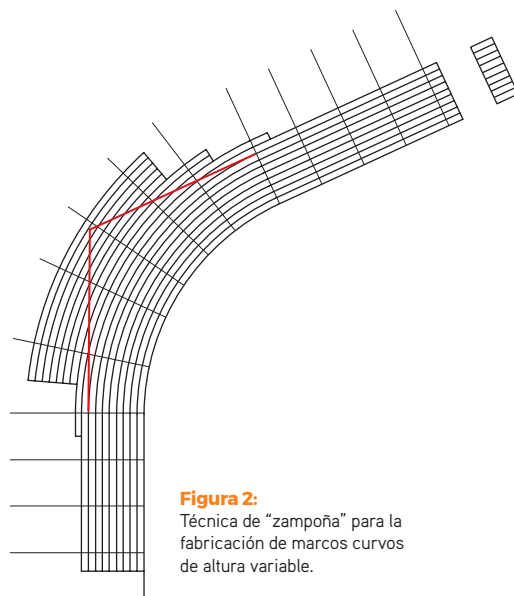


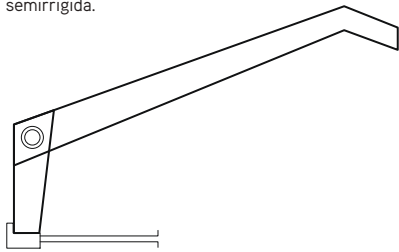
Figura 2:
Técnica de “zampoña” para la fabricación de marcos curvos de altura variable.

En estos casos la unión de alero con sujetores mecánicos (conectores, pasadores) dispuestos según configuraciones circulares permite obviar simultáneamente la totalidad de los problemas consignados anteriormente, con la salvedad de que el comportamiento mecánico de la unión nunca podrá igualarse al de la esquina curva continua.

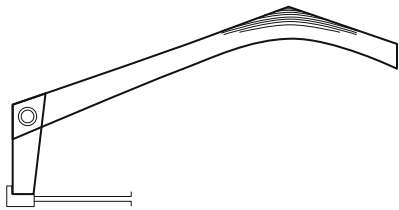
3.1 Uniones de alero rígidas en marcos

En lo siguiente se presentará un método simplificado de diseño de la unión rígida propuesto por B. Heimeshoff en HSA-2¹.

Figura 3:
Marcos estructurados
con unión de alero
semirrígida.



a) Triarticulado.



b) Bi articulado.



Figura 4:
Uniones semirrígidas
con disposición de
sujesores en círculo.



¹ Heimeshoff B. Berechnung von Rahmenecken mit Dübelanschluß (Dübelkreis). Holzbau-Statik-Aktuell Folge 2. 1977.

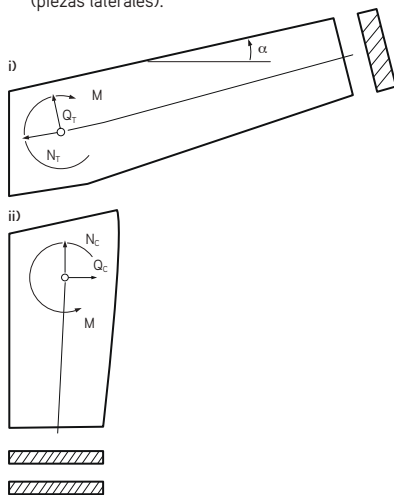
3.1.2 Método de diseño

El método asume las siguientes hipótesis simplificatorias:

- En la unión los esfuerzos internos de las piezas (esfuerzos axiales y de corte) se distribuyen uniformemente sobre todos los sujetores.
- El momento induce sobre cada sujetor una sollicitación proporcional a la distancia entre éste y el centroide de la disposición de sujetores.
- En una disposición en doble círculo sólo los sujetores dispuestos sobre el círculo exterior desarrollan completamente su capacidad de carga de diseño. La correspondiente a los sujetores del círculo interior se debe reducir proporcionalmente a la relación entre ambos radios.
- La capacidad admisible de los sujetores se deriva de acuerdo con las correspondientes especificaciones de la norma NCh 1198, en función de los espesores de maderos y de la desangulación fuerza-fibra, y, en el caso de conectores especiales, de acuerdo con las recomendaciones del fabricante.
- Los estudios experimentales de Kolb² en Alemania permitieron apreciar que, en el caso de una disposición en doble círculo y como resultado del efecto de la interacción de tensiones de cizalle y de tracción normal a la fibra en los bordes exteriores de los maderos, la capacidad de carga de los sujetores se reduce en un 15% con respecto a la de una unión con disposición circular simple.
- En el diseño se debe verificar que la tensión máxima de cizalle en el interior de la disposición circular no sobrepasa la tensión de diseño correspondiente al grado de madera utilizado.
- Al distribuir los sujetores se deben respetar rigurosamente, tanto en la columna como en el travesaño, los espaciamientos mínimos entre sujetores y a los bordes de las piezas de madera. Entre sujetores se debe respetar una distancia no inferior al espaciamiento mínimo requerido entre sujetores alineados según la dirección de la fibra, S_p . En una disposición en doble círculo la diferencia entre el radio mayor y el radio menor debe ascender al menos al espaciamiento mínimo entre hileras de sujetores, medida normal a la dirección de la fibra, S_n .

Figura 5:
Esfuerzos internos para el tijeral y la columna.

- i) Esfuerzos internos para el travesaño (pieza central).
- ii) Esfuerzos internos para la columna (piezas laterales).



3.1.3 Sollicitación sobre los sujetores

Se asume que el travesaño del marco consiste de una pieza simple y que la columna se desdobra en dos piezas que se fijan lateralmente al tijeral, de acuerdo con el esquema de Figura 5.

Los esfuerzos internos se evalúan en el centroide de la disposición de los sujetores.

Las fuerzas axiales y de corte se asumen paralelas o bien normales a la dirección de la fibra en cada pieza.

De acuerdo con el esquema de Figura 5. por condición de equilibrio estático en el nudo.

$$N_T = N_C * \text{sen} (\alpha) + Q_C * \text{cos} (\alpha)$$

$$Q_T = N_C * \text{cos} (\alpha) - Q_C * \text{sen} (\alpha)$$

² Kolb. H. Festigkeitsverhalten von Rahmenecken. Bauen mit Holz 72, 1970.

3.1 Uniones de alero rígidas en marcos

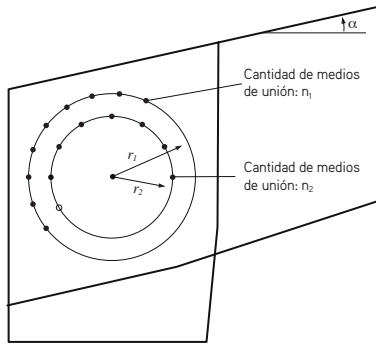
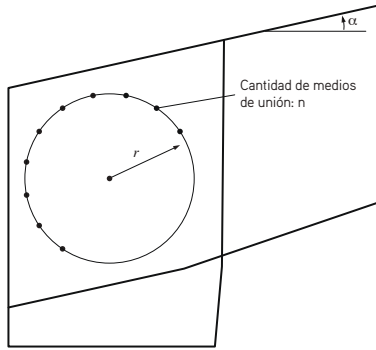


Figura 6: Unión rígida con disposición en circular simple y en doble círculo de los sujetores.

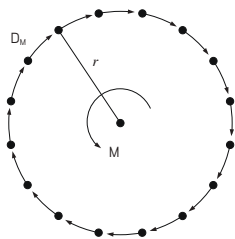


Figura 7: Solicitaciones de momento: M.

Para el caso de una disposición circular simple de “n” sujetores resultan las siguientes solicitaciones sobre cada sujetor:

Solicitación inducida por el momento M: $|D_M| = \frac{|M|}{n * \mathcal{L}}$, orientada tangencial a la disposición circular

Solicitaciones inducidas por las fuerzas axiales, N, y de corte, Q:

Fuerzas:

a) En la columna

Fuerza axial N_C : $|D_{NC}| = \frac{|N_C|}{n}$

Fuerza de corte Q_C : $|D_{QC}| = \frac{|Q_C|}{n}$

b) En el travesaño

Fuerza axial N_T : $|D_{NT}| = \frac{|N_T|}{n}$;

Fuerza de corte Q_T : $|D_{QT}| = \frac{|Q_T|}{n}$;

Las direcciones de las fuerzas en los sujetores coinciden con las correspondientes direcciones de fuerza axial y fuerza de corte en el travesaño y la columna, respectivamente.

Si se suman vectorialmente las fuerzas D_{NT} y D_{QT} o las fuerzas D_{NC} y D_{QC} resultan las correspondientes fuerzas D_{NQ} tal que

$$D_{NQ} = \sqrt{D_{NT}^2 + D_{QT}^2} = \sqrt{D_{NC}^2 + D_{QC}^2}$$

Si se suma adicionalmente la fuerza originada por el momento, D_M , se obtiene la solicitación resultante sobre un sujetor, D, que se esquematiza en las figuras 10 a y b. separadamente para la columna y el travesaño. Se puede apreciar que siendo de la misma magnitud, las fuerzas en la columna y el travesaño tienen sentido opuesto.

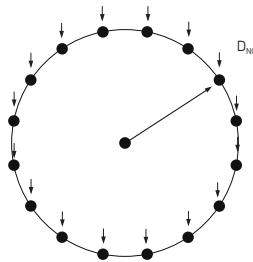


Figura 8: Solicitaciones debidas a la fuerza axial: N.

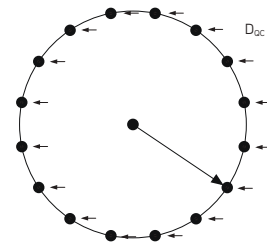


Figura 9: Solicitaciones debidas a la fuerza de corte: Q.

La sollicitación máxima recae sobre aquel sujetor para que la resultante de las fuerzas axial y de corte y la fuerza de momento tienden a alinearse, situación que en la figura 10 se define por medio de la desangulación β . En la condición más desfavorable:

$$|D_{max}| = |D_M| + \sqrt{D_{NC}^2 + D_{QC}^2} = |D_M| + \sqrt{D_{NT}^2 + D_{QT}^2}$$

Figura 10:
Solicitación sobre los sujetores.

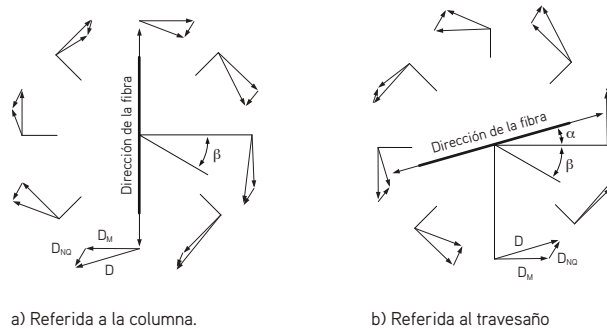
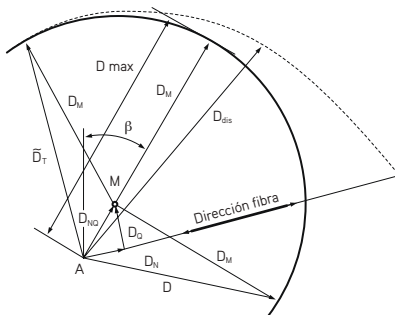
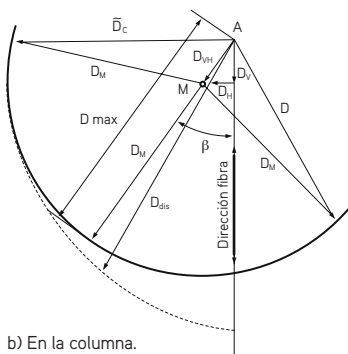


Figura 11:
Visualización vectorial de las sollicitación sobre los sujetores.



a) En travesaño.



b) En la columna.

Sin embargo el sujetor más sollicitado no condiciona el diseño ya que la capacidad resistente de los sujetores depende de la desangulación entre las direcciones de la fuerza y la fibra. Por esto la capacidad de la unión quedará condicionada por aquel sujetor para el que se maximice la razón entre la fuerza sollicitante y la capacidad de carga de diseño.

Con el propósito de clarificar esta situación, en la figura 11 se ha representado vectorialmente la fuerza ejercida sobre los sujetores, tanto para el travesaño como para la columna, de acuerdo con el siguiente desarrollo. En torno al centroide M se trazó un círculo de radio D_M , determinando la suma vectorial de D_{NT} y D_{QT} , o bien de D_{NC} y D_{QC} la posición del punto A. La respectiva sollicitación sobre un sujetor, caracterizado por su ubicación en la disposición circular de sujetores, por ejemplo, a través del ángulo con respecto a la horizontal, coincide ahora con la correspondiente distancia entre el punto A y el círculo. En la condición de colinealidad el ángulo β y la sollicitación máxima sobre los sujetores se pueden leer directamente. En la figura se ha incorporado, adicionalmente, la capacidad admisible de carga del sujetor, D_{dis} , bajo consideración de la desangulación fuerza-fibra. Se aprecia que siempre el sujetor que queda sollicitado normal a la dirección de la fibra será el que trabaja en condiciones mas desfavorables.

Las correspondientes sollicitaciones sobre los sujetores ascienden a:

- Referidas al travesaño: $\tilde{D}_T = D_{QR} + \sqrt{D_M^2 - D_{NT}^2}$
- Referidas a la columna: $\tilde{D}_C = D_{QC} + \sqrt{D_M^2 - D_{NC}^2}$

3.1 Uniones de alero rígidas en marcos

Resulta suficientemente confiable asumir que aquél sujetor que queda solicitado normal a la dirección de la fibra, en la columna o en el travesaño, será el que determine la capacidad resistente de la unión. La validez de esta suposición requiere controlar, en todo caso, que tanto D_{NT} como D_{NC} no excedan de $0,20 * D_M$.

Uniones dispuestas según dos círculos concéntricos

Para el caso general de una disposición en dos círculos resultan las siguientes solicitaciones sobre cada sujetor:

Solicitación inducida por el momento M sobre cada sujetor del círculo externo: (Figura 11). $|D_{M1}| = |D_{M2}| = |M| * \frac{r_1}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2}$

Solicitación inducida por el momento M sobre cada sujetor del círculo interno: $|D_{M2}| = |M| * \frac{r_2}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2}$

Solicitaciones inducidas sobre cada sujetor por las fuerzas axiales y de corte

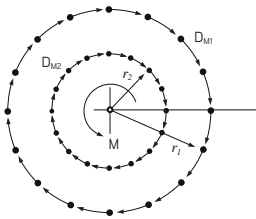


Figura 12: Solicitación de momento en unión circular doble.

a) En la columna

Fuerza axial N_C : $|D_{NC}| = \frac{|N_C|}{n_1 + n_2}$

Fuerza de corte Q_C : $|D_{QC}| = \frac{|Q_C|}{n_1 + n_2}$

b) En el travesaño

Fuerza axial N_T : $|D_{NT}| = \frac{|N_T|}{n_1 + n_2}$

Fuerza de corte Q_T : $|D_{QT}| = \frac{|Q_T|}{n_1 + n_2}$

3.1.3.1 Solicitación por corte de la columna y el travesaño

El esfuerzo de corte máximo en el tijerol y en la columna se produce en el sector interior de la disposición circular de sujetores, y se determina por medio de la suma de las fuerzas de los sujetores dispuestos "sobre" o "a la izquierda" del centroide de la unión, en el travesaño y la columna, respectivamente.

Se obtiene:

- Para la columna: $Q_{Col} = Q_M - \frac{Q_C}{2}$

- Para el travesaño: $Q_{trav} = Q_M - \frac{Q_T}{2}$

Aquí son:

$$Q_M = \frac{M}{n * \pi} \quad \text{Para una distribución circular simple de sujetores}$$

$$Q_M = \frac{M}{\pi} * \frac{(n_1 * r_1 + n_2 * r_2)}{(n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2)} \quad \text{Para una distribución circular doble de sujetores}$$

Las tensiones de cizalle inducidas en la columna y el travesaño se calculan como

$$f_{ciz,col} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{col}}{A_{col}} \quad y \quad f_{ciz,trav} = \frac{3}{2} * \frac{Q_{trav}}{A_{trav}}, \text{ respectivamente.}$$

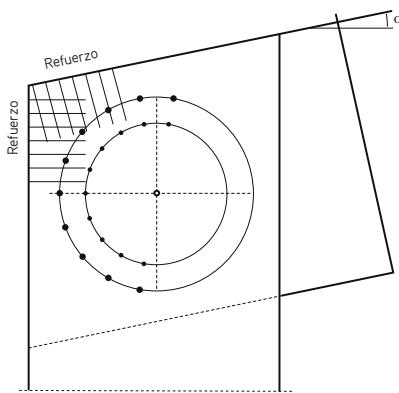


Figura 13:
Refuerzo de esquina.

Refuerzo de la esquina

En ensayos en laboratorio Kolb apreció que la rotura de este tipo de uniones se produce al agotarse las resistencias de cizalle o de tracción normal a la fibra en la columna o en el travesaño, en el sector de la esquina, y que al disponerse la unión en doble círculo, la capacidad resistente de los sujetores se reduce en comparación con la de una unión con disposición circular simple. Por ello recomienda aplicar en uniones con doble círculo una reducción de un 15% sobre la capacidad admisible de carga.

Heimeshoff plantea la posibilidad de evitar esta reducción si se refuerza la zona de la esquina utilizando tornillos roscados o clavos ranurados especiales solicitados a extracción lateral. El diseño de este refuerzo considera 1/12 de las fuerzas inducidas por el momento sobre los sujetores dispuestos sobre el círculo exterior:

$$N_R = \frac{1}{12} * n_l * D_M$$

La longitud de los tornillos o clavos ranurados debe variar entre 10 y 12 diámetros de pasador o de perno prensor, para el caso de uniones con conectores especiales.

Los siguientes ejemplos de diseño consideran uniones rígidas materializadas con conectores de hincas bilaterales Tipo C (Norma DIN 1052), cuyas características geométricas y capacidades admisibles de carga se indican en el Anexo A.

Ejemplo 1

Se diseñará la unión con conectores esquematizada en la Figura 14.

$$V = 45 \text{ kN}, H = 27 \text{ kN}, K_D = 1,25,$$

$$\text{excentricidad reacción basal vertical: } e = 0,5 * (988 - 400) = 275 \text{ mm}$$

$$M = 27 * 4,000 + 45 * 0,275 = -95,625 \text{ kN} * m$$

$$N_T = 45 * \text{sen}(15) + 27 * \text{cos}(15) = 37,727 \text{ kN}$$

$$Q_T = 45 * \text{cos}(15) - 27 * \text{sen}(15) = 36,479 \text{ kN}$$

Columna: 2/90 * var (400 a 988 mm); travesaño: 185 * var (300 a 988 mm)

Sujetores: Conectores D75 fijados con pernos Ø5/8" + Golillas Ø68*6 mm

De Tabla A.1 Anexo A, para conectores D75, $S_{bcp} = 140 \text{ mm}$, $S_{bdn} = 60 \text{ mm}$
 $r_{\text{máx}} = (h_c - S_p - S_n) / 2 = (988 - 140 - 60) / 2 = 394 \text{ mm} \rightarrow r = 390 \text{ mm}$

Cantidad máxima de unidades posibles de disponer a lo largo del círculo de radio 390 mm

$$n_{\text{max}} = \frac{2 * \pi * r}{S_p} = \frac{2 * \pi * 390}{140} = 17,5$$

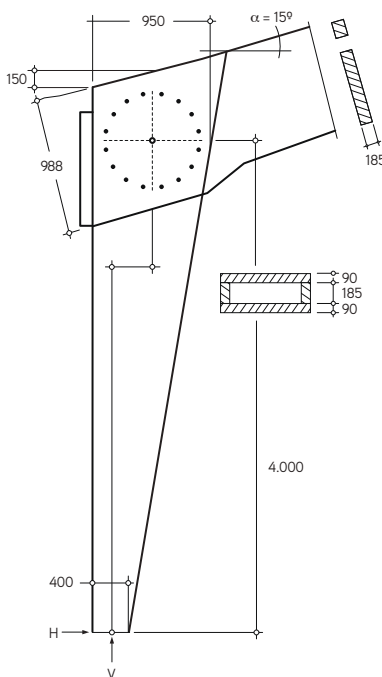


Figura 14

3.1 Uniones de alero rígidas en marcos

Se disponen 16 P Ø5/8" + 32 Co D75 + 32 Go Ø68 * 6

Cada unidad recibe

- Debido al momento: $D_M = \frac{96,625}{0,39 * 16} = 15,325 \text{ kN}$
- Columna, debido al corte: $D_{Q,C} = \frac{27}{16} = 1,688 \text{ kN}$
- Columna, debido a la fuerza axial: $D_{N,C} = \frac{45}{16} = 2,813 \text{ kN}$
 $D_{máx,col} = 1,688 + \sqrt{15,325^2 - 2,813^2} = 16,752 \text{ kN}$
- Travesaño, debido al corte: $D_{Q,T} = \frac{36,479}{16} = 2,280 \text{ kN}$
- Travesaño, debido a la fuerza axial: $D_{N,T} = \frac{37,727}{16} = 2,358 \text{ kN}$
 $D_{máx,trav} = 2,280 + \sqrt{15,325^2 - 2,358^2} = 17,422 \text{ kN cíclico}$

De Tabla A.1 Anexo A, para 1 par de conectores D75 la capacidad de diseño para sollicitación normal a la fibra $D_{dis} = 1,25 * 2 * 8 = 20,0 \text{ kN} > D_{máx, trav}$

Verificación corte

- En la columna $Q_{Col} = \frac{95,625}{0,39 * \pi} - \frac{27}{2} = 64,547 \text{ kN}$
 $f_{c,z,col} = \frac{1,5 * 64,547}{2 * 90 * 950} = 0,57 \text{ MPa} < F_{c,z,dis} = 1,25 * 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$
- En el travesaño $Q_{trav} = \frac{95,625}{0,39 * \pi} = \frac{36,479}{2} = 59,808 \text{ kN}$
 $f_{c,z,trav} = \frac{1,5 * 59,808}{185 * 988} = 0,49 \text{ MPa} < F_{c,z,dis} = 1,25 * 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$

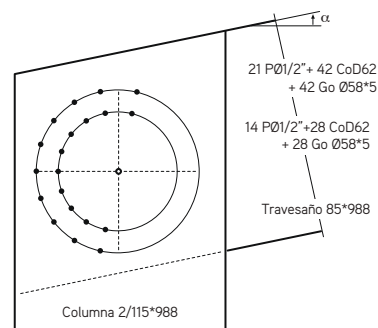


Figura 15

Ejemplo 2

Se diseñará la unión con conectores esquematizada en la Figura 15. Columna: 2/115 * var (550 a 988 mm); travesaño: 185 * var (300 a 988 mm) Sujesores: Conectores D62 fijados con pernos Ø1/2" y golillas Ø58*5 mm.

De Tabla A.1 Anexo A, para conectores D62,

$$S_p = S_{bc,p} = 120 \text{ mm}; S_n = 70 \text{ mm}; S_{bd,n} = 60 \text{ mm}$$

$$M = 120 \text{ kNm}; Q_C = 43,2 \text{ kN} \quad N_C = 52,2 \text{ kN} \quad K_D = 1,25 \quad \alpha = 20^\circ$$

$$N_T = (52,2) * \text{sen}(20^\circ) + (43,2) * \text{cos}(20^\circ) = 58,5 \text{ kN}$$

$$Q_T = (43,2) * \text{sen}(20^\circ) - (52,2) * \text{cos}(20^\circ) = 34,2 \text{ kN}$$

$$r_{1,máx} = (h_c - S_p - S_n) / 2 = (988 - 120 - 60) / 2 = 404 \text{ mm} \rightarrow r_1 = 400 \text{ mm}$$

$$r_2 = r_1 - S_p = 400 - 120 = 280 \text{ mm}$$

Cantidad máxima de unidades de sujeción posibles de disponer a lo largo de los círculos:

$$n_1 = \frac{\pi * 2 r_1}{S_p} = \frac{\pi * 800}{120} = 20,9 \rightarrow 20$$

$$n_2 = \frac{\pi * 2 r_2}{S_p} = \frac{\pi * 560}{120} = 14,7 \rightarrow 14$$

Solicitud sobre un par de conectores

$$D_M = 120 * \frac{0,40}{20 * 0,40^2 + 14 * 0,28^2} = 11,169 \text{ kN}$$

• En el travesaño:

$$D_{NT} = \frac{52,2}{20 + 14} = 1,721 \text{ kN} \quad D_{NT} = \frac{52,2}{20 + 14} = 1,006 \text{ kN}$$

$$D_{m\acute{a}x, trav} = 1,006 + \sqrt{11,169^2 - 1,625^2} = 12,042 \text{ kN}$$

• En la columna:

$$D_{NC} = \frac{52,2}{20 + 14} = 1,535 \text{ kN} \quad D_{QC} = \frac{43,2}{20 + 14} = 1,271 \text{ kN}$$

$$D_{m\acute{a}x, col} = 1,271 + \sqrt{11,169^2 - 1,535^2} = 12,334 \text{ kN}$$

De Tabla A.1 Anexo A, $N_{1n} = 6,0 \text{ kN}$.

Por tratarse de una unión con doble círculo, para 1 par de conectores D62 la capacidad de carga de diseño de una unidad asciende a

$$D_{dis} = 125 * 0,85 * 2 * 6,00 = 12 \text{ kN} > 12,334 \text{ kN}$$

Esfuerzo de corte • Travesaño $Q_M = \frac{M}{\pi} * \frac{20 * 0,40 + 14 * 0,28}{20 * 0,40^2 + 14 * 0,28^2} = 105,9 \text{ kN}$

$$Q_{trav} = 105,9 - \frac{34,2}{2} = 88,845 \text{ kN}$$

$$f_{ciz, trav} = \frac{1,5 * 88,845}{185 * 988} = 0,73 \text{ MPa} < F_{ciz, dis} = 1,25 * 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$$

• Columna $Q_{col} = 105,9 - \frac{43,2}{2} = 83,345 \text{ kN}$

$$f_{ciz, col} = \frac{1,5 * 83,345}{2 * 185 * 988} = 0,56 \text{ MPa} < F_{ciz, dis} = 1,25 * 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$$

3.1 Uniones de alero rígidas en marcos

Diseño del refuerzo de esquina

$$N_R = \frac{I}{12} * 20 * 9,71 = 16,18 \text{ kN}$$

Se considera el uso de tornillos roscados WT - T - 6,5 * 160 cuyo desarrollo de en zonas roscadas de vástago zona roscada en especies coníferas es

$$P_{ed,ad} = 6 * S_g * D * 10^{-3} = 6 * 65 * 6,5 * 10^{-3} = 2,54 \text{ kN}$$

Se disponen 8 tornillos (ver figura 16).

$$N_{dis} = 8 * 2,54 = 20,3 \text{ kN} > 16,18 \text{ kN}$$

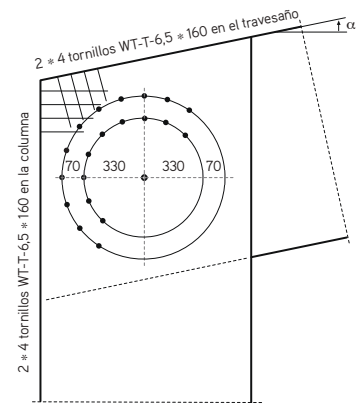


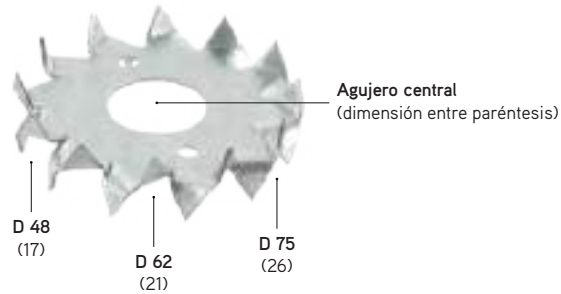
Figura 16:
Detalle de refuerzo de unión.

3.2

Anexo A

3.2.1 Conectores de hincas bilaterales Tipo C (Norma DIN 1052)

Conector redondo



Conector redondo doble



Conector cuadrado

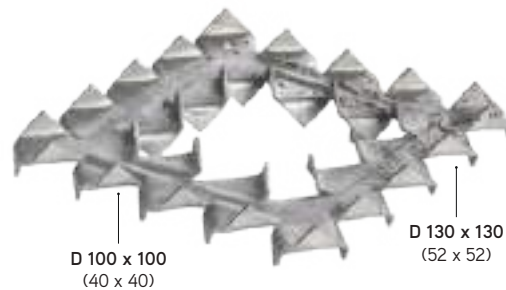


TABLA A1 - CARACTERÍSTICAS BÁSICAS

Tipo de conector	Diámetro exterior	Dimensiones transversales mínimas de maderos ante una disposición unilineal de conectores y una desviación fuerza-fibra θ		Espaciamiento mínimo		Carga admisible	
		$0^\circ \leq \theta \leq 30^\circ$	$30^\circ < \theta \leq 90^\circ$	Según la fibra	Normal a la fibra	Paralela a la fibra	Normal a la fibra
	D	h/b	h/b	$S_p = S_{bc}$	S_n	N_{1p}	N_{1n}
	mm	mm/mm	mm/mm	mm	mm	kN	kN
Circular	48	100 / 40	100 / 40	120	55	5,0	4,0
		ó 80 / 60					
	62	100 / 40	100 / 40		70	7,0	6,0
		ó 90 / 60					
75	100 / 50	120 / 50	140	85	9,0	8,0	
95	120 / 50	140 / 50	140	110	12,0	10,5	



Catálogos Técnicos

- 1 - Terminación y Mantenimiento
- 2 - Comportamiento al Fuego
- 3 - Herrajes

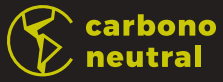
Contribuimos a mejorar la vida de las personas, desarrollando productos forestales para los desafíos de un mundo sostenible.



**carbono
neutral**

arauco

www.arauco.com



arauco

www.arauco.com

3
MADERA LAMINADA
Herrajes *Catálogo Técnico*