



HILAM

Folleto Técnico

4

Herrajes y Uniones



ARAUCO

4.1 Uniones empernadas estructurales en apoyos de vigas Hilam

Las tablas de selección de uniones para el diseño de los apoyos en los extremos de las vigas definen las capacidades resistentes para la fijación de vigas estándar HILAM que se apoyan contra una viga maestra o contra un muro, utilizando un par de ángulos de acero como herrajes, y pernos de acero como medio de unión.

La primera situación se presenta cuando el conjunto de vigas (receptoras y soportadas) constituye el bastidor de un sistema de diafragmas estructurales, por lo que se requiere de un plano de apoyo único para la cubierta. Esto resulta habitual en sistemas de piso y en techos de naves en los que las costaneras se apoyan contra los marcos principales. Las vigas HILAM se pueden anclar también contra cadenas o dinteles en muros de albañilerías o de hormigón armado.

La disposición de vigas secundarias adosadas contra una viga principal constituye, por de pronto, un elemento de estabilidad lateral óptimo para la viga receptora, la que puede desarrollar su potencial resistente completo sin riesgos de experimentar un volcamiento lateral prematuro.

En la figura 1 se esquematizan las dos posibilidades de apoyo mencionadas, considerando un caso que requiere la disposición de dos pernos para el traspaso de la reacción de apoyo al herraje. Cada ángulo se fija a su vez mediante dos pernos a la viga maestra o al hormigón. Se asume que el espesor de la viga receptora no es menor que el espesor de la viga apoyada.

En Tablas 1 y 2, que consideran apoyos de vigas de techo y de piso, respectivamente, se indican las capacidades de carga de diseño de las fijaciones de vigas descritas, expresadas en N, cuando se utilizan pernos de acero corrientes, según NCh300, de diámetros $\varnothing 1/2"$, $\varnothing 5/8"$, $\varnothing 3/4"$, $\varnothing 7/8"$ y $\varnothing 1"$. Cuando la cabeza de los pernos o las tuercas queden en contacto con la superficie de la madera se deberán disponer, entre la cabeza o la tuerca y la madera, arandelas de las dimensiones indicadas en la Tabla 6.

Las tablas se han organizado de forma de caracterizar los apoyos de la serie completa de vigas HILAM. Para cada calibre de perno se ha considerado la disposición de 1, 2 y 3 unidades alineadas verticalmente, lo que permite ofrecer una amplia gama de soluciones. Para cumplir con las especificaciones de la norma NCh 1198, la calidad del acero de los pernos debe corresponder al menos a la designación A36-24, esto es, debe garantizar una tensión de fluencia de al menos 240 MPa. Para los herrajes la correspondiente calidad mínima de acero es A 37-24 ES.

Como criterios generales de estructuración, en la estimación de las capacidades de carga se ha considerado:

- Altura efectiva de apoyo lateral brindado por el herraje sobre la viga, no inferior a los dos tercios de la altura de viga.
- Herrajes de espesor de 5 mm para pernos de diámetro $\varnothing 1/2"$, $\varnothing 5/8"$, y de espesor 6 mm para pernos de diámetro $\varnothing 3/4"$, $\varnothing 7/8"$ y $\varnothing 1"$.
- Espaciamiento de pernos al extremo de viga, medido según la dirección de la fibra de al menos 7 diámetros del vástago del perno.

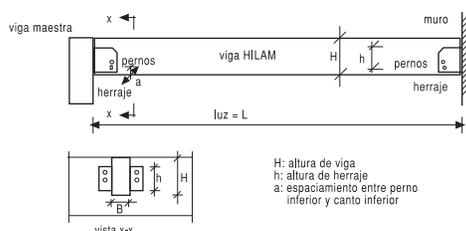


Figura 1:
Apoyos de vigas contra
maestra o pared.

- Espaciamiento de pernos a los cantos de las vigas, medido normal a la dirección de la fibra no inferior a:
 - 40 mm para pernos $\varnothing 1/2"$,
 - 50 mm para pernos $\varnothing 5/8"$,
 - 60 mm para pernos $\varnothing 3/4"$,
 - 70 mm para pernos de $\varnothing 7/8"$ y
 - 80 mm para pernos $\varnothing 1"$
 - Espaciamiento entre pernos, medido normal a la dirección de la fibra no inferior a
 - 65 mm para pernos $\varnothing 1/2"$,
 - 75 mm para pernos $\varnothing 5/8"$,
 - 85 mm para pernos $\varnothing 3/4"$,
 - 95 mm para pernos para pernos $\varnothing 7/8"$ y
 - 115 mm para pernos $\varnothing 1"$
- Estas separaciones permiten a su vez la colocación de las arandelas, cuando se deba evitar que la cabeza del perno o la tuerca queden en contacto con la superficie de la madera.
- Gramiles de borde cargado no inferiores a 1,5 diámetros de perno en los herrajes de acero.
 - Capacidades de carga de pernos estimadas según sección 10.5 de la Norma NCh 1198. OF 91 modificada en 2006.
 - Capacidades admisibles de esfuerzo de corte, en la sección transversal efectiva de la viga correspondiente al plano de disposición del o de los pernos, calculadas considerando como altura efectiva la distancia desde el eje del perno inferior al borde superior de la viga, y aplicando el factor de modificación por rebaje recto inferior indicado en Tabla 11 del Apartado 8.2.3 de la norma NCh 1198.
 - Factor de modificación por duración de carga $KD = 1,00$ para el cálculo de la tensión de diseño de aplastamiento entre pernos y madera, y la tensión de diseño de cizalle en la madera, aplicables sobre apoyos de vigas de piso.
 - Factor de modificación por duración de carga $KD = 1,25$ para el cálculo de la tensión de diseño de aplastamiento entre pernos y madera, y la tensión de diseño de cizalle en la madera, aplicables sobre apoyos de vigas de techo.

Tabla 1

Herrajes y uniones

Apoyos mediante herrajes empernados para vigas de piso

Sección	Diámetro perno (pulgadas)															
	Ø 1/2"			Ø 5/8"			Ø 3/4"			Ø 7/8"			Ø 1"			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
	Cantidad de pernos															
	Capacidad admisible de carga unión (N)															
mmxmm	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1
42x186	1.994	2.771	3.937	2.229	2.239	2.239	1.781	1.781	1.781	1.390	1.390	1.390	1.060	1.060	1.060	1.060
42x228	1.994	3.937	3.937	2.229	2.229	3.341	2.439	2.439	2.809	2.337	2.337	2.337	1.921	1.921	1.921	1.921
42x266	1.994	3.988	5.025	2.229	2.229	4.387	2.439	2.439	3.805	2.636	3.278	3.278	2.801	2.801	2.801	2.801
65x228	3.086	6.093	6.093	3.450	3.450	5.171	3.774	4.348	4.348	4.080	3.617	3.617	2.973	2.973	2.973	2.973
65x266	3.086	6.171	7.776	3.450	3.450	6.789	3.774	5.889	5.889	4.080	5.072	5.072	4.335	4.335	4.335	4.335
65x304	3.086	6.171	9.257	3.450	3.450	6.900	3.774	7.493	7.493	4.080	6.609	6.609	4.364	4.364	4.364	4.364
90x342	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	12.654	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
90x380	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	14.977	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
90x418	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	15.677	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
90x456	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	15.677	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
90x494	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	15.677	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
90x532	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	15.677	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
90x570	3.893	7.767	11.650	4.777	4.777	9.553	5.226	10.451	15.677	5.649	11.297	11.297	6.042	6.042	6.042	6.042
115x456	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x454	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x532	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x570	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x608	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x646	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x684	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x722	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
115x760	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	6.677	13.355	20.032	7.218	14.435	14.435	7.720	7.720	7.720	7.720
138x684	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x722	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x760	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x798	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x836	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x874	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x912	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x950	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
138x988	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	8.661	17.322	17.322	9.264	9.264	9.264	9.264
185x950	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	10.227	20.454	20.454	12.420	12.420	12.420	12.420
185x988	3.893	7.767	11.650	5.711	5.711	11.421	7.578	15.157	22.735	10.227	20.454	20.454	12.420	12.420	12.420	12.420

Tabla 2

Herrajes y uniones

Apoyos mediante herrajes empernados para vigas de techo

Sección	Diámetro perno (pulgadas)																	
	Ø 1/2"			Ø 5/8"			Ø 3/4"			Ø 7/8"			Ø 1"					
	Cantidad de pernos																	
	Capacidad admisible de carga unión (N)																	
mmxmm	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
42x186	2.492	3.463		2.786	2.799		2.226	2.226		1.737	1.737		1.325					
42x228	2.492	4.921	4.921	2.786	4.177		3.048	3.512		2.921	2.921		2.401					
42x266	2.492	4.984	6.281	2.786	5.484	5.484	3.048	4.757		3.295	4.097		3.501	3.501				
65x228	3.857	7.616	7.616	4.312	6.464		4.718	5.435		5.099	4.521		3.716					
65x266	3.857	7.714	9.720	4.312	8.486	8.486	4.718	7.361		5.099	6.341		5.419	5.419				
65x304	3.857	7.714	11.571	4.312	8.625	10.565	4.718	9.366	9.366	5.099	8.261		5.455	7.246				
90x342	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.561	6.532	13.064	15.818	7.061	14.122	14.194	7.553	12.685				
90x380	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.912	6.532	13.064	18.721	7.061	14.122	17.020	7.553	15.105	15.426			
90x418	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.912	6.532	13.064	19.596	7.061	14.122	19.899	7.553	15.105	18.233			
90x456	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.912	6.532	13.064	19.596	7.061	14.122	21.182	7.553	15.105	21.091			
90x494	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.912	6.532	13.064	19.596	7.061	14.122	21.182	7.553	15.105	22.658			
90x532	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.912	6.532	13.064	19.596	7.061	14.122	21.182	7.553	15.105	22.658			
90x570	4.854	9.709	14.563	5.971	11.942	17.912	6.532	13.064	19.596	7.061	14.122	21.182	7.553	15.105	22.658			
115x456	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	26.949			
115x454	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x532	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x570	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x608	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x646	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x684	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x722	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
115x760	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	8.347	16.693	25.040	9.022	18.044	27.066	9.650	19.301	28.951			
138x684	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x722	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x760	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x798	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x836	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x874	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x912	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x950	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
138x988	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	10.827	21.653	32.480	11.581	23.161	34.742			
165x950	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	12.783	25.567	38.350	15.525	31.049	46.574			
165x988	4.854	9.709	14.563	7.138	14.277	21.415	9.473	18.946	28.419	12.783	25.567	38.350	15.525	31.049	46.574			

Información de Tablas 1 y 2.

Las Tablas 1 y 2 se organizan en 16 columnas cuyo contenido se describe en lo siguiente:

Columna 1: Indica las dimensiones transversales de la viga HILAM, en mm*mm.

Columnas 2 a 16: Indican la reacción de apoyo máxima condicionada por la unión empernada, valor que no puede sobrepasar el correspondiente a la capacidad de carga de diseño por corte condicionada por la altura útil de viga en N. Para cada diámetro de perno se distingue entre uniones con uno, dos y tres pernos alineados verticalmente, respectivamente.

Los espacios en blanco individualizan situaciones en las que la altura de la viga resulta insuficiente para disponer los pernos sin contravenir las exigencias de espaciamientos mínimos para los pernos, tanto con respecto a los bordes, como entre sí.

Dimensiones mínimas de vigas y herrajes

Cuando en la unión se considera la disposición de 2 o 3 pernos alineados verticalmente, el respeto de los espaciamientos mínimos entre pernos vecinos medido normal a la dirección de la fibra consignados en Tabla 4, exige una altura de viga no inferior a los correspondientes valores indicados en Tabla 3.

En la columna 4 de esta última tabla se indica además el espaciamiento mínimo que se debe respetar desde el eje del perno inferior al borde inferior de la viga, distancia que condiciona la posición de los herrajes con respecto a la ubicación de las vigas (ver designaciones geométricas en Figura 1).

Tabla 3 Alturas mínimas de vigas Hilam para uniones con más de un perno			
1	2	3	4
Calibre pernos	Altura mínima, H para 2 pernos	Altura mínima, H para 3 pernos	Espaciamiento mínimo de pernos al borde inferior, a
mm	mm	mm	mm
P Ø 1/2"	186	266	40
P Ø 5/8"	186	266	50
P Ø 3/4"	228	304	60
P Ø 7/8"	228	342	70
P Ø 1"	266	380	80

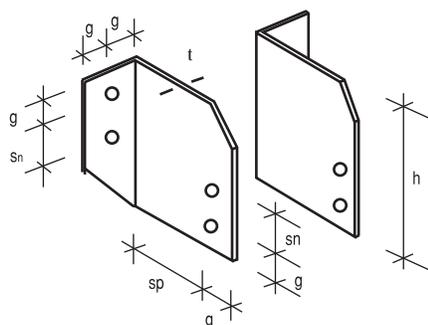


Figura 2: Designación de espaciamientos y gramiles.

Las tablas 4 y 5 presentan información que permite dimensionar los herrajes. Las designaciones geométricas de los espaciamientos y gramiles indicadas en Tabla 4 se encuentran esquematizada en las Figuras 1 y 2.

La altura "h" del herraje se determina considerando el mayor valor que resulta de comparar las exigencias de gramil y espaciamiento mínimo requerido para los pernos y la exigencia de cubrir al menos los dos tercios de la altura de la viga apoyada.

El largo de perno requerido se estima como la suma del espesor de la viga, los espesores de los herrajes, los espesores de las arandela de ajuste (en caso de requerirse) entre la cabeza del perno y la tuerca con la superficie de los herrajes y un margen adicional por concepto de la altura de tuerca y de la punta del perno, redondeado hasta el largo comercial inmediatamente superior.

En Tabla 6 se indican las características geométricas de pernos y tuercas ajustadas a las dimensiones recomendadas en la norma DIN 7999. En la última columna de la tabla se indica el incremento de largo recomendado para cubrir adecuadamente el anteriormente mencionado espacio requerido para la adecuada colocación de la tuerca.

En la Figura 3 se indican las designaciones geométricas de un perno de acero corriente.

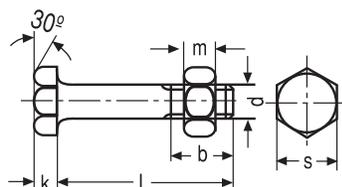


Figura 3: Designaciones geométricas pernos.

Tabla 4 Condicionantes geométricas herrajes de fijación							
1	2	3	4	5	6	7	8
herraje							
Diámetro perno	S _p	S _n	g	t	Altura mínima, h para disposición de 2 pernos	Altura mínima, h Para disposición de 3 pernos	Largo mínimo
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
Ø 1/2"	90	65	25	4	115	180	115
Ø 5/8"	115	75	30	5	135	210	150
Ø 3/4"	135	85	30	6	145	230	170
Ø 7/8"	155	95	35	6	165	260	195
Ø 1"	180	115	40	6	195	310	220

Tabla 5 Altura recomendada de herrajes	
1	2
Altura de viga HILAM	Altura recomendada de herraje
H	h
mm	mm
186 mm	130
228 a 266 mm	180
304 a 342 mm	230
380 a 418 mm	280
456 a 494 mm	330
532 a 570 mm	380
608 a 646 mm	435
684 a 722 mm	485
760 a 798 mm	535
836 a 874 mm	585
912 a 988 mm	660

Tabla 6 Características geométricas de pernos, tuercas y arandelas

1 Diámetro d Pulgada	2 Espesor cabeza k mm	3 Espesor tuerca m mm	4 Ancho tuerca s mm	5 Largo zona roscada b			8 Diámetro arandela Ø mm	9 Espesor arandela t mm	10 Largo adicional ΔL mm
				L ≤ 5"	5" < L ≤ 8"	L > 8"			
				mm	mm	mm			
Ø 1/2	8	10	19	30	36	55	58	5	20
Ø 5/8	10	13	24	38	44	57	68	6	20
Ø 3/4	12	16	30	44	50	63	80	8	25
Ø 7/8	14	18	32	50	56	70	90	8	25
Ø 1	15	19	36	57	63	70	105	8	25

Fijación de herrajes a viga receptora o a muro

La fijación de los herrajes a la viga receptora o al muro se materializa con la doble cantidad de pernos, del mismo diámetro de los utilizados para apoyar la viga apoyada, dispuestos verticalmente y de a mitades en cada herraje. Se debe controlar que el espesor de la viga maestra no sea menor que el de las vigas apoyadas.

Cuando la viga receptora no reciba vigas desde el lado opuesto, entre la cabeza del perno o la tuerca y la superficie de la madera se deberán disponer golillas redondas de acero de dimensiones no inferiores a las indicadas en las columnas 6 y 7 de Tabla 6.

Guía de uso de las Tablas

1. La utilización de las tablas 1 y 2 requiere de una selección previa del tamaño de viga HILAM que permite cumplir adecuadamente la función estructural de viga de piso o de techo que se debe construir. Se recurre para estos efectos a la Tabla 3 del Capítulo 1 para vigas de piso y a las Tablas 4 a 9 del mismo (Capítulo 1: Productos Hilam Estándar), para vigas de techo.
2. Considerando las cargas de peso propio y las sobrecargas de servicio, se calcula la reacción de apoyo que se debe traspasar en la unión.
3. En el caso de vigas de piso corresponde usar la Tabla 1, mientras que para vigas de techo se debe usar Tabla 2.
4. Usando la línea correspondiente al tamaño de viga HILAM seleccionado se procede a seleccionar la combinación de calibre y cantidad de pernos más económica que condiciona una capacidad resistente no inferior a la reacción de apoyo calculada.
5. Las dimensiones de los herrajes se determinan usando la información de Tabla 4 relativa a gramiles, espesor y de Tabla 5 relativa a la altura recomendada, que no puede resultar inferior a la altura mínima establecida en Tabla 3.

Ejemplo 1

Un sistema de techo de pendiente 5% con cubierta pesada (peso propio 1,2 kN/m²) consiste de vigas dispuestas cada 2,40 m que cubren una luz de 6,00 m. Seleccionar la viga HILAM mas económica y diseñar la unión de apoyo.

Solución

Selección de viga

Por tratarse de un techo con pendiente 5%, de Tabla 4, para peso de techo 120 kN/m² y separación entre elementos d=2,40 m, por inspección, se aprecia que la sección mas económica es la HILAM 90x418 mm, cuya luz admisible = 6,31 m excede la luz efectiva.

Diseño unión de apoyo

Cálculo de la reacción basal.

$$V = 0,5 \cdot (q_{pp} + sc) \cdot d \cdot L$$

Con V , reacción basal, en kN

q_{pp} , peso propio del sistema de techo, en kN/m²

sc , sobrecarga normativa, en kN/m². Para una inclinación de techo 5%, y un área tributaria $A_{trib} = 6 \cdot 2,4 = 15,36 \text{ m}^2$, la norma NCh 1537 específica una sobrecarga de servicio

$sc = 0,88 \text{ kN/m}^2$, aplicada sobre un plano de proyección horizontal

d , separación entre ejes de vigas, en m, y

L , luz, en m.

Sustituyendo por los valores correspondientes al caso analizado, resulta

$$V = 0,5 \cdot \{1,20 + 0,88 \cdot \cos(2,86)\} \cdot 2,40 \cdot 6,00 = 14,968 \text{ kN} \approx 15,0 \text{ kN}$$

De Tabla 2

Para HILAM 90*418 mm, las opciones mas económicas son

a. 3 PØ 5/8" ($V_{dis} = 17.912 \text{ N}$ Tabla 3 \Rightarrow altura mínima viga: 266 mm < $H_{ef} = 418 \text{ mm}$)

b. 2PØ 1" ($V_{dis} = 15.105 \text{ N}$ Tabla 3 \Rightarrow altura mínima viga: 228 mm < $H_{ef} = 418 \text{ mm}$)

Para una altura de viga de 418 mm, de acuerdo con Tabla 5 la altura de los herrajes es 280 mm. De acuerdo con la Tabla 4 la disposición de 3 PØ5/8" exige una altura de herraje no inferior a $2 \cdot S_n + 2 \cdot g = 2 \cdot 75 + 2 \cdot 30 = 210 \text{ mm}$ valor menos exigente que el anterior, a la vez que la disposición de 2PØ1" requiere de una altura de al menos 195 mm, que resulta aún menor.

El diseño y posicionamiento del herraje se debe llevar a cabo considerando las exigencias dimensionales de Tabla 4.

Los largos de perno requeridos son:

Para fijar la viga a los herrajes

$$PØ 5/8'' \quad L_{req} = b_{viga} + 2 t_{herraje} + \Delta L = 90 + 2 \cdot 5 + 25 = 125 \text{ mm} \Rightarrow L = 5''$$

$$PØ 7/8'' \quad L_{req} = 90 + 2 \cdot 6 + 25 = 131 \text{ mm} \Rightarrow L = 6''$$

Para fijar los herrajes a la viga receptora (se asumirá para esta última un espesor 110 mm)

$$PØ 5/8'' \quad L_{req} = b_{viga} + t_{herraje} + t_{golilla} + \Delta L = 110 + 5 + 6 + 25 = 146 \text{ mm} \Rightarrow L = 6''$$

$$PØ 7/8'' \quad L_{req} = 110 + 6 + 8 + 25 = 149 \text{ mm} \Rightarrow L = 6''$$



El posicionamiento de las perforaciones para la colocación de los pernos en los herrajes debe respetar al menos los gramiles s_p , s_n , y g requeridos para el uso de pernos $\varnothing 5/8"$ o pernos $\varnothing 7/8"$, según lo indicado en Tabla 4. El espesor mínimo de las planchas también depende del diámetro de perno. La ubicación de los pernos en la madera se regula por medio del parámetro "a" definido en la Columna 4 de Tabla 3.

La fijación a la viga receptora se materializa con la doble cantidad de pernos, dispuestos verticalmente y de a mitades en cada herraje. Las golillas correspondientes a los pernos son, de acuerdo con Tabla 6, $\varnothing 68 \times 6$ mm para pernos $P \varnothing 5/8"$ y $\varnothing 90 \times 8$ mm para pernos $\varnothing 7/8"$.

La solución para ambas opciones se indica en las figuras 4 y 5.

En caso de fijarse a un elemento de hormigón armado el anclaje se materializa mediante 2+2 pernos químicos Simpson Acrylic-Tie, Hilti o similares, debiendo verificarse una capacidad resistente al corte de al menos 15.000 N.

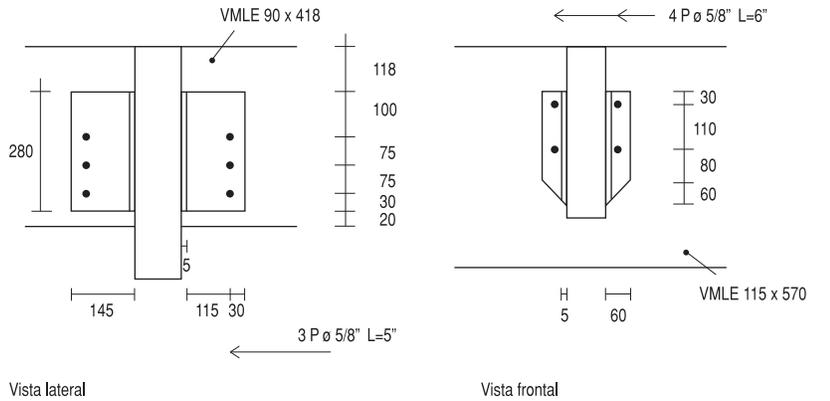


Figura 4:
Unión con pernos $\varnothing 5/8"$

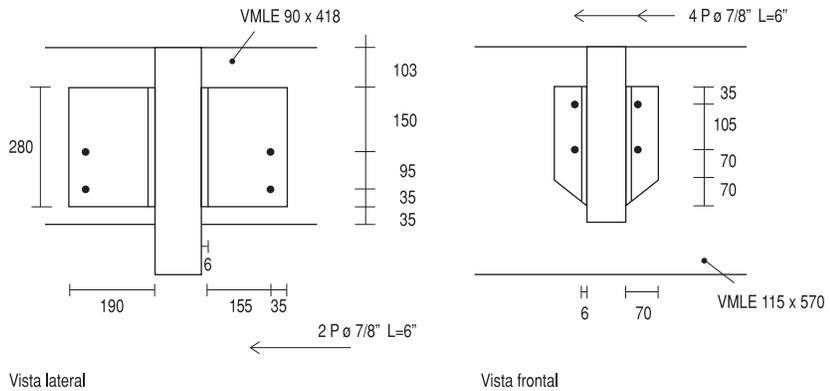


Figura 5:
Unión con pernos $\varnothing 7/8"$

4.2 Uniones con conectores de hinca unilaterales Tipo C (Norma DIN 1052) en apoyos de vigas Hilam

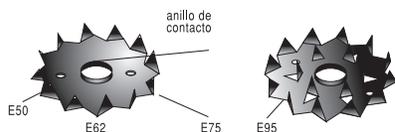


Figura 1:
Conectores de hinca Tipo C
(DIN 1052)

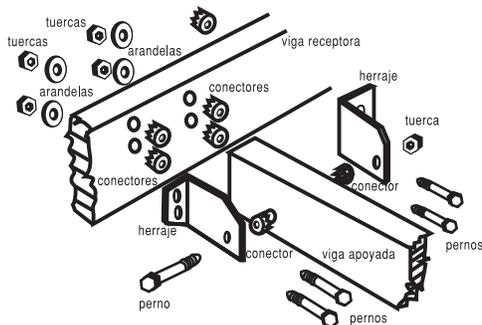


Figura 2:
Disposición constructiva de
una unión de apoyo con
herrajes y conectores.

Los conectores de hinca unilaterales Tipo C, como se les ha designado en la norma alemana para el cálculo de estructuras de madera, DIN 1052, se pueden emplear ventajosamente en todas las construcciones de madera en las que se utilice pernos. Los dientes del conector, una vez hincados en la madera, quedan distribuidos sobre una amplia superficie, lo que les permite resistir fuerzas de tracción y/o compresión de considerable intensidad en las uniones y empalmes de piezas de madera.

El anillo de contacto que rodea el agujero central incorporado en la base de los conectores materializa una unión de contacto con el vástago del perno, el que funciona solicitado a esfuerzo de corte sin aplastar, en una primera etapa, las paredes del agujero en la madera. Esto explica el muy superior comportamiento estructural de estas uniones, en comparación con las uniones empernadas puras, donde el perno se ve forzado a trabajar en flexión, aplastando directamente las paredes de los agujeros en la madera y experimentando deformaciones considerablemente mayores. Se fabrican en diversos calibres y permiten traspasar solicitaciones, tanto de madera a madera, como también de madera a herrajes de acero u hormigón. El diseño de las uniones de maderas con conectores de hinca Tipo C se lleva a cabo de acuerdo con las prácticas habituales de cálculo, esto es, respetando las capacidades admisibles de carga correspondientes al calibre utilizado y posicionando los conectores sobre los maderos sin contravenir las exigencias relativas a espaciamientos mínimos entre conectores y a los bordes de las piezas de madera.

Las capacidades admisibles básicas de carga en uniones de este tipo han sido corroboradas por medio de dos programas experimentales desarrollados con madera aserrada de Pino radiata en la Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, el año 1977 y en el Instituto Forestal el año 1990. Estas capacidades reflejan al menos un factor de seguridad 3 con respecto a la carga requerida para inducir un corrimiento relativo entre maderos de 10 mm en el ensayo de doce ciclos carga-descarga, que se exigía en la antigua norma DIN E 4110 Parte 8.

Los valores admisibles pueden extrapolarse con un margen adicional de seguridad a uniones de madera laminada encolada. Para mayores antecedentes se sugiere la lectura de la memoria de titulación para optar al título de ingeniero civil de don José M. García, "Estudio comparativo de un diseño tipificado de cercha estructural para galpones de madera", Escuela de Ingeniería de la Universidad de Chile, Santiago, 1978.

La colocación de los conectores de hinca Tipo C requiere la perforación previa del agujero para los pernos requeridos en la unión. La hinca de los dientes del conector en la madera se logra, en la mayoría de los casos, por medio del simple apriete del perno. Se recomienda rebajar la superficie de la madera antes de colocar los conectores de manera que después de hincados no sobresalgan de la superficie de la madera, evitándose de esta forma una separación entre la viga y los herrajes. La profundidad de rebaje debe ascender aproximadamente al espesor del conector. La hinca se puede simplificar utilizando un martillo pesado y una pieza corta de madera de escuadría suficiente para cubrir la superficie del conector y que evita el impacto entre martillo y conector, generando una presión suficiente para permitir el anclaje del conector en la madera.

El que en las uniones con conectores de hinca unilaterales las fuerzas se transmitan a los pernos por medio del anillo central de la placa basal exige que el agujero central de los conectores unilaterales calce exactamente con el diámetro del perno. La transmisión de fuerzas desde y hacia los maderos se realiza por medio del entendado.

4.2.1 Información relativa al diseño directo de uniones de apoyo de vigas HILAM

Las tablas de selección de uniones con conectores Tipo C (Norma DIN 1052) para el diseño de los apoyos en los extremos de las vigas definen las capacidades resistentes para la fijación de vigas estándar HILAM que se apoyan contra una viga maestra o contra un muro, utilizando un par de ángulos de acero como herrajes, y conectores de hincas con pernos de acero como medio de unión.

Rigen aquí las mismas consideraciones generales establecidas para las uniones con herrajes y pernos.

En Tablas 7 y 8, que consideran apoyos de vigas de techo y de piso, respectivamente, se indican las capacidades resistentes de las fijaciones de vigas descritas, expresadas en N, cuando se utilizan pares de conectores de hincas Tipo C, de los calibres E50, E62, E75 y E95. Los dos primeros requieren la colocación de pernos de acero estructural, según NCh 300, de diámetro $\varnothing 1/2"$, mientras que para los dos últimos el calibre de perno requerido es $\varnothing 5/8"$. Cuando la cabeza de los pernos o las tuercas queden en contacto con la superficie de la madera se deberán disponer entre la cabeza o la tuerca y la madera arandelas de las dimensiones indicadas en la Tabla 12.

Las tablas se han organizado de forma de caracterizar los apoyos de la serie completa de vigas HILAM. Para cada calibre de conector se ha considerado la disposición de 1, 2 y 3 pares de unidades alineadas verticalmente.

Como criterios generales de estructuración en la estimación de las capacidades de carga se ha considerado:

- Altura efectiva de apoyo lateral brindado por el herraje sobre la viga, no inferior a los dos tercios de la altura de viga.
- Espesores de herraje de 5 y 6 mm para conectores de calibre E50, E62 y E75, E95, respectivamente.
- Espaciamiento de pernos al extremo de viga, medido según la dirección de la fibra de al menos 120 y 140 mm para conectores de calibre E50, E62 y E75, E95, respectivamente.
- Espaciamiento de pernos a los cantos de las vigas, medido normal a la dirección de la fibra no inferior a 50, 55, 60 y 70 mm para conectores de calibre E50, E62, E75 y E95, respectivamente.
- Espaciamiento entre pernos, medido normal a la dirección de la fibra no inferior a 60 mm, para conectores E50, 70 mm para conectores E62, 85 mm para conectores E75 y 110 mm para conectores E95. Estas separaciones permiten a su vez la colocación de las arandelas requeridas, cuando se deba evitar que la cabeza del perno o la tuerca queden en contacto con la superficie de la madera.
- Gramiles de borde no inferiores a 1,5 diámetros de perno en los herrajes de acero.
- Capacidades de carga de conectores estimadas según ensayos desarrollados por el DIC de la FFCCFF y MM de la U. De Chile y por el Instituto Forestal.
- Capacidades admisibles de esfuerzo de corte, en la sección transversal efectiva de la viga correspondiente al plano de colocación del perno o de los pernos y los conectores, calculadas considerando como altura efectiva la distancia desde el borde inferior del conector inferior al borde superior de la viga, y aplicando el factor de modificación por rebaje recto inferior indicado en Tabla 11 del Apartado 8.2.3.5 de la norma NCh 1198, Of 1991 modificada en 2006.
- Factor de modificación por duración de carga $KD = 1,00$ para el cálculo de la carga de diseño de los conectores, y la tensión de diseño de cizalle en la madera, aplicables sobre apoyos de vigas de piso.
- Factor de modificación por duración de carga $KD = 1,25$ para el cálculo de la carga de diseño de los conectores, y la tensión de diseño de cizalle en la madera, aplicables sobre apoyos de vigas de techo.

Tabla 7

Herrajes y uniones

Apoyos mediante herrajes y conectores de presión para vigas de piso

Sección	Calibre conector												
	E50			E62			E75			E95			
	Cantidad (pares)			Cantidad (pares)			Cantidad (pares)			Cantidad (pares)			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
mmxmm													
42x186	3.175			3	1	2	3	3.891			1	2	3
42x228	4.956				5.030			5.142			3.891		
42x266	6.093				6.169			6.285			5.142		
65x228	7.671				7.785			7.958			6.285		
65x266	8.000	9.430			9.548			9.726			7.958		
65x304	8.000	11.202			11.322			11.505			9.726		
90x342	8.000	16.000			12.000	18.146		16.000	18.404		11.505		
90x380	8.000	16.000	17.975		12.000	20.622		16.000	20.884		18.404		
90x418	8.000	16.000	22.449		12.000	23.104		16.000	23.368		20.884		
90x456	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	25.590	16.000	25.857		21.000	23.368	
90x494	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	28.079	16.000	28.349		21.000	25.857	
90x532	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	30.571	16.000	30.843		21.000	28.349	
90x570	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	33.065	16.000	32.000	33.339	21.000	30.843	
115x456	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	32.698	16.000	32.000	33.040	21.000	33.339	
115x494	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	36.224	21.000	33.040	
115x532	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	39.410	21.000	36.224	
115x570	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	42.599	21.000	39.410	
115x608	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.599	
115x646	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	45.600	
115x684	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	45.600	
115x722	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	45.600	
115x760	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	45.600	
138x684	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	42.599
138x722	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	45.790
138x760	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	48.983
138x798	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	52.177
138x836	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	55.372
138x874	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	58.568
138x912	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	59.850
138x950	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	59.850
138x988	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	59.850
185x950	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	59.850
185x988	8.000	16.000	22.800		12.000	24.000	34.200	16.000	32.000	45.600	21.000	42.000	59.850

Tabla 8

Herrajes y uniones

Apoyos mediante herrajes y conectores de presión para vigas de techo

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
Calibre conector												
Sección	E48			E62			E75			E95		
	Cantidad (pares)			Cantidad (pares)			Cantidad (pares)			Cantidad (pares)		
mmxmm	1	2	3	1	2	3	1	2	3	1	2	3
42x186	4.644			4.731			4.864			4.864		
42x228	6.196			6.288			6.427			6.427		
42x266	7.616			7.712			7.856			7.856		
65x228	9.588			9.731			9.947			9.947		
65x266	10.000	11.787		11.935			12.158			12.158		
65x304	10.000	14.002		14.153			14.382			14.382		
90x342	10.000	20.000	22.469	15.000	22.682		20.000	23.005		23.005		
90x380	10.000	20.000	25.561	15.000	25.777		20.000	26.104		26.104		
90x418	10.000	20.000	28.500	15.000	28.880		20.000	29.211		26.250	29.211	
90x456	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	31.987	20.000	31.322		26.250	32.322	
90x494	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	35.099	20.000	35.436		26.250	35.436	
90x532	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	38.214	20.000	38.553		26.250	38.553	
90x570	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	41.332	20.000	40.000	41.673	26.250	41.673	
115x456	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	40.872	20.000	40.000	41.300	26.250	41.300	
115x494	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	45.279	26.250	45.279	
115x532	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	49.263	26.250	49.263	
115x570	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	53.249	26.250	53.249	53.249
115x608	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	57.238
115x646	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	61.228
115x684	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	65.221
115x722	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	69.215
115x760	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	73.210
138x684	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x722	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x760	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x798	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x836	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x874	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x912	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x950	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
138x988	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
185x950	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812
185x988	10.000	20.000	28.500	15.000	30.000	42.750	20.000	40.000	57.000	26.250	57.000	74.812

Información de Tablas 7 y 8.

Las tablas 7 y 8 se organizan en 13 columnas cuyo contenido se describe en lo siguiente:

Columna 1: Dimensiones transversales de la viga HILAM, en mm*mm.

Columnas 2 a 4: Reacción de apoyo máxima, expresada en N, de una unión con conectores E48 para una disposición de 1 par, 2 pares y 3 pares de conectores alineados verticalmente, respectivamente.

Columnas 5 a 7: Reacción de apoyo máxima, expresada en N, de una unión con conectores E62 para una disposición de 1 par, 2 pares y 3 pares de conectores alineados verticalmente, respectivamente.

Columnas 8 a 10: Reacción de apoyo máxima, expresada en N, de una unión con conectores E75 para una disposición de 1 par, 2 pares y 3 pares de conectores alineados verticalmente, respectivamente.

Columnas 11 a 13: Reacción de apoyo máxima, expresada en N, de una unión con conectores E95 para una disposición de 1 par, 2 pares y 3 pares de conectores alineados verticalmente, respectivamente.

En el rango inferior de las alturas de viga la capacidad de diseño de la reacción de apoyo puede quedar limitada por la tensión de diseño de cizalle condicionada por la altura de corte efectiva en la sección transversal crítica. En estos casos se recomienda verificar la posibilidad de usar una unión empernada simple.

4.2.2 Dimensiones mínimas de vigas y herrajes

Cuando en la unión se considera la disposición de 2 ó 3 pares de conectores alineados verticalmente, el respeto de los espaciamientos mínimos entre centros de conectores vecinos medido normal a la dirección de la fibra consignados en Tabla 10, exige una altura de viga no inferior a los correspondientes valores indicados en Tabla 9.

En la columna 6 de esta última tabla se indica además el espaciamiento mínimo que se debe respetar desde el eje del perno inferior al borde inferior de la viga, distancia que condiciona la posición de los herrajes con respecto a la ubicación de las vigas.

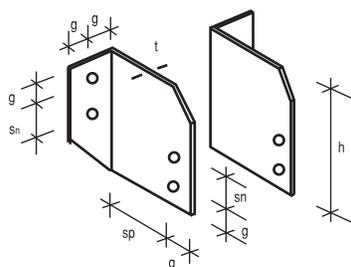


Figura 3: Designación de espaciamientos y gramiles.

Tabla 9 Dimensiones conectores y alturas mínimas de vigas Hilam para uniones materializadas con más de un par de conectores					
1	2	3	4	5	6
conector			Viga		
Calibre conector	Diámetro conector	Espesor base conector	Altura mínima, H para 2 pares de conectores	Altura mínima, H para 3 pares de conectores	a
	mm	mm	mm	mm	mm
E50	50	1	185	228	50
E62	62	1,2	185	266	55
E75	75	1,25	228	304	60
E95	95	1,35	266	380	70

Las tablas 10 y 11 presentan información que permite dimensionar los herrajes. Las designaciones geométricas de los espaciamientos y gramiles indicada en Tabla IV se encuentran esquematizada en la Figura 3.

La altura "h" del herraje se determina considerando el mayor valor que resulta de comparar las exigencias de gramil y espaciamiento mínimo requerido para la disposición de los conectores y la exigencia de cubrir al menos los dos tercios de la altura de la viga apoyada.

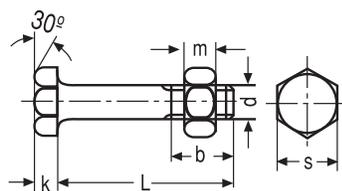


Figura 4: Designaciones geométricas pernos.

Tabla 10 Condicionantes geométricas herrajes de fijación									
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Diámetro perno	arandela		herraje						
	diámetro	espesor	S _p	S _n	g	t	Altura mínima, h para disposición de 2 pares de conectores	Altura mínima, h para disposición de 3 pares de conectores	Largo mínimo
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
E50	Ø 58	5	120	60	30	5	110	170	150
E62	Ø 58	5	120	70	35	5	120	190	150
E75	Ø 68	6	140	85	40	6	145	230	170
E95	Ø 68	6	140	110	50	6	170	280	170

Tabla 11 Altura recomendada por concepto de apoyo lateral	
1	2
Altura de viga HILAM	Altura recomendada de herraje
H	h
mm	mm
186 mm	130
228 a 266 mm	180
304 a 342 mm	230
380 a 418 mm	280
456 a 494 mm	330
532 a 570 mm	380
608 a 646 mm	435
684 a 722 mm	485
760 a 798 mm	535
836 a 874 mm	585
912 a 988 mm	660

Tabla 12 Características geométricas de pernos, tuercas y arandelas											
1	2	3	4	5			6	7	8	9	10
Diámetro d	Espesor cabeza k	Espesor tuerca m	Ancho tuerca s	Largo zona roscada			Diámetro arandela Ø	Espesor arandela t	Largo adicional DL		
Pulgada	mm	mm	mm	L ≤ 5"	5" < L ≤ 8"	L > 8"	mm	mm	mm		
Ø 1/2	8	10	19	30	36	55	58	5	20		
Ø 5/8	10	13	24	38	44	57	68	6	20		

4.2.3 Fijación de herrajes a viga receptora o a muro

Para asegurar una adecuada fijación de los herrajes a la viga receptora se sugiere utilizar una disposición vertical de dos pernos en cada herraje.

Se recomienda verificar la capacidad admisible de carga de estos pernos utilizando las tablas de capacidades de carga de uniones empernadas, y solo cuando dicha capacidad resulte insuficiente para traspasar las reacciones de apoyo se deben incorporar también en esta zona de la unión conectores.

Cabe alertar que cuando la viga receptora recibe vigas desde un solo lado, la unión empernada resultante es de cizalle simple, por lo que las capacidades resistentes de los pernos corresponden a la mitad de los valores indicados en las tablas de capacidades de carga de uniones empernadas. En la cara libre se deberán disponer golillas entre la cabeza del perno o la tuerca y la superficie de la madera. Las dimensiones mínimas de estas arandelas se indican en las Columnas 2 y 3 de Tabla 10, para el caso en que se requiera la colocación de conectores. De no ser así las dimensiones de arandela deberán satisfacer las exigencias correspondientes a uniones empernadas (columnas 6 y 7 de Tabla 12 de la sección correspondiente a uniones empernadas).

Cuando el apoyo se materialice contra un muro, se deberá recurrir al empleo de pernos HILTI o SIMPSON o similares que aseguren un adecuado anclaje al hormigón. Para estos efectos se sugiere consultar en los manuales de diseño de estos productos.

Guía de uso de las Tablas

1. La utilización de las tablas 7 y 8 requiere de una selección previa del tamaño de viga HILAM que permite cumplir adecuadamente la función estructural de viga de piso o de techo que se debe construir. Se recurre para estos efectos a las Tablas 3 a 9 del capítulo 1 (Productos Hilam Estándar), para vigas de piso y de techo.
2. Considerando las cargas de peso propio y las sobrecargas de servicio, se calcula la reacción de apoyo traspasada en la unión.
3. En el caso de vigas de piso corresponde usar la Tabla 7, mientras que para vigas de techo se utiliza la Tabla 8.
4. Con la línea correspondiente al tamaño de viga HILAM seleccionado se procede a seleccionar la combinación de calibre y cantidad de conectores mas económica que condiciona una capacidad resistente no inferior a la reacción de apoyo calculada.
5. Las dimensiones de los herrajes se determinan usando la información de tabla 10 relativa a gramiles, espesor y de Tabla 11 relativa a la altura recomendada, que no puede resultar inferior a la altura mínima establecida en Tabla 10.



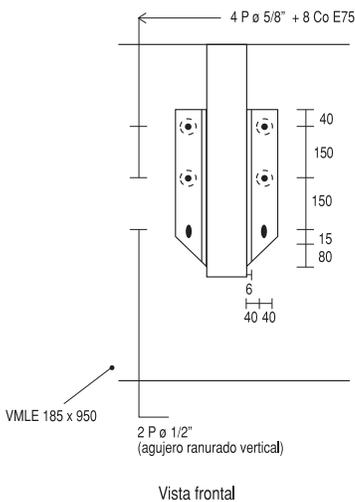
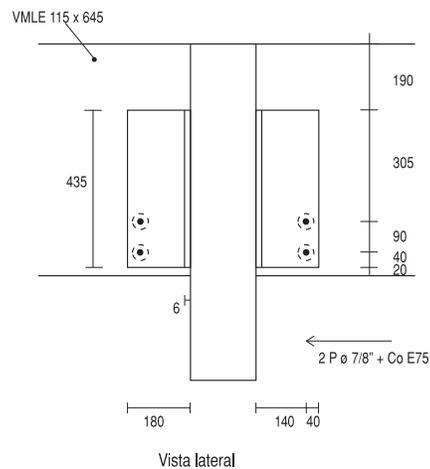


Figura 5

Ejemplo 1

Un sistema de piso con atenuación acústica (peso propio $1,50 \text{ kN/m}^2$) de vivienda consiste de vigas dispuestas cada $2,40 \text{ m}$ que cubren una luz de $8,00 \text{ m}$. Seleccionar la viga HILAM más económica y diseñar la unión de apoyo.

Solución

Selección de viga

Por tratarse de un piso acústico, de Tabla 9, y separación entre elementos $d=2,40 \text{ m}$, por inspección, se aprecia que la sección más económica es la HILAM $115 \times 645 \text{ mm}$, cuya luz admisible $= 8,008 \text{ m}$ excede levemente la luz efectiva.

Diseño unión de apoyo.

Cálculo de la reacción basal.

$$V = 0,5 \cdot (q_{pp} + sc) \cdot d \cdot L$$

Con V , reacción basal, en kN

q_{pp} , peso propio del sistema de piso, en kN/m^2

sc , sobrecarga de servicio, en kN/m^2 . De acuerdo con la Ordenanza General de Urbanismo y Construcción para viviendas residenciales la sobrecarga de servicio asciende a $1,50 \text{ kN/m}^2$

d , separación entre ejes de vigas, en m , y

L , luz, en m .

Reemplazando por los valores correspondientes al caso analizado, resulta

$$V = 0,5 \cdot (1,5 + 1,5) \cdot 2,40 \cdot 8,00 = 28,8 \text{ kN} = 28.000 \text{ N}$$

De Tabla 7

Para HILAM $115 \times 645 \text{ mm}$, la opción más económica es

2 pares de conectores E75 + 2 P Ø 5/8'' ($V_{dis} = 32.000 \text{ N}$)

Para una altura de viga de 645 mm , de acuerdo con Tabla 11 la altura de los herrajes es 435 mm .

El diseño y posicionamiento del herraje se debe llevar a cabo considerando las exigencias dimensionales de Tabla 10.

El largo de perno requerido es (ver Sección Uniones Empernadas, Tabla 4):

Para fijar la viga a los herrajes

$$P \text{ Ø } 1/2'' \quad L_{req} = b_{viga} + 2 t_{herraje} + \Delta L = 115 + 2 \cdot 5 + 20 = 145 \text{ mm} \Rightarrow L = 6''$$

$$P \text{ Ø } 5/8'' \quad L_{req} = 115 + 2 \cdot 6 + 20 = 147 \text{ mm} \Rightarrow L = 6''$$

Para fijar los herrajes a la viga receptora (se asumirá para esta última un espesor 185 mm), la alternativa simple es utilizar 4 pernos $\text{Ø } 5/8''$, cada uno con 1 par de conectores E75 en el caso de que se dispongan vigas hacia ambos lados de la viga receptora. En caso contrario bastara disponer conectores sólo en la cara que recibe los herrajes, colocando golillas en la cara opuesta.

El diseño de la unión se presenta en la Figura 5.

En caso de fijarse a un elemento de hormigón armado el anclaje se materializa mediante 2+2 pernos químicos Simpson Acrylic-Tie o Hilti, debiendo verificarse una capacidad resistente al corte de al menos 30.000 N .

4.3 Uniones de alero rígidas en marcos

4.3.1 Introducción

Los marcos de madera laminada encolada Hílam 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 más laborioso y complicado que fabricar piezas rectas
- Se consume más 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 cuestas 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.

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.



Figura 1:
Marco triarticulado curvo.

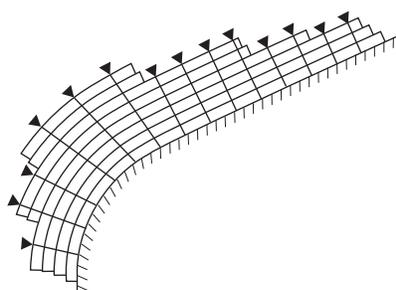
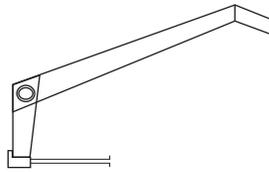
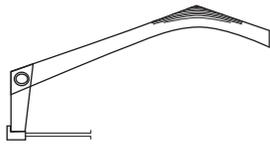


Figura 2:
Técnica de "zampoña" para la fabricación de marcos curvos de altura variable.

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



a) Triarticulado



b) Bi articulado

Figura 3:
Marcos estructurados con
unión de alero semi rígida.



Figura 4:
Uniones semi rígidas con
disposición de sujetores en
círculo.

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

4.3.2 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 paralela a la dirección de la fibra, s_n .

4.3.3 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.

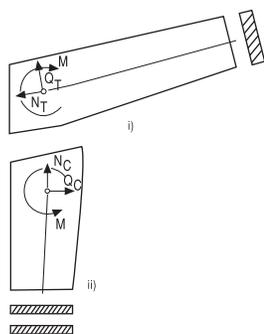


Figura 5:
Esfuerzos internos para el tijeral y la columna
i) esfuerzos internos para el travesaño (pieza central)
ii) esfuerzos internos para la columna (piezas laterales)

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.

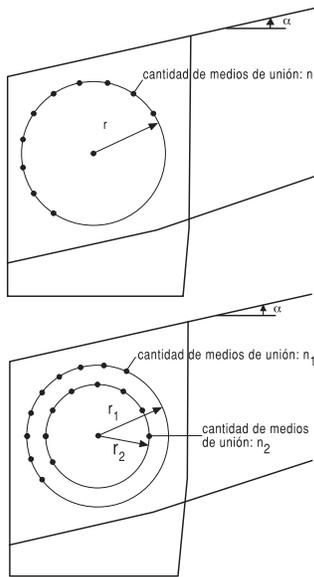


Figura 6:
Unión rígida con disposición en circular simple y en doble círculo de los sujetores.

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

Solicitación inducida por el momento M:

$$D_M = \frac{M}{n * r}, \text{ orientada tangencial a la disposición circular}$$

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 :

$$D_{QT} = \frac{Q_T}{n}$$

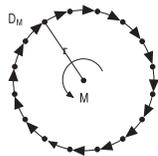


Figura 7:
Solicitaciones de momento: M

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.

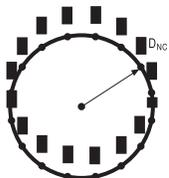


Figura 8:
Solicitaciones debidas a la fuerza axial: N

La solicitación máxima recae sobre aquel sujetor para el 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:

$$|D_{m\acute{a}x}| = |D_M| + \sqrt{D_{NC}^2 + D_{QC}^2} = |D_M| + \sqrt{D_{NT}^2 + D_{QT}^2}$$

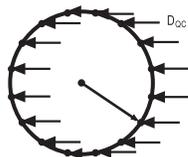
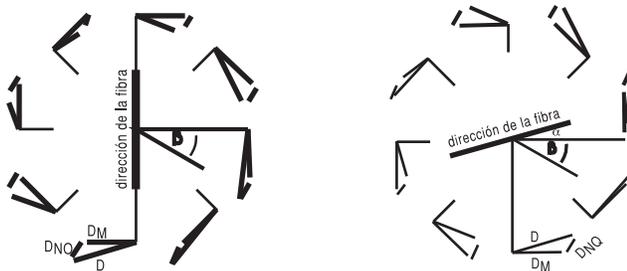


Figura 9:
Solicitaciones debidas a la fuerza de corte: Q



a) referida a la columna

b) referida al travesaño

Figura 10:
Solicitación sobre los sujetores.

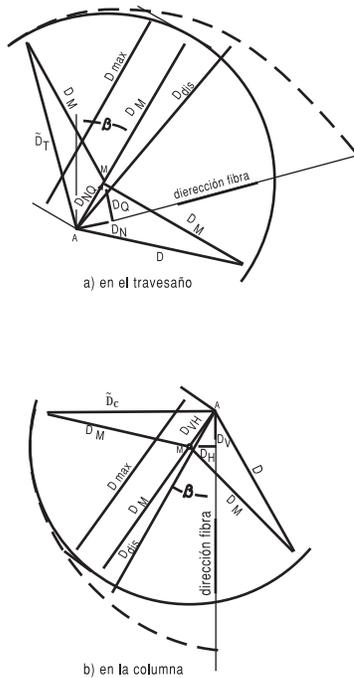


Figura 11: Visualización vectorial de las solicitaciones sobre los sujetores.

Sin embargo el sujetor más solicitado 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 solicitante 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 más desfavorables.

Las correspondientes sollicitaciones sobre los sujetores ascienden a:

referidas al travesaño:
$$\tilde{D}_T = D_{QT} + \sqrt{D_M^2 - D_{NT}^2}$$

referidas a la columna:
$$\tilde{D}_C = D_{QC} + \sqrt{D_M^2 - D_{NC}^2}$$

Resulta suficientemente confiable asumir que aquél sujetor que queda sollicitado 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 $0,20 \cdot D_M$.

Uniones dispuestas según dos círculos concéntricos

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

Sollicitación inducida por el momento M sobre cada sujetor del círculo externo: (Figura 11).

$$D_{M,max} = M * \frac{r_1}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2}$$

Sollicitación inducida por el momento M sobre cada sujetor del círculo interno:

$$D_{M2} = M * \frac{r_2}{n_1 * r_1^2 + n_2 * r_2^2}$$

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

a) en la columna
Fuerza axial N_C :
$$D_{NC} = \frac{N_C}{n_1 + n_2}$$

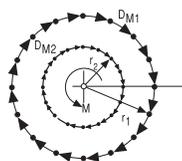
Fuerza de corte Q_C :
$$D_{QC} = \frac{Q_C}{n_1 + n_2}$$

b) en el travesaño

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

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

Figura 12: Sollicitación de momento en unión circular doble.



4.3.4.1 Solicitación por corte de la columna y el travesaño

El esfuerzo de corte máximo en el tijeral 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:

$$\text{para la columna: } Q_{col} = Q_M - \frac{Q_C}{2}$$

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

Aquí son

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

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

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

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

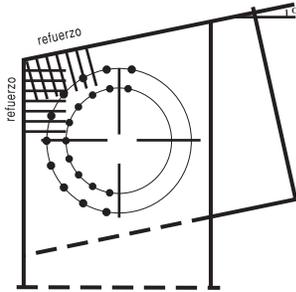


Figura 13:
Refuerzo de esquina.

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:

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

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 hinca bilaterales Tipo C (Norma DIN 1052), cuyas características geométricas y capacidades admisibles de carga se indican en el Anexo A.

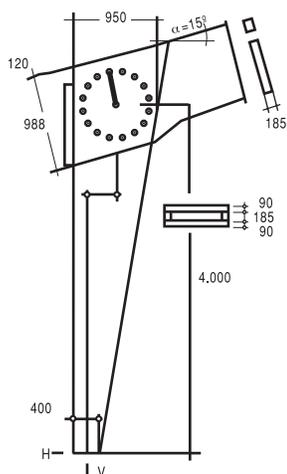


Figura 14

Ejemplo 1

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

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

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

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

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

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

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

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

De Tabla A.1 Anexo A, para conectores D75, $S_{bcp} = 140 \text{ mm}$, $S_{bdn} = 60 \text{ mm}$

$$r_{\text{máx}} = (h_T - s_p - s_n) / 2 = (988 - 140 - 60) / 2 = 394 \text{ mm}; \text{ se define } r = 390 \text{ mm}$$

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

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

Se disponen 16 PØ5/8" + 32 Co D75 + 32Go Ø68*6

Cada unidad recibe

$$\text{Debido al momento: } D_M = \frac{95,625}{0,39 \cdot 16} = 15,325 \text{ kN}$$

$$\text{columna, debido al corte: } D_{Q,C} = \frac{27}{16} = 1,688 \text{ kN}$$

$$\text{columna, debido a la fuerza axial: } D_{N,C} = \frac{45}{16} = 2,813 \text{ kN}$$

$$D_{\text{máx,col}} = 1,688 + \sqrt{15,325^2 - 2,813^2} = 16,752 \text{ kN}$$

$$\text{travesaño, debido al corte: } D_{Q,T} = \frac{36,479}{16} = 2,280 \text{ kN}$$

$$\text{travesaño, debido a la fuerza axial: } D_{N,T} = \frac{37,727}{16} = 2,358 \text{ kN}$$

$$D_{\text{máx,trav}} = 2,280 + \sqrt{15,325^2 - 2,358^2} = 17,422 \text{ kN, crítico}$$

De Tabla A.1 Anexo A, para 1 par de conectores D75 la capacidad de diseño para sollicitación normal a la fibra

$$D_{\text{dis}} = 1,25 \cdot 2 \cdot 8 = 20,0 \text{ kN} > D_{\text{máx,trav}}$$

Verificación corte

En la columna

$$Q_{\text{Col}} = \frac{95,625}{0,39 \cdot \pi} - \frac{27}{2} = 64,547 \text{ kN}$$

$$f_{\text{cz,col}} = \frac{1,5 \cdot 64,547}{2 \cdot 90 \cdot 950} = 0,57 \text{ MPa} < F_{\text{cz,dis}} = 1,25 \cdot 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$$

En el travesaño

$$Q_{\text{trav}} = \frac{95,625}{0,39 \cdot \pi} - \frac{36,479}{2} = 59,808 \text{ kN}$$

$$f_{\text{cz,trav}} = \frac{1,5 \cdot 59,808}{185 \cdot 988} = 0,49 \text{ MPa} < F_{\text{cz,dis}} = 1,25 \cdot 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$$



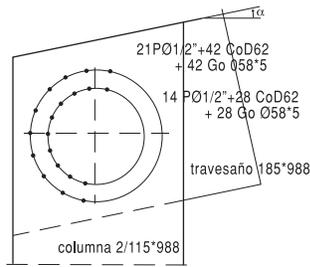


Figura 15

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, $S_p = S_{bc} = 120$ mm; $S_n = 70$ mm;

$S_{bdn} = 60$ mm

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

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

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

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

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

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

$$D_{NT} = \frac{58,5}{20 + 14} = 1,721 \text{ kN} \quad D_{QT} = \frac{34,2}{20 + 14} = 1,006 \text{ kN}$$

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

en la columna:

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

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

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

$$D_{dis} = 1,25 * 0,85 * 2 * 6,00 = 12,7 \text{ kN} > 12,334 \text{ kN}$$

Esfuerzo de corte
travesaño

$$Q_M = \frac{120}{\pi} * \frac{20 * 0,40 + 14 * 0,28}{20 * 0,40^2 + 14 * 0,28^2} = 105,9 \text{ kN}$$

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

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

columna

$$Q_{col} = 105,9 - \frac{43,2}{2} = 84,345 \text{ kN}$$

$$f_{ciz, trav} = \frac{1,5 * 84,345}{2 * 115 * 988} = 0,56 \text{ MPa} < F_{cz, dis} = 1,25 * 1,1 = 1,38 \text{ MPa}$$





Arauco Distribución S.A.
Av Pdte. E. Frei Montalva 21100, Lampa
Santiago, Chile

Mesa Central : (56-2) 425 8000
Area Comercial : (56-2) 425 8100
Fax : (56-2) 425 8109

www.araucodistribucion.cl
www.arauco.cl

