

3. METODO LINEAL PARA EL CALCULO DE LAS PROPIEDADES GEOMETRICAS

3.1 DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

El cálculo de las propiedades geométricas de un perfil laminado en frío son indispensables para realizar cualquier procedimiento de diseño o revisión; generalmente para determinar estas propiedades se utiliza el MÉTODO LINEAL, el cual es aplicable si el espesor del perfil es constante.

Este método toma en cuenta para sus cálculos la línea central de la lámina de acero, simplificando significativamente el análisis, ya que se toman en cuenta longitudes en el lugar de áreas, y se introduce el espesor del perfil al final de la operación. Para el cálculo de las propiedades geométricas del perfil, este se divide en dos secciones, que son las secciones rectas y las secciones curvas o circulares. Los valores de una sola dimensión (valores de centroide x , y , radios de giro r) se obtienen de manera exacta y directa con el método lineal, en cambio los valores que exceden a dos dimensiones (área, inercias, módulos de sección) se obtienen multiplicando por el espesor " t ". Los parámetros obtenidos por las ecuaciones que se muestran más adelante, y estos no serán 100% exactos, pero tendrán un valor aproximado y aceptable para cuestiones de diseño; esto es por lo siguiente:

- Si se analiza el momento de inercia con respecto al eje longitudinal de los elementos rectos del perfil, se llegará a la conclusión de que este se puede considerar despreciable, ya que es directamente proporcional al espesor del perfil al cubo (t^3), y se sabe que los perfiles laminados en frío destacan por bajos espesores, entonces el valor del momento de inercia mencionado será muy pequeño comparado con otros valores de inercia obtenido, por lo que se introduce poco error al considerarlo despreciable; de igual manera, si se analiza el momento de inercia de un elemento recto con inclinación respecto a los ejes de referencia, este resultará solo un poco mayor que el del elemento lineal que le corresponde; por lo tanto el error es menor aun que si el elemento fuera lineal.
- Al analizar las propiedades de un arco lineal (que se encuentran en las esquinas de los perfiles); los errores generados son despreciables, ya que los radios de curvatura de estas esquinas son pequeños, siendo despreciable en general para estos elementos su momento de inercia y el error generado al determinar las distancias centroidales.

- Si se trata de perfiles tubulares cilíndricos o láminas con corrugaciones circulares (o en general elementos con radio de curvatura mayor a cuatro veces su espesor), se puede asumir que el error que introduce es prácticamente nulo.

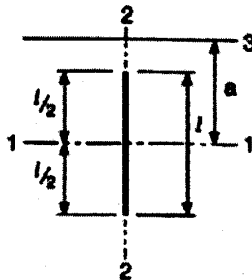
3.2 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS GENERALES.

Como se mencionó anteriormente, el método lineal requiere dividir al perfil en elementos lineales rectos y elementos lineales circulares; el análisis de las propiedades geométricas de estos elementos se muestra a continuación.

3.2.1 ECUACIONES PARA ELEMENTOS LINEALES RECTOS

Los elementos lineales rectos se dividen en elementos lineales verticales, horizontales y elementos lineales inclinados.

Las expresiones utilizadas para obtener los momentos de inercia de elementos lineales verticales (fig.3.1) son:



$$I_1 = \frac{l^3}{12} \quad (\text{Ec.1})$$

$$I_2 = 0 \quad (\text{Ec.2})$$

$$I_3 = la^2 + \frac{l^3}{12} = l \left(a^2 + \frac{l^2}{12} \right) \quad (\text{Ec.3})$$

Fig. 3.1 Elemento lineal vertical

El cálculo de los momentos de inercia de un elemento lineal horizontal como el que se muestra en la fig. 3.2, puede calcularse mediante las siguientes expresiones.

$$I_1 = 0 \quad (\text{Ec.4})$$

$$I_2 = \frac{l^3}{12} \quad (\text{Ec.5})$$

$$I_3 = la^2 \quad (\text{Ec.6})$$

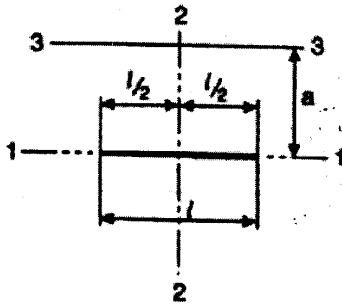


Fig. 3.2 Elemento lineal horizontal

Para elementos lineales inclinados a un ángulo θ , como se muestra en la figura 3.3, los momentos de inercia se pueden calcular haciendo uso de las siguientes expresiones:

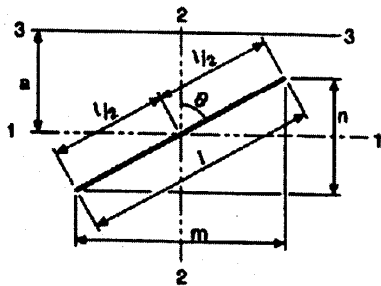


Fig. 3.3 Elemento lineal inclinado

$$I_1 = \left[\frac{\cos^2 \theta}{12} \right] l^3 = \frac{l}{12} n^2 \quad (\text{Ec.7})$$

$$I_2 = \left[\frac{\text{sen}^2 \theta}{12} \right] l^3 = \frac{l}{12} m^2 \quad (\text{Ec.8})$$

$$I_{12} = \left[\frac{\text{sen} \theta \cos \theta}{12} \right] l^3 = \frac{l}{12} mn \quad (\text{Ec.9})$$

$$I_3 = la^2 + \frac{l}{12} n^2 = l \left[a^2 + \frac{n^2}{12} \right] \quad (\text{Ec.10})$$

3.2.2 ELEMENTOS LINEALES CIRCULARES

Para realizar el cálculo de los momentos de inercia de elementos circulares genéricos como el mostrado en la figura 3.4 se utilizarán las siguientes expresiones:

$$I_1 = \left[\frac{\theta_2 - \theta_1 + \text{sen } \theta_2 \cos \theta_2 - \text{sen } \theta_1 \cos \theta_1}{2} - \frac{(\text{sen } \theta_2 - \text{sen } \theta_1)^2}{\theta_2 - \theta_1} \right] r^3 \quad (\text{Ec.11})$$

$$I_2 = \left[\frac{\theta_2 - \theta_1 - \text{sen } \theta_2 \cos \theta_2 + \text{sen } \theta_1 \cos \theta_1}{2} - \frac{(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)^2}{\theta_2 - \theta_1} \right] r^3 \quad (\text{Ec.12})$$

$$I_{12} = \left[\frac{\text{sen}^2 \theta_2 - \text{sen}^2 \theta_1}{2} + \frac{(\text{sen } \theta_2 - \text{sen } \theta_1)(\cos \theta_2 - \cos \theta_1)}{\theta_2 - \theta_1} \right] r^3 \quad (\text{Ec.13})$$

$$I_3 = \left[\frac{\theta_2 - \theta_1 + \text{sen } \theta_2 \cos \theta_2 - \text{sen } \theta_1 \cos \theta_1}{2} \right] r^3 \quad (\text{Ec.14})$$

$$I_4 = \left[\frac{\theta_2 - \theta_1 - \text{sen } \theta_2 \cos \theta_2 + \text{sen } \theta_1 \cos \theta_1}{2} \right] r^3 \quad (\text{Ec.15})$$

$$I_{34} = \left[\frac{\text{sen}^2 \theta_2 - \text{sen}^2 \theta_1}{2} \right] r^3 \quad (\text{Ec.16})$$

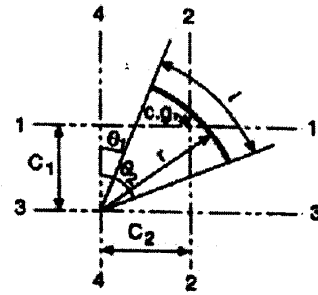


Fig. 3.4 Elemento circular (genérico)

Definición de términos:

θ = ángulo interior de los radios extremos del elemento circular (en radianes) = $\pi\theta/180$ (si θ esta en grados)

R = distancia radial del centro de curvatura al paño interior de la esquina circular.

r = distancia radial del centro de curvatura al centro de línea del elemento circular = $R + t/2$

Por medio de las siguientes expresiones se pueden determinar los valores de l , C_1 y C_2 . (mostrados en la figura 3.4).

$$l = (\theta_2 - \theta_1)r \quad (\text{Ec.17})$$

$$C_1 = \frac{(\text{sen } \theta_2 - \text{sen } \theta_1)r}{\theta_2 - \theta_1} \quad (\text{Ec.18})$$

$$C_2 = \frac{(\cos \theta_1 - \cos \theta_2)r}{\theta_2 - \theta_1} \quad (\text{Ec.19})$$

Para lograr una simplificación en las ecuaciones para determinar las propiedades geométricas de los elementos circulares, estos se pueden dividir en dos casos, como se muestra a continuación:

- Caso 1: $\theta_1=0; \theta_2=90^\circ$ (Fig.3.5)

$$l = \frac{\pi r}{2}$$

$$C = 0.637r$$

$$I_1 = I_2 = 0.149r^3$$

$$I_{12} = -0.17r^3$$

$$I_3 = I_4 = 0.785r^3$$

$$I_{34} = 0.50r^3$$

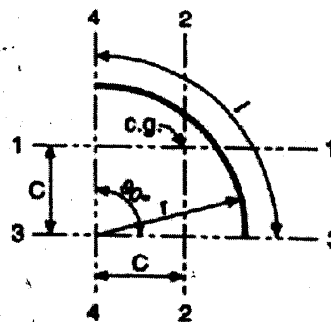


Fig. 3.5 Elemento circular de 90°

- Caso 2: $\theta_1=0; \theta_2=\theta$ (Fig.3.6)

$$l = \theta r$$

$$C_1 = \frac{r \operatorname{sen} \theta}{\theta}$$

$$C_2 = \frac{r(1 - \cos \theta)}{\theta}$$

$$I_1 = \left[\frac{\theta + \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{2} - \frac{\operatorname{sen}^2 \theta}{\theta} \right] r^3 \quad (\text{Ec.20})$$

$$I_2 = \left[\frac{\theta - \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{2} - \frac{(1 - \cos \theta)^2}{\theta} \right] r^3 \quad (\text{Ec.21})$$

$$I_{12} = \left[\frac{\operatorname{sen}^2 \theta}{2} + \frac{\operatorname{sen} \theta (\cos \theta - 1)}{\theta} \right] r^3$$

$$I_3 = \left[\frac{\theta + \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{2} \right] r^3$$

$$I_4 = \left[\frac{\theta - \operatorname{sen} \theta \cos \theta}{2} \right] r^3$$

$$I_{34} = \left[\frac{\operatorname{sen}^2 \theta}{2} \right] r^3$$

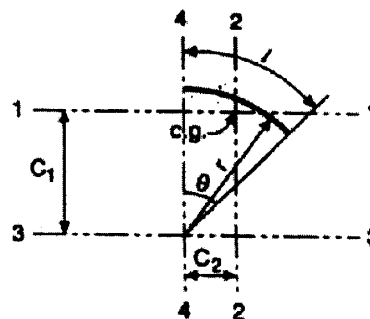


Fig. 3.6 Elemento circular de θ°

3.3 ECUACIONES GÉNERALES PARA EL CÁLCULO DE PROPIEDADES GEOMETRICAS

En este apartado se presentará una serie de ecuaciones para determinar las propiedades geométricas no reducidas de los perfiles laminados en frío más utilizados. Estas se obtuvieron a partir de las ecuaciones para elementos lineales rectos y elementos lineales circulares que se muestran en el punto 3.2.1 y 3.2.2, respectivamente, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- Se estableció la siguiente convención para nombrar las dimensiones de los perfiles: letras mayúsculas para dimensiones externas (A), letras minúsculas testadas para dimensiones a centro de líneas del perfil (\bar{a}); y letras minúsculas que representarán las dimensiones rectas del perfil (a).
- La totalidad de ecuaciones asumen esquinas redondeadas, con excepción de las ecuaciones utilizadas para el cálculo de propiedades torsionantes (C_w , m y J), ya que estas ecuaciones toman en cuenta aproximaciones en escuadra de las esquinas, pero las expresiones para las propiedades de área y momento de inercia utilizadas en las ecuaciones antes mencionadas asumen esquinas redondeadas. En el cálculo de las propiedades torsionantes es insignificante el error que se genera debido a la aproximación en escuadra de las esquinas, tomando en cuenta que estos cálculos se utilizarán para un diseño estructural de perfiles cuya relación de radios de curvatura – espesor es pequeña.
- El momento de inercia con respecto a su propio eje de los elementos rectos no se toma en cuenta, cuando dicho eje es el eje débil del elemento. Los momentos de inercia de esquinas redondeadas con respecto a su propio eje son considerados en el caso de perfiles con esquinas que cuenten con grandes radios de curvatura.
- Las ecuaciones que se muestran a continuación son para el cálculo de propiedades geométricas no reducidas, de secciones completas.

3.3.1 PERFILES ANGULARES DE LADOS IGUALES CON Y SIN LABIOS ATIESADORES; SIMETRIA SIMPLE (Fig. 3.7 y 3.8).

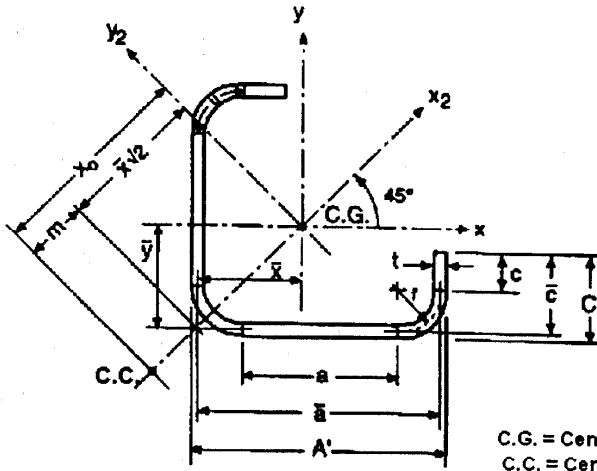


Fig. 3.7 Perfil angular con labios atiesadores

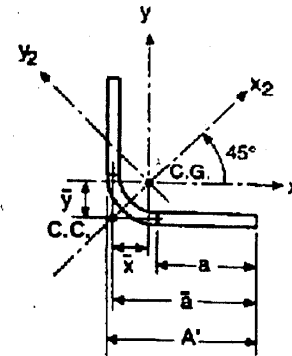


Fig. 3.8 Perfil angular sin labios atiesadores

C.G. = Centro de Gravedad
C.C. = Centro de Cortante

1. Obtención de parámetros básicos:

$$a = A' - \left[r + \frac{t}{2} + \alpha \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.22})$$

$$\bar{a} = A' - \left[\frac{t}{2} + \alpha \frac{t}{2} \right] \quad (\text{Ec.23})$$

$$c = \alpha \left[C' - \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.24})$$

$$\bar{c} = \alpha \left[C' - \frac{t}{2} \right] \quad (\text{Ec.25})$$

$$u = \pi \frac{r}{2} \quad (\text{Ec.26})$$

$\alpha = 1.0$ si existen labios atiesadores

$\alpha = 0$ si no existen labios atiesadores

2. Determinación del área de la sección

$$A = t[2a + u + 2\alpha(c + u)] \quad (\text{Ec.27})$$

3. Obtención de distancias entre centroides y línea central de almas (lados)

$$\bar{x} = \bar{y} = \frac{t}{A} \left\{ a \left(\frac{a}{2} + r \right) + u(0.363r) + \alpha \left[c \left(a + \frac{c}{2} + 3r \right) + u(a + 2r) \right] \right\} \quad (\text{Ec.28})$$

si se desea obtener la distancia entre fibras extremas del perfil, se debe sumar $t/2$ al resultado obtenido de la Ec.28.

4. Momentos de inercia con respecto a los ejes X y Y:

$$I_x = I_y = t \left\{ a + \left(\frac{a}{2} + r \right)^2 + \frac{a^3}{12} + u(0.363r)^2 + 0.149r^3 + \alpha\xi \right\} - A\bar{x}^2 \quad (\text{Ec.29})$$

en donde se define:

$$\xi = c + (a + 2r)^2 + \frac{c^3}{12} + c \left(\frac{c}{2} + r \right)^2 + u(a + 1.637r)^2 + u(0.363r)^2 + 2(0.149)r^3$$

5. Producto de inercia respecto a los ejes X y Y:

$$I_{xy} = t \left\{ u(0.363r)^2 - 0.137r^3 + 2\alpha\xi \right\} - A\bar{x}\bar{y} \quad (\text{Ec.30})$$

en donde:

$$\xi = c + (a + 2r) \left(\frac{c}{2} + r \right) + 0.137r^3 + u(a + 1.637r)(0.363r)$$

6. Momento de inercia con respecto al eje Y_2 :

$$I_{y_2} = I_x + I_{xy} \quad (\text{Ec.31})$$

7. Modulo de sección (Para angulares: $S_x = S_y$)

$$S_x = \frac{I_x}{A' - \left(\bar{y} + \frac{t}{2} \right)} \quad (\text{Ec.32})$$

8. Distancia entre el centro de cortante y la línea central de la esquina en escuadra:

$$m = \frac{\bar{a}\bar{c}^2\sqrt{2}}{2} \left[\frac{3\bar{a} - 2\bar{c}}{2\bar{a}^3 - (\bar{a} - \bar{c})^3} \right] \quad (\text{Ec.33})$$

9. Expresión para obtener la constante torsionante de St. Venant:

$$J = \frac{t^3}{3} [2a + u + 2\alpha(c + u)] \quad (\text{Ec.34})$$

10. Constante de alabeo:

$$C_w = \frac{\bar{a}^4 \bar{c}^3 t}{6} \left[\frac{4\bar{a} + 3\bar{c}}{2\bar{a}^3 - (\bar{a} - \bar{c})^3} \right] \quad (\text{Ec.35})$$

11. Distancia entre el centroide (CG) y el centro de cortante (CC):

$$x_0 = -(\bar{x}\sqrt{2} + m) \quad (\text{Ec.36})$$

NOTA: El signo negativo es un indicador de que x_0 se mide en la dirección negativa del eje X.

12. Obtención del parámetro j que es utilizado para obtener el momento elástico Crítico:

$$j = \frac{t\sqrt{2}}{48I_{y_2}} (\bar{a}^4 + 4\bar{a}^3\bar{c} - 6\bar{a}^2\bar{c}^2 + \bar{c}^4) - x_0 \quad (\text{Ec.37})$$

3.3.2 PERFIL CANAL CON Y SIN LABIOS ATIESADORES Y PERFIL SOMBRERO; SIMETRIA SIMPLE (Fig. 3.9, 3.10, 3.11; respectivamente).

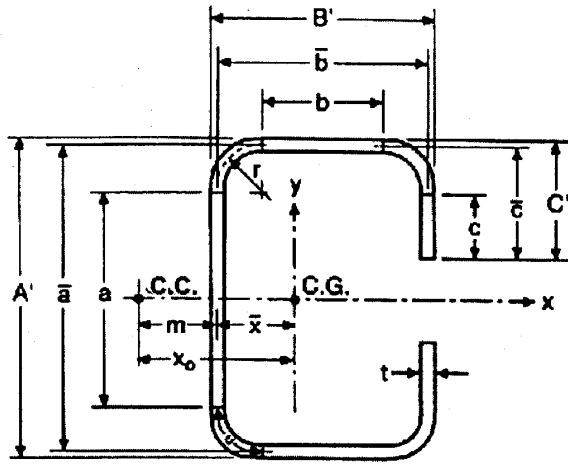


Fig. 3.9 Perfil canal (C) con labios atiesadores

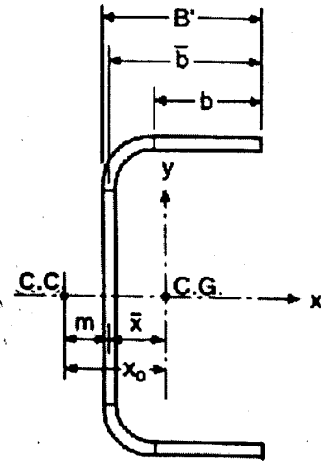


Fig.3.10 Perfil canal (C) sin labios atiesadores

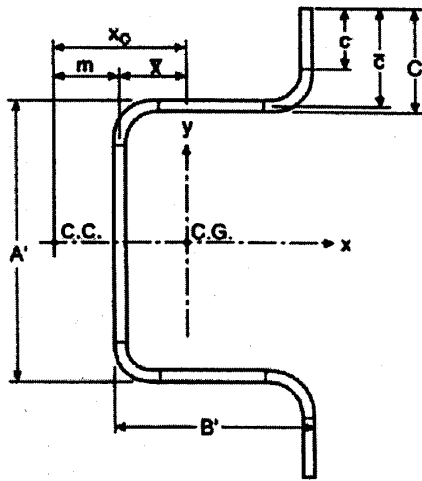


Fig. 3.11 Perfil sombrero (obviamente con labios atiesadores)

Se puede observar en la figura 3.11 que el perfil sombrero es solo un perfil canal con labios atiesadores, pero estos se encuentran doblados hacia la parte exterior del perfil; por este motivo, algunos cálculos de las propiedades geométricas no reducidas aplicarán para ambos tipos de

perfiles, indicando especialmente para que caso son (sombbrero o canal) aquellas ecuaciones que no coincidan.

1. Determinación de los parámetros básicos:

$$a = A' - (2r + t) \quad (\text{Ec.38})$$

$$\bar{a} = A' - t \quad (\text{Ec.39})$$

$$b = B' - \left[r + \frac{t}{2} + \alpha \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.40})$$

$$\bar{b} = B' - \left(\frac{t}{2} + \alpha \frac{t}{2} \right) \quad (\text{Ec.41})$$

$$c = \alpha \left[C' - \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.42})$$

$$\bar{c} = \alpha \left(C' - \frac{t}{2} \right) \quad (\text{Ec.43})$$

$$u = \pi \frac{r}{2} \quad (\text{Ec.44})$$

$\alpha = 1.0$ si existen labios atiesadores

$\alpha = 0$ si no existen labios atiesadores

2. Determinación del área de la sección:

$$A = t[a + 2(b + u) + 2\alpha(c + u)] \quad (\text{Ec.45})$$

3. Momento de inercia con respecto al eje X:

$$I_x = 2t \left[0.0417a^3 + b \left(\frac{a}{2} + r \right)^2 + u \left(\frac{a}{2} + 0.637r \right)^2 + 0.149r^3 + \alpha \xi \right] \quad (\text{Ec.46})$$

En donde definimos para perfil canal:

$$\xi = 0.0833c^3 + \frac{c}{4}(a - c)^2 + u \left(\frac{a}{2} + 0.637r \right)^2 + 0.149r^3$$

Y para perfil sombrero:

$$\xi = 0.0833c^3 + \frac{c}{4}(a+c+4r)^2 + u\left(\frac{a}{2} + 1.363r\right)^2 + 0.149r^3$$

4. Distancia entre el centroide (CG) y la línea central del alma:

$$\bar{x} = \frac{2t}{A} \left\{ b\left(\frac{b}{2} + r\right) + u(0.363r) + \alpha[u(b+1.637r) + c(b+2r)] \right\} \quad (\text{Ec.47})$$

5. Momento de inercia con respecto al eje Y:

$$I_y = 2t \left[b\left(\frac{b}{2} + r\right)^2 + 0.0833b^3 + 0.356r^3 + \alpha\xi \right] - A\bar{x}^2 \quad (\text{Ec.48})$$

6. Distancia entre el centro de cortante (CC) y la línea central del alma:

- Para perfil canal:

$$m = \bar{b} \left[\frac{3\bar{a}^2\bar{b} + \alpha\bar{c}(6\bar{a}^2 - 8\bar{c}^2)}{\bar{a}^3 + 6\bar{a}^2\bar{b} + \alpha\bar{c}(8\bar{c}^2 - 12\bar{a}\bar{c} + 6\bar{a}^2)} \right] \quad (\text{Ec.49})$$

- Para perfil sombrero:

$$m = \bar{b} \left[\frac{3\bar{a}^2\bar{b} + \alpha\bar{c}(6\bar{a}^2 - 8\bar{c}^2)}{\bar{a}^3 + 6\bar{a}^2\bar{b} + \alpha\bar{c}(8\bar{c}^2 + 12\bar{a}\bar{c} + 6\bar{a}^2)} \right] \quad (\text{Ec.50})$$

7. Módulos de sección con respecto a los ejes X y Y:

- Perfil canal:

$$S_x = \frac{I_x}{0.5A'} \quad (\text{Ec.51})$$

$$S_y = \frac{I_y}{B' - \left(\bar{x} + \frac{t}{2}\right)} \quad (\text{Ec.52})$$

- Perfil Sombrero:

$$S_x = \frac{I_x}{\frac{A'}{2} + C' - t} \quad (\text{Ec.53})$$

$$S_y = \frac{I_y}{B' - \left(\bar{x} + \frac{t}{2}\right)} \quad (\text{Ec.54})$$

8. Distancia entre el centroide del elemento (CG) y el centro de cortante de este (CC):

$$x_0 = -(\bar{x} + m) \quad (\text{Ec.55})$$

NOTA: el signo negativo esta indicando que x_0 se mide en dirección negativa del eje X

9. Expresión para obtener la constante torsionante de St. Venant:

$$J = \frac{t^3}{3} [a + 2(b + u) + 2\alpha(c + u)] \quad (\text{Ec.56})$$

10. Constante de alabeo:

- Para perfil canal:

$$C_w = \frac{\bar{a}^2 \bar{b}^2 t}{12} \left[\frac{2\bar{a}^3 \bar{b} + 3\bar{a}^2 \bar{b}^2 + \alpha \xi}{6\bar{a}^2 \bar{b} + (\bar{a} + 2\bar{c}\alpha)^3 - 24\bar{a}\bar{c}^2 \alpha} \right] \quad (\text{Ec.57})$$

$$\text{donde: } \xi = 48\bar{c}^4 + 112\bar{b}\bar{c}^3 + 8\bar{a}\bar{c}^3 + 48\bar{a}\bar{b}\bar{c}^2 + 12\bar{a}^2 \bar{c}^2 + 12\bar{a}^2 \bar{b}\bar{c} + 6\bar{a}^3 \bar{c}$$

- Para perfil sombrero:

$$C_w = \frac{\bar{a}^2 \bar{b}^2 t}{12} \left[\frac{2\bar{a}^3 \bar{b} + 3\bar{a}^2 \bar{b}^2 + \alpha \xi}{6\bar{a}^2 \bar{b} + (\bar{a} + 2\bar{c}\alpha)^3} \right] \quad (\text{Ec.58})$$

$$\text{donde: } \xi = 48\bar{c}^4 + 112\bar{b}\bar{c}^3 + 8\bar{a}\bar{c}^3 - 48\bar{a}\bar{b}\bar{c}^2 - 12\bar{a}^2 \bar{c}^2 + 12\bar{a}^2 \bar{b}\bar{c} + 6\bar{a}^3 \bar{c}$$

11. Expresión para obtener el parámetro β_w :

$$\beta_w = -\left(\frac{t\bar{x}\bar{a}^3}{12} + t\bar{x}^3\bar{a}\right) \quad (\text{Ec.59})$$

12. Expresión para obtener el parámetro β_f :

$$\beta_f = \frac{t}{2}[(\bar{b}-\bar{x})^4 - \bar{x}^4] + \frac{t\bar{a}^2}{4}[(\bar{b}-\bar{x})^2 - \bar{x}^2] \quad (\text{Ec.60})$$

13. Expresión para obtener el parámetro β_l :

- Para perfil canal:

$$\beta_l = \alpha \left\{ 2\bar{c}(\bar{b}-\bar{x})^3 + \frac{2}{3}t(\bar{b}-\bar{x}) \left[\left(\frac{\bar{a}}{2}\right)^3 - \left(\frac{\bar{a}}{2}-\bar{c}\right)^3 \right] \right\} \quad (\text{Ec.61})$$

- Para perfil sombrero:

$$\beta_l = 2\bar{c}(\bar{b}-\bar{x})^3 + \frac{2}{3}t(\bar{b}-\bar{x}) \left[\left(\frac{\bar{a}}{2} + \bar{c}\right)^3 - \left(\frac{\bar{a}}{2}\right)^3 \right] \quad (\text{Ec.62})$$

14. Determinación del parámetro utilizado para determinar el momento elástico crítico:

$$j = \frac{1}{2I_y}(\beta_w + \beta_f + \beta_l) - x_0 \quad (\text{Ec.63})$$

3.3.3 PERFILES "I" CON PATINES DESIGUALES Y PERFILES "T"; SIMETRIA SIMPLE (FIG. 3.12, 3.13)

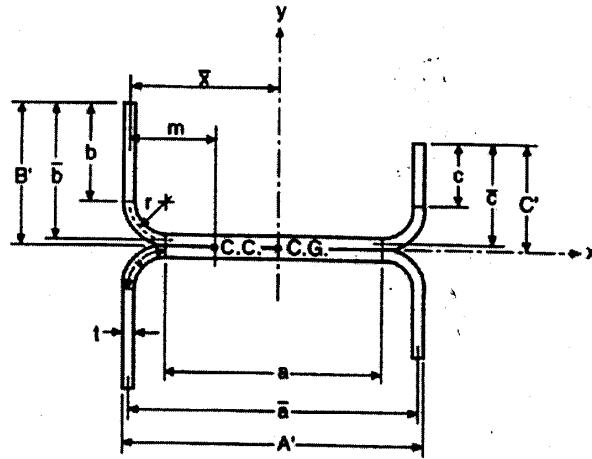


Fig. 3.12 Perfil "I" con patines desiguales

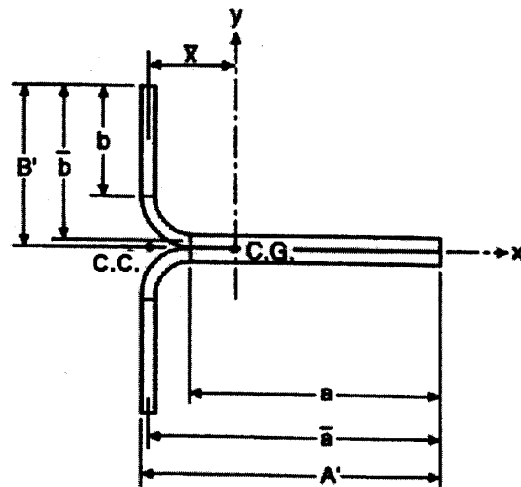


Fig. 3.13 Perfil "T"

1. Determinación de los parámetros básicos.

$$a = A' \left[r + \frac{t}{2} + \alpha \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.64})$$

$$\bar{a} = A' \left(\frac{t}{2} + \alpha \frac{t}{2} \right) \quad (\text{Ec.65})$$

$$b = B' \left(r + \frac{t}{2} \right) \quad (\text{Ec.66})$$

$$\bar{b} = B' \frac{t}{2} \quad (\text{Ec.67})$$

$$c = \alpha \left[C' \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.68})$$

$$\bar{c} = \alpha \left(C' \frac{t}{2} \right) \quad (\text{Ec.69})$$

$$u = \pi \frac{r}{2} \quad (\text{Ec.70})$$

$\alpha = 1.0$ si el perfil cuenta con labios atiesadores

$\alpha = 0$ si el perfil no cuenta con labios atiesadores

2. Determinación del área de la sección:

$$A = t[2(a+b) + 2u + 2\alpha(c+u)] \quad (\text{Ec.71})$$

3. Momento de inercia respecto al eje X se obtiene:

$$I_x = 2t \left[b \left(\frac{b}{2} + r + \frac{t}{2} \right)^2 + 0.0833b^3 + u \left(0.363r + \frac{t}{2} \right)^2 + 0.149r^3 + \alpha \xi \right] \quad (\text{Ec.72})$$

en donde :

$$\xi = c \left(\frac{c}{2} + r + \frac{t}{2} \right)^2 + 0.0833c^3 + u \left(0.363r + \frac{t}{2} \right)^2 + 0.149r^3$$

4. Distancia entre el centroide (CG) y la línea central del patín de mayor dimensión:

$$\bar{x} = \frac{2t}{A} \left\{ 0.363ru + a \left(\frac{a}{2} + r \right) + \alpha [u(a + 1.637r) + c(a + 2r)] \right\} \quad (\text{Ec.73})$$

5. Momento de inercia con respecto al eje Y :

$$I_y = 2t \left[0.358r^3 + a \left(\frac{a}{2} + r \right)^2 + 0.0833a^3 + \alpha \xi \right] - Ax^2 \quad (\text{Ec.74})$$

donde se define:

$$\xi = u(a + 1.637r)^2 + 0.149r^3 + c(a + 2r)^2$$

6. Distancia entre el centro de cortante (CC) y la línea central del patín de mayor dimensión :

$$m = \bar{a} \left(1 - \frac{\bar{b}^3}{\bar{b}^3 + \bar{c}^3} \right) \quad (\text{Ec.75})$$

7. La distancia entre el centroide (CG) y el centro de cortante (CC) se obtiene:

$$x_0 = -(\bar{x} + m) \quad (\text{Ec.76})$$

En donde el signo negativo es un indicador de que la distancia x_0 se mide en dirección negativa al eje X.

8. Constante torsionante de St. Venant:

$$J = \frac{t^3}{3} [a + b + u + \alpha(c + u)] \quad (\text{Ec.77})$$

9. Constante de alabeo

La constante de alabeo (C_w) para perfiles tipo "I" será el doble del valor obtenido para cada perfil canal si estos están atornillados al centro de sus almas; pero si los perfiles canal dan la configuración del perfil "I" mediante soldadura en forma continua a ambos extremos del alma, entonces las constantes de alabeo serán calculadas como se indica a continuación:

- Para perfiles "I" y "T" sin labios atiesadores:

$$C_w = \frac{t\bar{a}^2}{12} \left(\frac{8\bar{b}^3\bar{c}^3}{\bar{b}^3 + \bar{c}^3} \right) \quad (\text{Ec.78})$$

- Para perfiles con simetría doble y que cuenten con labios atiesadores:

$$C_w = \frac{t\bar{b}^2}{3} (\bar{a}^2\bar{b} + 3\bar{a}^2\bar{c} + 6\bar{a}\bar{c}^2 + 4\bar{c}^3) \quad (\text{Ec.79})$$

10. Parámetro a utilizar para determinar el momento elástico crítico:

$$j = \frac{t}{2I_y} \left\{ 2\bar{c}(\bar{a} - \bar{x}) \left[(\bar{a} - \bar{x})^2 + \frac{\bar{c}^2}{3} \right] - 2\bar{x}\bar{b} \left(\bar{x}^2 + \frac{\bar{b}^2}{3} \right) + \frac{1}{2} \left[(\bar{a} - \bar{x})^4 - \bar{x}^4 \right] \right\} - x_0 \quad (\text{Ec.80})$$

3.3.4 PERFILES TIPO "Z" CON Y SIN LABIOS ATIESADORES; SIMETRIA SIMPLE RESPECTO A UN PUNTO (Fig. 3.14, 3.15)

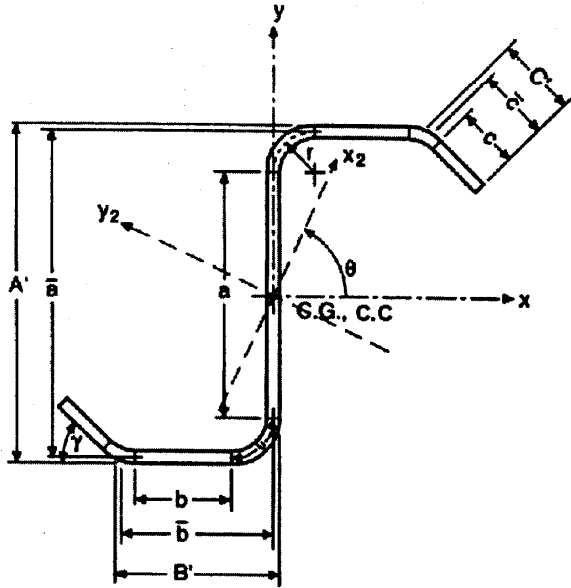


Fig. 3.14 Perfil "Z" con labios atiesadores

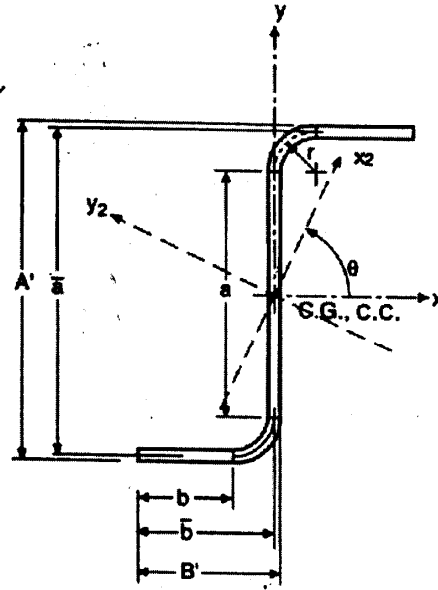


Fig. 3.15 Perfil "Z" sin labios atiesadores

1. Determinación de los parámetros básicos:

$$a = A' - (2r + t) \quad (\text{Ec.81})$$

$$\bar{a} = A' - t \quad (\text{Ec.82})$$

$$b = B' - \left[r + \frac{t}{2} + \alpha \left(r + \frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.83})$$

$$\bar{b} = B' - \left[\frac{t}{2} + \left(\alpha \frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.84})$$

$$c = \alpha \left[C' - \left(r + \frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.85})$$

$$\bar{c} = \alpha \left[C' - \left(\frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] \quad (\text{Ec.86})$$

$$u_1 = \pi \frac{r}{2} \quad (\text{Ec.87})$$

$$u_2 = \gamma r, \text{ donde } \gamma \text{ esta dado en radianes} \quad (\text{Ec.88})$$

$\alpha = 1.0$ para perfiles que cuenten con labios atiesadores

$\alpha = 0$ para perfiles que no cuenten con labios atiesadores

El valor de u_1 es la longitud de arco en los dobleces a 90° ; el valor de u_2 es la longitud de arco de un doblez a inclinación γ .

2. Área de la sección:

$$A = t[a + 2(b + u_1) + 2\alpha(c + u_2)] \quad (\text{Ec.89})$$

3. Determinación del momento de inercia con respecto al eje X :

$$I_x = 2t \left[0.0417a^3 + b \left(\frac{a}{2} + r \right)^2 + u_1 \left(\frac{a}{2} + 0.637r \right)^2 + 0.149r^3 + \alpha \xi \right] \quad (\text{Ec.90})$$

en donde:

$$\xi = \left(\frac{\gamma + \text{sen } \gamma \cos \gamma}{2} - \frac{\text{sen}^2 \gamma}{\gamma} \right) r^3 + u_2 \left(\frac{a}{2} + \frac{r \text{sen } \gamma}{\gamma} \right)^2 + \frac{c^3 \text{sen}^2 \gamma}{12} + c \left(\frac{a}{2} + r \cos \gamma - \frac{c}{2} \text{sen } \gamma \right)^2$$

4. Determinación del momento de inercia con respecto al eje Y :

$$I_y = 2t \left[b \left(\frac{b}{2} + r \right)^2 + \frac{b^3}{12} + 0.356r^3 + \alpha \xi \right] \quad (\text{Ec.91})$$

en donde:

$$\xi = c \left[b + r(1 + \text{sen } \gamma) + \frac{c}{2} \cos \gamma \right]^2 + \frac{c^3 \cos^2 \gamma}{12} + u_2 \left[b + r + \frac{r(1 - \cos \gamma)}{\gamma} \right]^2 + \left[\frac{\gamma - \text{sen } \gamma \cos \gamma}{2} - \frac{(1 - \cos \gamma)}{\gamma} \right] r^3$$

En las ecuaciones que se muestran a continuación (Ec.87, Ec.88, Ec.89, Ec.90) serán correctos los signos algebraicos solamente si la sección se encuentra orientada con los ejes tal y como se ilustra en las Figs. 3.14 y 3.15.

5. Producto de inercia:

$$I_{xy} = 2t \left[b \left(\frac{a}{2} + r \right) \left(\frac{b}{2} + r \right) + 0.50r^3 + 0.285ar^2 + \alpha\xi \right] \quad (\text{Ec.92})$$

en donde:

$$\xi = c \left[b + r(1 + \text{sen } \gamma) + \frac{c}{2} \cos \gamma \right] \left[\frac{a}{2} + r \cos \gamma - \frac{c}{2} \text{sen } \gamma \right] + \left[\frac{\text{sen}^2 \gamma}{2} + \frac{\text{sen } \gamma (\cos \gamma - 1)}{\gamma} \right] r^3 - \frac{c^3 \text{sen } \gamma \cos \gamma}{12} + u_2 \left[b + r + \frac{r(1 - \cos \gamma)}{\gamma} \right] \left[\frac{a}{2} + \frac{r \text{sen } \gamma}{\gamma} \right]$$

6. Obtención del ángulo entre el eje X y el eje principal menor, en radianes:

$$\theta = \frac{\pi}{2} + 0.50 \tan^{-1} \left(\frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} \right) \quad (\text{Ec.93})$$

7. Módulos de sección con respecto a los ejes X y Y:

$$S_x = \frac{I_x}{0.5A'} \quad (\text{Ec.94})$$

$$S_y = \frac{I_y}{B' - \frac{t}{2} + C' \cos \gamma} \quad (\text{Ec.95})$$

8. Obtención del momento de inercia con respecto al eje X_2 :

$$I_{x_2} = I_x \cos^2 \theta + I_y \text{sen}^2 \theta - 2I_{xy} \text{sen } \theta \cos \theta \quad (\text{Ec.96})$$

9. Obtención del momento de inercia con respecto al eje Y_2 :

$$I_{y_2} = I_x \text{sen}^2 \theta + I_y \cos^2 \theta + 2I_{xy} \text{sen } \theta \cos \theta \quad (\text{Ec.97})$$

10. Radio de giro con respecto al eje X_2 (radio de giro mínimo):

$$r_{x_2} = \sqrt{\frac{I_{x_2}}{A}} \quad (\text{Ec.98})$$

11. Expresión para obtener la constante torsionante de St. Venant:

$$J = \frac{t^3}{3} [a + 2(b + u_1) + 2\alpha(c + u_2)] \quad (\text{Ec.99})$$

12. Constante de alabeo:

$$C_w = \frac{t}{12} \left[\frac{\bar{a}^3 \bar{b}^3 (2\bar{a} + \bar{b}) + \alpha \xi}{\bar{a} + 2(\bar{b} + \alpha \bar{c})} \right] \quad (\text{Ec.100})$$

en donde:

$$\xi = \bar{b}^2 (4\bar{c}^4 + 16\bar{b}\bar{c}^3 + 6\bar{a}^3\bar{c} + 4\bar{a}^2\bar{b}\bar{c} + 8\bar{a}\bar{c}^3) + 6\bar{a}\bar{b}\bar{c}^2 (\bar{a} + \bar{b}) (2\bar{b}\text{sen}\gamma + \bar{a}\text{cos}\gamma) + 4\bar{a}\bar{b}\bar{c}^3 (2\bar{a} + 4\bar{b} + \bar{c}) \text{sen}\gamma \text{cos}\gamma + \bar{c}^3 (2\bar{a}^3 + 4\bar{a}^2\bar{b} - 8\bar{a}\bar{b}^2 + \bar{a}^2\bar{c} - 16\bar{b}^3 - 4\bar{b}^2\bar{c}) \text{cos}^2\gamma$$

3.3.5 PERFILES TUBULARES CUADRADOS; SIMETRIA DOBLE (Fig. 3.16)

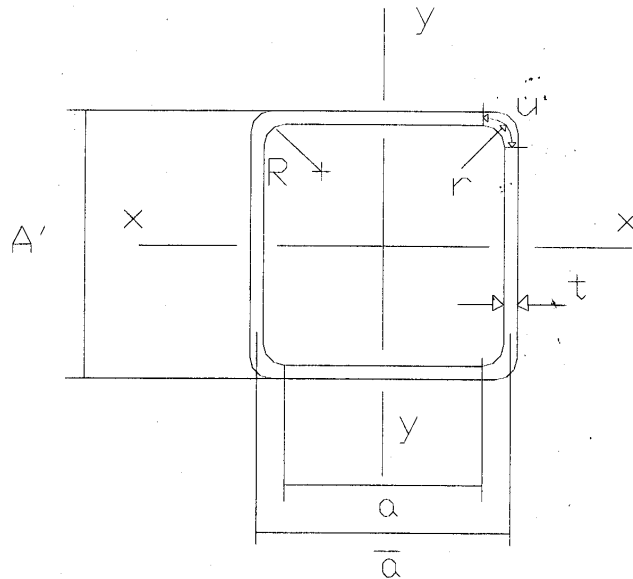


Fig. 3.16 Perfil tubular cuadrado

1. Determinación de los parámetros básicos:

$$a = A' - (2r + t) \quad (\text{Ec.101})$$

$$\bar{a} = A' - t \quad (\text{Ec.102})$$

$$u = \frac{\pi r}{2} \quad (\text{Ec.103})$$

2. Area de la sección:

$$A = 4t(a + u) \quad (\text{Ec.104})$$

3. Cálculo de los momentos de inercia; en este caso $I_x = I_y$,

$$I_x = 2t \left[a \left(\frac{\bar{a}}{2} \right)^2 + \frac{a^3}{12} \right] \quad (\text{Ec.105})$$

4. Cálculo de los módulos de sección; en este caso $S_x=S_y$

$$S_x = \frac{2I}{A'} \quad (\text{Ec.106})$$

5. Radios de giro; en este caso $r_x=r_y$

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (\text{Ec.107})$$

6. Expresión para la constante de St. Venant:

$$J = ta^3 \quad (\text{Ec.108})$$

3.3.6 PERFILES TUBULARES RECTANGULARES; SIMETRIA DOBLE (Fig. 3.17)

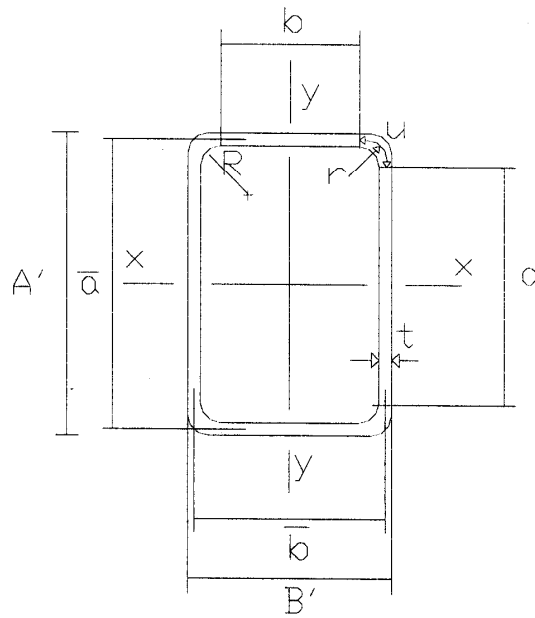


Fig. 3.16 Perfil tubular rectangular.

1. Parámetros básicos:

$$a = A' - (2r + t) \quad (\text{Ec.109})$$

$$\bar{a} = A' - t \quad (\text{Ec.110})$$

$$b = B' - (2r + t) \quad (\text{Ec.111})$$

$$\bar{b} = B' - t \quad (\text{Ec.112})$$

$$u = \frac{\pi r}{2} \quad (\text{Ec.113})$$

2. Área de la sección

$$A = 2t(a + b + 2u) \quad (\text{Ec.114})$$

3. Momento de inercia con respecto al eje X:

$$I_x = 2t \left[b \left(\frac{a^2}{2} + \frac{a^3}{12} \right) \right] \quad (\text{Ec.115})$$

4. Momento de inercia con respecto al eje Y:

$$I_y = 2t \left[\frac{b^3}{12} + a \left(\frac{\bar{b}}{2} \right)^2 \right] \quad (\text{Ec.116})$$

5. Modulo de sección respecto al eje X:

$$S_x = \frac{2I_x}{A'} \quad (\text{Ec.117})$$

6. Modulo de sección respecto al eje Y:

$$S_y = \frac{2I_y}{B'} \quad (\text{Ec.118})$$

7. Radio de giro respecto al eje X:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} \quad (\text{Ec.119})$$

8. Radio de giro respecto al eje Y:

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} \quad (\text{Ec.120})$$

9. Constante de St. Venant:

$$J = \frac{2(ab)^2 t}{a+b} \quad (\text{Ec.121})$$

3.3.7 PERFILES TUBULARES CILÍNDRICOS; (Fig.3.18)

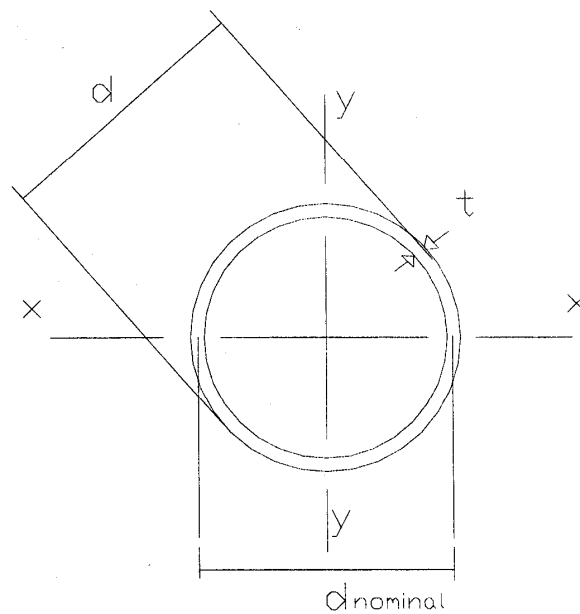


Fig.3.18 Perfil tubular cilíndrico

3.3.8 CALCULO DE RADIOS DE GIRO Y MÓDULOS DE SECCIÓN

Las ecuaciones para obtener los radios de giro y módulos de sección son generalizadas, haciendo excepción en el cálculo del radio de giro mínimo de perfiles tipo "Z", estas ecuaciones se muestran a continuación:

1. Cálculo de radio de giro con respecto a un eje cualesquiera "i":

$$r_i = \sqrt{\frac{I_i}{A}}$$

en donde:

$I_i = I_x, I_y, I_{x2}, I_{y2}$, según sea el caso.

2. Módulo de sección respecto a un eje cualesquiera "i":

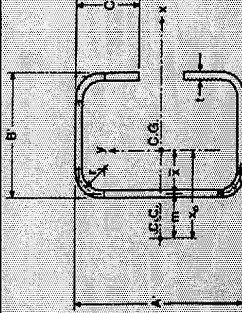
$$S_i = \frac{I_i}{d}$$

en donde:

"d" es la distancia que existe entre el eje centroidal y la fibra extrema en dirección perpendicular al eje en cuestión, por ejemplo, si se requiere calcular el módulo de sección con respecto al eje "x" de un perfil, el valor "d" será la distancia desde el centroide hasta la fibra extrema en dirección del eje "y". En el caso de que el parámetro "d" no se pueda obtener por medio de simple inspección, entonces será posible utilizar las ecuaciones para el cálculo de distancias desde el centroide hasta la línea central de elementos extremos (dichas ecuaciones ya se mostraron anteriormente); y para obtener la distancia hasta la fibra extrema solo se sumará la mitad del espesor del perfil al resultado de dichas ecuaciones.

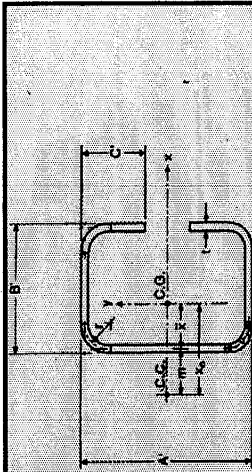
**3.4 TABLAS DE PROPIEDADES GEOMÉTRICAS NO REDUCIDAS DE
LOS PERFILES LAMINADOS EN FRÍO MÁS COMÚNES EN EL
MERCADO.**

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "C"
FABRICANTE: FETASA**



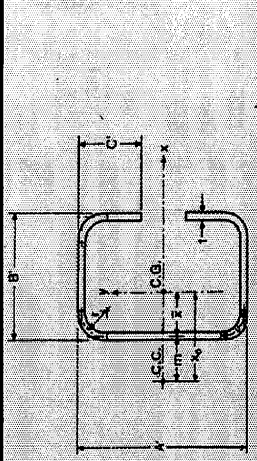
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL													
		A'	B'	C'	L	R	Area	EJE X-X			EJE Y-Y			J	Cw	J	X	Y	X	Y					
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix	Sx	Dx	Iy	Sy	Dy	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm					
3 FC 14	2.47	76.2	38.1	13.46	1.90	4.7625	3.08	27.3842	7.187	2.98	1.406	6.08	2.48	1.406	1.26	1.90	0.037	79.20	4.75	4.57	-3.16	4.57			
3 FC 12	3.46	76.2	38.1	15.31	2.66	4.7625	4.31	37.0682	9.729	2.93	1.398	8.41	3.50	1.398	1.27	1.93	0.102	118.08	4.66	4.56	-3.20	4.56			
3 FC 10	4.45	76.2	38.1	17.15	3.42	4.7625	5.54	45.9778	12.068	2.88	1.387	10.65	4.52	1.387	1.29	1.95	0.216	161.13	4.57	4.55	-3.24	4.55			
4 FC 14	3.25	101.6	50.8	13.46	1.90	4.7625	4.04	66.1724	13.026	4.05	1.841	13.69	4.03	1.841	1.59	2.39	0.049	262.87	6.35	5.96	-3.97	5.96			
4 FC 12	4.54	101.6	50.8	15.31	2.66	4.7625	5.66	90.6212	17.839	4.00	1.911	19.11	5.72	1.838	1.60	2.42	0.133	387.91	6.28	5.96	-4.02	5.96			
4 FC 10	5.84	101.6	50.8	17.15	3.42	4.7625	7.27	113.824	22.406	3.96	2.443	24.43	7.43	1.833	1.62	2.45	0.284	524.29	6.21	5.96	-4.06	5.96			
5 FC 14	3.63	127	50.8	13.46	1.90	4.7625	4.52	111.342	17.534	4.96	1.807	14.78	4.14	1.807	1.42	2.25	0.054	428.36	7.39	6.43	-3.67	6.43			
5 FC 12	5.09	127	50.8	15.31	2.66	4.7625	6.33	153.298	24.141	4.92	1.806	20.67	5.88	1.806	1.43	2.28	0.149	624.37	7.30	6.42	-3.71	6.42			
5 FC 10	6.54	127	50.8	17.15	3.42	4.7625	8.14	193.64	30.494	4.88	1.803	26.47	7.64	1.803	1.45	2.30	0.317	833.49	7.20	6.41	-3.75	6.41			
6 FC 14	4.02	152.4	50.8	13.46	1.90	4.7625	5.01	171.111	22.455	5.85	1.768	15.66	4.23	1.768	1.28	2.13	0.060	647.72	8.76	7.00	-3.41	7.00			
6 FC 12	5.63	152.4	50.8	15.31	2.66	4.7625	7.01	236.415	31.026	5.81	1.768	21.92	6.00	1.768	1.29	2.16	0.165	936.90	8.65	6.96	-3.45	6.96			
6 FC 10	7.24	152.4	50.8	17.15	3.42	4.7625	9.01	299.735	39.335	5.77	1.766	28.11	7.80	1.766	1.31	2.18	0.351	1241.07	8.54	6.97	-3.48	6.97			
6 FC 14	4.41	152.4	63.5	13.46	1.90	4.7625	5.14	183.196	24.041	5.97	2.023	20.23	4.21	1.983	1.45	2.23	0.062	502.51	8.37	7.29	-3.68	7.29			
6 FC 12	6.17	152.4	63.5	15.31	2.66	4.7625	7.69	274.288	35.996	5.97	38.35	38.35	8.60	2.234	1.76	2.77	0.181	1518.64	8.88	7.82	-4.53	7.82			
6 FC 10	7.94	152.4	63.5	17.15	3.42	4.7625	9.88	347.936	45.661	5.93	49.31	49.31	11.20	2.234	1.78	2.79	0.385	2022.49	8.80	7.82	-4.57	7.82			
7 FC 14	4.99	177.8	69.9	13.46	1.90	4.7625	6.22	303.179	34.103	6.98	36.53	36.53	7.22	2.424	1.83	2.92	0.075	1841.01	10.34	8.79	-4.75	8.79			
7 FC 12	6.99	177.8	69.9	15.31	2.66	4.7625	8.70	420.074	47.252	6.95	51.31	51.31	10.25	2.428	1.85	2.95	0.205	2664.96	10.26	8.79	-4.80	8.79			
7 FC 10	3.98	177.8	69.9	17.15	3.42	4.7625	11.19	534.229	60.093	6.91	66.06	66.06	13.34	2.430	1.87	2.98	0.436	3535.61	10.19	8.78	-4.84	8.78			
8 FC 14	5.38	203.2	69.9	13.46	1.90	4.7625	6.70	414.206	40.768	7.86	38.04	38.04	7.32	2.383	1.70	2.81	0.081	2529.51	11.73	9.37	-4.51	9.37			
8 FC 12	7.53	203.2	69.9	15.31	2.66	4.7625	9.38	574.854	56.580	7.83	53.45	53.45	10.40	2.387	1.72	2.83	0.221	3646.87	11.65	9.36	-4.55	9.36			
8 FC 10	9.68	203.2	69.9	17.15	3.42	4.7625	12.06	732.334	72.080	7.79	68.87	68.87	13.54	2.390	1.73	2.86	0.470	4818.80	11.56	9.36	-4.59	9.36			

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "C"
FABRICANTE: FETASA**



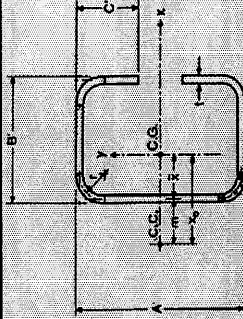
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
		A'	B'	C'	I	R	Area	EJE X-X		EJE Y-Y		EJE X-X		EJE Y-Y		J	Cw	J	X0	Y0	
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix	Sx	Iy	Sy	Ix	Sx	Iy	Sy	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm
8 FC 14	5.57	203.2	76.2	13.46	1.90	4.7625	438.458	43.155	7.95	47.32	8.4444	2.612	1.92	3.10	0.083	3046.17	11.75	11.75	-5.02	9.76	
8 FC 12	7.80	203.2	76.2	15.31	2.66	4.7625	608.551	59.897	7.916	66.51	11.989	2.617	1.94	3.13	0.229	4396.42	11.68	11.68	-5.07	9.76	
8 FC 10	10.03	203.2	76.2	17.15	3.42	4.7625	775.331	76.312	7.88	85.73	15.607	2.620	1.96	3.16	0.487	5816.41	11.60	11.60	-5.11	9.75	
10 FC 14	6.15	254	69.85	13.46	1.90	4.7625	702.36	55.304	9.575	40.40	7.4731	2.296	1.48	2.60	0.092	4316.64	15.25	15.25	-4.09	10.66	
10 FC 12	8.61	254	69.85	15.31	2.66	4.7625	976.96	76.926	9.544	56.82	10.614	2.302	1.50	2.63	0.253	6190.75	15.14	15.14	-4.12	10.65	
10 FC 10	11.07	254	69.85	17.15	3.42	4.7625	1247.53	98.231	9.511	73.29	13.822	2.305	1.51	2.65	0.538	8137.28	15.04	15.04	-4.16	10.63	
10 FC 14	6.73	254	88.9	13.46	1.90	4.7625	817.377	64.360	9.873	74.80	11.192	2.987	2.11	3.47	0.101	7300.53	14.66	14.66	-5.5817	11.73	
10 FC 12	9.43	254	88.9	15.31	2.66	4.7625	1137.02	89.529	9.842	105.24	15.88	2.994	2.13	3.50	0.277	10492.90	14.59	14.59	-5.6279	11.73	
10 FC 10	12.12	254	88.9	17.15	3.42	4.7625	1452.07	114.336	9.809	135.83	20.666	3.000	2.15	3.53	0.588	13828.40	14.52	14.52	-5.6721	11.72	
12 FC 14	7.51	304.8	88.9	13.46	1.90	4.7625	1255.65	82.392	11.59	78.66	11.398	2.900	1.89	3.27	0.113	11415.86	18.04	18.04	-5.1627	13.01	
12 FC 12	10.51	304.8	88.9	15.31	2.66	4.7625	1749.09	114.770	11.56	110.74	16.172	2.909	1.91	3.30	0.309	16349.75	17.95	17.95	-5.2051	13.01	
12 FC 10	13.52	304.8	88.9	17.15	3.42	4.7625	2236.96	146.782	11.53	143.01	21.048	2.915	1.92	3.32	0.656	21471.27	17.86	17.86	-5.2455	13.00	
12 FC 14	7.90	304.8	101.6	13.46	1.90	4.7625	1366.34	89.655	11.79	110.96	14.305	3.359	2.31	3.84	0.118	15294.79	17.63	17.63	-6.1518	13.71	
12 FC 12	11.05	304.8	101.6	15.31	2.66	4.7625	1903.28	124.887	11.76	156.19	20.282	3.368	2.33	3.87	0.325	21919.89	17.56	17.56	-6.1983	13.71	
12 FC 10	14.21	304.8	101.6	17.15	3.42	4.7625	2434.22	159.726	11.73	201.71	26.381	3.376	2.34	3.90	0.690	28811.61	17.49	17.49	-6.2429	13.71	

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCIÓN "C"
FABRICANTE: HYL SA**



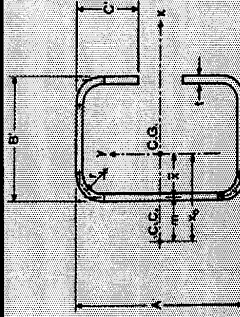
ID	PESO (Kg/ml)	DIMENSIONES						PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL												
		A' mm	B' mm	C' mm	I mm	R mm	Area cm ²	EJE X-X			EJE Y-Y				TOTAL					
								Ix cm ⁴	Sx cm ³	Rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Ry cm	X cm	Y cm	J cm ⁴	Cw cm ⁶	J cm	xo cm	yo cm
4 TENS-HYL BLANCO	3.40	102	51	19	1.9	2.4	4.34	71.5631	14.03	4.059	16.606	5.1299	1.955	1.768	2.629	0.05228	384.36346	6.203	-4.3966	6.2949
4 TENS-HYL VERDE	4.60	102	51	19	2.7	4.8	5.96	95.164	18.66	3.997	21.547	6.6289	1.902	1.714	2.576	0.14476	507.52545	6.249	-4.2909	6.1647
4 TENS-HYL ROJO	5.80	102	51	19	3.4	4.8	7.39	115.966	22.74	3.962	25.801	7.9358	1.869	1.679	2.531	0.28461	598.79971	6.203	-4.2094	6.0756
5 TENS-HYL BLANCO	3.80	127	51	19	1.9	2.4	4.82	119.506	18.82	4.98	17.945	5.2602	1.93	1.594	2.482	0.05799	589.14751	7.016	-4.0753	6.7178
5 TENS-HYL VERDE	5.10	127	51	19	2.7	4.8	6.63	159.969	25.19	4.911	23.33	6.8115	1.876	1.54	2.43	0.16117	782.28785	7.149	-3.9704	6.5879
5 TENS-HYL ROJO	6.50	127	51	19	3.4	4.8	8.24	195.697	30.82	4.874	27.949	8.1617	1.842	1.506	2.385	0.31737	927.58931	7.13	-3.8911	6.5034
6 TENS-HYL BLANCO	4.50	152	64	19	1.9	2.4	5.79	210.34	27.68	6.028	32.787	7.5168	2.38	1.943	2.992	0.06965	1384.3501	8.615	-4.9355	8.1463
6 TENS-HYL VERDE	6.20	152	64	19	2.7	4.8	8.01	284.626	37.45	5.961	43.228	9.8741	2.323	1.887	2.941	0.19463	1858.9455	8.761	-4.8281	8.0153
6 TENS-HYL ROJO	7.90	152	64	19	3.4	4.8	9.97	349.976	46.05	5.925	52.243	11.933	2.289	1.852	2.896	0.38418	2226.5311	8.741	-4.748	7.9301
8 TENS-HYL BLANCO	5.60	203	76	18	1.9	2.4	7.18	457.404	45.06	7.984	53.423	9.8233	2.729	2.067	3.278	0.08634	3627.3908	11.29	-5.3442	9.9876
8 TENS-HYL VERDE	7.80	203	76	20	2.7	4.8	10.09	632.147	62.28	7.916	74.07	13.72	2.71	2.066	3.308	0.24515	5310.6174	11.45	-5.3737	9.9438
8 TENS-HYL ROJO	10.10	203	76	23	3.4	4.8	12.79	794.24	78.25	7.88	95.558	17.98	2.733	2.115	3.382	0.49293	7180.1946	11.32	-5.4975	9.969
10 TENS-HYL BLANCO	6.80	254	89	19	1.9	2.4	8.08	776.73	61.16	9.804	59.606	8.5373	2.716	1.823	2.98	0.09724	4488.345	14.07	-4.8035	11.25
10 TENS-HYL VERDE	9.50	254	89	22	2.7	4.8	12.28	1196.05	94.18	9.871	121.71	18.889	3.149	2.322	3.77	0.29829	13299.836	14.23	-6.0918	12.019
10 TENS-HYL ROJO	12.30	254	89	25	3.4	4.8	15.55	1504.87	118.49	9.839	156.67	24.636	3.175	2.37	3.844	0.59905	17764.39	14.08	-6.2143	12.062
12 TENS-HYL VERDE	10.60	305	89	22	2.7	4.8	13.65	1842.25	120.80	11.62	128.38	19.226	3.067	2.088	3.553	0.33175	20340.344	17.35	-5.641	13.273
12 TENS-HYL ROJO	18.70	305	89	25	3.4	4.8	17.28	2321.55	152.23	11.59	165.44	25.076	3.094	2.133	3.623	0.66586	26971.447	17.15	-5.7552	13.306

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "C"
FABRICANTE: PROLAMSA**



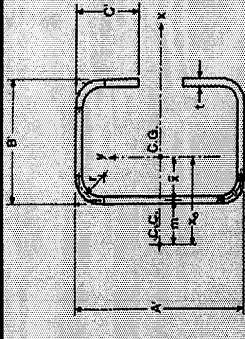
ID	PESO (kg/ml)	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL													
		A'	B'	C'	I	R	Area	EJEX-X		EJEY-Y		EJEX-X		EJEY-Y		J	Cw	J	Cw						
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix	Sx	Iy	Sy	Ix	Sx	Iy	Sy	cm ⁴	cm ³	cm ⁴	cm ³						
12EP10-12x3½	14.40	304	89	25	3.42	3.96	17.39	2327.52	153.13	11.57	167.33	25.403	3.102	2.142	3.625	0.678	26901.00	16.952	-5.767	13.293					
12EP12-12x3½	11.10	304	89	25	2.66	3.96	13.63	1837.58	120.89	11.61	134.27	20.374	3.139	2.177	3.672	0.321	21658.45	16.899	-5.848	13.376					
12EP14-12x3½	8.00	305	89	25	1.9	3.96	9.82	1342.56	88.04	11.69	99.008	15.005	3.175	2.207	3.714	0.118	16130.25	16.915	-5.921	13.484					
10EP10-10x2½	11.22	254	69	19	3.42	3.96	13.91	1261.05	99.30	9.523	74.962	14.438	2.322	1.537	2.678	0.542	8454.98	14.708	-4.215	10.670					
10EP12-10x2½	8.80	254	69	19	2.66	3.96	10.91	999.47	78.70	9.57	60.771	11.695	2.36	1.571	2.724	0.257	6873.36	14.614	-4.295	10.751					
10EP14-10x2½	6.34	254	69	19	1.9	3.96	7.87	727.34	57.27	9.616	45.212	8.6937	2.398	1.604	2.77	0.095	5129.06	14.528	-4.374	10.833					
10EP16-10x2½	5.10	254	69	19	1.52	3.96	6.32	587.278	46.24	9.639	36.904	7.0934	2.416	1.621	2.793	0.049	4193.25	14.487	-4.414	10.874					
9EP10-9x2½	10.52	228	69	19	3.42	3.96	13.02	973.311	85.38	8.647	72.718	14.295	2.364	1.642	2.781	0.507	6575.53	12.859	-4.423	9.996					
9EP12-9x2½	8.26	228	69	19	2.66	3.96	10.22	772.303	67.75	8.692	58.949	11.581	2.401	1.677	2.828	0.241	5952.70	12.804	-4.505	10.080					
9EP14-9x2½	5.96	228	69	19	1.9	3.96	7.37	562.661	49.36	8.737	43.855	8.6108	2.439	1.712	2.874	0.089	3999.66	12.756	-4.586	10.164					
9EP16-9x2½	4.79	228	69	19	1.52	3.96	5.93	454.565	39.87	8.759	35.796	7.0264	2.468	1.729	2.898	0.046	3272.10	12.734	-4.627	10.206					
8EP10-8x2½	9.82	203	69	19	3.42	3.96	12.16	738.183	72.73	7.791	70.25	14.131	2.403	1.757	2.888	0.474	5031.27	11.318	-4.646	9.384					
8EP12-8x2½	7.72	203	69	19	2.66	3.96	9.56	566.499	57.78	7.834	56.949	11.451	2.441	1.794	2.936	0.225	4102.42	11.297	-4.730	9.471					
8EP14-8x2½	5.57	203	69	19	1.9	3.96	6.90	427.943	42.15	7.876	42.367	8.5158	2.479	1.83	2.983	0.083	3070.48	11.280	-4.813	9.558					
8EP16-8x2½	4.48	203	69	19	1.52	3.96	5.55	345.967	34.08	7.898	34.582	6.9497	2.497	1.848	3.007	0.043	2514.00	11.273	-4.855	9.601					
7EP10-7x2½	9.12	177	69	19	3.42	3.96	11.27	533.942	60.33	6.883	67.287	13.923	2.443	1.896	3.011	0.439	3686.38	9.964	-4.907	8.799					
7EP12-7x2½	7.17	177	69	19	2.66	3.96	8.87	424.927	48.01	6.923	54.55	11.286	2.481	1.934	3.059	0.209	3012.61	9.973	-4.993	8.889					
7EP14-7x2½	5.18	177	69	19	1.9	3.96	6.40	310.482	35.08	6.964	40.586	8.396	2.518	1.971	3.107	0.077	2259.85	9.985	-5.079	8.979					
7EP16-7x2½	4.17	177	69	19	1.52	3.96	5.15	251.195	28.38	6.984	33.129	6.853	2.536	1.99	3.132	0.040	1852.33	9.992	-5.122	9.024					
6EP10-6x2	7.38	152	50	19	3.42	3.96	9.12	301.811	39.71	5.754	28.751	8.2241	1.776	1.333	2.209	0.355	1304.82	8.285	-3.542	6.986					
6EP12-6x2	5.82	152	50	19	2.66	3.96	7.19	241.508	31.78	5.796	23.612	6.7493	1.812	1.369	2.256	0.170	1080.00	8.269	-3.625	7.072					
6EP14-6x2	4.21	152	50	19	1.9	3.96	5.21	177.405	23.34	5.838	17.788	5.0811	1.849	1.404	2.304	0.063	820.27	8.259	-3.708	7.159					
6EP16-6x2	3.39	152	50	19	1.52	3.96	4.19	143.903	18.93	5.859	14.608	4.1714	1.867	1.422	2.328	0.032	676.46	8.256	-3.750	7.202					

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "C"
FABRICANTE: PROLAMSA**



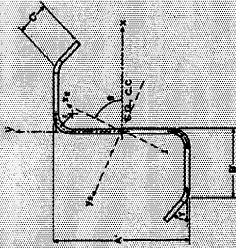
ID	PESO (kg/ml)	DIMENSIONES						PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL												
		A'	B'	C'	t	R	Area	EJE X-X			EJE Y-Y			J	Cw	J	X0	Y0		
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix	Sx	ix	Iy	Sy	iy	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm	cm
5EP10-5x2	6.66	127	50	19	3.42	3.96	8.26	196.075	30.88	4.872	27.074	8.0627	1.81	1.471	2.334	0.322	891.88	7.024	-3.805	6.441
5EP12-5x2	5.27	127	50	19	2.66	3.96	6.52	157.372	24.78	4.911	22.239	6.621	1.846	1.508	2.383	0.154	741.01	7.046	-3.891	6.532
5EP14-5x2	3.82	127	50	19	1.9	3.96	4.73	115.942	18.26	4.951	16.757	4.9875	1.882	1.545	2.431	0.057	564.90	7.071	-3.977	6.623
5EP16-5x2	3.08	127	50	19	1.52	3.96	3.81	94.1843	14.83	4.97	13.763	4.0958	1.9	1.564	2.456	0.029	466.73	7.084	-4.020	6.669
4EP10-4x2	5.98	101	50	19	3.42	3.96	7.37	113.472	22.47	3.923	24.918	7.8345	1.838	1.648	2.484	0.287	564.98	6.064	-4.133	5.987
4EP12-4x2	4.73	101	50	19	2.66	3.96	5.83	91.4778	18.11	3.96	20.48	6.44	1.874	1.687	2.534	0.138	472.07	6.116	-4.221	6.084
4EP14-4x2	3.44	101	50	19	1.9	3.96	4.24	67.6877	13.40	3.997	15.44	4.8559	1.909	1.725	2.584	0.051	361.89	6.169	-4.309	6.180
4EP16-4x2	2.77	101	50	19	1.52	3.96	3.42	55.1024	10.91	4.016	12.684	3.9897	1.927	1.746	2.609	0.026	299.81	6.197	-4.353	6.228
3EP12-3x1½	2.77	76	38	19	2.66	3.96	4.53	38.1597	10.04	2.903	9.454	4.1206	1.445	1.373	2.067	0.107	157.90	4.556	-3.440	4.727
3EP14-3x1½	2.77	76	38	19	1.9	3.96	3.31	28.5576	7.52	2.939	7.2314	3.152	1.479	1.411	2.117	0.040	-123.32	4.619	-3.527	4.824

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "C"
FABRICANTE ZINTRO**



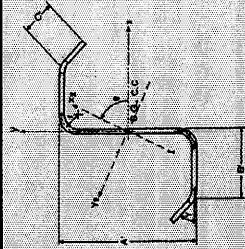
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL													
		A'	B'	C'	I	R	Area	EJE X-X				EJE Y-Y				J	Cw	J	Xo	ro					
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix	Sx	Ix	Iy	Sy	Iy	Sy	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm	cm ⁶	cm ⁴	cm	cm			
10ZE10-10X3	11.30	254.0	76.2	19.1	3.42	3.96	14.405	1339.155	105.445	9.642	96.508	17.007	2.588	1.775	3.013	0.562	10551.133	14.416	0.562	14.416	-4.788	11.072			
10ZE12-10X3	8.90	254.0	76.2	19.1	2.66	3.96	11.302	1060.583	83.510	9.687	77.970	13.733	2.627	1.809	3.060	0.267	8554.985	14.355	0.267	14.355	-4.869	11.156			
10ZE14-10X3	6.40	254.0	76.2	19.1	1.90	3.96	8.143	771.254	60.729	9.732	57.816	10.178	2.665	1.844	3.106	0.098	6367.649	14.299	0.098	14.299	-4.951	11.239			
8ZE10-8X2 3/4	9.70	203.2	69.9	19.1	3.42	3.96	12.236	746.518	73.476	7.811	72.750	14.469	2.438	1.791	2.934	0.477	5207.258	11.329	0.477	11.329	-4.725	9.449			
8ZE12-8X2 3/4	7.60	203.2	69.9	19.1	2.66	3.96	9.615	593.040	58.370	7.853	58.946	11.720	2.476	1.827	2.982	0.227	4244.246	11.310	0.227	11.310	-4.809	9.536			
8ZE14-8X2 3/4	5.50	203.2	69.9	19.1	1.90	3.96	6.938	432.557	42.575	7.896	43.831	8.712	2.513	1.864	3.029	0.083	3175.405	11.296	0.083	11.296	-4.893	9.623			
6ZE10-6X2	7.20	152.4	50.8	19.1	3.42	3.96	9.192	306.987	40.287	5.779	30.011	8.462	1.807	1.362	2.250	0.358	1365.467	8.309	0.358	8.309	-3.612	7.050			
6ZE12-6X2	5.70	152.4	50.8	19.1	2.66	3.96	7.248	245.591	32.230	5.821	24.627	6.939	1.843	1.398	2.297	0.171	1129.443	8.296	0.171	8.296	-3.695	7.137			
6ZE14-6X2	4.10	152.4	50.8	19.1	1.90	3.96	5.247	180.362	23.670	5.863	18.538	5.220	1.880	1.434	2.345	0.063	857.257	8.289	0.063	8.289	-3.779	7.224			
5ZE10-5X2	6.60	127.0	50.8	19.1	3.42	3.96	8.324	198.300	31.228	4.881	28.230	8.292	1.842	1.505	2.378	0.325	928.499	7.054	0.325	7.054	-3.883	6.503			
5ZE12-5X2	5.20	127.0	50.8	19.1	2.66	3.96	6.572	159.122	25.059	4.920	23.170	6.805	1.878	1.542	2.427	0.155	770.960	7.077	0.155	7.077	-3.969	6.594			
5ZE14-5X2	3.70	127.0	50.8	19.1	1.90	3.96	4.765	117.207	18.458	4.960	17.445	5.122	1.913	1.579	2.476	0.057	587.383	7.105	0.057	7.105	-4.055	6.686			
4ZE10-4X2	5.80	101.6	50.8	19.1	3.42	3.96	7.455	116.473	22.928	3.953	26.034	8.063	1.869	1.680	2.526	0.291	595.402	6.135	0.291	6.135	-4.206	6.067			
4ZE12-4X2	4.60	101.6	50.8	19.1	2.66	3.96	5.897	93.862	18.477	3.990	21.380	6.622	1.904	1.719	2.575	0.139	497.106	6.187	0.139	6.187	-4.294	6.163			
4ZE14-4X2	3.40	101.6	50.8	19.1	1.90	3.96	4.282	69.427	13.667	4.027	16.106	4.990	1.939	1.757	2.625	0.052	380.785	6.241	0.052	6.241	-4.362	6.259			

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "Z"
FABRICANTE: PROLAMSA**



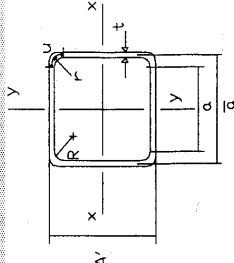
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
		A'	B'	C'	I	R	Y	Area	EJE X-X		EJE Y-Y		ix2	ly2	r min	J	Cw				
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	Sx	Ix	Sy	Iy						cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴
12EP10-12x3½	14.40	304	89	25	3.42	3.96	90	15.81	2327.52	153.126	12.135	247.13	28.311	3.9542	543.917	1.33	113.51	2461.14	2.680	0.678	42805.87
12EP12-12x3½	11.10	304	89	25	2.66	3.96	90	12.52	1637.57	120.893	12.115	198.83	22.679	3.9851	433.907	1.33	91.03	1945.37	2.696	0.321	34444.14
12EP14-12x3½	8.00	304	89	25	1.9	3.96	90	9.17	1332.17	87.643	12.051	146.84	16.677	4.0009	317.798	1.33	67.02	1412.00	2.703	0.118	25445.76
10EP10-10x2½	11.22	254	69	19	3.42	3.96	90	12.61	1261.05	99.295	10.001	107.81	16.022	2.9243	260.969	1.36	51.50	1317.35	2.021	0.542	13399.11
10EP12-10x2½	8.80	254	69	19	2.66	3.96	90	10.01	999.47	78.698	9.995	87.69	12.959	2.9605	209.837	1.36	41.72	1045.44	2.042	0.257	10888.70
10EP14-10x2½	6.34	254	69	19	1.9	3.96	90	7.34	727.34	57.271	9.952	65.46	9.619	2.9856	154.872	1.35	31.01	761.78	2.055	0.095	8122.20
10EP16-10x2½	5.10	254	69	19	1.52	3.96	90	5.99	587.28	46.242	9.902	53.52	7.843	2.9891	125.920	1.35	25.30	615.49	2.055	0.049	6638.90
9EP10-9x2½	10.52	228	69	19	3.42	3.96	90	11.72	973.31	85.378	9.114	107.81	16.022	3.0332	233.184	1.32	48.98	1032.13	2.045	0.507	10536.23
9EP12-9x2½	8.26	228	69	19	2.66	3.96	90	9.31	772.30	67.746	9.106	87.69	12.959	3.0684	187.553	1.32	39.68	820.31	2.064	0.241	8569.35
9EP14-9x2½	5.96	228	69	19	1.9	3.96	90	6.85	562.66	49.356	9.063	65.46	9.619	3.0914	138.467	1.32	29.50	598.62	2.075	0.089	6397.45
9EP16-9x2½	4.79	228	69	19	1.52	3.96	90	5.59	454.56	39.874	9.014	53.52	7.843	3.0929	112.598	1.32	24.07	484.01	2.074	0.046	5231.30
8EP10-8x2½	9.82	203	69	19	3.42	3.96	90	10.86	738.18	72.727	8.243	107.81	16.022	3.1503	206.469	1.28	46.21	799.78	2.062	0.474	8130.34
8EP12-8x2½	7.72	203	69	19	2.66	3.96	90	8.65	586.50	57.783	8.235	87.69	12.959	3.1842	166.126	1.28	37.43	636.76	2.080	0.225	6619.48
8EP14-8x2½	5.57	203	69	19	1.9	3.96	90	6.37	427.84	42.152	8.193	65.46	9.619	3.2045	122.692	1.28	27.83	465.47	2.089	0.083	4946.90
8EP16-8x2½	4.48	203	69	19	1.52	3.96	90	5.21	345.87	34.075	8.144	53.52	7.843	3.2036	99.789	1.27	22.71	376.68	2.087	0.043	4047.25
7EP10-7x2½	9.12	177	69	19	3.42	3.96	90	9.97	533.94	60.332	7.317	107.81	16.022	3.2878	178.685	1.23	42.82	596.93	2.072	0.439	5984.19
7EP12-7x2½	7.17	177	69	19	2.66	3.96	90	7.96	424.93	48.014	7.308	87.69	12.959	3.3197	143.843	1.22	34.70	477.92	2.088	0.209	4879.20
7EP14-7x2½	5.18	177	69	19	1.9	3.96	90	5.88	310.48	35.083	7.266	65.46	9.619	3.3364	106.287	1.22	25.80	350.14	2.094	0.077	3651.58
7EP16-7x2½	4.17	177	69	19	1.52	3.96	90	4.82	251.19	28.383	7.219	53.52	7.843	3.3323	86.467	1.22	21.05	283.66	2.090	0.040	2989.64

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION "Z"
FABRICANTE: PROLAMSA**



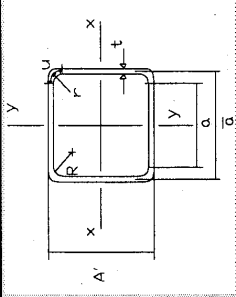
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
		A'	B	C'	I	R	Y	Area	Ix	Sx	Rx	Iy	Sy	Ty	Ixy	θ	Ix2	Iy2	r min	J	Cw
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁴	cm ⁶
6EP10-6X2	7.38	152	50	19	3.42	3.96	90	7.82	301.81	39.712	6.213	44.95	9.309	2.3977	85.454	1.28	19.12	327.64	1.564	0.355	1967.59
6EP12-6X2	5.82	152	50	19	2.66	3.96	90	6.28	241.51	31.777	6.201	37.08	7.618	2.4295	69.490	1.28	15.70	262.89	1.581	0.170	1625.81
6EP14-6X2	4.21	152	50	19	1.9	3.96	90	4.68	177.40	23.343	6.155	28.05	5.719	2.4473	51.851	1.27	11.82	193.64	1.588	0.063	1232.65
6EP16-6X2	3.39	152	50	19	1.52	3.96	90	3.86	143.90	18.935	6.104	23.09	4.688	2.4449	42.384	1.27	9.70	157.29	1.585	0.032	1015.64
5EP10-5X2	6.68	127	50	19	3.42	3.96	90	6.96	196.074	30.878	5.306	44.9513	9.309	2.5406	70.262	1.21	17.35	223.676	1.578	0.322	1325.46
5EP12-5X2	5.27	127	50	19	2.66	3.96	90	5.62	157.371	24.783	5.293	37.0776	7.618	2.5694	57.191	1.20	14.24	180.204	1.593	0.154	1098.05
5EP14-5X2	3.82	127	50	19	1.9	3.96	90	4.21	115.942	18.259	5.249	28.052	5.719	2.5818	42.714	1.20	10.73	133.266	1.597	0.057	834.65
5EP16-5X2	3.08	127	50	19	1.52	3.96	90	3.48	94.184	14.832	5.201	23.0861	4.688	2.5749	34.931	1.19	8.81	108.461	1.591	0.029	688.59
4EP10-4X2	5.98	101	50	19	3.42	3.96	90	6.07	113.471	22.469	4.322	44.9513	9.309	2.7202	54.462	1.11	15.12	143.297	1.578	0.287	804.08
4EP12-4X2	4.73	101	50	19	2.66	3.96	90	4.92	91.477	18.114	4.310	37.0776	7.618	2.7438	44.399	1.11	12.44	116.112	1.589	0.138	668.90
4EP14-4X2	3.44	101	50	19	1.9	3.96	90	3.71	67.887	13.403	4.269	28.052	5.719	2.7481	33.211	1.10	9.39	86.349	1.590	0.051	510.54
4EP16-4X2	2.77	101	50	19	1.52	3.96	90	3.09	55.102	10.911	4.225	23.0861	4.688	2.7348	27.180	1.10	7.72	70.470	1.581	0.026	422.05
3EP12-3x1½	3.60	76	38	19	2.66	3.96	90	3.62	38.159	10.042	3.246	17.9878	4.905	2.2287	19.826	1.09	6.04	50.104	1.292	0.107	195.20
3EP14-3x1½	2.40	76	38	19	1.9	3.96	90	2.78	28.557	7.515	3.203	13.8095	3.727	2.2274	15.018	1.09	4.63	37.732	1.290	0.040	151.75

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR CUADRADA
FABRICANTE: HYLSA**



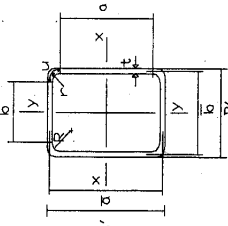
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES							PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL				
		A'	R	t	r	u	Area	EJE X-X - Y-Y					
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix-Iy	Ix-Iy	Sx-Sy	J		
						cm ⁴	cm ⁴	cm	cm ²	cm ⁴			
1 x 1	1.18	25.4	1.628	1.65	2.453	3.8532	1.498	1.0609	0.8416	0.8354	1.104		
	1.33	25.4	2.020	1.91	2.975	4.6731	1.697	1.0960	0.8036	0.8630	1.031		
	1.45	25.4	2.138	2.11	3.193	5.0156	1.850	1.1372	0.7840	0.8954	1.019		
	1.62	25.4	2.354	2.41	3.559	5.5905	2.069	1.1715	0.7525	0.9224	0.964		
	1.95	25.4	3.072	3.05	4.597	7.2210	2.486	1.1179	0.6706	0.8803	0.694		
1½ x 1½	1.51	31.8	1.713	1.65	2.538	3.9867	1.918	2.3139	1.0984	1.4553	2.601		
	1.71	31.8	2.174	1.91	3.129	4.9150	2.181	2.4364	1.0569	1.5323	2.521		
	1.87	31.8	2.281	2.11	3.336	5.2402	2.385	2.5695	1.0380	1.6160	2.573		
	2.11	31.8	2.449	2.41	3.654	5.7397	2.682	2.7309	1.0091	1.7175	2.595		
	2.56	31.8	3.202	3.05	4.727	7.4252	3.260	2.7975	0.9264	1.7594	2.191		
1½ x 1½	1.83	38.1	1.600	1.65	2.425	3.8092	2.337	4.3314	1.3614	2.2737	5.206		
	2.09	38.1	2.092	1.91	3.047	4.7862	2.665	4.6321	1.3184	2.4316	5.207		
	2.29	38.1	2.163	2.11	3.218	5.0548	2.921	4.9464	1.3013	2.5965	5.447		
	2.59	38.1	2.312	2.41	3.517	5.5245	3.295	5.3436	1.2735	2.8050	5.671		
	3.17	38.1	3.099	3.05	4.624	7.2634	4.034	5.7071	1.1894	2.9959	5.239		
2 x 2	4.39	38.1	4.550	4.57	6.835	10.7364	5.593	5.6985	1.0094	2.9914	3.580		
	2.49	50.8	1.572	1.65	2.397	3.7652	3.176	11.2399	1.8812	4.4252	14.399		
	2.85	50.8	2.192	1.91	3.147	4.9433	3.632	12.1836	1.8315	4.7967	14.762		
	3.13	50.8	2.187	2.11	3.242	5.0925	3.992	13.2001	1.8184	5.1969	15.864		
	3.55	50.8	2.294	2.41	3.499	5.4962	4.520	14.5277	1.7928	5.7196	17.091		
2 x 2	4.38	50.8	3.106	3.05	4.631	7.2744	5.583	16.2808	1.7077	6.4098	17.389		
	6.21	50.8	4.532	4.57	6.817	10.7081	7.916	18.5563	1.5311	7.3056	15.827		

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR CUADRADA
FABRICANTE: HYL SA**



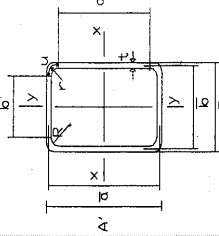
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL			
		A'	R	t	r	u	Area	EJE X-X - y-y			J				
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix-Iy	Ix-Iy	Sx-Sy		cm ⁴	cm	cm ²	cm ⁴
2½ x 2½	3.61 3.97 4.51 5.60 8.04	63.5 63.5 63.5 63.5 63.5	2.262 2.211 2.253 3.133 4.526	1.91 2.11 2.41 3.05 4.57	3.217 3.266 3.458 4.958 6.811	5.0533 5.1302 5.4318 7.3168 10.6987	4.600 5.063 5.746 7.131 10.238	25.3224 27.6173 30.7484 35.2916 43.0371	2.3463 2.3355 2.3133 2.2246 2.0503	7.9756 8.6984 9.6845 11.1155 13.5550	32.049 34.834 38.317 40.778 42.505				
3 x 3	5.47 6.81 9.86 13.11	76.2 76.2 76.2 76.2	2.211 3.160 4.508 6.345	2.41 3.05 4.57 6.35	3.416 4.985 6.793 9.52	5.3658 7.3592 10.6704 14.9540	6.972 8.679 12.561 16.704	55.9903 65.2342 82.9457 92.5918	2.8339 2.7416 2.5697 2.3544	14.6956 17.1218 21.7705 24.3023	72.348 79.132 89.369 83.295				
3½ x 3½	8.03 11.68 15.64	88.9 88.9 88.9	3.167 4.490 6.353	3.05 4.57 6.35	4.692 6.775 9.528	7.3702 10.6421 14.9665	10.228 14.884 19.929	108.6723 142.0250 164.4666	3.2596 3.0890 2.8727	24.4482 31.9516 37.0004	136.366 162.050 162.544				
4 x 4	9.24 13.51 18.18	101.6 101.6 101.6	3.194 4.484 6.351	3.05 4.57 6.35	4.719 6.769 9.526	7.4126 10.6327 14.9634	11.776 17.206 23.155	167.9548 223.9454 266.3136	3.7766 3.6077 3.3914	33.0620 44.0837 52.4239	215.828 265.981 280.934				
5 x 5	11.68 17.15 23.24	127.0 127.0 127.0	3.228 4.460 6.347	3.05 4.57 6.35	4.753 6.745 9.522	7.4660 10.5950 14.9571	14.873 21.851 29.607	344.3317 471.5959 580.6035	4.8116 4.6457 4.4284	54.2255 74.2671 91.4336	457.171 590.851 666.088				

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR RECTANGULAR
FABRICANTE: HYLSA**



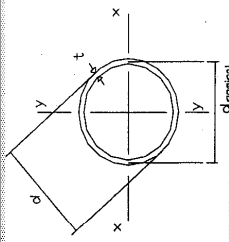
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL										
		A'	B'	R	t	r	u	Area	EJE X-X				EJE Y-Y									
		mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix	Iy	Sx	Sy	J	Ix	Iy	Sx	Sy	J				
2 x 1	1.83	50.8	25.4	1.6	1.65	2.43	3.81	2.34	8.51	1.908	3.35	2.25	0.981	1.77	3.66	8.51	1.908	3.35	2.25	0.981	1.77	3.66
	2.09	50.8	25.4	2.09	1.91	3.05	4.78	2.67	8.58	1.795	3.38	2.42	0.954	1.91	3.52	8.58	1.795	3.38	2.42	0.954	1.91	3.52
	2.29	50.8	25.4	2.16	2.11	3.22	5.05	2.92	9.01	1.756	3.55	2.59	0.941	2.04	3.62	9.01	1.756	3.55	2.59	0.941	2.04	3.62
	2.58	50.8	25.4	2.31	2.41	3.52	5.52	3.30	9.42	1.691	3.71	2.80	0.921	2.20	3.66	9.42	1.691	3.71	2.80	0.921	2.20	3.66
3 x 1½	3.16	50.8	25.4	3.1	3.05	4.63	7.26	4.03	8.82	1.479	3.47	3.05	0.869	2.40	3.01	8.82	1.479	3.47	3.05	0.869	2.40	3.01
	2.82	76.2	38.1	1.58	1.65	2.41	3.78	3.59	34.72	3.108	9.11	8.52	1.539	4.47	15.85	34.72	3.108	9.11	8.52	1.539	4.47	15.85
	3.23	76.2	38.1	2.23	1.91	3.19	5.00	4.12	36.25	2.968	9.51	9.34	1.506	4.90	16.03	36.25	2.968	9.51	9.34	1.506	4.90	16.03
	3.55	76.2	38.1	2.21	2.11	3.27	5.13	4.53	39.22	2.943	10.29	10.13	1.496	5.32	17.23	39.22	2.943	10.29	10.13	1.496	5.32	17.23
3 x 2	4.03	76.2	38.1	2.28	2.41	3.49	5.47	5.13	42.89	2.891	11.26	11.21	1.478	5.88	18.58	42.89	2.891	11.26	11.21	1.478	5.88	18.58
	4.98	76.2	38.1	3.12	3.05	4.65	7.30	6.36	45.28	2.669	11.88	12.83	1.421	6.74	18.42	45.28	2.669	11.88	12.83	1.421	6.74	18.42
	7.12	76.2	38.1	4.53	4.57	6.82	10.70	9.08	45.45	2.238	11.93	15.50	1.307	8.14	15.63	45.45	2.238	11.93	15.50	1.307	8.14	15.63
	3.61	76.2	50.8	2.26	1.91	3.22	5.05	4.60	47.29	3.206	12.41	17.93	1.974	7.06	28.75	47.29	3.206	12.41	17.93	1.974	7.06	28.75
4 x 2	3.97	76.2	50.8	2.21	2.11	3.27	5.13	5.06	51.45	3.188	13.50	19.53	1.964	7.69	31.20	51.45	3.188	13.50	19.53	1.964	7.69	31.20
	4.51	76.2	50.8	2.25	2.41	3.46	5.43	5.75	56.73	3.142	14.89	21.74	1.945	8.56	34.23	56.73	3.142	14.89	21.74	1.945	8.56	34.23
	5.59	76.2	50.8	3.13	3.05	4.66	7.31	7.13	61.01	2.925	16.01	25.09	1.876	9.88	35.92	61.01	2.925	16.01	25.09	1.876	9.88	35.92
	8.03	76.2	50.8	4.53	4.57	6.82	10.70	10.24	64.98	2.519	17.05	30.96	1.739	12.19	36.07	64.98	2.519	17.05	30.96	1.739	12.19	36.07
4 x 2	5.47	101.6	50.8	2.21	2.41	3.42	5.36	6.97	117.09	4.098	23.05	28.94	2.037	11.40	53.03	117.09	4.098	23.05	28.94	2.037	11.40	53.03
	6.81	101.6	50.8	3.16	3.05	4.69	7.36	8.68	129.15	3.858	25.42	33.88	1.976	13.34	56.02	129.15	3.858	25.42	33.88	1.976	13.34	56.02
	9.85	101.6	50.8	4.51	4.57	6.80	10.67	12.56	148.10	3.434	29.15	43.40	1.859	17.09	58.40	148.10	3.434	29.15	43.40	1.859	17.09	58.40
	13.1	101.6	50.8	6.35	6.35	9.53	14.96	16.70	140.48	2.900	27.65	49.54	1.722	19.50	46.83	140.48	2.900	27.65	49.54	1.722	19.50	46.83

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR RECTANGULAR
FABRICANTE: HYLSA**



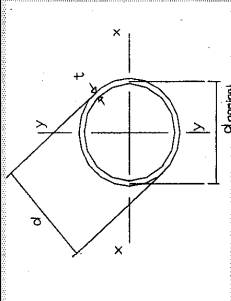
ID	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
	PESO kg/ml	A' mm	B' mm	R mm	t mm	r mm	u mm	Area cm ²	EJE X-X					EJE Y-Y						
									Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	Sx cm ³	Sy cm ³	J cm ⁴	Ix cm	Iy cm	Sx cm ³	Sy cm ³	J cm ⁴		
4 x 3	8.02	101.6	76.2	3.17	3.05	4.70	7.37	10.23	190.62	4.317	85.93	37.52	2.899	22.55	128.91					
	11.67	101.6	76.2	4.49	4.57	6.78	10.64	14.88	229.28	3.925	112.79	45.13	2.753	29.60	151.78					
	15.63	101.6	76.2	6.35	6.35	9.53	14.96	19.93	234.13	3.428	131.92	46.09	2.573	34.62	149.84					
5 x 3	9.23	127	76.2	3.19	3.05	4.72	7.41	11.78	331.23	5.303	106.60	52.16	3.009	27.98	182.24					
	13.49	127	76.2	4.48	4.57	6.77	10.63	17.21	413.25	4.901	142.61	65.08	2.879	37.43	219.10					
	18.16	127	76.2	6.35	6.35	9.53	14.96	23.16	443.98	4.379	171.26	69.92	2.720	44.95	221.99					
6 x 2	9.23	152.4	50.8	3.19	3.05	4.72	7.41	11.78	368.06	5.591	51.51	48.30	2.091	20.28	98.39					
	13.49	152.4	50.8	4.48	4.57	6.77	10.63	17.21	454.03	5.137	68.25	59.58	1.992	26.87	105.55					
	18.16	152.4	50.8	6.35	6.35	9.53	14.96	23.16	476.93	4.538	81.40	62.59	1.875	32.05	86.71					
6 x 3	11.66	152.4	76.2	3.2	3.05	4.73	7.42	13.33	519.44	6.244	127.30	68.17	3.091	33.41	237.94					
	15.31	152.4	76.2	4.46	4.57	6.75	10.60	19.53	664.18	5.832	172.47	87.16	2.972	45.27	289.68					
	20.69	152.4	76.2	6.35	6.35	9.53	14.96	26.38	737.08	5.286	210.61	96.73	2.825	55.28	297.31					
6 x 4	11.66	152.4	101.6	3.23	3.05	4.76	7.47	14.87	670.07	6.712	243.00	87.94	4.042	47.83	413.20					
	17.14	152.4	101.6	4.46	4.57	6.75	10.60	21.85	873.67	6.323	333.41	114.65	3.906	65.63	528.36					
	23.22	152.4	101.6	6.35	6.35	9.53	14.96	29.61	997.22	5.804	412.65	130.87	3.733	81.23	585.33					

PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR CIRCULAR
FABRICANTE: /M/SA



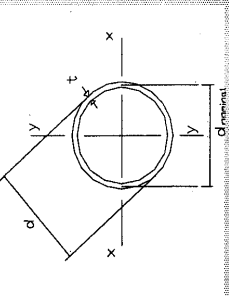
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES				PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL					
		d mm	d nominal mm	t mm	Area cm ²	EJE X-X			EJE Y-Y		
						Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	Sx cm ³	Iy cm ⁴	Sy cm ³	J cm ⁴
1 3/8	1.02 0.77	33.4 33.4	32.16 32.47	1.24 0.93	1.253 0.949	1.6197 1.2502	1.1369 1.1478	0.1007 0.0770	3.239 2.500		
1 1/2	1.16 0.89	38.1 38.1	36.86 37.17	1.24 0.93	1.436 1.086	2.4386 1.8755	1.3030 1.3140	0.1323 0.1009	4.877 3.751		
1 5/8	1.29 0.98	42.2 42.2	40.96 41.27	1.24 0.93	1.596 1.206	3.3463 2.5671	1.4479 1.4589	0.1634 0.1244	6.693 5.134		
2	2.27 1.83 1.48 1.13	48.3 48.3 48.3 48.3	46.38 46.76 47.06 47.37	1.92 1.54 1.24 0.93	2.798 2.262 1.833 1.384	7.5223 6.1831 5.0750 3.8820	1.6395 1.6530 1.6636 1.6745	0.3244 0.2645 0.2157 0.1639	15.045 12.366 10.150 7.764		
2 1/2	2.84 2.29 1.85	60.3 60.3 60.3	58.38 58.76 59.06	1.92 1.54 1.24	3.521 2.843 2.301	15.0021 12.2695 10.0314	2.0637 2.0772 2.0878	0.5139 0.4176 0.3397	30.004 24.539 20.063		
3	3.42 2.78 2.23	73 73 73	71.08 71.46 71.76	1.92 1.54 1.24	4.287 3.457 2.795	27.0772 22.0683 17.9940	2.5127 2.5261 2.5367	0.7619 0.6176 0.5015	54.154 44.137 35.988		
1	0.96 0.77 0.58	25.4 25.4 25.4	23.85 24.15 24.45	1.55 1.25 0.95	1.161 0.948 0.730	0.8258 0.6914 0.5453	0.8431 0.8537 0.8643	0.0692 0.0573 0.0446	1.652 1.383 1.091		

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR CIRCULAR
FABRICANTE: HYLSA**



ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES				PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL					
		d mm	d nominal mm	t mm	Area cm ²	EJE X-X'			EJE Y-Y'		
						Ix cm ⁴	Iy cm ⁴	J cm ⁴	Sx cm ³	Sy cm ³	J cm ⁴
1/2	0.91	21.3	19.39	1.91	1.163	0.5468	0.6854	0.0564	1.094	0.0564	1.094
	1.12	21.3	18.89	2.41	1.430	0.6379	0.6678	0.0675	1.276	0.0675	1.276
	1.27	21.3	18.53	2.77	1.613	0.6921	0.6550	0.0747	1.384	0.0747	1.384
3/4	1.62	21.3	17.57	3.73	2.059	0.7945	0.6211	0.0904	1.589	0.0904	1.589
	1.16	26.7	24.79	1.91	1.488	1.1427	0.8763	0.0922	2.285	0.0922	2.285
	1.44	26.7	24.29	2.41	1.839	1.3563	0.8587	0.1117	2.713	0.1117	2.713
1	1.68	26.7	23.83	2.87	2.149	1.5252	0.8424	0.1280	3.050	0.1280	3.050
	2.19	26.7	22.79	3.91	2.799	1.8175	0.8056	0.1595	3.635	0.1595	3.635
	1.48	33.4	31.49	1.91	1.890	2.3421	1.1132	0.1488	4.684	0.1488	4.684
1 1/4	2.00	33.4	30.76	2.64	2.551	3.0173	1.0874	0.1962	6.035	0.1962	6.035
	2.50	33.4	30.02	3.38	3.188	3.5909	1.0612	0.2392	7.182	0.2392	7.182
	3.23	33.4	28.85	4.55	4.124	4.2905	1.0198	0.2974	8.581	0.2974	8.581
1 1/2	2.25	42.2	39.91	2.29	2.871	5.7166	1.4108	0.2865	11.433	0.2865	11.433
	2.71	42.2	39.41	2.79	3.454	6.7063	1.3931	0.3403	13.413	0.3403	13.413
	3.38	42.2	38.64	3.56	4.322	8.0653	1.3659	0.4175	16.131	0.4175	16.131
1 3/4	4.46	42.2	37.35	4.85	5.691	9.9237	1.3203	0.5314	19.847	0.5314	19.847
	2.59	48.3	46.01	2.29	3.310	8.7590	1.6265	0.3807	17.518	0.3807	17.518
	3.24	48.3	45.4	2.9	4.136	10.6568	1.6049	0.4695	21.314	0.4695	21.314
2	4.04	48.3	44.62	3.68	5.159	12.8380	1.5773	0.5754	25.676	0.5754	25.676
	5.40	48.3	43.22	5.08	6.898	16.1056	1.5278	0.7453	32.211	0.7453	32.211

**PERFIL LAMINADO EN FRIO
SECCION TUBULAR CIRCULAR
FABRICANTE:
HYLSA**



ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES				PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL						
		d mm	d nominal mm	t mm	Area cm ²	EJE X-X			EJE Y-Y			
						Ix cm ⁴	Rx cm	Sx cm ³	Iy cm ⁴	Ry cm	Sy cm ³	J cm ⁴
2	3.79	60.3	57.63	2.67	4.834	20.0686	2.0372	0.6965	40.137			
	4.33	60.3	57.23	3.07	5.520	22.5980	2.0231	0.7897	45.196			
	5.44	60.3	56.39	3.91	6.927	27.5323	1.9934	0.9765	55.065			
2 1/2	7.47	60.3	54.76	5.54	9.531	35.7240	1.9358	1.3047	71.448			
	5.46	73	69.82	3.18	6.975	42.5037	2.4681	1.2175	85.007			
	6.74	73	69.04	3.96	8.589	51.1749	2.4406	1.4825	102.350			
3	6.90	73	68.94	4.06	8.793	52.2396	2.4370	1.5155	104.479			
	8.62	73	67.84	5.16	10.997	63.2655	2.3981	1.8651	126.531			
	6.71	88.9	85.72	3.18	8.564	78.6563	3.0302	1.8352	157.313			
4	8.29	88.9	84.94	3.96	10.567	95.2998	3.0026	2.2439	190.600			
	9.00	88.9	84.58	4.32	11.479	102.6471	2.9899	2.4272	205.294			
	11.27	88.9	83.41	5.49	14.386	125.1084	2.9485	2.9998	250.217			
6	8.69	114.3	111.12	3.18	11.101	171.3419	3.9281	3.0839	342.684			
	10.77	114.3	110.34	3.96	13.727	208.9075	3.9005	3.7866	417.815			
	12.69	114.3	109.6	4.7	16.183	242.9906	3.8744	4.4341	485.981			
6	16.06	114.3	108.28	6.02	20.478	300.1243	3.8277	5.5435	600.249			
	19.23	168.3	163.52	4.78	24.555	820.7302	5.7804	10.0383	1641.460			
	25.33	168.3	161.95	6.35	32.308	1059.1963	5.7249	13.0805	2118.393			
	28.24	168.3	161.19	7.11	36.005	1169.3480	5.6981	14.5089	2338.696			

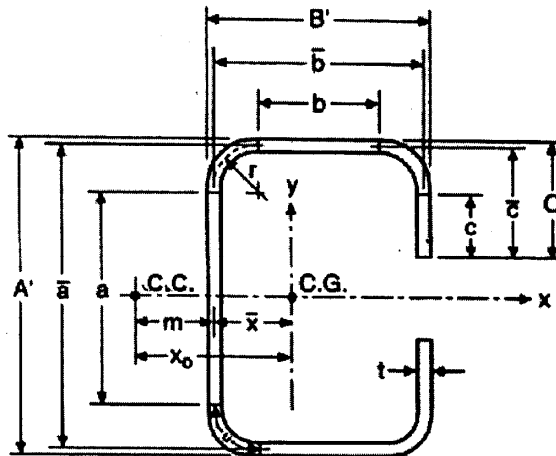
3.5 EJEMPLOS DE CÁLCULO DE PROPIEDADES GEOMÉTRICAS NO REDUCIDAS.

Con la finalidad de ilustrar el procedimiento a seguir para la obtención de las propiedades geométricas no reducidas de los perfiles laminados en frío, a continuación se muestran ejemplos numéricos, donde se utilizaron perfiles comerciales que se seleccionaron aleatoriamente de las tablas realizadas, y las fórmulas utilizadas son las que se dieron a conocer en el apartado 3.3

Ejemplo 3.1. Calcular las propiedades geométricas del perfil canal con labios atiesadores; fabricante: PROLAMSA; perfil: 10EP10-10x2³/₄:

Datos obtenidos de tablas del fabricante (mostradas anteriormente):

- $A' = 254 \text{ mm}$
- $B' = 69 \text{ mm}$
- $C' = 19 \text{ mm}$
- $R = 3.96 \text{ mm}$
- $t = 3.42 \text{ mm}$



1. Parámetros básicos:

$\alpha = 1$, ya que existen labios atiesadores.

$$r = R + t / 2 = 3.96 + 3.42 / 2 = 5.67 \text{ mm}$$

$$a = A' - (2r + t) = 254 - (2(5.67) + 3.42) = 239.24 \text{ mm}$$

$$\bar{a} = A' - t = 254 - 3.42 = 250.58 \text{ mm}$$

$$b = B' - \left[r + \frac{t}{2} + \alpha \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] = 69 - \left[5.67 + \frac{3.42}{2} + (1) \left(5.67 + \frac{3.42}{2} \right) \right] = 54.24 \text{ mm}$$

$$\bar{b} = B' - \left(\frac{t}{2} + \alpha \frac{t}{2} \right) = 69 - \left(\frac{3.42}{2} + (1) \left(\frac{3.42}{2} \right) \right) = 65.58 \text{ mm}$$

$$c = \alpha \left[C' - \left(r + \frac{t}{2} \right) \right] = (1) \left[19 - \left(5.67 + \frac{3.42}{2} \right) \right] = 11.62 \text{ mm}$$

$$\bar{c} = \alpha \left(C' - \frac{t}{2} \right) = (1) \left(19 - \frac{3.42}{2} \right) = 17.29 \text{ mm}$$

$$u = \pi \frac{r}{2} = \frac{\pi(5.67)}{2} = 8.9064 \text{ mm}$$

2. Área de la sección.

$$A = t[a + 2(b + u) + 2\alpha(c + u)]$$

$$A = 3.42[239.24 + 2(54.24 + 8.9064) + 2(1)(11.62 + 8.9064)] = 1391 \text{ mm}^2 = 13.91 \text{ cm}^2$$

3. Momento de inercia con respecto al eje X :

$$\xi = 0.0833c^3 + \frac{c}{4}(a - c)^2 + u \left(\frac{a}{2} + 0.637r \right)^2 + 0.149r^3$$

$$\xi = 0.0833(11.62)^3 + \frac{11.62}{4}(239.24 - 11.62)^2 + 8.9064 \left(\frac{239.24}{2} + 0.637(5.67) \right)^2 + 0.149(5.67)^3 = 285921.90 \text{ mm}^3$$

$$I_x = 2t \left[0.0417a^3 + b \left(\frac{a}{2} + r \right)^2 + u \left(\frac{a}{2} + 0.637r \right)^2 + 0.149r^3 + \alpha \xi \right]$$

$$I_x = 2(3.42) \left[\begin{aligned} &0.0417(239.24)^3 + 54.24 \left(\frac{239.24}{2} + 5.67 \right)^2 + \\ &8.9064 \left(\frac{239.24}{2} + 0.637(5.67) \right)^2 + 0.149(5.67)^3 + 1(285921.90) \end{aligned} \right]$$

$$I_x = 12610506.13 \text{mm}^4 = 1261.1 \text{cm}^4$$

4. Distancia entre el centroide y la línea central del alma:

$$\bar{x} = \frac{2t}{A} \left\{ b \left(\frac{b}{2} + r \right) + u(0.363r) + \alpha [u(b + 1.637r) + c(b + 2r)] \right\}$$

$$\bar{x} = \frac{2(3.42)}{1391} \left\{ \begin{aligned} &54.24 \left(\frac{54.24}{2} + 5.67 \right) + 8.9064(0.363(5.67)) + \\ &1[8.9064(54.24 + 1.637(1)) + 11.62(54.24 + 2(5.67))] \end{aligned} \right\} = 15.37 \text{mm} = 1.54 \text{cm}$$

5. Momento de inercia con respecto al eje Y:

$$\xi = c(b + 2r)^2 + u(b + 1.637r)^2 + 0.149r^3$$

$$\xi = 11.62(54.24 + 2(5.67))^2 + 8.9064(54.24 + 1.637(5.67))^2 + 0.149(5.67)^3 = 85939.2 \text{mm}$$

$$I_y = 2t \left[b \left(\frac{b}{2} + r \right)^2 + 0.0833b^3 + 0.356r^3 + \alpha \xi \right] - A\bar{x}^2$$

$$I_y = 2(3.42) \left[\begin{aligned} &54.24 \left(\frac{54.24}{2} + 5.67 \right)^2 + 0.0833(54.24)^3 + 0.356(5.67)^3 + 1(85939.2) \end{aligned} \right] - (1391)(15.37)^2$$

$$I_y = 749618.5 \text{mm}^4 = 74.96 \text{cm}^4$$

6. Distancia entre el centro de cortante (CC) y la línea central del alma:

$$m = \bar{b} \left[\frac{3\bar{a}^2\bar{b} + \alpha\bar{c}(6\bar{a}^2 - 8\bar{c}^2)}{\bar{a}^3 + 6\bar{a}^2\bar{b} + \alpha\bar{c}(8\bar{c}^2 - 12\bar{a}\bar{c} + 6\bar{a}^2)} \right]$$

$$m = 65.58 \left[\frac{3(250.58)^2(65.58) + 1(17.29)(6(250.58^2 - 8(17.29)^2))}{(250.58)^3 + 6(250.58)^2(65.58) + 1(17.29)(8(17.29)^2 - 12(250.58)(17.29) + 6(250.58)^2)} \right]$$

$$m = 26.783\text{mm} = 2.68\text{cm}$$

7. Módulos de sección con respecto a los ejes X y Y:

$$S_x = \frac{I_x}{0.5A'}$$

$$S_x = \frac{12610506.13}{0.5(254)} = 99295.32\text{mm}^3 = 99.30\text{cm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{B' - \left(x + \frac{t}{2}\right)}$$

$$S_y = \frac{749618.5}{69 - \left(15.37 + \frac{3.42}{2}\right)} = 14438.01\text{mm}^3 = 14.44\text{cm}^3$$

8. Distancia entre el centroide del elemento (CG) y el centro de cortante de este (CC):

$$x_0 = -(\bar{x} + m)$$

$$x_0 = -(15.37 + 26.783) = -42.152\text{mm} = -4.215\text{cm}$$

9. Radios de giro con respecto a los ejes X y Y :

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}} = \sqrt{\frac{12610506.13}{1391}} = 95.2\text{mm} = 9.52\text{cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}} = \sqrt{\frac{749618.5}{1391}} = 23.2\text{mm} = 2.32\text{cm}$$

10. Expresión para obtener la constante torsionante de St. Venant:

$$J = \frac{t^3}{3} [a + 2(b + u) + 2\alpha(c + u)]$$

$$J = \frac{(3.42)^3}{3} [239.24 + 2(54.24 + 8.9064) + 2(1)(11.62 + 8.9064)]$$

$$J = 5421.371\text{mm}^4 = 0.5421\text{cm}^4$$

11. Constante de alabeo:

$$\xi = 48\bar{c}^4 + 112\bar{b}\bar{c}^3 + 8\bar{a}\bar{c}^3 + 48\bar{a}\bar{b}\bar{c}^2 + 12\bar{a}^2\bar{c}^2 + 12\bar{a}^2\bar{b}\bar{c} + 6\bar{a}^3\bar{c}$$

$$\xi = 48(17.29)^4 + 112(65.58)(17.29)^3 + 8(250.58)(17.29)^3 + 48(250.58)(65.58)(17.29)^2 + 12(250.58)^2(17.29)^2 + 12(250.58)^2(65.58)(17.29) + 6(250.58)^3(17.29) = 3000272322.47\text{mm}$$

$$C_w = \frac{\bar{a}^2\bar{b}^2t}{12} \left[\frac{2\bar{a}^3\bar{b} + 3\bar{a}^2\bar{b}^2 + \alpha\xi}{6\bar{a}^2\bar{b} + (\bar{a} + 2\bar{c}\alpha)^3 - 24\bar{a}\bar{c}^2\alpha} \right]$$

$$C_w = \frac{(250.58)^2(65.58)^2(3.42)}{12} \left[\frac{2(250.58)^3(65.58) + 3(250.58)^2(65.58)^2 + 1(3000272322.47)}{6(250.58)^2(65.58) + (250.58 + 2(17.29)(1))^3 - 24(250.58)(17.29)^2(1)} \right]$$

$$C_w = 8454976652.07\text{mm}^6 = 8454.977\text{cm}^6$$

12. Expresión para obtener el parámetro β_w :

$$\beta_w = - \left(\frac{t\bar{x}\bar{a}^3}{12} + t\bar{x}^3\bar{a} \right)$$

$$\beta_w = - \left[\frac{(3.42)(15.37)(250.58)^3}{12} + (3.42)(15.37)^3(250.58) \right] = -72034714.87\text{mm}^5 = -720.34\text{cm}^5$$

13. Expresión para obtener el parámetro β_f :

$$\beta_f = \frac{t}{2} [(\bar{b} - \bar{x})^4 - \bar{x}^4] + \frac{t\bar{a}^2}{4} [(\bar{b} - \bar{x})^2 - \bar{x}^2]$$

$$\beta_f = \frac{3.42}{2} [(65.85 - 15.37)^4 - (15.37)^4] + \frac{(3.42)(250.58)^2}{4} [(65.58 - 15.37)^2 - (15.37)^2]$$

$$\beta_f = 133432708.9 \text{ mm}^5 = 1334.32 \text{ cm}^5$$

14. Expresión para obtener el parámetro β_i :

$$\beta_i = \alpha \left\{ 2\bar{c}(\bar{b} - \bar{x})^3 + \frac{2}{3} t(\bar{b} - \bar{x}) \left[\left(\frac{\bar{a}}{2} \right)^3 - \left(\frac{\bar{a}}{2} - \bar{c} \right)^3 \right] \right\}$$

$$\beta_i = 1 \left\{ 2(17.29)(3.42)(65.58 - 15.37)^3 + \frac{2}{3} (3.42)(65.58 - 15.37) \left[\left(\frac{250.58}{2} \right)^3 - \left(\frac{250.58}{2} - 17.29 \right)^3 \right] \right\}$$

$$\beta_i = 95910389.3 \text{ mm}^5 = 959.104 \text{ cm}^5$$

15. Determinación del parámetro utilizado para determinar el momento elástico crítico:

$$j = \frac{1}{2I_y} (\beta_w + \beta_f + \beta_i) - x_0$$

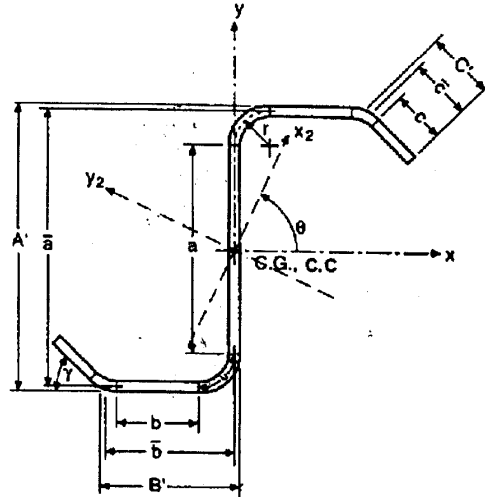
$$j = \frac{1}{2(749618.5)} (-72034714.87 + 133432708.9 + 95910389.3) - 42.1528$$

$$j = 147.07 \text{ mm} = 14.71 \text{ cm}$$

Ejemplo 3.2. Calcular las propiedades geométricas del perfil "Z" con labios atiesadores, del fabricante: PROLAMSA, perfil: 10EP14-10x2³/₄:

De la tabla de perfiles del fabricante se obtiene los siguientes datos:

- A' = 254mm
- B' = 69mm
- C' = 19mm
- R = 3.96 mm
- t = 1.9mm
- $\gamma = 90^\circ$



1. Parámetros básicos:

$\alpha = 1$, ya que existen labios atiesadores.

$$\gamma(\text{radianes}) = 90 \left(\frac{\pi}{180} \right) = 1.5708$$

$$r = R + \frac{t}{2} = 3.96 + \frac{1.9}{2} = 4.91 \text{mm}$$

$$a = A' - (2r + t) = 254 - (2(4.91) + 1.9) = 242.28 \text{mm}$$

$$\bar{a} = A' - t = 254 - 1.9 = 252.1 \text{mm}$$

$$b = B' - \left[r + \frac{t}{2} + \alpha \left(r + \frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] = 69 - \left[4.91 + \frac{1.9}{2} + 1 \left(4.91 + \frac{1.9}{2} \right) \tan \left(\frac{1.5708}{2} \right) \right] = 57.28 \text{mm}$$

$$\bar{b} = B' - \left[\frac{t}{2} + \left(\alpha \frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] = 69 - \left[\frac{1.9}{2} + \left(1 * \left(\frac{1.9}{2} \right) \right) \tan \left(\frac{1.5708}{2} \right) \right] = 67.1 \text{mm}$$

$$c = \alpha \left[C' - \left(r + \frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] = 1 \left[19 - \left(4.91 + \frac{1.9}{2} \right) \tan \left(\frac{1.5708}{2} \right) \right] = 13.14 \text{ mm}$$

$$\bar{c} = \alpha \left[C' - \left(\frac{t}{2} \right) \tan \left(\frac{\gamma}{2} \right) \right] = 1 \left[19 - \left(\frac{1.9}{2} \right) \tan \left(\frac{1.5708}{2} \right) \right] = 18.05 \text{ mm}$$

$$u_1 = \pi \frac{r}{2} = \pi \left(\frac{4.91}{2} \right) = 7.7126 \text{ mm}$$

$$u_2 = r\gamma = 1.5708(4.91) = 7.7126 \text{ mm}$$

2. Área de la sección:

$$A = t \left[a + 2(b + u_1) + 2\alpha(c + u_2) \right]$$

$$A = 1.9 \left[242.28 + 2(57.28 + 7.7126) + 2(1)(13.14 + 7.7126) \right] = 734.36 \text{ mm}^2 = 7.34 \text{ cm}^2$$

3. Momento de inercia con respecto al eje X:

$$\xi = \left(\frac{\gamma + \text{sen} \gamma \cos \gamma}{2} - \frac{\text{sen}^2 \gamma}{\gamma} \right) r^3 + u_2 \left(\frac{a}{2} + \frac{r \text{sen} \gamma}{\gamma} \right)^2 + \frac{c^3 \text{sen}^2 \gamma}{12} + c \left(\frac{a}{2} + r \cos \gamma - \frac{c}{2} \text{sen} \gamma \right)^2$$

$$\begin{aligned} \xi &= \left(\frac{1.5708 + \text{Sen}(1.5708)\text{Cos}(1.5708)}{2} - \frac{\text{Sen}^2(1.5708)}{1.5708} \right) (4.91)^3 + 7.7126 \left(\frac{242.28}{2} + \frac{(4.91)\text{Sen}(1.5708)}{1.5708} \right)^2 \\ &+ \frac{(13.14)^3 \text{Sen}^2(1.5708)}{12} + 13.14 \left(\frac{242.28}{2} + (4.91)\text{Cos}(1.5708) - \frac{13.14}{2} \text{Sen}(1.5708) \right)^2 = 291784.10 \text{ mm}^3 \end{aligned}$$

$$I_x = 2t \left[0.0417a^3 + b \left(\frac{a}{2} + r \right)^2 + u_1 \left(\frac{a}{2} + 0.637r \right)^2 + 0.149r^3 + \alpha \xi \right]$$

$$I_x = 2(1.9) \left[\begin{aligned} &0.0417(242.2)^3 + 57.28 \left(\frac{242.28}{2} + 4.91 \right)^2 + 7.7126 \left(\frac{242.28}{2} + 0.637(4.91) \right)^2 + \\ &0.149(4.91)^3 + 1(291784.10) \end{aligned} \right]$$

$$I_x = 7273386.26 \text{ mm}^4 = 727.339 \text{ cm}^4$$

4. Momento de inercia con respecto al eje Y:

$$\xi = c \left[b + r(1 + \text{sen} \gamma) + \frac{c}{2} \cos \gamma \right]^2 + \frac{c^3 \cos^2 \gamma}{12} + u_2 \left[b + r + \frac{r(1 - \cos \gamma)}{\gamma} \right]^2 + \left[\frac{\gamma - \text{sen} \gamma \cos \gamma}{2} - \frac{(1 - \cos \gamma)}{\gamma} \right] r^3$$

$$\xi = 13.14 \left[57.28 + 4.91(1 + \text{Sen}(1.5708)) + \frac{13.14}{2} \text{Cos}(1.5708) \right]^2 + \frac{(13.14)^3 \text{Cos}^2(1.5708)}{12} + 7.7126 \left[57.28 + 4.91 + \frac{4.91(1 - \text{Cos}(1.5708))}{1.5708} \right]^2 + \left[\frac{1.5708 - \text{Sen}(1.5708)\text{Cos}(1.5708)}{2} - \frac{(1 - \text{Cos}(1.5708))^2}{1.5708} \right] * (4.91)^3 = 92082.461 \text{mm}^3$$

$$I_y = 2t \left[b \left(\frac{b}{2} + r \right)^2 + \frac{b^3}{12} + 0.356r^3 + \alpha \xi \right]$$

$$I_y = 2(1.9) \left[57.28 \left(\frac{57.28}{2} + 4.91 \right)^2 + \frac{(57.28)^3}{12} + 0.356(4.91)^3 + 1(92082.461) \right]$$

$$I_y = 654589.5637 \text{mm}^4 = 65.459 \text{cm}^4$$

5. Producto de inercia:

$$\xi = 13.14 \left[57.28 + 4.91(1 + \text{Sen}(1.5708)) + \frac{13.14}{2} \text{Cos}(1.5708) \right] \left[\frac{242.28}{2} + 4.91 \text{Cos}(1.5708) - \frac{13.14}{2} \text{Sen}(1.5708) \right] + \left[\frac{\text{Sen}^2(1.5708)}{2} + \frac{\text{Sen}(1.5708)(\text{Cos}(1.5708) - 1)}{1.5708} \right] (4.91)^3 - \frac{(13.14)^3 \text{Sen}(1.5708)\text{Cos}(1.5708)}{12} + 7.7126 \left[57.28 + 4.91 + \frac{4.91(1 - \text{Cos}(1.5708))}{1.5708} \right] * \left[\frac{242.28}{2} + \frac{(4.91)\text{Sen}(1.5708)}{1.5708} \right] = 163599.0684 \text{mm}^3$$

$$I_{xy} = 2t \left[b \left(\frac{a}{2} + r \right) \left(\frac{b}{2} + r \right) + 0.50r^3 + 0.285ar^2 + \alpha \xi \right]$$

$$I_{xy} = 2(1.9) \left[57.28 \left(\frac{242.28}{2} + 4.91 \right) \left(\frac{57.08}{2} + 4.91 \right) + 0.50(4.91)^3 + 0.285(242.28)(4.91)^2 + 1(163599.07) \right]$$

$$I_{xy} = 1548723.229 \text{ mm}^4 = 154.872 \text{ cm}^4$$

6. Ángulo entre el eje X y el eje principal menor, en radianes:

$$\theta = \frac{\pi}{2} + 0.50 \tan^{-1} \left(\frac{2I_{xy}}{I_y - I_x} \right)$$

$$\theta = \frac{\pi}{2} + 0.5 \tan^{-1} \left(\frac{2(1548723.229)}{654589.5637 - 7273386.26} \right) = 1.35 \text{ rad}$$

7. Momento de inercia con respecto al eje X_2 :

$$I_{x_2} = I_x \cos^2 \theta + I_y \sin^2 \theta - 2I_{xy} \sin \theta \cos \theta$$

$$I_{x_2} = 7273386.26 \text{ Cos}^2(1.35) + 654589.5637 \text{ Sen}^2(1.35) - 2(1548723.229) \text{ Sen}(1.35) \text{ Cos}(1.35)$$

$$I_{x_2} = 310134.639 \text{ mm}^4 = 31.0135 \text{ cm}^4$$

8. Momento de inercia con respecto al eje Y_2 :

$$I_{y_2} = I_x \sin^2 \theta + I_y \cos^2 \theta + 2I_{xy} \sin \theta \cos \theta$$

$$I_{y_2} = 7273386.26 \text{ Sen}^2(1.35) + 654589.5637 \text{ Cos}^2(1.35) + 2(1548723.229) \text{ Sen}(1.35) \text{ Cos}(1.35)$$

$$I_{y_2} = 7617841.19 \text{ mm}^4 = 761.78 \text{ cm}^4$$

9. Módulos de sección con respecto a los ejes X y Y:

$$S_x = \frac{I_x}{0.5A'}$$

$$S_x = \frac{7273386.26}{0.5(254)} = 57270.76 \text{ mm}^3 = 57.27 \text{ mm}^3$$

$$S_y = \frac{I_y}{B' - \frac{t}{2} + C' \cos \gamma}$$

$$S_y = \frac{654589.5637}{69 - \frac{1.9}{2} + 19 \cos(1.5708)} = 9619.25 \text{ mm}^3 = 9.619 \text{ cm}^3$$

10. Radios de giro con respecto al eje X_2 (Radio de giro mínimo):

$$r_{x_2} = \sqrt{\frac{I_{x_2}}{A}}$$

$$r_{min} = \sqrt{\frac{6901350.3}{734.36}} = 96.94 \text{ mm} = 9.69 \text{ cm}$$

11. Constante torsionante de St. Venant.

$$J = \frac{t^3}{3} [a + 2(b + u_1) + 2\alpha(c + u_2)]$$

$$J = \frac{(1.9)^3}{3} [242.28 + 2(57.28 + 7.7126) + 2(1)(13.14 + 7.7126)] = 946.47 \text{ mm}^4 = 0.0964 \text{ cm}^4$$

12. Constante de alabeo:

$$\xi = \bar{b}^2 (4\bar{c}^4 + 16\bar{b}\bar{c}^3 + 6\bar{a}^3\bar{c} + 4\bar{a}^2\bar{b}\bar{c} + 8\bar{a}\bar{c}^3) + 6\bar{a}\bar{b}\bar{c}^2 (\bar{a} + \bar{b}) (2\bar{b}\text{sen} \gamma + \bar{a} \cos \gamma) + 4\bar{a}\bar{b}\bar{c}^3 (2\bar{a} + 4\bar{b} + \bar{c}) \text{sen} \gamma \cos \gamma + \bar{c}^3 (2\bar{a}^3 + 4\bar{a}^2\bar{b} - 8\bar{a}\bar{b}^2 + \bar{a}^2\bar{c} - 16\bar{b}^3 - 4\bar{b}^2\bar{c}) \cos^2 \gamma$$

$$\xi = (67.1)^2 [4(18.05)^4 + 16(67.1)(18.05)^3 + 6(252.1)^3(18.05) + 4(252.1)^2(67.1)(18.05) + 8(252.1)(18.05)^3] + 6(252.1)(67.1)(18.05)^2(252.1 + 67.1) [2(67.1)\text{Sen}(1.5708) + 252.1\text{Cos}(1.5708)] + 4(252.1)(67.1)(18.05)^3 (2(252.1) + 4(67.1) + 18.05)\text{Sen}(1.5708)\text{Cos}(1.5708) + (18.05)^3 [2(252.1)^3 + 4(252.1)^2(67.1) - 8(252.1)(67.1)^2 + (252.1)^2(18.05) - 16(67.1)^3 - 4(67.1)^2(18.05)]\text{Cos}^2(1.5708) = 10699051606823.4\text{mm}^6$$

$$C_w = \left[\frac{\bar{a}^3 \bar{b}^3 (2\bar{a} + \bar{b}) + \alpha \xi}{\bar{a} + 2(\bar{b} + \alpha \bar{c})} \right] \frac{t}{12}$$

$$C_w = \left[\frac{(252.1)^2 (67.1)^3 (2(252.1) + 67.1) + 1(10699051606823.4)}{252.1 + 2(67.1 + 1(18.05))} \right] \left(\frac{1.9}{2} \right)$$

$$C_w = 8122198357\text{mm}^6 = 8122.198\text{cm}^6$$

Ejemplo 3.3. Calcular las propiedades geométricas de perfil tubular rectangular del fabricante: HYLSA, perfil: 2 x 1; peso = 1.83 kg/ml.

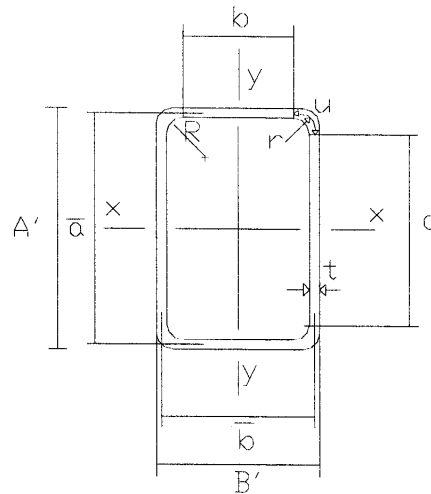
Datos obtenidos del perfil:

$$A' = 50.8 \text{ mm}$$

$$B' = 25.4 \text{ mm}$$

$$R = 1.6 \text{ mm}$$

$$t = 1.65 \text{ mm}$$



1. Parámetros básicos:

$$r = R + \frac{t}{2} = 1.6 + \frac{1.65}{2} = 2.425mm$$

$$a = A' - (2r + t) = 50.8 - (2(2.425) + 1.65) = 44.3mm$$

$$\bar{a} = A' - t = 50.8 - 1.65 = 49.2mm$$

$$b = B' - (2r + t) = 25.4 - (2(2.425) + 1.65) = 18.9mm$$

$$\bar{b} = B' - t = 25.4 - 1.65 = 23.8mm$$

$$u = \frac{\pi r}{2} = \frac{\pi(2.425)}{2} = 3.809mm$$

2. Área de la sección:

$$A = 2t(a + b + 2u)$$

$$A = 2(1.65)[44.3 + 18.9 + 2(3.809)] = 233.7006mm^2 = 2.337cm^2$$

3. Momento de inercia con respecto al eje X:

$$I_x = 2t \left[b \left(\frac{a^2}{2} \right) + \frac{a^3}{12} \right]$$

$$I_x = 2(1.65) \left[18.9 \left(\frac{(44.3)^2}{2} + \frac{(44.3)^3}{12} \right) \right] = 85108.285mm^4 = 8.5108cm^4$$

4. Momento de inercia con respecto al eje Y:

$$I_y = 2t \left[\frac{b^3}{12} + a \left(\frac{\bar{b}}{2} \right)^2 \right]$$

$$I_y = 2(1.65) \left[\frac{(18.9)^3}{12} + 44.3 \left(\frac{23.8}{2} \right)^2 \right] = 22471.6732 \text{mm}^4 = 2.2472 \text{cm}^4$$

5. Radios de giro con respecto a los ejes X y Y:

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{85108.285}{233.7006}} = 19.083 \text{mm} = 1.9083 \text{cm}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{I_y}{A}}$$

$$r_y = \sqrt{\frac{22471.6732}{233.7006}} = 9.8059 \text{mm} = 0.9806 \text{cm}$$

6. Módulos de sección con respecto a los ejes X y Y:

$$S_x = \frac{2I_x}{A'}$$

$$S_x = \frac{2(85108.285)}{50.8} = 3350.7199 \text{mm}^3 = 3.3507 \text{cm}^3$$

$$S_y = \frac{2I_y}{B'}$$

$$S_y = \frac{2(22471.6732)}{25.4} = 1769.423 \text{mm}^3 = 1.7694 \text{cm}^3$$

7. Constante torsionante de St. Venant :

$$J = \frac{2(ab)^2 t}{a+b}$$

$$J = \frac{2(44.3 * 18.9)^2 (1.65)}{44.3 + 18.9} = 36603.947 \text{mm}^4 = 3.6604 \text{cm}^4$$

8. Constante de alabeo:

$$C_w = 0$$

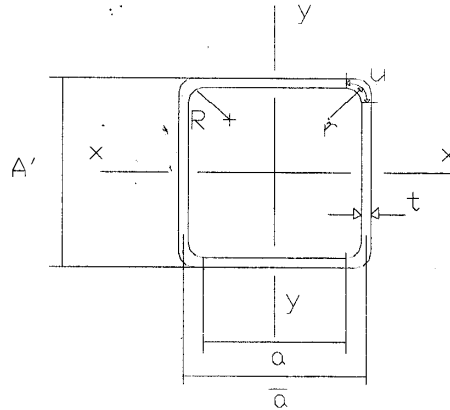
Ejemplo 3.4. Calcular las propiedades geométricas del perfil tubular cuadrado del fabricante: HYLSA, perfil: 1 x 1; peso = 1.18 kg/ml.

Datos obtenidos del perfil:

$$A' = 25.4 \text{ mm}$$

$$R = 1.628 \text{ mm}$$

$$t = 1.65 \text{ mm}$$



1. Parámetros básicos:

$$r = R + \frac{t}{2} = 1.628 + \frac{1.65}{2} = 2.453 \text{ mm}$$

$$a = A' - (2r + t) = 25.4 - (2(2.453) + 1.65) = 18.844 \text{ mm}$$

$$\bar{a} = A' - t = 25.4 - 1.65 = 23.75 \text{ mm}$$

$$u = \frac{\pi r}{2} = \frac{\pi(2.453)}{2} = 3.8532 \text{ mm}$$

2. Área de la sección:

$$A = 4t(a + u)$$

$$A = 4(1.65)[18.844 + 3.8532] = 149.8013 \text{ mm}^2 = 1.498 \text{ cm}^2$$

3. Momento de inercia con respecto a los ejes X y Y :

$$I_x = 2t \left[a \left(\frac{a}{2} \right)^2 + \frac{a^3}{12} \right]$$

$$I_x = 2(1.65) \left[18.844 \left(\frac{23.75}{2} \right)^2 + \frac{(18.844)^3}{12} \right] = 10609.2296 \text{ mm}^4 = 1.0609 \text{ cm}^4$$

$$I_x = I_y$$

4. Radios de giro con respecto a los ejes X y Y :

$$r_x = \sqrt{\frac{I_x}{A}}$$

$$r_x = \sqrt{\frac{10609.2296}{149.8013}} = 8.416 \text{ mm} = 0.8416 \text{ cm}$$

$$r_x = r_y$$

5. Módulos de sección con respecto a los ejes X y Y :

$$S_x = \frac{2I_x}{A'}$$

$$S_x = \frac{2(10609.2296)}{25.4} = 83.500 \text{ mm}^3 = 0.0835 \text{ cm}^3$$

$$S_x = S_y$$

6. Constante torsionante de St. Venant :

$$J = a^3 t$$

$$J = (18.844)^3 (1.65) = 11041 \text{mm}^4 = 1.1041 \text{cm}^4$$

7. Constante de alabeo:

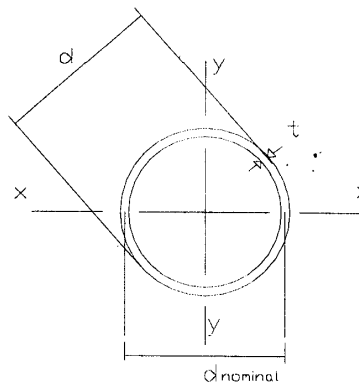
$$C_w = 0$$

Ejemplo 3.5. Calcular las propiedades geométricas del perfil tubular circular del fabricante; HYLSA, perfil ½, peso = 0.91 kg/ml.

Datos obtenidos del perfil:

$$d = 21.3 \text{mm}$$

$$t = 1.91 \text{mm}$$



El diámetro nominal se calcula mediante la expresión:

$$d_{\text{nominal}} = d - \frac{t}{2} = 21.3 - \frac{1.91}{2} = 19.39 \text{mm}$$

1. Área de la sección:

$$A = \pi d_{\text{nominal}} t$$

$$A = \pi (1.91)(19.39) = 116.349 \text{mm}^2 = 1.163 \text{cm}^2$$

2. Momento de inercia con respecto al eje X :

$$I_x = \frac{\pi d_{nominal}^3}{8}$$

$$I_x = \frac{\pi(1.91)(19.39)^3}{8} = 5468.98mm^4 = 0.5468cm^4$$

3. Radio de giro con respecto al eje X :

$$r_x = 0.3535d_{nominal}$$

$$r_x = 0.3535(19.39) = 6.854mm = 0.6854cm$$

4. Módulo de sección con respecto al eje X :

$$S_x = \frac{2I_x}{d_{nominal}}$$

$$S_x = \frac{2(5468.98)}{19.39} = 564.103mm^3 = 0.0564cm^3$$

5. Constante torsionante de St. Venant :

$$J = \frac{\pi d_{nominal}^3}{4}$$

$$J = \frac{\pi(1.91)(19.39)^3}{4} = 10935.950mm^4 = 1.094cm^4$$

6. Constante de alabeo:

$$C_w = 0$$