

# DIMENSIONAMIENTO DIRECTO DE PERFILES CONFORMADOS EN FRÍO

Mg. Ing. del Rio Marcelo, Mg. Ing. Busnelli Alberto Pedro  
Facultad de Ciencias Exactas, Ingeniería y Agrimensura  
Universidad Nacional de Rosario  
drbu@arnet.com.ar

## RESUMEN

Considerando el reglamento CIRSOC 303 EL (2009) y con fines didácticos presentamos tablas de capacidades en flexión y compresión de perfiles C y perfiles ángulo para acero calidad F-22 y ZAR-250.

Proponemos reducir el universo de perfiles C (que se comercializan en Argentina para "uso estructural") a aquellos donde el labio y el ala comprimida sean totalmente efectivos en flexión y compresión y donde el alma sea totalmente efectiva en flexión. Esta propuesta implica descartar unos pocos perfiles. A partir de esta selección de perfiles logramos simplificar el procedimiento de cálculo.

Presentamos las capacidades en flexión de perfiles C (vigas o correas simplemente apoyadas) para distintas luces y distintas condiciones de arriostramiento lateral torsional.

Presentamos las resistencias a compresión de perfiles C, tubos compuestos por dos perfiles C y perfiles ángulo para distintas longitudes de pandeo.

## ABSTRACT

*Considering the regulation CIRSOC 303 EL (2009) and with teaching purposes capacity tables are presented regarding flexion and compression for C profiles and angle profiles for F-22 and ZAR-250 steel quality.*

*We propose to reduce the universe of C profiles (sold in Argentina for "structural use") those where the compressed flange and lip be fully effective in bending and compression and where the web is totally effective in flexion. This proposed rule involves dismissing a few profiles. From this selection of profiles we simplify the calculation procedure.*

*We present the capabilities flexion C profiles (simply supported beams) for different spans and different conditions of lateral torsional bracing.*

*We present the compressive strength C profiles, two C composite tubes and angle profiles for different buckling lengths.*

## INTRODUCCIÓN:

A partir del Reglamento CIRSOC 303 EL “Reglamento argentino de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío” (2009)<sup>[1]</sup> y considerando aceros calidad F-22 ( $F_y=215\text{MPa}$ ) y ZAR-250 ( $F_y=250\text{MPa}$ ) proponemos una selección de secciones que permita simplificar los procedimientos de cálculo y confeccionar tablas de dimensionamiento directo con fines didácticos para perfiles C y perfiles L. Para el uso estructural es posible reducir el universo de perfiles C a aquellos donde el labio y el ala comprimida sean totalmente efectivos en flexión y compresión y donde el alma sea totalmente efectiva en flexión.

## ACEROS ESTANDARIZADOS

El acero comúnmente comercializado como F-22 ( $F_y=215\text{MPa}$ ) según IRAM 500-42<sup>[2]</sup> tiene un límite de fluencia ( $F_y$ ) y alargamiento de rotura que permitirían una clasificación superior pero la resistencia a tracción ( $F_u$ ) requerida para el acero F-22 ( $F_u \geq 310\text{MPa}$ ) limita esta posibilidad (como puede verse en 22JAIE TRABAJO 64<sup>[3]</sup>). Debería revisarse la limitación de resistencia a tracción de la norma IRAM 500-42 empleada para la clasificación de los aceros ya que en este caso no permite considerar su verdadero límite de fluencia.

El acero comercializado como ZAR-250 ( $F_y=250\text{MPa}$ ) según IRAM 500-214<sup>[4]</sup> corresponde a perfiles conformados a partir de bobinas galvanizadas. Para todos los aceros vale  $E=200000\text{MPa}$ ,  $G=77200\text{MPa}$  y  $\mu=0,30$ .

## CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS DEL PERFIL C

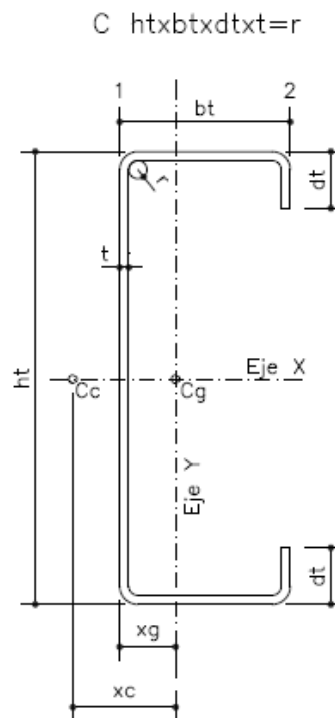


Figura 1: Características geométricas del perfil C

C				a	Jx	Sx	rx	Jy	Sy1	Sy2	ry	xg	xc	Jt	Cw
ht	bt	dt	t=ri	cm2	cm4	cm3	cm	cm4	cm3	cm3	cm	cm	cm	cm4	cm6
120	50	15	1.60	3.83	86.50	14.42	4.75	13.21	8.31	3.87	1.86	1.59	3.84	0.03	411
120	50	15	2.00	4.74	105.83	17.64	4.73	15.95	10.04	4.67	1.83	1.59	3.79	0.06	496
120	50	20	2.50	6.09	133.25	22.21	4.68	21.66	12.60	6.60	1.89	1.72	4.07	0.13	757
120	50	20	3.20	7.65	164.28	27.38	4.63	26.15	15.23	7.96	1.85	1.72	3.98	0.26	911
140	50	20	1.60	4.31	128.36	18.34	5.46	15.71	9.81	4.62	1.91	1.60	3.94	0.04	707
140	50	20	2.00	5.34	157.40	22.49	5.43	19.03	11.89	5.60	1.89	1.60	3.89	0.07	856
140	50	20	2.50	6.59	192.03	27.43	5.40	22.84	14.28	6.71	1.86	1.60	3.84	0.14	1027
140	50	20	3.20	8.29	237.43	33.92	5.35	27.58	17.28	8.10	1.82	1.60	3.75	0.28	1240
140	60	20	1.60	4.63	143.68	20.53	5.57	24.14	12.12	6.02	2.28	1.99	4.83	0.04	1073
140	60	20	2.00	5.74	176.45	25.21	5.55	29.35	14.75	7.32	2.26	1.99	4.78	0.08	1303
140	60	20	2.50	7.09	215.67	30.81	5.52	35.41	17.83	8.82	2.23	1.99	4.72	0.15	1570
140	60	20	3.20	8.93	267.37	38.20	5.47	43.08	21.74	10.72	2.20	1.98	4.64	0.30	1907
140	80	30	2.50	8.59	273.10	39.01	5.64	83.11	26.83	16.95	3.11	3.10	7.27	0.18	4516
140	80	30	3.20	10.85	340.27	48.61	5.60	102.55	33.15	20.90	3.07	3.09	7.18	0.37	5543
160	50	20	1.60	4.63	175.96	21.99	6.16	16.40	10.96	4.68	1.88	1.50	3.74	0.04	928
160	50	20	2.00	5.74	216.04	27.01	6.14	19.86	13.28	5.67	1.86	1.50	3.69	0.08	1124
160	50	20	2.50	7.09	264.00	33.00	6.10	23.85	15.95	6.80	1.83	1.49	3.63	0.15	1351
160	50	20	3.20	8.93	327.17	40.90	6.05	28.81	19.29	8.21	1.80	1.49	3.55	0.30	1635
160	60	20	1.60	4.95	196.03	24.50	6.29	25.23	13.51	6.11	2.26	1.87	4.60	0.04	1408
160	60	20	2.00	6.14	241.01	30.13	6.27	30.68	16.44	7.42	2.24	1.87	4.55	0.08	1712
160	60	20	2.50	7.59	295.01	36.88	6.23	37.03	19.87	8.95	2.21	1.86	4.49	0.16	2065
160	60	20	3.20	9.57	366.50	45.81	6.19	45.07	24.23	10.89	2.17	1.86	4.41	0.33	2515
180	70	25	2.00	7.14	358.65	39.85	7.09	50.56	22.36	10.67	2.66	2.26	5.53	0.10	3698
180	70	25	2.50	8.84	440.31	48.92	7.06	61.37	27.17	12.95	2.64	2.26	5.47	0.18	4486
180	70	25	3.20	11.17	549.38	61.04	7.01	75.35	33.40	15.88	2.60	2.26	5.39	0.38	5502
180	80	30	2.50	9.59	489.46	54.38	7.14	91.02	32.65	17.46	3.08	2.79	6.70	0.20	7151
180	80	30	3.20	12.13	611.90	67.99	7.10	112.40	40.37	21.55	3.04	2.78	6.62	0.41	8807
200	60	20	2.00	6.94	407.76	40.78	7.67	32.89	19.79	7.58	2.18	1.66	4.16	0.09	2744
200	60	20	2.50	8.59	500.24	50.02	7.63	39.70	23.90	9.15	2.15	1.66	4.10	0.18	3318
200	60	20	3.20	10.85	623.47	62.35	7.58	48.33	29.12	11.13	2.11	1.66	4.02	0.37	4054
200	70	25	2.00	7.54	458.98	45.90	7.80	52.32	24.37	10.78	2.63	2.15	5.32	0.10	4585
200	70	25	2.50	9.34	564.02	56.40	7.77	63.53	29.62	13.08	2.61	2.14	5.26	0.19	5566
200	70	25	3.20	11.81	704.66	70.47	7.73	78.01	36.42	16.06	2.57	2.14	5.18	0.40	6837
200	80	30	2.50	10.09	625.92	62.59	7.88	94.39	35.54	17.66	3.06	2.66	6.46	0.21	8778
200	80	30	3.20	12.77	783.46	78.35	7.83	116.59	43.96	21.80	3.02	2.65	6.37	0.44	10825
200	80	30	4.75	18.47	1105.48	110.55	7.74	159.55	60.32	29.79	2.94	2.65	6.19	1.39	14783
200	100	30	3.20	14.05	907.40	90.74	8.04	198.62	57.46	30.35	3.76	3.46	8.18	0.48	18166
200	100	30	4.75	20.37	1286.56	128.66	7.95	275.22	79.89	41.99	3.68	3.44	7.99	1.53	25054
220	80	30	2.50	10.59	782.56	71.14	8.60	97.44	38.42	17.83	3.03	2.54	6.23	0.22	10623
220	80	30	3.20	13.41	980.57	89.14	8.55	120.38	47.51	22.02	3.00	2.53	6.15	0.46	13115
220	80	30	4.75	19.42	1386.97	126.09	8.45	164.79	65.20	30.11	2.91	2.53	5.97	1.46	17953
220	100	30	3.20	14.69	1130.97	102.82	8.78	205.27	61.96	30.70	3.74	3.31	7.92	0.50	22010
220	100	30	4.75	21.32	1607.04	146.09	8.68	284.56	86.18	42.48	3.65	3.30	7.73	1.60	30431
240	80	30	2.50	11.09	960.40	80.03	9.31	100.22	41.28	17.98	3.01	2.43	6.02	0.23	12692
240	80	30	3.20	14.05	1204.50	100.37	9.26	123.82	51.05	22.21	2.97	2.43	5.94	0.48	15684
240	80	30	4.75	20.37	1707.30	142.27	9.16	169.54	70.04	30.39	2.89	2.42	5.76	1.53	21515
240	100	30	3.20	15.33	1383.93	115.33	9.50	211.37	66.45	31.00	3.71	3.18	7.68	0.52	26325
240	100	30	4.75	22.27	1970.17	164.18	9.41	293.10	92.42	42.92	3.63	3.17	7.49	1.67	36471
260	80	30	2.50	11.59	1160.41	89.26	10.01	102.75	44.14	18.12	2.98	2.33	5.83	0.24	14993
260	80	30	3.20	14.69	1456.53	112.04	9.96	126.96	54.57	22.38	2.94	2.33	5.75	0.50	18542
260	80	30	4.75	21.32	2068.38	159.11	9.85	173.86	74.84	30.63	2.86	2.32	5.57	1.60	25481
260	100	30	3.20	15.97	1667.56	128.27	10.22	216.97	70.91	31.26	3.69	3.06	7.46	0.54	31125
260	100	30	4.75	23.22	2377.85	182.91	10.12	300.94	98.63	43.31	3.60	3.05	7.27	1.75	43198
280	80	30	2.50	12.09	1383.62	98.83	10.70	105.08	46.97	18.23	2.95	2.24	5.65	0.25	17532
280	80	30	3.20	15.33	1737.95	124.14	10.65	129.84	58.06	22.53	2.91	2.24	5.57	0.52	21697
280	80	30	4.75	22.27	2472.11	176.58	10.54	177.82	79.59	30.84	2.83	2.23	5.40	1.67	29861
280	100	30	3.20	16.61	1983.13	141.65	10.93	222.15	75.35	31.50	3.66	2.95	7.25	0.57	36424
280	100	30	4.75	24.17	2831.98	202.28	10.83	308.17	104.80	43.65	3.57	2.94	7.06	1.82	50630
300	80	30	2.50	12.59	1631.01	108.73	11.38	107.22	49.80	18.34	2.92	2.15	5.48	0.26	20314
300	80	30	3.20	15.97	2050.04	136.67	11.33	132.49	61.54	22.66	2.88	2.15	5.40	0.54	25155
300	80	30	4.75	23.22	2920.40	194.69	11.22	181.45	84.30	31.03	2.80	2.15	5.23	1.75	34665
300	90	30	2.50	13.09	1741.65	116.11	11.54	141.97	56.91	21.82	3.29	2.49	6.30	0.27	26624
300	90	30	3.20	16.61	2190.99	146.07	11.49	175.95	70.58	27.04	3.26	2.49	6.22	0.57	33048
300	90	30	4.75	24.17	3127.43	208.50	11.38	242.70	97.50	37.28	3.17	2.49	6.04	1.82	45793
300	100	35	3.20	17.57	2376.12	158.41	11.63	242.31	81.53	34.48	3.71	2.97	7.37	0.60	46935
300	100	35	4.75	25.59	3400.06	226.67	11.53	337.20	113.65	47.94	3.63	2.97	7.19	1.92	65407
320	80	35	3.20	16.93	2446.11	152.88	12.02	145.36	66.52	25.00	2.93	2.19	5.53	0.58	32240
320	80	35	4.75	24.64	3492.37	218.27	11.90	199.85	91.39	34.38	2.85	2.19	5.36	1.85	44549
320	100	35	3.20	18.21	2767.26	172.95	12.33	247.20	86.03	34.69	3.68	2.87	7.17	0.62	53778
320	100	35	4.75	26.54	3964.43	247.78	12.22	344.02	119.90	48.24	3.60	2.87	7.00	2.00	75030

Tabla 1: Características geométricas del Perfil C

Todos los perfiles de la tabla 1 poseen labios y alas totalmente efectivos en flexión y compresión y almas totalmente efectivas en flexión para la mayor inercia (eje x).

## ANCHOS EFECTIVOS

El pandeo local o abollamiento limita la resistencia ya que para “b” ancho plano el ancho efectivo “be” resulta:

$$b_e = b \text{ cuando } \lambda \leq 0,673 \quad (1)$$

$$b_e = \rho \cdot b \text{ cuando } \lambda > 0,673 \quad (2)$$

$$\rho = (1 - 0,22/\lambda) / \lambda \quad (3)$$

$$\lambda = \sqrt{\frac{f}{F_{cr}}} \quad (4)$$

$$F_{cr} = k \frac{\pi^2 E}{12(1 - \mu^2)} \left(\frac{t}{b}\right)^2 \quad (5)$$

**k=0.43** para el labio de perfil C y las alas del perfil L uniformemente comprimidos.  
Elementos uniformemente comprimidos no rigidizados

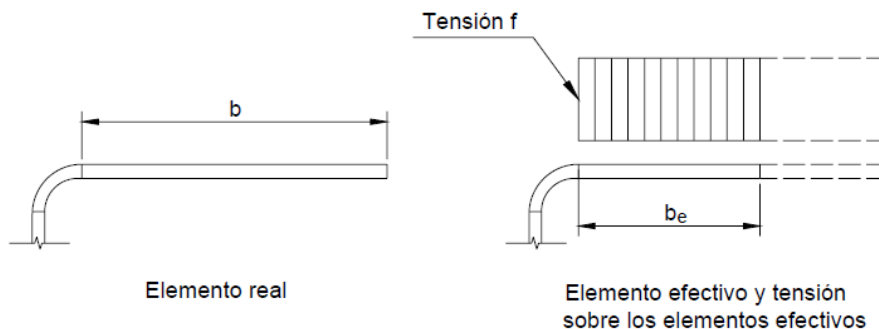


Figura 2 Elementos uniformemente comprimidos no rigidizados

**k=4.00** para el alma de perfil C uniformemente comprimida.  
Elementos uniformemente comprimidos rigidizados por dos almas (alas del perfil C)

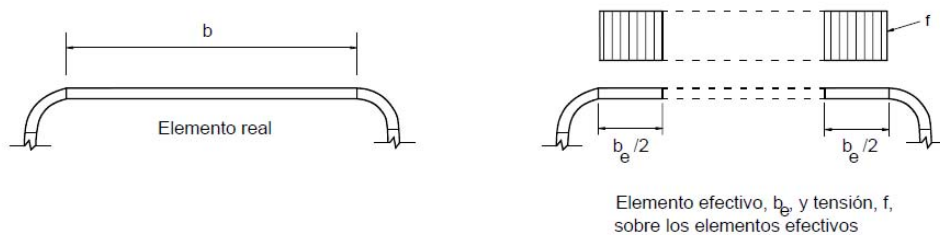


Figura 3 Elementos uniformemente comprimidos rigidizados por dos almas (alas del perfil C)

$k \leq 4.00$  para el ala de perfil C uniformemente comprimida.

En este caso  $k$  se calcula de la "Tabla B.4-1" del "CIRSOC 303"

Elementos uniformemente comprimidos con un labio simple rigidizador de borde.

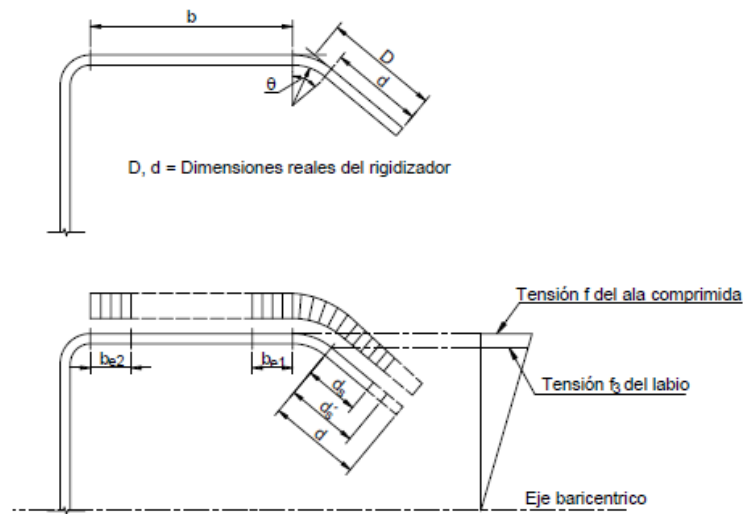


Figura 4 Elementos uniformemente comprimidos con un labio simple rigidizador de borde

$k = 4 + 2(1 + \psi)^3 + 2(1 + \psi)$  para el alma de perfil C en flexión para la mayor inercia.

Elementos rigidizados (almas) con tensiones variables ( $f_1$  compresión y  $f_2$  tracción).

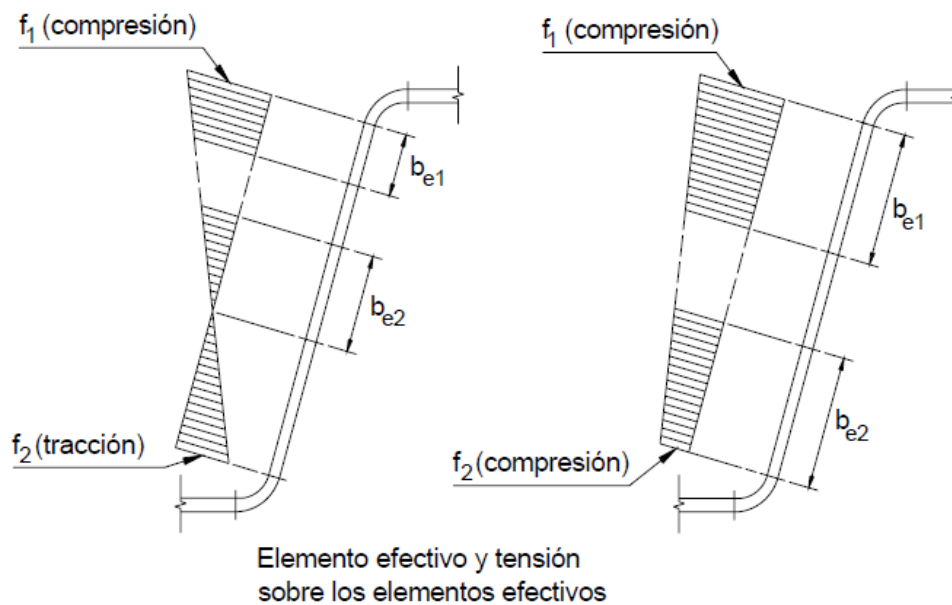


Figura 5 Elementos rigidizados (almas) con tensiones variables ( $f_1$  compresión y  $f_2$  tracción)

$k = 24.00$  en el caso donde el alma resulta totalmente efectiva para el perfil C con flexión para la mayor inercia  $\psi = |f_2/f_1| = 1$ .

En este caso  $b_{e1}$  y  $b_{e2}$  se calculan con las ecuaciones "Ec. B.2.3-3" a "Ec. B.2.3-7" del "CIRSOC 303"

## RESISTENCIA A FLEXIÓN PARA EL PERFIL C EN SU MAYOR INERCIA

Los perfiles C de la tabla 1 poseen elementos totalmente efectivos ( $b_e=b$ ) para aceros con  $F_y \leq 250 \text{ MPa}$  permitiendo que la tensión “f” alcance la fluencia “ $F_y$ ” en el ala comprimida. La resistencia de diseño a flexión ( $M_d$ ) queda limitada por la resistencia nominal de pandeo lateral torsional ( $M_n$ ) y por el factor de resistencia ( $\Phi_b$ ) Siendo ( $M_d = \Phi_b M_n$ )

$$\begin{aligned} M_n &= S_c \cdot F_c \\ \phi_b &= 0,90 \end{aligned} \quad (6)$$

Para los perfiles C de la tabla 1, el módulo elástico de la sección efectiva “ $S_c$ ” es igual al módulo elástico de la sección completa “ $S_x$ ”. Siempre es  $F_c \leq F_y$

$$\begin{aligned} \text{Para } F_e &\geq 2,78 F_y \\ F_c &= F_y \\ \text{Para } 2,78 F_y &> F_e > 0,56 F_y \\ F_c &= \frac{10}{9} F_y \left( 1 - \frac{10 F_y}{36 F_e} \right) \end{aligned} \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{Para } F_e &\leq 0,56 F_y \\ F_c &= F_e \end{aligned}$$

Para el calculo de “ $F_e$ ” usamos la “Ec. C.3.1.2.1-14” del “CIRSOC 303” resultando en este caso:

$$F_e = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E \cdot d \cdot I_{yc}}{S_f \cdot (k_y \cdot L_y)^2} = \frac{C_b \cdot \pi^2 \cdot E \cdot ht \cdot (\frac{1}{2} J_y)}{S_x \cdot L_b^2} \quad (8)$$

$C_b \geq 1$  se calcula con la “Ec. C.3.1.2.1-10” del “CIRSOC 303” para cada tramo no arriostrado y  $L_b$  es la longitud de cada tramo lateralmente no arriostrado de la viga ( $L_b = k_y L_y$ ).

En las tablas 2 y 3 se presentan los valores de carga última “ $q_u$ ” uniformemente repartida para una viga simplemente apoyada para “ $L_b < L_u$ ” ( $F_c = F_y$ ) y para “ $L_b = L_u/2$ ”, en este último caso resulta “ $C_b = 1.29$ ” (figura 6).

$$M_d = 0.90 \cdot S_x \cdot F_c = M_u = q_u \cdot L_u^2 / 8 \quad (9)$$

$$q_u = 8 \cdot 0.90 \cdot S_x \cdot F_c / L_u^2 \quad (10)$$

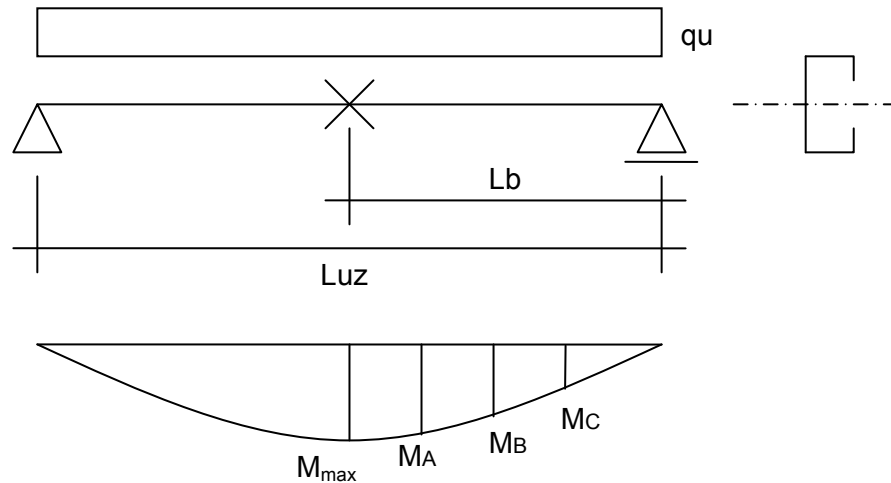


Figura 6

El valor “ $L_b=Luz/2$ ” corresponde a una viga arriostrada en el centro de la luz mientras que el valor “ $L_b<Lu$ ” es aplicable a vigas con el ala comprimida unida a una cubierta o revestimiento de chapa plegada (ver C.3.1.4. CIRSOC 303) donde la longitud no arriostrada (dos veces la distancia “a” entre pasadores medida según el eje del perfil) es suficiente pequeña para que “ $F_e \geq 2.78 F_y$ ”, entonces “ $F_c=F_y$ ”. Esto se verifica cuando la longitud no arriostrada ( $L_b=2 \cdot a$ ) es menor que la longitud (Lu) calculada con la “Ec. C-C.3.1.2.1-15” de “Comentarios al reglamento CIRSOC 303”.

Para vigas con el ala traccionada unida en forma fija y continua a un tablero o revestimiento (ver C.3.1.3. CIRSOC 303) como correas con cargas de succión por acción del viento (indicado como “Succión” en la tablas 2 y 3) es:

$$M_d=0.90 \cdot M_n=0.90 \cdot R \cdot S_e \cdot F_y=q' \cdot u \cdot Luz^2/8 \quad \text{donde } S_e=S_x \quad (11)$$

$$q' \cdot u=R \cdot (8 \cdot 0.90 \cdot S_x \cdot F_y / Luz^2)=R \cdot q_u \quad (12)$$

$$\begin{aligned} R &= 0.70 \quad \text{si } ht \leq 165mm \\ R &= 0.65 \quad \text{si } 165mm < ht \leq 216mm \\ R &= 0.40 \quad \text{si } 216mm < ht \leq 292mm \end{aligned} \quad (13)$$

El comportamiento del sistema de chapas de cubierta tomadas con tornillos autorroscantes autopercutoras, tableros o revestimientos funcionando como diafragmas capaces no solo de tomar las cargas en su plano, sino también de arriostrar lateral y torsionalmente a las vigas o correas, es determinante en el diseño. Las prescripciones C.3.1.3. del CIRSOC 303 deberían ajustarse con ensayos a escala real para los sistemas de chapeado que habitualmente utilizamos.

Fy = 215 Mpa						Luz = 4.00 m			Luz = 6.00 m			Luz = 8.00 m					
C				Longitud Limite	Corte $\phi V_n =$	Luz 200	Lb<Lu	Lb=Luz/2	Lb=Luz Succion	Luz 200	Lb<Lu	Lb=Luz/2	Lb=Luz Succion	Luz 200	Lb<Lu	Lb=Luz/2	Lb=Luz Succion
ht mm	bt mm	dt mm	t-ri mm	Lu m	Vd kN	qs kN/m	qu kN/m	qu kN/m	R qu kN/m	qs kN/m	qu kN/m	qu kN/m	R qu kN/m	qs kN/m	qu kN/m	qu kN/m	R qu kN/m
120	50	15	1.60	1.35	22.11	1.04	1.39	1.29	0.98	0.31	0.62	0.42	0.43	0.13	0.35	0.14	0.24
120	50	15	2.00	1.34	27.45	1.27	1.71	1.57	1.19	0.38	0.76	0.51	0.53	0.16	0.43	0.17	0.30
120	50	20	2.50	1.39	33.70	1.60	2.15	2.00	1.50	0.47	0.95	0.68	0.67	0.20	0.54	0.23	0.38
120	50	20	3.20	1.38	42.04	1.97	2.65	2.46	1.85	0.58	1.18	0.83	0.82	0.25	0.66	0.28	0.46
140	50	20	1.60	1.41	22.11	1.54	1.77	1.66	1.24	0.46	0.79	0.57	0.55	0.19	0.44	0.20	0.31
140	50	20	2.00	1.40	32.35	1.89	2.18	2.03	1.52	0.56	0.97	0.69	0.68	0.24	0.54	0.24	0.38
140	50	20	2.50	1.39	39.83	2.30	2.65	2.47	1.86	0.68	1.18	0.84	0.83	0.29	0.66	0.29	0.46
140	50	20	3.20	1.37	49.88	2.85	3.28	3.05	2.30	0.84	1.46	1.02	1.02	0.36	0.82	0.35	0.57
140	60	20	1.60	1.65	22.11	1.72	1.99	1.96	1.39	0.51	0.88	0.73	0.62	0.22	0.50	0.30	0.35
140	60	20	2.00	1.64	32.35	2.12	2.44	2.40	1.71	0.63	1.08	0.89	0.76	0.26	0.61	0.37	0.43
140	60	20	2.50	1.63	39.83	2.59	2.98	2.93	2.09	0.77	1.32	1.09	0.93	0.32	0.75	0.44	0.52
140	60	20	3.20	1.62	49.88	3.21	3.70	3.62	2.59	0.95	1.64	1.34	1.15	0.40	0.92	0.54	0.65
140	80	30	2.50	2.22	39.83	3.28	3.77	3.77	2.64	0.97	1.68	1.60	1.17	0.41	0.94	0.78	0.66
140	80	30	3.20	2.21	49.88	4.08	4.70	4.70	3.29	1.21	2.09	1.99	1.46	0.51	1.18	0.97	0.82
160	50	20	1.60	1.40	22.11	2.11	2.13	1.99	1.49	0.63	0.95	0.68	0.66	0.26	0.53	0.23	0.37
160	50	20	2.00	1.39	34.55	2.59	2.61	2.44	1.83	0.77	1.16	0.83	0.81	0.32	0.65	0.28	0.46
160	50	20	2.50	1.38	45.96	3.17	3.19	2.97	2.23	0.94	1.42	1.00	0.99	0.40	0.80	0.34	0.56
160	50	20	3.20	1.36	57.73	3.93	3.96	3.66	2.77	1.16	1.76	1.22	1.23	0.49	0.99	0.41	0.69
160	60	20	1.60	1.65	22.11	2.35	2.37	2.33	1.66	0.70	1.05	0.87	0.74	0.29	0.59	0.36	0.41
160	60	20	2.00	1.64	34.55	2.89	2.91	2.87	2.04	0.86	1.30	1.07	0.91	0.36	0.73	0.44	0.51
160	60	20	2.50	1.63	45.96	3.54	3.57	3.50	2.50	1.05	1.59	1.30	1.11	0.44	0.89	0.53	0.62
160	60	20	3.20	1.61	57.73	4.40	4.43	4.34	3.10	1.30	1.97	1.60	1.38	0.55	1.11	0.65	0.78
180	70	25	2.00	1.94	34.55	4.30	3.86	3.86	2.51	1.28	1.71	1.55	1.11	0.54	0.96	0.72	0.63
180	70	25	2.50	1.93	52.08	5.28	4.73	4.73	3.08	1.57	2.10	1.90	1.37	0.66	1.18	0.88	0.77
180	70	25	3.20	1.92	65.57	6.59	5.91	5.91	3.84	1.95	2.62	2.36	1.71	0.82	1.48	1.09	0.96
180	80	30	2.50	2.23	52.08	5.87	5.26	5.26	3.42	1.74	2.34	2.23	1.52	0.73	1.32	1.10	0.86
180	80	30	3.20	2.22	65.57	7.34	6.58	6.58	4.28	2.18	2.92	2.79	1.90	0.92	1.64	1.37	1.07
200	60	20	2.00	1.63	34.55	4.89	3.95	3.87	2.56	1.45	1.75	1.44	1.14	0.61	0.99	0.59	0.64
200	60	20	2.50	1.62	53.98	6.00	4.84	4.74	3.15	1.78	2.15	1.75	1.40	0.75	1.21	0.71	0.79
200	60	20	3.20	1.60	73.41	7.48	6.03	5.89	3.92	2.22	2.68	2.17	1.74	0.94	1.51	0.87	0.98
200	70	25	2.00	1.94	34.55	5.51	4.44	4.44	2.89	1.63	1.97	1.79	1.28	0.69	1.11	0.83	0.72
200	70	25	2.50	1.93	53.98	6.77	5.46	5.46	3.55	2.01	2.43	2.19	1.58	0.85	1.36	1.01	0.89
200	70	25	3.20	1.91	73.41	8.46	6.82	6.82	4.43	2.51	3.03	2.72	1.97	1.06	1.70	1.25	1.11
200	80	30	2.50	2.23	53.98	7.51	6.06	6.06	3.94	2.23	2.69	2.57	1.75	0.94	1.51	1.26	0.98
200	80	30	3.20	2.22	73.41	9.40	7.58	7.58	4.93	2.79	3.37	3.21	2.19	1.18	1.89	1.57	1.23
200	80	30	4.75	2.18	105.36	13.27	10.70	10.70	6.95	3.93	4.75	4.51	3.09	1.66	2.67	2.20	1.74
200	100	30	3.20	2.69	73.41	10.89	8.78	8.78	5.71	3.23	3.90	3.90	2.54	1.36	2.19	2.02	1.43
200	100	30	4.75	2.66	105.36	15.44	12.45	12.45	8.09	4.57	5.53	5.53	3.60	1.93	3.11	2.85	2.02
220	80	30	2.50	2.23	53.98	9.39	6.88	6.88	2.75	2.78	3.06	2.92	1.22	1.17	1.72	1.44	0.69
220	80	30	3.20	2.22	81.26	11.77	8.62	8.62	3.45	3.49	3.83	3.65	1.53	1.47	2.16	1.79	0.86
220	80	30	4.75	2.18	117.00	16.64	12.20	12.20	4.88	4.93	5.42	5.14	2.17	2.08	3.05	2.50	1.22
220	100	30	3.20	2.69	81.26	13.57	9.95	9.95	3.98	4.02	4.42	4.42	1.77	1.70	2.49	2.29	0.99
220	100	30	4.75	2.66	117.00	19.28	14.13	14.13	5.65	5.71	6.28	6.28	2.51	2.41	3.53	3.24	1.41
240	80	30	2.50	2.23	53.98	11.52	7.74	7.74	3.10	3.41	3.44	3.29	1.38	1.44	1.94	1.61	0.77
240	80	30	3.20	2.21	88.45	14.45	9.71	9.71	3.88	4.28	4.32	4.11	1.73	1.81	2.43	2.01	0.97
240	80	30	4.75	2.17	128.65	20.49	13.77	13.77	5.51	6.07	6.12	5.79	2.45	2.56	3.44	2.82	1.38
240	100	30	3.20	2.70	88.45	16.61	11.16	11.16	4.46	4.92	4.96	4.96	1.98	2.08	2.79	2.57	1.12
240	100	30	4.75	2.66	128.65	23.64	15.88	15.88	6.35	7.01	7.06	7.06	2.82	2.96	3.97	3.64	1.59
260	80	30	2.50	2.22	53.98	13.92	8.64	8.64	3.45	4.13	3.84	3.66	1.54	1.74	2.16	1.80	0.86
260	80	30	3.20	2.21	88.45	17.48	10.84	10.84	4.34	5.18	4.82	4.59	1.93	2.18	2.71	2.24	1.08
260	80	30	4.75	2.17	140.29	24.82	15.39	15.39	6.16	7.35	6.84	6.47	2.74	3.10	3.85	3.15	1.54
260	100	30	3.20	2.70	88.45	20.01	12.41	12.41	4.96	5.93	5.52	5.52	2.21	2.50	3.10	2.86	1.24
260	100	30	4.75	2.66	140.29	28.53	17.70	17.70	7.08	8.45	7.87	7.87	3.15	3.57	4.42	4.05	1.77
280	80	30	2.50	2.22	53.08	16.60	9.56	9.56	3.82	4.92	4.25	4.05	1.70	2.08	2.39	1.99	0.96
280	80	30	3.20	2.20	88.45	20.86	12.01	12.01	4.80	6.18	5.34	5.08	2.14	2.61	3.00	2.48	1.20
280	80	30	4.75	2.16	151.93	29.67	17.08	17.08	6.83	8.79	7.59	7.17	3.04	3.71	4.27	3.48	1.71
280	100	30	3.20	2.69	88.45	23.80	13.70	13.70	5.48	7.05	6.09	6.09	2.44	2.97	3.43	3.16	1.37
280	100	30	4.75	2.66	151.93	33.98	19.57	19.57	7.83	10.07	8.70	8.70	3.48	4.25	4.89	4.48	1.96
300	80	30	2.50	2.21	49.42	19.57	10.52	10.52	0.00	5.80	4.68	4.45	0.00	2.45	2.63	2.18	0.00
300	80	30	3.20	2.19	88.45	24.60	13.22	13.22	0.00	7.29	5.88	5.58	0.00	3.08	3.31	2.73	0.00
300	80	30	4.75	2.15	163.57	35.04	18.84	18.84	0.00	10.38	8.37	7.90	0.00	4.38	4.71	3.83	0.00
300	90	30	2.50	2.46	49.42	20.90	11.23	11.23	0.00	6.19	4.99	4.91	0.00	2.61	2.81	2.48	0.00
300	90	30	3.20	2.44	88.45	26.29	14.13	14.13	0.00	7.79	6.28	6.16	0.00	3.29	3.53	3.11	0.00
300	90	30	4.75	2.40	163.57	37.53	20.17	20.17	0.00	11.12	8.97	8.76	0.00	4.69	5.04	4.40	0.00
300	100	35	3.20	2.75	88.45	28.51	15.33	15.33	0.00	8.45	6.81	6.81	0.00	3.56	3.83	3.56	0.00
300	100	35	4.75	2.72	163.57	40.80	21.93	21.93	0.00	12.09	9.75	9.75	0.00	5.10	5.48	5.07	0.00
320	80	35	3.20	2.24	88.45	29.35	14.79	14.79	0.00	8.70	6.57	6.29	0.00	3.67	3.70	3.10	0.00
320	80	35	4.75	2.20	175.22	41.91	21.12	21.12	0.00	12.42	9.39	8.93	0.00	5.24	5.28	4.36	0.00
320	100	35	3.20	2.75	88.45	33.21	16.73	16.73	0.00	9.84	7.44	7.44	0.00	4.15	4.18	3.89	0.00
320	100	35	4.75	2.71	175.22	47.57	23.97	23.97	0.00	14.10	10.65	10.65	0.00	5.95	5.99	5.53	0.00

Tabla 2 - Vigas simplemente apoyadas - Perfil C - Acero F-22 - Carga uniforme.



Fy = 250 Mpa						Luz = 4.00 m			Luz = 6.00 m			Luz = 8.00 m					
C				Longitud Limite	Corte $\phi V_n =$	Luz 200	Lb<Lu	Lb=Luz/2	Lb=Luz Succion	Luz 200	Lb<Lu	Lb=Luz/2	Lb=Luz Succion	Luz 200	Lb<Lu	Lb=Luz/2	Lb=Luz Succion
ht mm	bt mm	dt mm	t <sub>eri</sub> mm	Lu m	Vd kN	qs kN/m	qu kN/m	qu kN/m	R qu kN/m	qs kN/m	qu kN/m	qu kN/m	R qu kN/m	qs kN/m	qu kN/m	qu kN/m	R qu kN/m
120	50	15	1.60	1.25	23.84	1.04	1.62	1.44	1.14	0.31	0.72	0.44	0.50	0.13	0.41	0.14	0.28
120	50	15	2.00	1.24	31.92	1.27	1.98	1.76	1.39	0.38	0.88	0.54	0.62	0.16	0.50	0.17	0.35
120	50	20	2.50	1.29	39.19	1.60	2.50	2.26	1.75	0.47	1.11	0.72	0.78	0.20	0.62	0.23	0.44
120	50	20	3.20	1.28	48.88	1.97	3.08	2.77	2.16	0.58	1.37	0.87	0.96	0.25	0.77	0.28	0.54
140	50	20	1.60	1.31	23.84	1.54	2.06	1.88	1.44	0.46	0.92	0.60	0.64	0.19	0.52	0.20	0.36
140	50	20	2.00	1.30	37.26	1.89	2.53	2.29	1.77	0.56	1.12	0.73	0.79	0.24	0.63	0.24	0.44
140	50	20	2.50	1.29	46.31	2.30	3.09	2.79	2.16	0.68	1.37	0.88	0.96	0.29	0.77	0.29	0.54
140	50	20	3.20	1.27	58.00	2.85	3.82	3.43	2.67	0.84	1.70	1.07	1.19	0.36	0.95	0.35	0.67
140	60	20	1.60	1.53	23.84	1.72	2.31	2.23	1.62	0.51	1.03	0.80	0.72	0.22	0.58	0.30	0.40
140	60	20	2.00	1.52	37.26	2.12	2.84	2.73	1.99	0.63	1.26	0.98	0.88	0.26	0.71	0.37	0.50
140	60	20	2.50	1.51	46.31	2.59	3.47	3.33	2.43	0.77	1.54	1.19	1.08	0.32	0.87	0.44	0.61
140	60	20	3.20	1.50	58.00	3.21	4.30	4.11	3.01	0.95	1.91	1.46	1.34	0.40	1.07	0.54	0.75
140	80	30	2.50	2.06	46.31	3.28	4.39	4.39	3.07	0.97	1.95	1.81	1.37	0.41	1.10	0.86	0.77
140	80	30	3.20	2.05	58.00	4.08	5.47	5.47	3.83	1.21	2.43	2.25	1.70	0.51	1.37	1.07	0.96
160	50	20	1.60	1.30	23.84	2.11	2.47	2.25	1.73	0.63	1.10	0.72	0.77	0.26	0.62	0.23	0.43
160	50	20	2.00	1.29	37.26	2.59	3.04	2.75	2.13	0.77	1.35	0.87	0.95	0.32	0.76	0.28	0.53
160	50	20	2.50	1.28	53.44	3.17	3.71	3.35	2.60	0.94	1.65	1.05	1.15	0.40	0.93	0.34	0.65
160	50	20	3.20	1.27	67.12	3.93	4.60	4.12	3.22	1.16	2.04	1.28	1.43	0.49	1.15	0.41	0.81
160	60	20	1.60	1.53	23.84	2.35	2.76	2.66	1.93	0.70	1.23	0.96	0.86	0.29	0.69	0.36	0.48
160	60	20	2.00	1.52	37.26	2.89	3.39	3.26	2.37	0.86	1.51	1.17	1.05	0.36	0.85	0.44	0.59
160	60	20	2.50	1.51	53.44	3.54	4.15	3.98	2.90	1.05	1.84	1.42	1.29	0.44	1.04	0.53	0.73
160	60	20	3.20	1.50	67.12	4.40	5.15	4.93	3.61	1.30	2.29	1.75	1.60	0.55	1.29	0.65	0.90
180	70	25	2.00	1.80	37.26	4.30	4.48	4.48	2.91	1.28	1.99	1.74	1.30	0.54	1.12	0.77	0.73
180	70	25	2.50	1.79	58.21	5.28	5.50	5.50	3.58	1.57	2.45	2.13	1.59	0.66	1.38	0.94	0.89
180	70	25	3.20	1.78	76.24	6.59	6.87	6.87	4.46	1.95	3.05	2.64	1.98	0.82	1.72	1.16	1.12
180	80	30	2.50	2.07	58.21	5.87	6.12	6.12	3.98	1.74	2.72	2.53	1.77	0.73	1.53	1.21	0.99
180	80	30	3.20	2.06	76.24	7.34	7.65	7.65	4.97	2.18	3.40	3.15	2.21	0.92	1.91	1.50	1.24
200	60	20	2.00	1.51	37.26	4.89	4.59	4.41	2.98	1.45	2.04	1.58	1.33	0.61	1.15	0.59	0.75
200	60	20	2.50	1.50	58.21	6.00	5.63	5.39	3.66	1.78	2.50	1.92	1.63	0.75	1.41	0.71	0.91
200	60	20	3.20	1.48	85.36	7.48	7.01	6.70	4.56	2.22	3.12	2.37	2.03	0.94	1.75	0.87	1.14
200	70	25	2.00	1.80	37.26	5.51	5.16	5.16	3.36	1.63	2.29	2.00	1.49	0.69	1.29	0.89	0.84
200	70	25	2.50	1.79	58.21	6.77	6.35	6.35	4.12	2.01	2.82	2.45	1.83	0.85	1.59	1.08	1.03
200	70	25	3.20	1.77	85.36	8.46	7.93	7.93	5.15	2.51	3.52	3.05	2.29	1.06	1.98	1.33	1.29
200	80	30	2.50	2.07	58.21	7.51	7.04	7.04	4.58	2.23	3.13	2.91	2.03	0.94	1.76	1.39	1.14
200	80	30	3.20	2.06	85.36	9.40	8.81	8.81	5.73	2.79	3.92	3.63	2.55	1.18	2.20	1.73	1.43
200	80	30	4.75	2.03	122.51	13.27	12.44	12.44	8.08	3.93	5.53	5.10	3.59	1.66	3.11	2.41	2.02
200	100	30	3.20	2.49	85.36	10.89	10.21	10.21	6.64	3.23	4.54	4.48	2.95	1.36	2.55	2.27	1.66
200	100	30	4.75	2.47	122.51	15.44	14.47	14.47	9.41	4.57	6.43	6.33	4.18	1.93	3.62	3.20	2.35
220	80	30	2.50	2.07	58.21	9.39	8.00	8.00	3.20	2.78	3.56	3.31	1.42	1.17	2.00	1.58	0.80
220	80	30	3.20	2.05	94.48	11.77	10.03	10.03	4.01	3.49	4.46	4.13	1.78	1.47	2.51	1.97	1.00
220	80	30	4.75	2.02	136.05	16.64	14.18	14.18	5.67	4.93	6.30	5.81	2.52	2.08	3.55	2.74	1.42
220	100	30	3.20	2.50	94.48	13.57	11.57	11.57	4.63	4.02	5.14	5.07	2.06	1.70	2.89	2.57	1.16
220	100	30	4.75	2.47	136.05	19.28	16.44	16.44	6.57	5.71	7.30	7.19	2.92	2.41	4.11	3.64	1.64
240	80	30	2.50	2.07	58.21	11.52	9.00	9.00	3.60	3.41	4.00	3.72	1.60	1.44	2.25	1.77	0.90
240	80	30	3.20	2.05	95.37	14.45	11.29	11.29	4.52	4.28	5.02	4.65	2.01	1.81	2.82	2.21	1.13
240	80	30	4.75	2.02	149.59	20.49	16.01	16.01	6.40	6.07	7.11	6.55	2.85	2.56	4.00	3.09	1.60
240	100	30	3.20	2.50	95.37	16.61	12.97	12.97	5.19	4.92	5.77	5.69	2.31	2.08	3.24	2.89	1.30
240	100	30	4.75	2.47	149.59	23.64	18.47	18.47	7.39	7.01	8.21	8.08	3.28	2.96	4.62	4.09	1.85
260	80	30	2.50	2.06	57.32	13.92	10.04	10.04	4.02	4.13	4.46	4.15	1.79	1.74	2.51	1.98	1.00
260	80	30	3.20	2.05	95.37	17.48	12.60	12.60	5.04	5.18	5.60	5.19	2.24	2.18	3.15	2.46	1.26
260	80	30	4.75	2.01	163.13	24.82	17.90	17.90	7.16	7.35	7.96	7.31	3.18	3.10	4.47	3.44	1.79
260	100	30	3.20	2.50	95.37	20.01	14.43	14.43	5.77	5.93	6.41	6.33	2.57	2.50	3.61	3.21	1.44
260	100	30	4.75	2.47	163.13	28.53	20.58	20.58	8.23	8.45	9.15	9.00	3.66	3.57	5.14	4.55	2.06
280	80	30	2.50	2.06	53.08	16.60	11.12	11.12	4.45	4.92	4.94	4.59	1.98	2.08	2.78	2.18	1.11
280	80	30	3.20	2.04	95.37	20.86	13.97	13.97	5.59	6.18	6.21	5.74	2.48	2.61	3.49	2.72	1.40
280	80	30	4.75	2.00	176.66	29.67	19.87	19.87	7.95	8.79	8.83	8.10	3.53	3.71	4.97	3.81	1.99
280	100	30	3.20	2.50	95.37	23.80	15.94	15.94	6.37	7.05	7.08	6.99	2.83	2.97	3.98	3.55	1.59
280	100	30	4.75	2.46	176.66	33.98	22.76	22.76	9.10	10.07	10.11	9.94	4.05	4.25	5.69	5.03	2.28
300	80	30	2.50	2.05	49.42	19.57	12.23	12.23	0.00	5.80	5.44	5.04	0.00	2.45	3.06	2.40	0.00
300	80	30	3.20	2.03	95.37	24.60	15.38	15.38	0.00	7.29	6.83	6.31	0.00	3.08	3.84	2.99	0.00
300	80	30	4.75	1.99	190.20	35.04	21.90	21.90	0.00	10.38	9.73	8.92	0.00	4.38	5.48	4.19	0.00
300	90	30	2.50	2.28	49.42	20.90	13.06	13.06	0.00	6.19	5.81	5.59	0.00	2.61	3.27	2.77	0.00
300	90	30	3.20	2.27	95.37	26.29	16.43	16.43	0.00	7.79	7.30	7.01	0.00	3.29	4.11	3.46	0.00
300	90	30	4.75	2.23	190.20	37.53	23.46	23.46	0.00	11.12	10.42	9.95	0.00	4.69	5.86	4.89	0.00
300	100	35	3.20	2.55	95.37	28.51	17.82	17.82	0.00	8.45	7.92	7.86	0.00	3.56	4.46	4.01	0.00
300	100	35	4.75	2.52	190.20	40.80	25.50	25.50	0.00	12.09	11.33	11.21	0.00	5.10	6.38	5.70	0.00
320	80	35	3.20	2.08	95.37	29.35	17.20	17.20	0.00	8.70	7.64	7.12	0.00	3.67	4.30	3.41	0.00
320	80	35	4.75	2.04	203.74	41.91	24.56	24.56	0.00	12.42	10.91	10.09	0.00	5.24	6.14	4.79	0.00
320	100	35	3.20	2.55	95.37	33.21	19.46	19.46	0.00	9.84	8.65	8.58	0.00	4.15	4.86	4.37	0.00
320	100	35	4.75	2.51	203.74	47.57	27.87	27.87	0.00	14.10	12.39	12.24	0.00	5.95	6.97	6.22	0.00

Tabla 3 - Vigas simplemente apoyadas - Perfil C - Acero ZAR-250 - Carga uniforme.

La deformación (flecha) para cargas de servicio “qs” se limita a valores comprendidos entre “Luz/150” y “Luz/300”, Tabla A-L.4.1. CIRSOC 301<sup>[5]</sup>, en la tabla 2 y 3 se presentan los valores “qs” para una flecha igual a “Luz/200”:

$$f = \frac{Luz}{200} = \frac{5}{384} \cdot \frac{qs \cdot Luz^4}{E \cdot Jx} \Rightarrow qs = \frac{384}{1000} \cdot \frac{E \cdot Jx}{Luz^3} \quad (14)$$

Es importante destacar que los valores de carga última de las tablas 2 y 3 corresponden a la capacidad flexional de secciones totalmente eficaces limitadas por el pandeo lateral torsional. Adicionalmente deben verificarse todas las condiciones de los puntos C.3.1.3 o C.3.1.4. del CIRSOC 303. Las cargas últimas para el caso de la viga arriostrada en el centro no consideran efectos torsionales que resultan de cargas que no pasan por el centro de corte de la sección bruta. Para el caso de apoyo directo debe verificarse la resistencia al pandeo localizado del alma. En todos los casos estudiados la resistencia al corte ( $V_d=0.95 V_n$ ) no es determinante.

Las cargas de servicio “qs” son el resultado de las combinaciones:

$$\begin{aligned} & (D + F) + (\Sigma L_i \text{ ó } W \text{ ó } T) \\ & (D + F) + 0,7 [(\Sigma L_i + W) \text{ ó } (W + T) \text{ ó } (\Sigma L_i + T)] \\ & (D + F) + 0,6 \Sigma L_i + 0,6 W + 0,6 T \end{aligned} \quad (15)$$

donde:

$$\Sigma L_i = (L + L_r + S + R + H)$$

Las cargas últimas “qu” son el resultado de las combinaciones:

$$\begin{aligned} & 1,4 (D + F) \\ & 1,2 (D + F + T) + 1,6 (L + H) + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \\ & 1,2 D + 1,6 (L_r \text{ o } S \text{ o } R) + (f_1 L \text{ o } 0,8 W) \\ & 1,2 D + 1,6 W + f_1 L + (f_1 L_r \text{ ó } 0,5 S \text{ ó } 0,5 R) \quad (*) \\ & 1,2 D + 1,0 E + f_1 (L + L_r) + f_2 S \\ & 0,9 D + (1,6 W \text{ ó } 1,0 E) + 1,6 H \quad (*) \end{aligned} \quad (16)$$

A criterio de los autores es necesario revisar los valores de sobrecarga mínima para cubiertas CIRSOC 101<sup>[6]</sup>  $L_r=R_1 \cdot R_2 \cdot 0.96 \text{ kN/m}^2$  (en muchos casos  $R_1=R_2=1$ ) y los coeficientes de presión externa  $G_{Cp}$  de componentes y revestimientos para la acción del viento CIRSOC 102<sup>[7]</sup> (en muchos casos  $G_{Cp}=-0.90$ ) ya que resultan considerablemente superiores a los valores vigentes hasta el año 2013.

En el libro “Estructuras de Acero con Tubos y Secciones Abiertas Conformadas en frío<sup>[8]</sup>” se propone una considerable reducción de los valores de sobrecarga mínima para cubiertas

## RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PERFIL C

La resistencia de diseño a compresión “Pd” es el factor de resistencia “Φc=0.85” por la resistencia nominal a compresión “Pn”

$$P_d = \phi_c \cdot P_n = 0.85 \cdot P_n \quad (17)$$

$$P_n = A_e \cdot F_n \quad (18)$$

$$\text{Para } \lambda_c \leq 1,50 \quad F_n = (0,658^{\lambda_c^2}) F_y \quad (19)$$

$$\text{Para } \lambda_c > 1,50 \quad F_n = \left[ \frac{0.8777}{\lambda_c^2} \right] F_y \quad (20)$$

$$\lambda_c = \sqrt{\frac{F_y}{F_e}} \quad (21)$$

Para el eje y, corresponde considerar el pandeo por flexión y resulta:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} \right)^2} \quad (22)$$

Para el eje x, corresponde considerar el pandeo por flexión y torsión:

$$F_e = \frac{1}{2\beta} \left[ (\sigma_{ex} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ex} + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ex}\sigma_t} \right] \quad (23)$$

$$\sigma_{ex} = \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{k_x \cdot L_x}{r_x} \right)^2} \quad (24)$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_0^2} \cdot \left[ G \cdot J + \frac{\pi^2 \cdot E \cdot C_w}{(k_t \cdot L_t)^2} \right] \quad (25)$$

$$r_o = \sqrt{r_x^2 + r_y^2 + x_o^2} \quad (26)$$

$$\beta = 1 - \left( \frac{x_o}{r_o} \right)^2 \quad (27)$$

$A_e$  es el área efectiva calculada para la tensión  $f=F_n$ . Los perfiles C elegidos tienen labios y alas totalmente efectivos para tensiones  $F_n \leq F_y \leq 250$  Mpa, solo el ancho efectivo del alma ( $h_e = p_h$  con  $k=4.00$ ) puede ser menor a su ancho plano ( $h = h_t - 2r - 2t$ ).

$$A_e = A - (h - h_e) \cdot t \quad (28)$$

Fy = 215 Mpa C				kxLx = 2 m		kxLx = 4 m		kxLx = 6 m		kxLx = 8 m	
				kyLy= ktLt= 1 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 1 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 3 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 4 m
ht mm	bt mm	dt mm	t=ri mm	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN
120	50	15	1.60	49.52	34.01	41.81	30.49	23.49	16.17	16.18	0.00
120	50	15	2.00	65.75	46.22	55.29	41.10	30.05	21.59	20.12	0.00
120	50	20	2.50	91.55	65.87	74.15	56.64	40.02	30.90	26.02	0.00
120	50	20	3.20	116.02	81.99	92.87	74.58	51.71	42.75	32.89	0.00
140	50	20	1.60	54.77	40.25	48.42	37.43	31.23	21.74	22.96	0.00
140	50	20	2.00	72.98	54.18	64.44	50.51	41.84	29.58	29.82	0.00
140	50	20	2.50	97.03	70.72	85.36	68.09	54.18	37.34	37.00	0.00
140	50	20	3.20	129.56	87.56	111.07	87.56	69.83	45.09	46.89	0.00
140	60	20	1.60	60.46	45.86	53.22	42.16	34.75	24.53	25.42	15.26
140	60	20	2.00	80.12	61.37	70.46	56.33	46.18	32.96	33.00	20.15
140	60	20	2.50	105.99	82.12	92.92	75.09	59.54	43.17	40.86	27.11
140	60	20	3.20	141.19	108.26	120.87	97.40	76.18	59.45	51.67	38.24
140	80	30	2.50	132.54	108.83	114.97	96.98	75.80	56.62	51.73	33.51
140	80	30	3.20	175.55	141.99	149.25	124.50	95.84	74.06	65.03	44.78
160	50	20	1.60	56.21	41.11	51.59	40.27	35.81	24.25	28.43	0.00
160	50	20	2.00	75.24	54.57	69.04	54.55	48.35	31.75	38.12	0.00
160	50	20	2.50	100.74	71.91	92.29	71.91	65.16	38.99	50.09	0.00
160	50	20	3.20	137.92	92.71	126.11	92.71	86.34	47.10	63.68	0.00
160	60	20	1.60	62.15	48.36	56.67	45.82	40.10	28.56	31.65	18.35
160	60	20	2.00	82.71	64.90	75.41	61.45	53.67	39.19	42.16	24.95
160	60	20	2.50	110.15	87.27	100.29	82.51	71.67	53.53	55.30	33.56
160	60	20	3.20	150.39	118.71	136.40	112.11	94.41	73.17	69.99	41.45
180	70	25	2.00	95.70	79.49	88.74	75.89	67.90	52.76	56.07	34.24
180	70	25	2.50	127.14	106.12	117.86	101.26	90.43	71.43	74.39	46.30
180	70	25	3.20	173.84	145.94	160.87	139.04	123.52	98.14	98.95	63.44
180	80	30	2.50	140.80	120.59	129.93	114.05	100.74	81.76	82.45	53.07
180	80	30	3.20	191.39	164.45	176.34	155.29	136.58	111.06	109.39	70.83
200	60	20	2.00	85.85	67.87	81.73	67.60	63.42	45.69	55.36	28.58
200	60	20	2.50	115.29	90.54	109.74	90.54	85.67	60.25	74.55	36.51
200	60	20	3.20	159.56	123.71	151.93	123.71	119.37	78.93	103.04	44.45
200	70	25	2.00	97.20	81.73	91.75	79.14	72.96	57.31	62.81	38.24
200	70	25	2.50	129.57	109.42	122.30	105.96	97.59	77.78	83.85	52.97
200	70	25	3.20	178.19	151.28	168.06	146.38	134.43	109.40	114.86	71.74
200	80	30	2.50	143.42	124.36	134.71	119.50	108.80	89.57	92.89	61.40
200	80	30	3.20	196.01	170.49	183.97	163.71	148.71	123.96	126.41	84.68
200	80	30	4.75	313.54	269.71	290.48	256.76	228.29	193.67	187.73	139.49
200	100	30	3.20	218.86	193.17	205.18	184.39	166.75	140.44	142.02	96.00
200	100	30	4.75	347.75	303.40	322.25	287.14	254.83	215.75	210.99	152.09
220	80	30	2.50	145.42	127.24	138.41	123.62	115.11	95.61	101.38	68.24
220	80	30	3.20	199.59	175.14	189.90	170.12	158.21	132.90	139.00	97.02
220	80	30	4.75	328.11	286.23	311.29	277.38	253.48	214.75	216.24	150.23
220	100	30	3.20	222.77	198.87	211.53	192.06	177.50	151.70	155.88	111.14
220	100	30	4.75	362.71	323.48	343.54	310.28	282.24	240.97	241.67	176.62
240	80	30	2.50	146.99	129.47	141.33	126.78	120.07	100.27	108.31	73.77
240	80	30	3.20	202.41	178.78	194.61	175.06	165.69	139.79	149.26	104.98
240	80	30	4.75	336.20	293.61	322.69	291.67	274.86	227.36	243.15	154.96
240	100	30	3.20	225.88	203.38	216.57	198.08	186.09	160.69	167.23	121.96
240	100	30	4.75	371.29	334.97	355.44	325.86	305.05	264.29	270.48	199.45
260	80	30	2.50	148.24	130.75	143.68	129.22	123.98	103.88	114.00	78.02
260	80	30	3.20	204.68	180.02	198.41	178.90	171.62	144.71	157.69	106.51
260	80	30	4.75	342.78	297.92	331.95	297.92	287.64	234.87	262.79	159.29
260	100	30	3.20	228.40	207.00	220.65	202.86	193.03	167.89	176.60	130.80
260	100	30	4.75	378.29	343.55	365.12	336.48	319.47	281.13	291.03	220.59
280	80	30	2.50	149.24	130.92	145.59	130.92	127.07	105.35	118.69	77.87
280	80	30	3.20	206.41	180.72	201.51	180.72	176.32	144.90	164.64	106.33
280	80	30	4.75	347.22	301.33	339.58	301.33	297.88	237.32	277.06	163.24
280	100	30	3.20	230.46	209.93	224.00	206.69	198.67	173.68	184.39	138.00
280	100	30	4.75	384.09	350.59	373.13	345.10	331.26	292.68	306.59	237.75
300	80	30	2.50	149.69	130.99	147.15	130.99	129.50	105.04	122.57	77.32
300	80	30	3.20	207.37	181.21	204.07	181.21	180.05	144.85	170.39	105.91
300	80	30	4.75	350.81	304.04	345.94	304.04	304.04	239.04	288.92	166.85
300	90	30	2.50	159.51	143.81	156.04	142.67	138.71	119.19	130.64	93.76
300	90	30	3.20	220.23	198.25	215.48	197.39	191.95	165.93	180.80	129.58
300	90	30	4.75	371.07	331.68	362.99	331.68	324.00	274.77	304.50	210.37
300	100	35	3.20	238.16	218.85	232.38	216.04	208.89	184.70	195.77	149.92
300	100	35	4.75	397.91	366.31	388.16	361.56	349.34	311.51	326.83	257.55
320	80	35	3.20	214.24	188.04	211.89	188.04	188.04	151.47	180.31	112.01
320	80	35	4.75	363.05	316.52	359.78	316.52	316.52	251.52	306.46	181.28
320	100	35	3.20	239.60	220.83	234.76	218.60	212.79	188.58	201.43	154.86
320	100	35	4.75	402.06	369.12	393.91	367.48	357.59	319.01	338.12	259.79

Tabla 4 - Compresión - Perfil C - Acero F-22

Fy = 250 Mpa C				kxLx = 2 m		kxLx = 4 m		kxLx = 6 m		kxLx = 8 m	
				kyLy= ktLt= 1 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 1 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 3 m	kyLy= ktLt= 2 m	kyLy= ktLt= 4 m
ht mm	bt mm	dt mm	t=ri mm	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN	Pd kN
120	50	15	1.60	54.71	35.35	44.94	31.14	23.49	16.17	16.18	0.00
120	50	15	2.00	72.69	48.32	59.46	42.30	30.05	21.59	20.12	0.00
120	50	20	2.50	101.71	70.33	80.71	59.01	40.02	30.90	26.02	0.00
120	50	20	3.20	130.89	87.41	101.04	78.29	51.71	42.75	32.89	0.00
140	50	20	1.60	60.89	42.53	52.75	39.09	31.63	21.74	22.96	0.00
140	50	20	2.00	81.10	57.38	70.17	52.89	42.48	29.58	29.82	0.00
140	50	20	2.50	107.92	74.84	93.04	71.62	55.32	37.34	37.00	0.00
140	50	20	3.20	146.77	93.12	122.80	93.12	71.59	45.09	46.89	0.00
140	60	20	1.60	67.45	48.89	58.13	44.33	35.41	24.53	25.42	15.26
140	60	20	2.00	89.34	65.53	76.93	59.32	47.10	32.96	33.00	20.15
140	60	20	2.50	118.25	87.99	101.53	79.34	61.01	43.17	40.86	27.11
140	60	20	3.20	160.00	117.76	133.85	104.13	78.26	59.45	51.67	38.24
140	80	30	2.50	148.88	118.46	126.24	103.64	78.29	56.62	51.73	33.51
140	80	30	3.20	199.24	156.37	165.72	134.21	99.01	74.06	65.03	44.78
160	50	20	1.60	62.59	43.47	56.64	42.44	37.02	24.25	28.43	0.00
160	50	20	2.00	83.69	57.60	75.72	57.58	50.04	31.75	38.12	0.00
160	50	20	2.50	112.07	75.81	101.24	75.81	67.62	38.99	50.09	0.00
160	50	20	3.20	153.72	98.33	138.64	98.33	90.52	47.10	63.65	0.00
160	60	20	1.60	69.49	51.87	62.40	48.70	41.71	28.56	31.68	18.35
160	60	20	2.00	92.38	69.66	82.95	65.38	55.85	39.19	42.20	24.95
160	60	20	2.50	123.00	93.87	110.32	87.97	74.71	53.53	55.36	33.56
160	60	20	3.20	168.24	129.13	150.31	121.26	99.30	73.68	70.10	41.45
180	70	25	2.00	107.47	86.56	98.42	82.02	72.06	53.73	57.67	34.24
180	70	25	2.50	142.66	115.61	130.62	109.49	96.01	73.00	76.53	46.30
180	70	25	3.20	195.15	159.36	178.39	150.67	131.38	101.30	102.27	63.44
180	80	30	2.50	158.50	132.35	144.34	124.04	107.39	84.26	85.09	53.07
180	80	30	3.20	215.51	180.75	195.98	169.14	145.77	115.40	113.39	70.83
200	60	20	2.00	96.02	73.00	90.66	72.66	67.45	45.98	57.59	28.58
200	60	20	2.50	128.79	97.23	121.60	97.23	91.17	60.48	77.58	36.51
200	60	20	3.20	178.22	132.69	168.37	132.69	127.31	79.02	107.37	44.45
200	70	25	2.00	109.24	89.23	102.12	85.96	78.18	59.03	65.67	38.24
200	70	25	2.50	145.43	119.45	135.97	115.06	104.56	80.33	87.66	52.97
200	70	25	3.20	199.97	165.36	186.83	159.17	144.21	113.57	120.17	71.74
200	80	30	2.50	161.52	136.80	150.15	130.60	117.10	93.40	97.44	61.40
200	80	30	3.20	220.67	187.67	205.01	179.04	160.16	129.68	132.66	84.68
200	80	30	4.75	359.52	302.38	329.63	285.56	249.08	205.73	198.42	140.21
200	100	30	3.20	247.10	213.74	229.25	202.50	180.20	147.65	149.57	96.00
200	100	30	4.75	398.89	341.24	366.02	320.07	278.60	229.56	223.68	152.66
220	80	30	2.50	163.82	140.20	154.65	135.57	124.76	100.52	107.61	68.24
220	80	30	3.20	224.65	192.98	212.02	186.57	171.48	140.07	147.56	97.17
220	80	30	4.75	370.29	318.83	348.50	308.85	279.04	230.11	231.97	151.55
220	100	30	3.20	251.53	220.42	236.82	211.66	193.14	160.93	166.09	111.92
220	100	30	4.75	410.42	360.82	385.49	345.76	311.41	259.12	260.00	180.56
240	80	30	2.50	165.61	142.82	158.20	139.36	130.80	106.05	116.01	74.09
240	80	30	3.20	227.76	197.13	217.58	192.35	180.44	148.10	159.82	106.02
240	80	30	4.75	378.85	324.00	361.31	321.52	300.24	243.99	263.57	155.92
240	100	30	3.20	255.03	225.70	242.83	218.86	203.53	171.60	179.75	124.56
240	100	30	4.75	419.62	372.55	398.98	360.86	334.38	286.46	293.32	206.50
260	80	30	2.50	167.02	144.25	161.04	142.28	135.58	110.32	122.94	78.98
260	80	30	3.20	230.25	198.27	222.04	196.83	187.53	153.80	169.95	107.53
260	80	30	4.75	385.77	327.99	371.70	327.99	314.95	249.17	283.71	159.89
260	100	30	3.20	257.84	229.91	247.68	224.56	211.94	180.18	191.10	134.80
260	100	30	4.75	427.10	382.02	409.93	372.93	351.20	302.92	315.30	230.59
280	80	30	2.50	168.14	144.29	163.34	144.29	139.35	111.99	128.69	78.66
280	80	30	3.20	232.10	198.79	225.69	198.79	193.15	153.71	178.34	107.07
280	80	30	4.75	390.15	331.08	380.23	331.08	326.70	251.14	300.42	163.53
280	100	30	3.20	260.13	233.31	251.65	229.12	218.79	187.09	200.59	143.18
280	100	30	4.75	433.27	389.76	418.97	382.69	364.97	316.20	333.67	248.56
300	80	30	2.50	168.56	144.23	165.22	144.23	142.32	111.49	133.46	77.90
300	80	30	3.20	233.00	199.08	228.68	199.08	197.60	153.39	185.31	106.41
300	80	30	4.75	393.64	333.45	387.31	333.45	333.45	252.35	314.32	166.87
300	90	30	2.50	180.07	159.54	175.50	158.06	152.95	128.14	142.62	96.90
300	90	30	3.20	248.11	219.47	241.88	218.36	211.36	178.36	197.11	133.77
300	90	30	4.75	417.58	366.59	407.03	366.59	356.76	294.73	331.98	216.27
300	100	35	3.20	268.99	243.73	261.39	240.07	230.84	199.99	214.02	156.87
300	100	35	4.75	448.85	407.74	436.10	401.61	385.90	337.86	357.21	271.01
320	80	35	3.20	240.81	206.81	237.74	206.81	206.81	160.74	196.93	112.96
320	80	35	4.75	407.32	347.35	403.05	347.35	347.35	266.06	334.57	181.78
320	100	35	3.20	270.58	245.99	264.21	243.10	235.58	204.63	220.97	162.68
320	100	35	4.75	453.23	410.37	442.57	408.25	395.51	346.42	370.61	272.99

Tabla 5 - Compresión - Perfil C - Acero ZAR-250

## RESISTENCIA A COMPRESIÓN DE PERFIL CAJÓN DOBLE C

Como combinación de los perfiles C de la tabla 1 presentamos en la figura 7 las características geométricas del cajón CC.

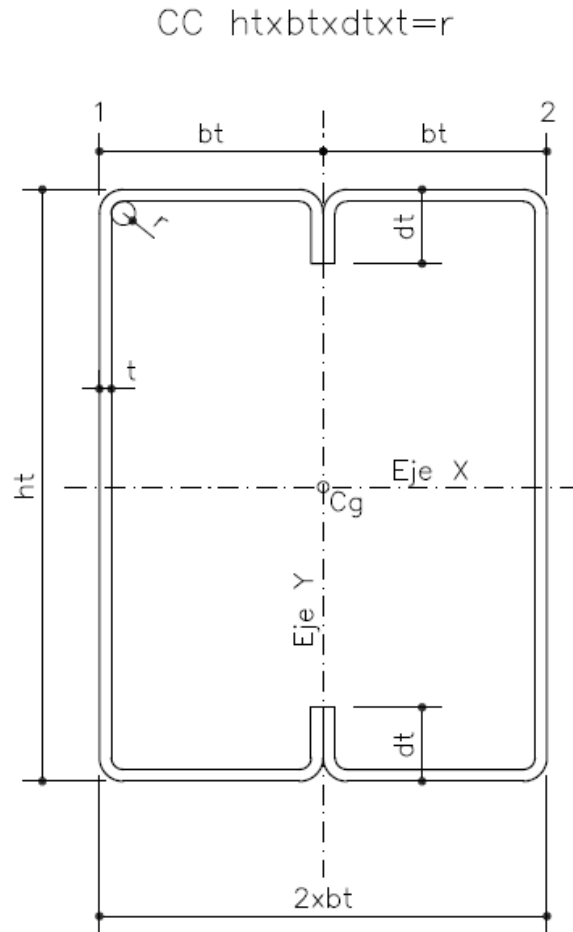


Figura 7: Características geométricas del perfil CC

Para determinar la resistencia a compresión solo corresponde considerar el pandeo por flexión tanto para el eje x como para el eje y, entonces resulta:

$$F_e = \min \left[ \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{k_x \cdot L_x}{r_x} \right)^2}, \frac{\pi^2 E}{\left( \frac{k_y \cdot L_y}{r_y} \right)^2} \right] \quad (29)$$

En la tabla 6 presentamos las propiedades geométricas de la sección CC, las resistencias de diseño a compresión (Pd) para distintas longitudes de pandeo y el módulo elástico efectivo ( $S_{ye}$ ) correspondiente a la flexión en el eje débil (eje y) cuando la tensión de compresión en el alma (f) alcanza el valor de la tensión de fluencia ( $f = F_y$ ).

CC					Fy = 215 Mpa								Fy = 250 Mpa							
					Modulo				kx Lx = ky Ly =				Modulo				kx Lx = ky Ly =			
					Eficaz				4m	6m	8m	Eficaz				4m	6m	8m		
ht	bt	dt	t=ri	a	Jx	Sx	Jy	Sy	Sye	Pd	Pd	Pd	Sye	Pd	Pd	Pd				
mm	mm	mm	mm	cm2	cm4	cm3	cm4	cm3	cm3	kN	kN	kN	cm3	kN	kN	kN				
120	50	15	1.60	7.66	172.99	28.83	115.50	23.10	18.41	78.22	46.57	0.00	17.86	83.17	46.57	0.00				
120	50	15	2.00	9.47	211.65	35.28	142.19	28.44	24.96	103.31	58.12	0.00	24.23	109.91	58.12	0.00				
120	50	20	2.50	12.18	266.51	44.42	174.35	34.87	33.54	133.71	71.26	0.00	32.66	143.10	71.26	0.00				
120	50	20	3.20	15.29	328.55	54.76	217.17	43.43	43.43	167.22	88.77	0.00	43.43	178.84	88.77	0.00				
140	50	20	1.60	8.62	256.72	36.67	131.00	26.20	19.30	83.55	50.34	0.00	18.70	88.84	50.34	0.00				
140	50	20	2.00	10.67	314.81	44.97	161.40	32.28	26.30	111.08	65.97	0.00	25.48	118.09	65.97	0.00				
140	50	20	2.50	13.18	384.07	54.87	198.12	39.62	35.66	146.56	80.98	0.00	34.59	155.96	80.98	0.00				
140	50	20	3.20	16.57	474.86	67.84	247.16	49.43	49.14	185.71	101.02	0.00	47.90	199.42	101.02	0.00				
140	60	20	1.60	9.26	287.37	41.05	197.14	32.86	24.63	102.13	70.77	44.19	23.92	110.81	72.32	44.19				
140	60	20	2.00	11.47	352.90	50.41	243.29	40.55	33.41	135.24	93.39	55.94	32.43	146.69	95.42	55.94				
140	60	20	2.50	14.18	431.33	61.62	299.24	49.87	45.14	178.27	119.06	68.80	43.86	193.51	121.98	68.80				
140	60	20	3.20	17.85	534.75	76.39	374.41	62.40	62.06	230.42	149.18	86.08	60.56	253.18	152.71	86.08				
140	80	30	2.50	17.18	546.20	78.03	579.05	72.38	66.25	240.76	186.30	125.41	64.60	266.29	197.82	125.58				
140	80	30	3.20	21.69	680.54	97.22	727.30	90.91	90.46	314.20	234.95	156.41	88.52	351.78	250.90	156.47				
160	50	20	1.60	9.26	351.91	43.99	146.49	29.30	19.97	85.97	53.16	0.00	19.33	91.58	53.16	0.00				
160	50	20	2.00	11.47	432.09	54.01	180.61	36.12	27.35	115.03	70.78	0.00	26.45	122.47	70.78	0.00				
160	50	20	2.50	14.18	528.00	66.00	221.88	44.38	37.37	153.34	90.69	0.00	36.15	163.31	90.69	0.00				
160	50	20	3.20	17.85	654.33	81.79	277.14	55.43	52.20	203.94	113.28	0.00	50.66	219.68	113.28	0.00				
160	60	20	1.60	9.90	392.06	49.01	219.57	36.59	25.47	104.42	73.75	46.87	24.71	113.42	75.66	46.87				
160	60	20	2.00	12.27	482.01	60.25	271.13	45.19	34.72	139.01	98.09	61.92	33.64	150.88	100.60	61.92				
160	60	20	2.50	15.18	590.01	73.75	333.76	55.63	47.24	184.76	129.57	76.74	45.79	200.57	132.90	76.74				
160	60	20	3.20	19.13	733.01	91.63	418.06	69.68	65.81	250.42	164.98	96.12	63.95	272.55	169.76	96.12				
180	70	25	2.00	14.27	717.29	79.70	421.63	60.23	44.16	167.92	129.16	89.32	42.83	184.52	135.96	89.32				
180	70	25	2.50	17.68	880.62	97.85	520.09	74.30	60.08	223.07	171.39	117.82	58.24	245.01	180.38	117.82				
180	70	25	3.20	22.33	1098.75	122.08	653.38	93.34	84.05	304.28	232.27	150.22	81.59	334.45	244.66	150.22				
180	80	30	2.50	19.18	978.92	108.77	703.08	87.88	71.86	255.01	205.77	152.18	69.79	282.43	220.09	155.02				
180	80	30	3.20	24.25	1223.79	135.98	884.65	110.58	100.10	346.18	278.26	199.18	97.32	383.60	297.85	203.32				
200	60	20	2.00	13.87	815.52	81.55	326.83	54.47	36.76	144.41	104.97	68.44	35.55	156.92	108.25	68.44				
200	60	20	2.50	17.18	1000.48	100.05	402.79	67.13	50.49	193.96	140.80	91.11	48.77	210.61	145.16	91.11				
200	60	20	3.20	21.69	1246.94	124.69	505.37	84.23	71.46	268.04	193.02	116.19	69.08	291.17	199.03	116.19				
200	70	25	2.00	15.07	917.96	91.80	459.71	65.67	45.35	170.34	132.40	93.09	43.95	187.26	139.63	93.09				
200	70	25	2.50	18.68	1128.03	112.80	567.35	81.05	61.92	227.17	176.59	123.75	59.95	249.52	186.16	123.75				
200	70	25	3.20	23.61	1409.33	140.93	713.27	101.90	87.19	312.00	241.55	163.99	84.46	342.73	254.74	163.99				
200	80	30	2.50	20.18	1251.84	125.18	765.09	95.64	74.08	259.08	211.04	158.33	71.86	286.93	226.00	161.83				
200	80	30	3.20	25.53	1566.92	156.69	963.33	120.42	103.82	353.85	287.59	214.40	100.74	391.84	308.07	219.14				
200	80	30	4.75	36.93	2210.96	221.10	1378.16	172.27	172.27	555.11	434.77	308.81	169.48	625.26	470.62	316.17				
200	100	30	3.20	28.09	1814.79	181.48	1600.18	160.02	139.41	415.31	361.33	297.09	135.58	464.94	395.53	315.16				
200	100	30	4.75	40.73	2573.13	257.31	2300.67	230.07	230.07	654.21	556.69	444.08	226.59	744.88	617.40	474.72				
220	80	30	2.50	21.18	1565.13	142.28	827.11	103.39	76.02	262.44	215.44	163.51	73.67	290.65	230.97	167.59				
220	80	30	3.20	26.81	1961.13	178.28	1042.01	130.25	107.05	360.13	295.32	223.25	103.71	398.61	316.57	228.79				
220	80	30	4.75	38.83	2773.93	252.18	1492.65	186.58	181.60	587.01	463.05	332.20	176.74	654.02	502.27	341.38				
220	100	30	3.20	29.37	2261.95	205.63	1724.12	172.41	143.60	421.25	368.60	305.64	139.45	471.29	403.52	324.63				
220	100	30	4.75	42.63	3214.09	292.19	2481.75	248.18	241.97	684.50	587.71	471.99	235.90	767.64	652.72	505.82				
240	80	30	2.50	22.18	1920.79	160.07	889.12	111.14	77.74	265.26	219.17	167.94	75.28	293.78	235.19	172.54				
240	80	30	3.20	28.09	2408.99	200.75	1120.68	140.09	109.88	365.37	301.83	230.75	106.32	404.27	323.75	237.01				
240	80	30	4.75	40.73	3414.59	284.55	1607.13	200.89	188.55	604.70	491.08	355.34	183.02	670.30	532.36	366.33				
240	100	30	3.20	30.65	2767.87	230.66	1848.05	184.81	147.30	426.21	374.71	312.88	142.88	476.61	410.28	332.69				
240	100	30	4.75	44.53	3940.35	328.36	2662.84	266.28	250.89	699.55	612.68	499.60	244.00	783.28	672.01	536.57				
260	80	30	2.50	23.18	2320.83	178.53	951.14	118.89	79.28	267.67	222.38	171.78	76.73	296.46	238.84	176.85				
260	80	30	3.20	29.37	2913.06	224.08	1199.36	149.92	112.39	369.81	307.38	237.21	108.64	409.09	329.90	244.10				
260	80	30	4.75	42.63	4136.76	318.21	1721.62	215.20	194.63	617.78	510.28	378.29	188.52	684.00	548.38	391.06				
260	100	30	3.20	31.93	3335.12	256.55	1971.99	197.20	150.60	430.41	379.93	319.11	145.95	481.12	416.06	339.65				
260	100	30	4.75	46.43	4755.71	365.82	2843.92	284.39	258.73	712.19	627.05	523.76	251.12	796.44	687.32	558.13				
280	80	30	2.50	24.18	2767.24	197.66	1013.16	126.64	80.67	269.75	225.17	175.14	78.03	298.78	242.01	180.63				
280	80	30	3.20	30.65	3475.91	248.28	1278.03	159.75	114.64	373.63	312.19	242.82	110.72	413.23	335.23	250.29				
280	80	30	4.75	44.53	4944.22	353.16	1836.11	229.51	200.00	628.93	523.15	401.06	193.40	695.69	562.14	414.92				
280	100	30	3.20	33.21	3966.26	283.30	2095.93	209.59	153.57	434.01	384.44	324.53	148.71	485.00	421.08	345.72				
280	100	30	4.75	48.33	5663.97	404.57	3025.00	302.50	265.68	722.96	639.36	537.64	257.45	807.66	700.46	573.10				
300	80	30	2.50	25.18	3262.03	217.47	1075.17	134.40	81.93	271.56	227.62	178.11	79.21	300.81	244.81	183.97				
300	80	30	3.20	31.93	4100.08	273.34	1356.71	169.59	116.66	376.94	316.38	247.75	112.60	416.83	339.90	255.74				
300	80	30	4.75	46.43	5840.80	389.39	1950.59	243.82	204.79	638.54	534.29	414.89	197.75	705.79	574.07	428.27				
300	90	30	2.50	26.18	3483.29	232.22	1391.83	154.65	95.86	295.18	255.69	209.40	92.82	328.90	278.13	220.36				
300	90	30	3.20	33.21	4381.97	292.13	1758.24	195.36	136.00	407.92	353.83	290.12	131.45	453.71	384.38	305.08				
300	90	30	4.75	48.33	6254.87	416.99	2534.22	281.58	237.69	687.04	594.97	485.62	229.77	763.62	646.28	510.76				
300	100	35	3.20	35.13	4752.24	316.82	2219.88	221.99	156.74	446.79	395.88	334.37	151.74	499.27	433.58	356.18				
300	100	35	4.75	51.18	6800.11	453.34	3206.14	320.61	272.28	746.37	660.75	556.62	263.56	833.27	723.40	592.97				
320	80	35	3.20	33.85	4892.21	305.76	1435.40	179.43	118.98	388.69	326.13	255.35	114.82	429.84	350.33	263.53				
320	80	35	4.75	49.28	6984.73	436.55	2065.13	258.14	209.50	659.76	552.45									

## RESISTENCIA A COMPRESIÓN DEL PERFIL ANGULO

En la Figura 8 se muestran las dimensiones más relevantes del perfil ángulo.

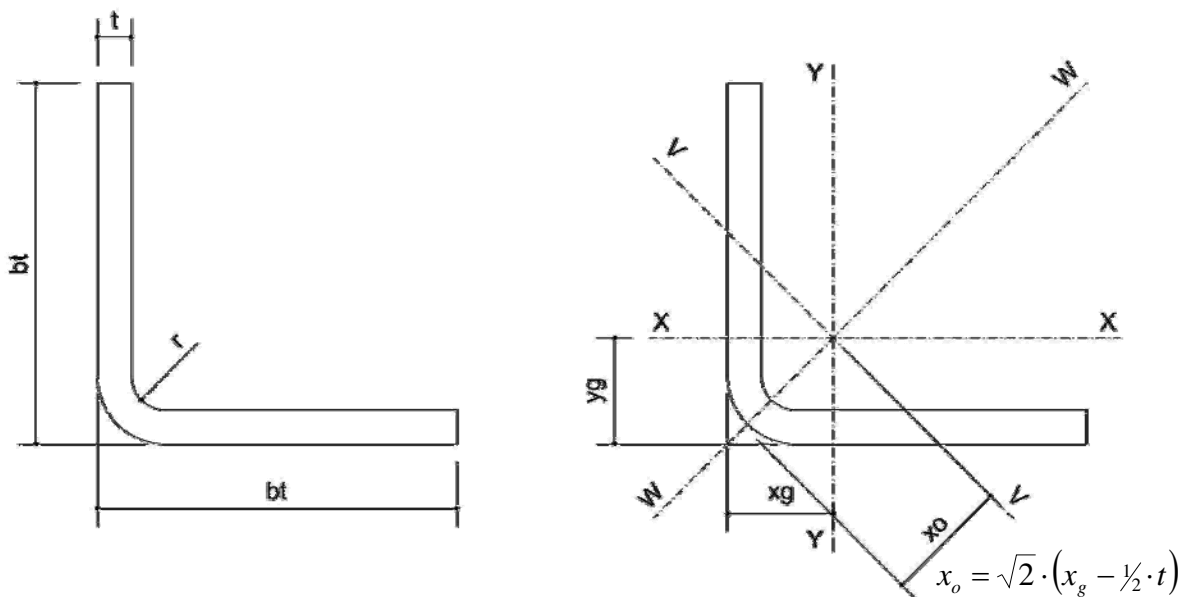


Figura 8: Características geométricas del perfil L

L		A	xg	Jx	Sx	rx	Jv	rv	Jw	rw	J
bt	t=r	cm <sup>2</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm <sup>3</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>	cm	cm <sup>4</sup>
mm	mm										
38.10	2.00	1.46	1.04	2.10	0.76	1.20	0.80	0.74	3.40	1.53	0.02
38.10	2.50	1.80	1.07	2.57	0.94	1.19	0.96	0.73	4.17	1.52	0.04
38.10	3.20	2.27	1.10	3.18	1.17	1.18	1.17	0.72	5.19	1.51	0.08
38.10	4.75	3.25	1.18	4.36	1.66	1.16	1.52	0.68	7.21	1.49	0.24
50.80	2.00	1.97	1.36	5.10	1.37	1.61	1.97	1.00	8.23	2.05	0.03
50.80	2.50	2.44	1.39	6.27	1.70	1.60	2.40	0.99	10.14	2.04	0.05
50.80	3.20	3.08	1.42	7.83	2.14	1.59	2.95	0.98	12.70	2.03	0.11
50.80	4.75	4.45	1.49	10.98	3.06	1.57	3.99	0.95	17.97	2.01	0.34
63.50	2.50	3.07	1.70	12.46	2.68	2.01	4.81	1.25	20.10	2.56	0.06
63.50	3.20	3.90	1.74	15.64	3.39	2.00	5.97	1.24	25.30	2.55	0.13
63.50	4.75	5.66	1.81	22.20	4.89	1.98	8.25	1.21	36.15	2.53	0.43
63.50	6.35	7.40	1.88	28.32	6.34	1.96	10.19	1.17	46.44	2.50	0.99
76.20	2.50	3.71	2.02	21.78	3.89	2.42	8.47	1.51	35.09	3.08	0.08
76.20	3.20	4.71	2.05	27.43	4.93	2.41	10.57	1.50	44.28	3.07	0.16
76.20	4.75	6.87	2.12	39.25	7.14	2.39	14.80	1.47	63.70	3.05	0.52
76.20	6.35	9.01	2.20	50.49	9.32	2.37	18.57	1.44	82.40	3.02	1.21

Tabla 7: Características geométricas del Perfil Angulo

Para el cálculo de la resistencia de diseño a compresión “Pd” del perfil ángulo valen las expresiones antes indicadas. De acuerdo a la investigación presentada en 22JAIE TRABAJO 64 COMPRESIÓN DE ÁNGULOS CONFORMADOS EN FRÍO, a juicio de los autores, no es necesario adicionar el momento (PL/1000) indicado en el punto C.5.2. del CIRSOC 303.



Para el eje v, corresponde considerar el pandeo por flexión y resulta:

$$F_e = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k_v \cdot l_v}{r_v}\right)^2} \quad (30)$$

Para el eje w, corresponde considerar el pandeo por flexión y torsión:

$$F_e = \frac{1}{2\beta} \left[ (\sigma_{ew} + \sigma_t) - \sqrt{(\sigma_{ew} + \sigma_t)^2 - 4\beta\sigma_{ew}\sigma_t} \right] \quad (31)$$

$$\sigma_{ew} = \frac{\pi^2 E}{\left(\frac{k_w \cdot l_w}{r_w}\right)^2} \quad (32)$$

$$\sigma_t = \frac{1}{Ar_0^2} \cdot G \cdot J \quad (33)$$

$$A_e = 2 \cdot b_e \cdot t + \frac{\pi}{2} \cdot \left( r + \frac{t}{2} \right) \cdot t \quad (34)$$

$A_e$  es el área efectiva calculada para la tensión  $f=F_n$ . El ancho efectivo ( $b_e=pb$ ) puede ser menor o igual a su ancho plano ( $b=bt-r-t$ ), ver ecuaciones (1) a (5) donde  $k=0.43$  para la determinación de la tensión crítica ideal de abollamiento ( $F_{cr}$ ).

L		Fy=215MPa				Fy=250MPa			
		L=0.50m	L=1.00m	L=1.50m	L=2.00m	L=0.50m	L=1.00m	L=1.50m	L=2.00m
bt	t=r	Pd	Pd	Pd	Pd	Pd	Pd	Pd	Pd
mm	mm	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN	kN
38.10	2.00	16.74	11.63	0.00	0.00	17.76	11.80	0.00	0.00
38.10	2.50	24.89	14.05	0.00	0.00	27.65	14.19	0.00	0.00
38.10	3.20	33.24	17.10	0.00	0.00	37.28	17.18	0.00	0.00
38.10	4.75	46.49	22.29	0.00	0.00	51.95	22.29	0.00	0.00
50.80	2.00	15.02	14.67	12.30	0.00	15.34	14.92	12.30	0.00
50.80	2.50	25.98	25.29	15.68	0.00	27.39	26.55	15.68	0.00
50.80	3.20	42.04	34.98	19.29	0.00	46.61	37.64	19.29	0.00
50.80	4.75	70.94	48.91	26.07	0.00	80.66	52.35	26.07	0.00
63.50	2.50	23.54	23.19	22.56	17.48	24.04	23.63	22.88	17.48
63.50	3.20	42.94	42.24	36.47	21.98	45.41	44.56	37.69	21.98
63.50	4.75	84.26	75.68	51.19	30.36	94.76	83.63	53.08	30.36
63.50	6.35	120.35	97.13	64.21	37.49	137.31	107.02	66.14	37.49
76.20	2.50	20.06	19.88	19.57	19.12	20.06	19.88	19.57	19.12
76.20	3.20	40.15	39.74	39.01	35.72	41.45	40.96	40.08	36.18
76.20	4.75	93.69	92.19	77.98	53.86	103.88	101.95	83.92	54.45
76.20	6.35	139.86	132.03	100.13	67.98	158.35	148.09	107.36	68.32

Tabla 8 - Compresión - Perfil Angulo (donde  $L=k_v L_v=k_w L_w$ )

## **CONCLUSIÓN:**

Es posible simplificar considerablemente el método de cálculo correspondiente a perfiles conformados en frío estandarizando las dimensiones de las secciones de manera de evitar los pandeos locales para secciones con alas rigidizadas sometidas a flexión en su mayor inercia.

Recomendamos revisar la norma IRAM que clasifica los aceros empleados para la fabricación de perfiles conformados en frío, en particular la calidad comercial F-22.

El comportamiento conjunto de correas y chapas de cubierta tomadas con tornillos autorroscantes autoperforantes (prescripciones C.3.1.3 y C.3.1.4. del CIRSOC 303) debería ajustarse con ensayos para los sistemas de chapeado que habitualmente utilizamos.

Es necesario revisar los valores de sobrecarga mínima para cubiertas CIRSOC 101 y los coeficientes de presión externa  $G_{Cp}$  de componentes y revestimientos para la acción del viento CIRSOC 102, ya que para los usos más habituales resultan considerablemente superiores a los valores vigentes hasta el año 2013.

## **REFERENCIAS:**

[1] Reglamento y Comentarios al Reglamento CIRSOC 303 EL “Reglamento argentino de elementos estructurales de acero de sección abierta conformados en frío”. (2009). INTI-CIRSOC. Argentina.

[2] IRAM - IAS U500-42 “Chapas de acero al carbono, laminadas en caliente, para uso estructural”. (1989). IRAM. Argentina.

[3] Mg. Ing. del Rio Marcelo, Mg. Ing. Busnelli Alberto Pedro “Compresión de ángulos conformados en frío” 22JAIE TRABAJO 64 (2012). Argentina.

[4] IRAM - IAS U500-214 “Chapas y bobinas de acero al carbono y de baja aleación, de calidad estructural, cincadas o revestidas de aleación cinc-hierro por el proceso continuo de inmersión en caliente”. (2012). IRAM. Argentina.

[5] Reglamento CIRSOC 301 “Reglamento Argentino de Estructuras de Acero para Edificios” (2005). INTI-CIRSOC. Argentina.

[6] Reglamento CIRSOC 101 “Reglamento Argentino de Cargas Permanentes y Sobrecargas Mínimas de Diseño para Edificios y otras Estructuras” (2005). INTI-CIRSOC. Argentina.

[7] Reglamento CIRSOC 102 “Reglamento Argentino de Acción del Viento sobre las Construcciones” (2005). INTI-CIRSOC. Argentina.

[8] Ing. Gabriel Trogia “Estructuras de Acero con Tubos y Secciones Abiertas Conformadas en frío” Editorial Universitas. (2010). Argentina.