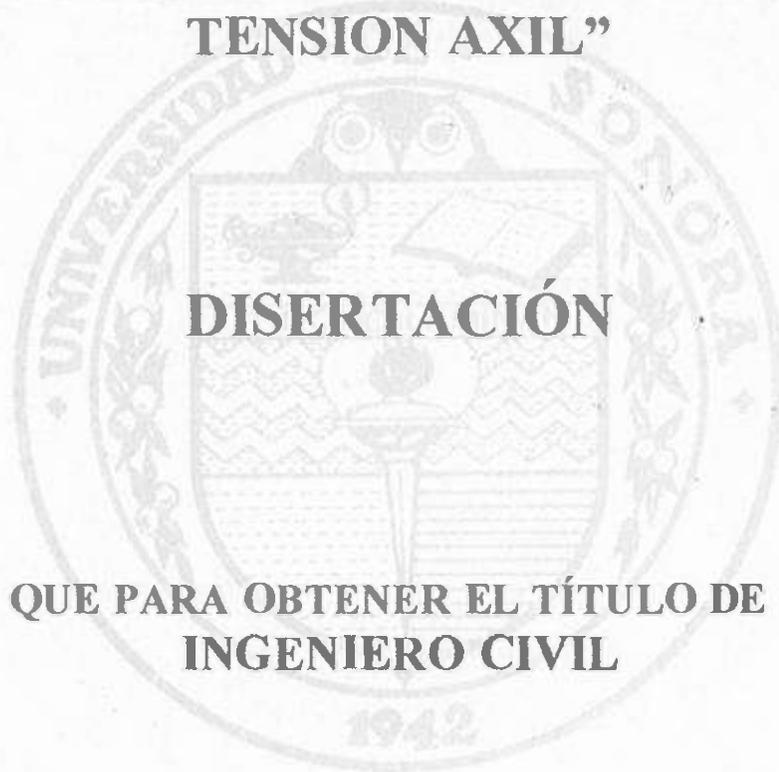


**DIVISIÓN DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE INGENIERÍA CIVIL Y MINAS**

**“DISEÑO POR EL METODO LRFD Y ASD DE
PERFILES LAMINADOS EN FRÍO SUJETOS A
TENSION AXIL”**



DISERTACIÓN

**QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE :
INGENIERO CIVIL**

**Presentan:
DIONISIO VALENCIA IBARRA
JESÚS MANUEL MONCADA ZOZAYA**

Universidad de Sonora

Repositorio Institucional UNISON



**"El saber de mis hijos
hará mi grandeza"**



Excepto si se señala otra cosa, la licencia del ítem se describe como openAccess

INDICE

CAPITULO 1

INTRODUCCIÓN	1
1.1 Descripción Global del Contenido.....	1
1.2 Justificación y Objetivo del Trabajo.....	1
1.3 Descripción y Contenido de Cada Capítulo.....	2

CAPITULO 2

LOS PERFILES LAMINADOS EN FRÍO	2
2.1 Definición.....	2
2.2 Ventajas Principales.....	4
2.3 Tipos y Usos de los Perfiles Laminados en Frío.....	5
2.4 Métodos de Fabricación de los Perfiles Laminados en Frío.....	11

CAPITULO 3

MEMBROS SUJETOS A TENSIÓN AXIAL	15
3.1 Definición de Términos Generales.....	15
3.2 Especificaciones Aplicables del AISI 1999 (ASD y LRFD).....	16
3.3 Conceptos esenciales de ASD y LRFD.....	23
3.4 Diagramas de Flujo.....	28
3.5 Solución de Problemas Numéricos.....	38

CAPITULO 4

CONCLUSIONES	50
ANEXOS Tablas comerciales de Perfiles laminados en frío.....	51
BIBLIOGRAFÍA	62

1.1 Descripción Global del Contenido

En el presente trabajo expondremos las especificaciones más actualizadas del reglamento del AISI ("Instituto Americano del Hierro y el Acero"), presentando desde un marco teórico y además experimental, la determinación de la resistencia de diseño de los perfiles laminados en frío sujetos a tensión axial aplicando los métodos ASD y LRFD. De igual manera se hará mención de las secuencias de diseño aplicando dichas especificaciones a algunos diseños prácticos, utilizando aquellos perfiles más comunes producidos en México, haciendo una presentación de las generalidades de dichos perfiles, así como de sus propiedades geométricas efectivas.

1.2 Justificación y Objetivo del Trabajo

El objetivo primordial es dar a conocer la reglamentación vigente del AISI, así como generar diagramas de flujo para la interpretación clara de los procedimientos de diseño para los perfiles sujetos a tensión axial, mas comúnmente usados en México, apoyándonos en tablas de fabricantes y de otros trabajos de titulación desarrollados anteriormente.

El empleo de estos perfiles en la construcción es en estructuras de acero, ya sea de perfiles laminados en caliente como elementos primarios en combinación con los perfiles laminados en frío como elementos secundarios, armaduras conexiones, sistemas de cubiertas, en muros, entre otros.

El capítulo 2 contiene la información general de los perfiles laminados en frío, sus ventajas principales, los tipos de perfiles más usados en México y el uso que se les ha dado en la construcción. Incluye además los métodos de fabricación comúnmente usados en el mercado.

En el capítulo 3 se definen términos generales y conceptos fundamentales en los que se basan las especificaciones aplicables del AISI 1999. Además, se elaboran diagramas de flujo para calcular resistencias a tensión axial de algunos perfiles laminados en frío, y se incluyen 6 ejemplos numéricos resueltos aplicando los métodos ASD (Diseño por Esfuerzos Permisibles) y LRFD (Diseño por Factor de Carga y Resistencia).

En el capítulo 4 se muestran las conclusiones del trabajo desarrollado, comentarios de los resultados que obtuvimos, elementos prácticos que asimilamos y aprendimos sobre el tema mismo, dificultades que experimentamos, elementos y aspectos que no logramos concretar de acuerdo al plan inicial, comentando sugerencias para el desarrollo de posibles temas semejantes. Por último se anexan tablas de propiedades geométricas de diversos perfiles laminados en frío que pueden ser utilizados para trabajar a tensión axial.

2. LOS PERFILES LAMINADOS EN FRÍO

2.1 Definición

Los perfiles laminados en frío son láminas delgadas formadas a temperatura ambiente. Estos perfiles son ligeros y resistentes, útiles cuando se requiere construir edificios de grandes espacios entre columnas y alturas libres considerables.

... es la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales o ASTM (por sus siglas en ingles: "American Society for Testing and Materials"):

1. ASTM A36/A36M, Acero estructural de carbono.
2. ASTM A242/A242M, Acero estructural de alta resistencia y baja aleación.
3. ASTM A283/A283M, Placas de acero de carbono de resistencia a la tensión baja intermedia.
4. ASTM A500, Tubulares estructurales redondos y de otros perfiles laminados en frío.
5. ASTM A529/A529M, Acero de calidad estructural de magnesio y carbono de alta resistencia.
6. ASTM A570/A570M, Acero de calidad estructural de carbono para láminas y cintas laminadas en caliente.
7. ASTM A572/A572M, Acero estructural de columbio y vanadio de alta resistencia y baja aleación.
8. ASTM A588/A588M, Acero estructural de alta resistencia y baja aleación con esfuerzos de fluencia mínimo de 50ksi (3514kg/cm²) y espesor hasta 4plg. (100mm).
9. ASTM A606, Acero estructural de alta resistencia mejorada a la corrosión atmosférica.
10. ASTM A607, Acero estructural de columbio o vanadio, o ambos, de alta resistencia y baja aleación para láminas y cintas formadas en caliente y en frío.
11. ASTM A611 (Grados A, B, C y D), Acero estructural (SS, abreviación del ingles "Structural Steel") de carbono para láminas formadas en frío.
12. ASTM A653/A653M (SS, Grados 33, 37, 40 y 50 clase 1 y clase 3; Alta resistencia y baja aleación tipos A y B, Grados 50, 60, 70 y 80). Láminas de acero con recubrimiento de zinc (galvanizado) o con recubrimiento de aleación de zinc-hierro realizado por medio del proceso de inmersión en caliente.

... (Grados 33, 37, 40 y 50A), resistencia y baja aleación para láminas y cintas formadas en caliente y de acero de alta resistencia y baja aleación para láminas y cintas formadas en frío con propiedades mejoradas de formabilidad.

14. ASTM A792/A792M (Grados 33, 37, 40 y 50A), láminas de acero con recubrimiento de aleación 55% aluminio-zinc realizado por medio del proceso de inmersión en caliente.

El uso de los perfiles laminados en frío en la construcción ha sido cada vez mayor, esto generó la necesidad de conocer más de su comportamiento y obligó a profesionales e investigadores a desarrollar más especificaciones de diseño para dichos perfiles. En 1946 el Instituto Americano del Acero (AISI), publicó las primeras especificaciones. La edición más reciente fue realizada en 1999; estas últimas especificaciones son la que se tomaron en cuenta para la realización de este trabajo.

2.2 Ventajas Principales

La relación peso-resistencia de los perfiles laminados en frío es muy favorable debido a que gran parte de la resistencia y rigidez de la sección depende de su forma de configuración y no de su espesor.

Algunas otras ventajas que tienen los perfiles laminados en frío son las siguientes:

- Los perfiles laminados en frío son económicos para cargas livianas y claros cortos.

disminuir el peso por m² de estructura y disminuir también el costo de los materiales.

- La ligereza de los perfiles lo hace más manejables y reducen su costo de transporte.

- Los perfiles laminados en frío se producen en serie y con calidad confiable de fabricación.

- Si es necesario se pueden fabricar en talleres a la medida requerida.

- Se pueden utilizar láminas como refuerzo primario para losas aligeradas de concreto (decks), las cuales pueden resistir los procesos de colado.

- Las conexiones utilizadas son muy sencillas, lo que permite acelerar el proceso de montaje.

- El acero laminado en frío es muy durable, no propaga el fuego, minimiza los problemas de corrosión, si se utilizan galvanizados o pinturas anticorrosivas alquidáticas; no presentan flujo plástico y tampoco son susceptible al ataque de termitas y otros insectos.

2.3 Tipos y Usos de los Perfiles Laminados en Frío

Los perfiles laminados en frío se pueden clasificar en dos categorías: los miembros estructurales individuales y los paneles o decks.

Se incluyen aquí los perfiles C, los perfiles Z, los perfiles angulares, los perfiles sombrero, los perfiles I y los perfiles T (todos perfiles abiertos), así como los tubulares (perfiles cerrados), y los perfiles estructurales compuestos (a base de dos o mas perfiles), como se muestra en la figura 2.1.

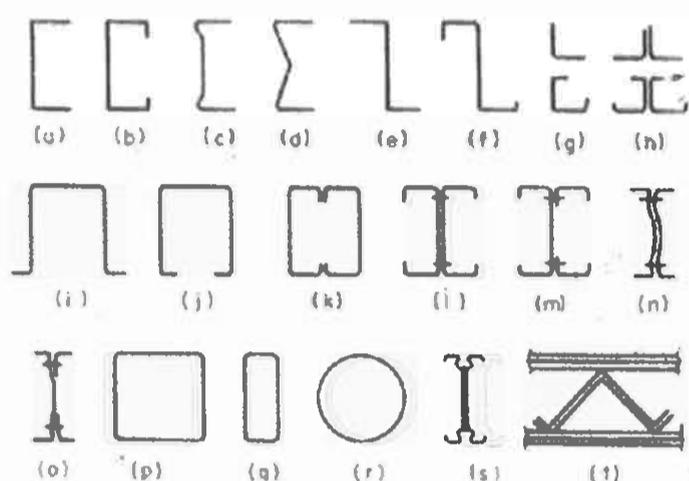


fig. 2.1 perfiles abiertos, cerrados y compuestos

No existen muchas limitantes en cuanto al dimensionamiento de los perfiles; sin embargo las medidas más comunes que se encuentran en el mercado son de 2" hasta 12" de peralte y de 0.048plg., hasta ¼ de pulg., de espesor, también es posible encontrar secciones con dimensiones mas grandes que las mencionadas anteriormente, estos son hasta de 18" de peralte y de ½" de espesor.

También común encontrar perfiles con almas agujeradas, teniendo un control de los agujeros en cuanto a su diámetro y separación entre uno y el otro; los usos que le pueden dar a los perfiles con almas agujeradas son varios, entre ellos cabe mencionar la utilización para sistemas de ensamble de estantes, permitir el paso de instalaciones ocultas entre muros o losas para efectos estéticos. Los perfiles laminados en fríos se usan también como elementos en cuerdas y diagonales de



Figura 2.2 Perfiles con almas agujeradas

2.3.2 Paneles y Decks

La segunda clasificación de los perfiles laminados en frío son los paneles y decks, que son empleados, en la gran mayoría de ocasiones, como sistemas de piso y cubiertas, y también como paneles de muro. Los paneles y decks cuentan con un dimensionamiento que varía entre 1 ½ pulgada a 7 ½ " de peralte, con espesores de 0.018" a 0.075"; en cuanto a los dimensionamientos más comunes de las láminas corrugadas, estos varían de 0.25 a 1 pulgada de peralte y la distancia a centros de valles es de 1 ½ a 3 pulgadas, sin embargo en ambos casos y como ya se ha venido mencionando, las dimensiones de estos elementos pueden variar, ya que no existen realmente limitantes estrictas en cuanto a su medida.

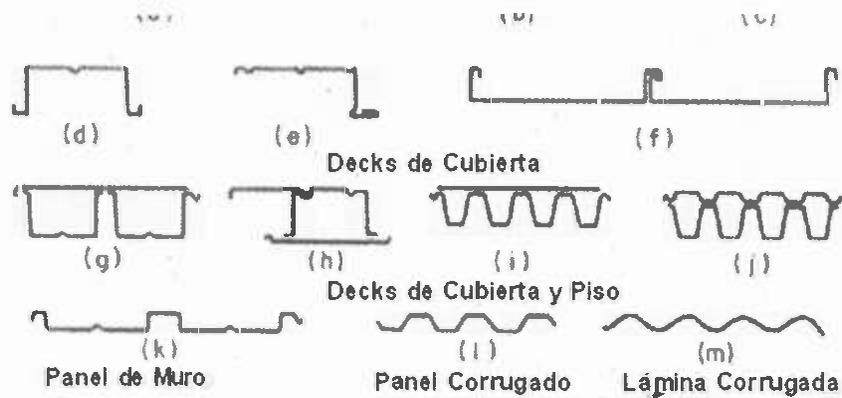


figura 2.3 aquí se muestran los paneles, decks, laminas corrugadas y laminas para engargolados

En el apartado 2.2 se mencionaron las aplicaciones principales de los paneles y decks, que son principalmente la rapidez en el proceso de colado, la ausencia en el sistemas de cimbrado (incluyendo ventajas que esto refleja a la vez, como la posibilidad de realizar trabajos independientes al colado sin que la cimbra sea una limitante para ejecutar estos trabajos), como se muestra en la siguiente figura.

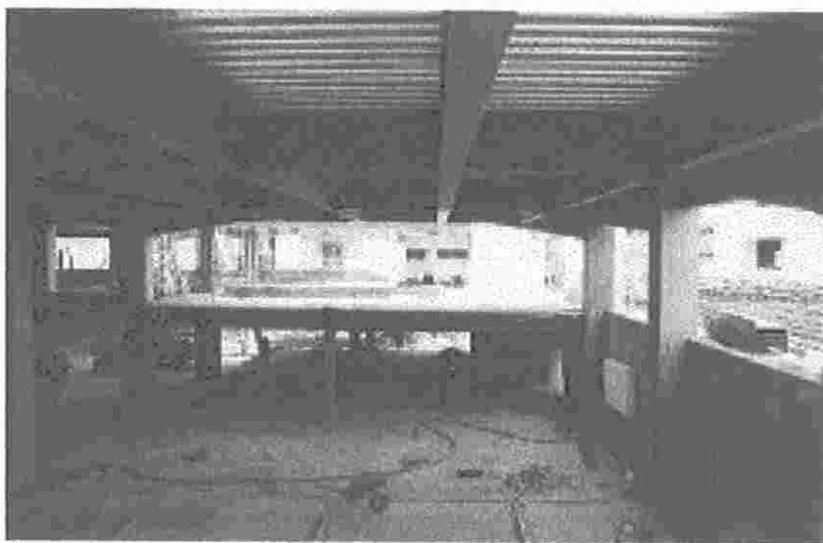


figura 2.4 Se puede apreciar que usando los decks en colados de losas se eliminan los apuntalamientos en ellos.

losa basándose en hiperbólicas, o losas cilíndricas, trabajando como cascarones, este debido a su bajo peso, resistencia y nobleza para trabajar el material; estos sistemas de losa son más ligeros aún, porque pueden evitar el uso de una estructura principal o secundaria, pasando todas las cargas directamente a los apoyos principales, mostradas en la fig. 2.5

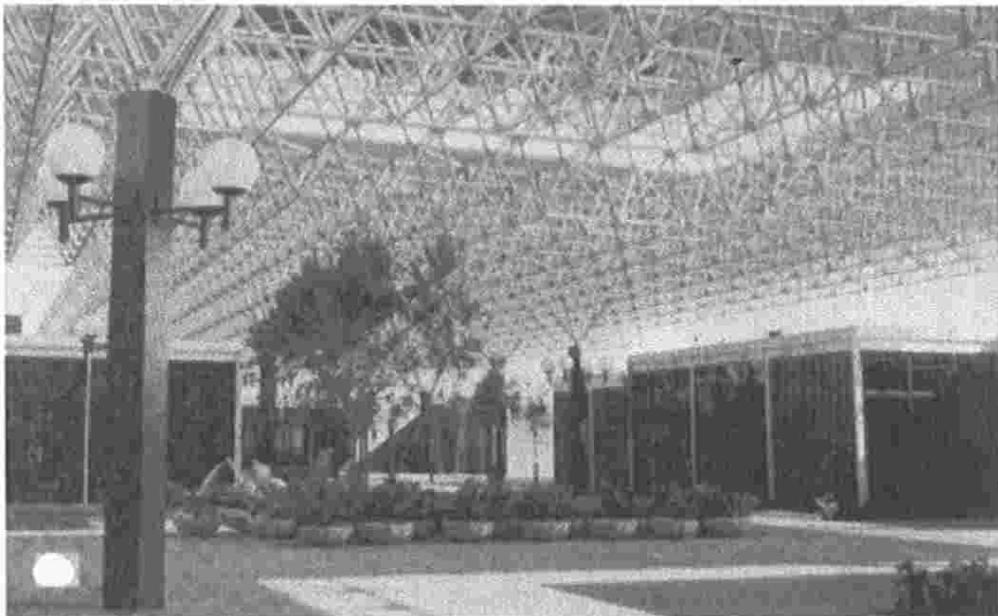


fig. 2.5 Uso de perfiles laminados en frío en tridéticas

Los paneles de lámina tiene una gran aplicación de sistemas de muro. Para edificios donde exista tráfico de automóviles, motocicletas, camiones, o cualquier otro tipo de vehículo, ya sea en el interior o el exterior de la construcción, se debe utilizar un material más sólido en la parte inferior del muro hasta llegar a una altura considerable; este material puede ser block o ladrillo, esto es para proteger las instalaciones contra robo y de algún impacto al muro, ya que el muro o lámina no resiste la carga de impacto de un vehículo. Se muestra un ejemplo en la figuras 2.6

se utiliza algún tipo de aislamiento para esta, para evitar temperaturas no deseadas en el interior del edificio. En la actualidad existen diversos tipos de proporcionar aislamiento de las cubiertas y muros de lámina; las colchonetas de fibra de vidrio (que van sujetas al lado de la lámina que se encuentran en el interior de la construcción), o colchonetas de tipo rígido (que van entre una lámina y otra), son de las más utilizadas

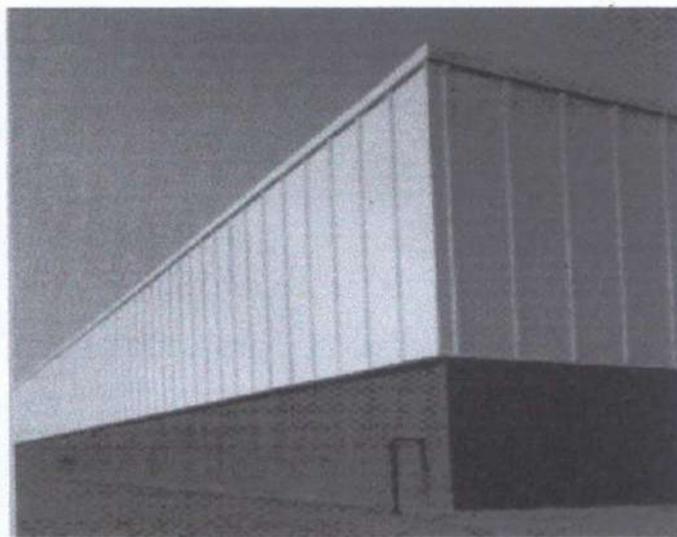


Figura 2.6 Muros formados parcialmente de lámina

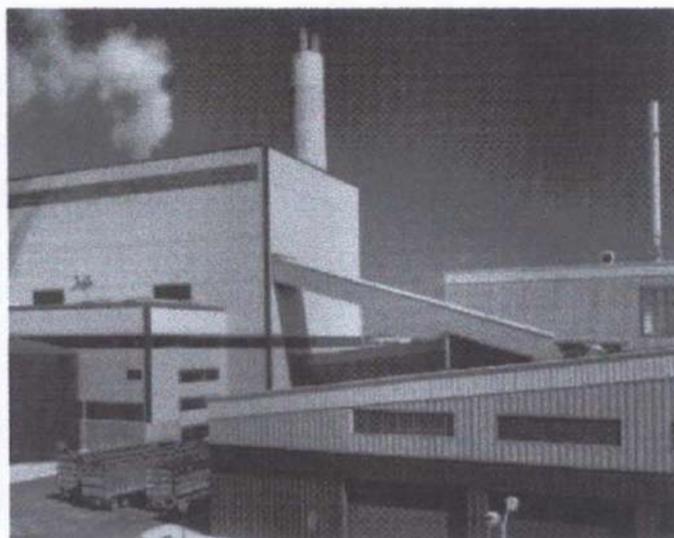


Figura 2.7 Muros completos de panel a una altura considerable

Los métodos que existen para producir perfiles laminados en frío son básicamente dos, el método de prensa y el método de rolado; cada uno de estos cuenta con sus propias ventajas según el tipo de sección que se desee fabricar. A continuación se dará una descripción de estos métodos.

2.4.1 Método de Prensa

Como su nombre lo indica, este consiste básicamente en una prensa de longitud mayor a la de los moldes en los perfiles, donde el molde se coloca en una plancha y después se pasa la lámina para que la prensa actúe y le dé la forma del molde. También es común que se coloque en la prensa una parte del molde; todo esto depende de la geometría deseada para el elemento. Para este método de fabricación sea económicamente viable, se debe de cumplir con las siguientes condiciones:

- Al producir la sección no se debe de requerir mas de dos movimientos de la prensa para darle su forma final, esto obliga que la sección sea sencilla.
- Se requiere que las secciones a producir sean lo suficientemente anchas para que permitan trabajar a la prensa, por lo general de 18" o más.
- Los perfiles requeridos a producir no deberán de exceder los 92 mts., por minuto.

Debido al requerimiento de anchura, el método de prensa se presta producción de paneles y decks para cubiertas y muros, ya que no son muy comunes los miembros estructurales individuales con dimensiones de ancho tan amplios.

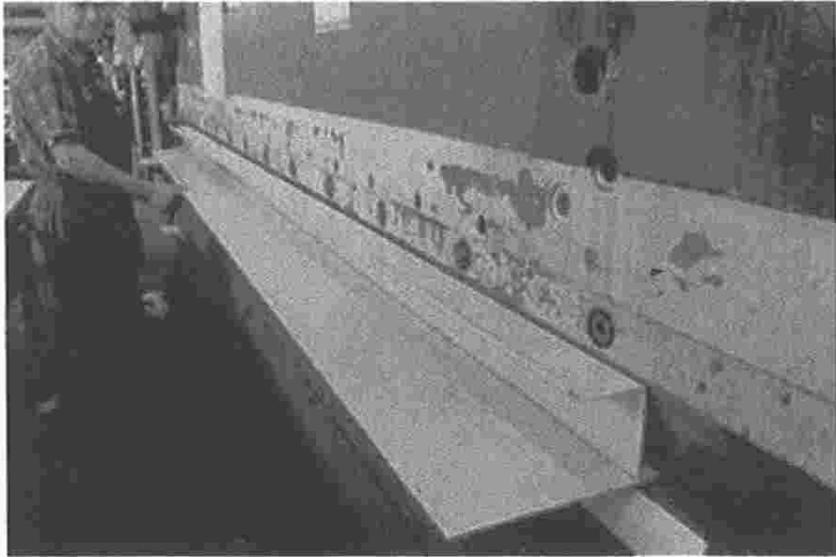


Figura 2.8 Método de Prensa

2.4.2 Método de Rolado

La utilización de este método permite una producción mas variadas de secciones; este proceso funciona a través de una alimentación longitudinal del acero, que al ir pasando por una serie de rodillo (que son de acero endurecido), acomodados estratégicamente le da forma a la lámina, según la geometría programada; los rodillos utilizados dependen directamente de la geometría de la sección a producir, esto es para una sección sencilla el número de rodillos requeridos para formar esta será menor que el número de rodillos requeridos para una sección mas completa.

La colocación de los rodillos puede variar, colocándolos vertical u horizontalmente, sin embargo la mayoría de las maquinas de rolado disponen de ambas posiciones de los rodillos. La colocación puede variar dependiendo de la configuración deseada para fabricar las secciones.

los rodillos y cada vez que se desee producir un perfil con sección distinta debe de instalar el conjunto de rodillos correspondiente (llega a tomar algunos días en preparar el conjunto de rodillos); por lo que el fabricante deberá realizar un estudio en cuanto a la producción que se va a realizar, contemplando el tiempo que se deja de producir durante el proceso de reacomodo de rodillos.

El método de rolado permite acelerar notablemente la producción, gracias a que se puede abastecer el acero a través de carretes de gran tamaño (hasta de 2.44 mts de ancho y 915 mts de longitud), cortando la lámina del extremo a medidas usuales en el mercado, que van desde los 6 hasta los 12 mts.

Existen parámetros que establecen las tolerancias del rolado, que dependen directamente del tamaño, sección y espesor del perfil a fabricar

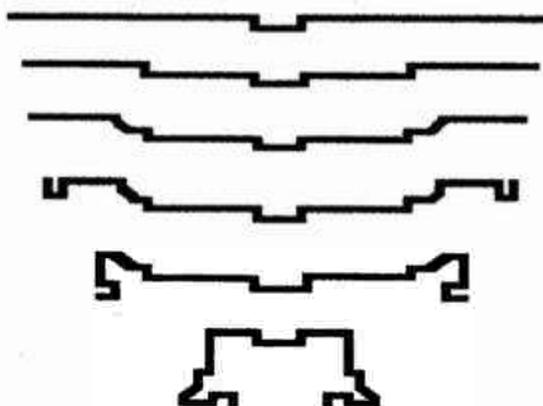


Figura 2.9 Procedimiento de rolado de un perfil complejo

- El primer paso a seguir es el corte de la cinta de la lámina de acero a una longitud adecuada tomando en cuenta las dimensiones deseadas del perfil a rolar.

- Después de haber realizado el corte se coloca la lámina en un rodillo con brazo, o rodillo mandril, que aplica presión al rollo de la lámina para lograr enderezarla.

- Una vez enderezada, la lámina se hace pasar por el straightner que de manera sincronizada jala el rollo de la lámina que se encuentra en el mandril, para permitir así la entrada al encoder. Dicha máquina mide la longitud del perfil a rolar; se utiliza una fosa que se encuentra entre el straightner y el encoder, que sirve para una mejor sincronización evitando un posible desajuste al acoplarse.

- Ya que la lámina esta en el encoder, esta pasa por una prensa que realiza perforaciones a la cintilla a longitudes específicas (si se requieren), además corta la cintilla a la longitud que se desee producir el polin.

- El siguiente paso es el mas importante, el rolado del perfil, esto es cuando la cintilla de la lámina pasa por el juego de rodillos o roll formers, los que están encargados de doblar gradualmente las cintillas para darle la configuración final al perfil que se esta produciendo.

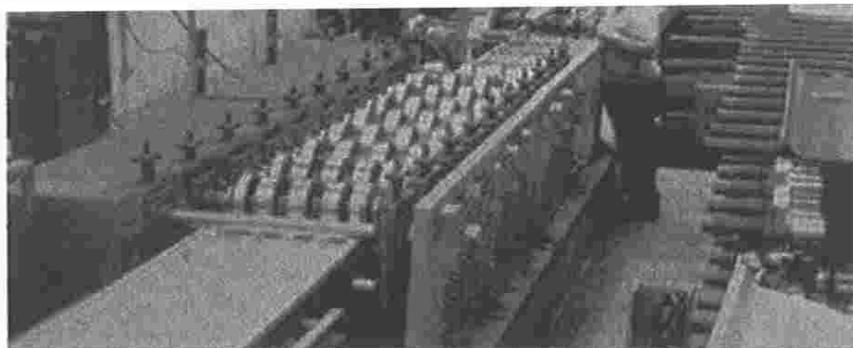


Figura 2.10 Método de Rolado

3. MIEMBROS SUJETOS A TENSION AXIAL

3.1 Definición de Términos Generales

La edición del suplemento de 1999 del AISI reconoce tres tipos de falla por fluencia, fluencia de la sección bruta (A_g), fluencia de la sección neta (A_n) alejada de conexiones y fractura de la sección neta efectiva (A_e), en la conexión. Como miembros sometidos a tensión axial definiremos aquellos que se encuentran sujetos en sus extremos a cargas a tensión, abordaremos para nuestros diseños barras roscadas, perfiles C, tubulares y placas de apoyo. La falla por fractura se define como la falla local bajo el esfuerzo último (F_u), de secciones del miembro que coinciden con agujeros o con conexiones debida a la alta concentración de esfuerzos que se presentan en dichas secciones.

A continuación se definen los términos mas importantes usados en la determinación de la resistencia a tensión axial:

Resistencia Nominal, R_n . La resistencia nominal es la capacidad de un elemento o conexión estructural para resistir los efectos de carga (fuerzas axiales, momentos, cortantes, etc.). Se determina mediante el uso de criterios establecidos de la

ecuaciones necesarias para el cálculo de la resistencia nominal de elementos sujetos a tensión. Como se mencionó anteriormente, el ASD y el LRFD comparten las mismas ecuaciones para calcular la resistencia nominal.

Esfuerzo de Fluencia Mínimo. Es el valor mínimo de esfuerzo de fluencia el cual debe ser igualado o excedido en una prueba de carga como requisito para aceptar un lote de acero estructural, a ser usado para fabricar perfiles laminados en frío diseñados para dicho esfuerzo de fluencia.

Resistencia Requerida. Se refiere al efecto de carga (carga axial, momento, cortante, etc), cuando en un elemento estructural, determinado a partir de análisis estructural basado en cargas factorizadas o nominales, según se trate el método LRFD o ASD, respectivamente, usando las combinaciones de cargas mas desfavorables que tengan una probabilidad de ocurrir durante la vida útil del elemento estructural.

3.2 Especificaciones Aplicables del AISI 1999 (ASD y LRFD)

Para miembros sujetos a tensión axial según C2 el Suplemento 1999 del AISI, la resistencia nominal a tensión, T_n será la resistencia menor obtenida en función de los siguientes estados limites:

Fluencia de la sección bruta (A_g):

$$T_n = F_y A_g \quad (3.1)$$

$$\Omega_t = 1.67 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_t = 0.90 \text{ (LRFD)}$$

Fractura de la sección neta (A_n) alejada de conexiones:

$$T_n = F_u A_n \quad (3.2)$$

$$\phi_t = 0.75 \text{ (LRFD)}$$

Fractura de la sección neta efectiva (A_n) en la conexión:

$$T_n = F_u A_e \quad (3.3)$$

Donde F_y y F_u son los esfuerzos de fluencia y último del miembro y A_e esta dada por la siguiente expresión:

$$A_e = U A_n \quad (3.4)$$

donde
$$U = 1 - C \left(\frac{\bar{x}}{L} \right) \leq 0.90 \quad (3.5)$$

C = Constante definida en la Sección E2.7 y E3.2(3) del Suplemento 1999

\bar{x} = Distancia del plano de corte al centroide del perfil.

L = Longitud de la conexión en la dirección de la carga

A_n = Area neta calculada según la Sección E2.7 y E3.2 del Suplemento 1999

3.2.1 Resistencia a Tensión de Miembros en la Sección Coincidente con una Conexión Soldada.

La resistencia nominal a tensión de miembros soldados se determinará de acuerdo con la Sección C2. Para fractura y/o fluencia de la sección neta efectiva de la parte conectada, la resistencia nominal a tensión, P_n se determinará de acuerdo con la siguiente expresión:

$$P_n = F_u A_e \quad (3.6)$$

$$\Omega_t = 2.50 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_t = 0.60 \text{ (LRFD)}$$

Donde:

(1) Cuando la carga es transmitida solo por soldaduras transversales:

A_n = Área de los elementos del perfil participando directamente en la transmisión de la carga.

$$U = 1.0$$

(2) Cuando la carga es transmitida por soldaduras longitudinales o por una combinación de soldaduras longitudinales y transversales:

A_n = Área bruta del perfil

$U = 1.0$ si la carga es transmitida por la totalidad de los elementos del perfil.

De lo contrario U deberá determinarse de la siguiente manera:

(a) Para perfiles angulares: $U = 1.0 - 1.20 \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) \leq 0.90$ (3.7)

donde $U \geq 0.40$

(b) Para perfiles C: $U = 1.0 - 0.36 \left(\frac{\bar{x}}{L}\right) \leq 0.90$ (3.8)

donde $U \geq 0.50$

\bar{x} = Distancia del plano de corte al centroide del perfil.

L = Longitud de soldaduras longitudinales.

Los valores de \bar{x} y L se ilustran en la Fig.

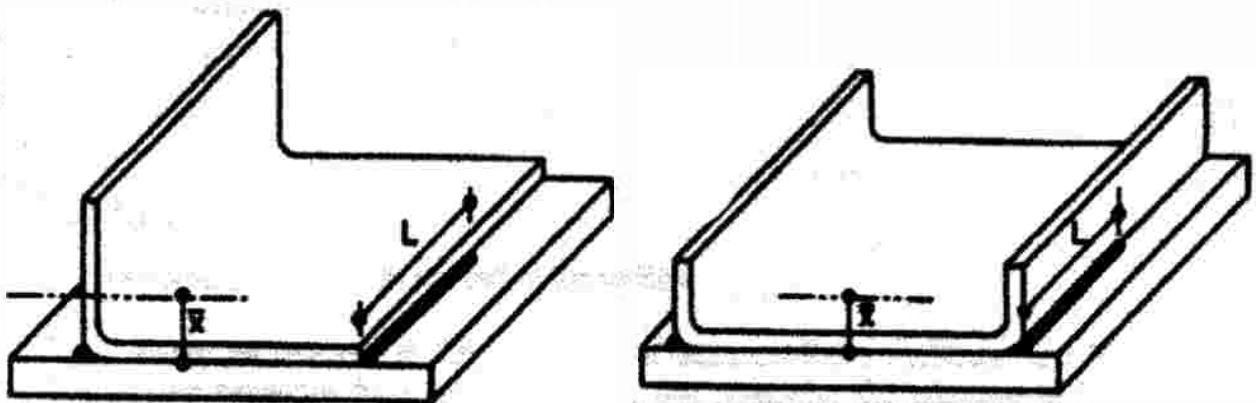


Fig. 3.1 Definición de \bar{x} y L para soldaduras

Atornilladas

Para el caso de las conexiones atornilladas no solo debe considerarse el efecto de desfaseamiento por cortante, sino que la presencia de agujeros requeridos para los tornillos, su distribución en la conexión, así como la presencia de rondanas bajo la tuerca y cabeza del tornillo afectan a la resistencia a tensión del miembro. La presencia de los tornillos, así como su distribución son tomadas en cuenta en el cálculo del área neta de la sección.

Cuando se coloca una sola línea de tornillos en dirección de la carga o cuando se colocan mas de dos líneas, donde los tornillos se encuentran alineados verticalmente, el área neta puede ser calculada mediante la siguiente expresión:

$$A_n = A_g - n_b d_h t \quad (3.9)$$

donde n_b = Número de tornillos en la sección de la conexión analizada

d_h = Diámetro del agujero estándar según la Tabla 9.5

t = Valor menor del espesor de las láminas conectadas

Cuando se coloca dos hileras o mas de tornillos alternados, existe la posibilidad de que la línea de fractura sigan una trayectoria diagonal. En este caso, se generarán componentes del esfuerzo de tensión perpendiculares y paralelos a la porción diagonal de la fractura, complicando la distribución de esfuerzos de tensión. Sin embargo, el ancho total del área neta se incrementará debido a la porción diagonal de la fractura, por lo que la resistencia nominal aumenta. Dicha ecuación es :

$$A_n = 0.90 \left[A_g - n_b d_h t + \left(\sum \frac{s'^2}{4g} \right) \right] \quad (3.10)$$

tornillos.

3.2.2.1 Resistencia a Tensión de Miembros en la Sección Coincidente con una Conexión Atornillada.

La resistencia nominal a tensión de miembros soldados se determinará de acuerdo con la Sección C2. Para fractura y/o fluencia de la sección neta efectiva de la parte conectada, la resistencia nominal a tensión, P_n , se determinará de acuerdo con las siguientes condiciones:

(1) Para conexiones de placas planas sin agujeros alternados:

$$P_n = A_n F_t \quad (3.11)$$

(a) Cuando existen rondanas bajo la tuerca y cabeza del tornillo:

$$F_t = (1.0 - 0.90 r + \frac{3rd}{s}) F_u \leq F_u \quad (3.12)$$

Para cortante doble: $\Omega_t = 2.0$ (ASD) $\phi_t = 0.65$ (LRFD)

Para cortante simple: $\Omega_t = 2.22$ (ASD) $\phi_t = 0.55$ (LRFD)

(b) Cuando no existen rondanas o cuando una sola rondana es provista bajo la tuerca o cabeza del tornillo:

$$F_t = (1.0 - r + \frac{2.5rd}{s}) F_u \leq F_u \quad (3.13)$$

$$\Omega_t = 2.22 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_t = 0.65 \text{ (LRFD)}$$

Donde:

A_n = Area neta esta dada por la ecuación (3.9)

entre la carga a tensión del miembro en dicha sección. Si $r < 0.20$, asuma $r = 0$.

s = Espaciamiento de tornillos perpendicular a la dirección del esfuerzo; o ancho bruto de la lámina para una sola línea de tornillos.

d = Diámetro nominal del tornillo.

(2) Para conexiones de placas planas con agujeros alternados:

$$P_n = A_n F_t \quad (3.14)$$

$$\Omega_t = 2.22 \text{ (ASD)}$$

$$\phi_t = 0.65 \text{ (LRFD)}$$

(a) Cuando existen rondanas bajo la tuerca y cabeza del tornillo, F_t se calcula según la Ecuación:

$$F_t = \left(1.0 - 0.90 r + \frac{3rd}{s}\right) F_u \leq F_u \quad (3.15)$$

(b) Cuando no existen rondanas o cuando una sola rondana es provista bajo la tuerca o cabeza del tornillo, F_t se calcula según la Ecuación:

$$F_t = \left(1.0 - r + \frac{2.5rd}{s}\right) F_u \leq F_u \quad (3.16)$$

Donde:

A_n = Área neta dada por la Ecuación (3.10)

s' = Ancho de la lámina dividida entre el número de tornillos en la sección analizada

(3) Para otros perfiles diferentes a placas planas:

$$P_n = F_u A_e \quad (3.17)$$

Donde:

$A_e = UA_n$, donde U y A_n se calculan de la siguiente manera:

A_n = Área neta dada por la Ecuación o por la ecuación (3.9) ó por la ecuación (3.10), dependiendo si los tornillos se encuentran no alternados o alternados, respectivamente, en la sección analizada.

$U = 1.0$ si la carga es transmitida por la totalidad de los elementos del perfil.

De lo contrario U deberá determinarse de la siguiente manera:

(a) Para perfiles angulares:

$$U = 1.0 - 1.20 \left(\frac{\bar{x}}{L} \right) \quad 0.40 \leq U \leq 0.90 \quad (3.18)$$

(b) Para perfiles C:

$$U = 1.0 - 0.36 \left(\frac{\bar{x}}{L} \right) \quad 0.50 \leq U \leq 0.90 \quad (3.19)$$

\bar{x} = Distancia del plano de corte al centroide del perfil.

L = Longitud de la conexión.

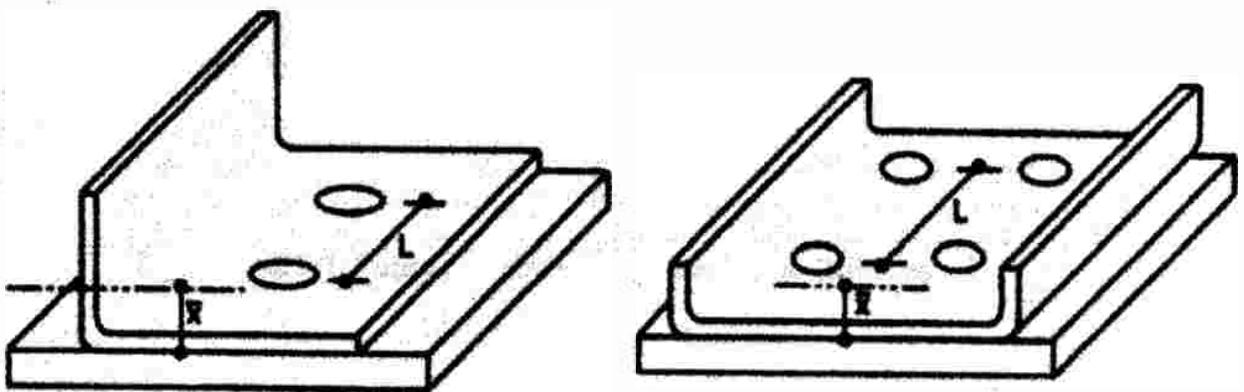


Fig. 3.2 Definición de \bar{x} y L para tornillería

durante el montaje de la estructura. Se recomienda que el diseñador especifique pretensionar a los tornillos para evitar deformaciones excesivas debidas a deslizamiento de la conexión bajo cargas de servicio.

Ø Nominal del Tornillo, d (mm).	Ø del agujero standar, d (mm).	Ø agujero sobredimensionad d (mm)	Ø agujero alargado corto, d (mm)	Ø del agujero alargado largo, d (mm)
< 12.7	d + 0.8	d + 1.6	d + 0.8 (d) + 6.4	d + 0.8(2.5d)
≥ 12.7	d + 1.6	d + 3.2	d + 1.6(d) + 6.4	d + 1.6 (2.5d)

Tabla 3.1 Tamaños máximos de agujeros para tornillos

3.3 Conceptos esenciales de ASD y LRFD

Método de Esfuerzos Permisibles o ASD (por sus siglas del inglés: "Allowable Stress Design").

Este criterio de diseño establece que los esfuerzos actuantes, calculados a partir de combinaciones de las fuerzas internas máximas (cargas axiales, momentos, cortantes, etc.), no deben exceder a un cierto esfuerzo permisible para poder lograr una seguridad estructural adecuada de un miembro. ASD fue el único método de diseño avalado por las especificaciones del AISI desde 1946 a 1986. El ASD asume un comportamiento elástico bajo cargas y aparentemente desprecia la capacidad de reserva inelástica del acero, aunque en realidad cuando el caso así lo requiere, la capacidad de reserva inelástica a sido incorporada de manera implícita en las ecuaciones de diseño de ASD. Además, los factores de seguridad de ASD tienen orígenes empíricos y son universales. O sea, para una condición de diseño dada, el factor de seguridad es el mismo siempre, independientemente del tipo de carga aplicada. La resistencia

Donde:

R_a = Resistencia Permisible de Diseño

R_n = Resistencia Nominal

Ω = Factor de Seguridad

Combinaciones de Carga.

En la ausencia de un código de diseño aplicable o si dicho código no incluye combinaciones de carga compatibles con ASD, la Sección A5.1.2 del AISI 1996 especifica que la estructura y sus componentes sean diseñados de tal manera que su resistencia permisible de diseño sea mayor o igual que el efecto de las cargas nominales para las siguientes combinaciones de carga:

1. D
2. $D + L + (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
3. $D + (W \text{ o } E)$
4. $D + L + (L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + (W \text{ o } E)$

Nótese que el AISI permite solo la consideración de una de las cargas de techo, L_r , S o R_r , la que sea más crítica, al combinarse con la carga gravitacional ($D + L$). Así mismo, el AISI no permite la consideración simultánea de la carga sísmica E de viento W en las combinaciones de carga estipuladas. Estas restricciones tienden a evitar diseños innecesariamente conservadores ocasionados por cargas cuyos efectos combinados tienen una probabilidad despreciable de ocurrir.

Cuando los códigos de diseño aplicables incluyen cargas sísmicas o de viento en sus combinaciones de carga estipuladas, la Sección A5.1.3 permite que las fuerzas resultantes sean multiplicadas por un factor de reducción de 0.75. Además, cuando el modelo de carga sísmica estipulado por el código de

La Sección A5.1.3 no permite la aplicación de estos factores de reducción cuando se evalúen diafragmas de acuerdo a lo estipulado en la Sección D5 de la especificación. El factor de reducción de 0.75 pretende tomar en cuenta la naturaleza altamente localizada y de corta duración que tienen las cargas sísmicas y de viento sobre las estructuras, así como la poca probabilidad de que todos los valores máximos de las cargas consideradas en combinación con las cargas sísmicas y/o de viento ocurran al mismo tiempo. Por otro lado, la reducción de 0.67 al valor de E pretende hacer a dicho valor compatible con las combinaciones de carga del método LRFD.

La Sección A5.1.4 establece también la inclusión de las cargas F , H , P y T en las combinaciones de carga antes descritas, siempre y cuando sus efectos sean considerables y que tengan una probabilidad considerable de ocurrir simultáneamente con las otras cargas consideradas en dichas combinaciones. Se requiere considerar los efectos de estancamiento de agua en cubiertas o azoteas cuando las pendientes son muy bajas o nulas y/o cuando no se cuenta con un sistema de drenaje adecuado que permita el desalojo rápido del agua. La Sección K2 de las especificaciones del AISC 1989 y 1993 contienen procedimientos aceptables para el cálculo de dichos efectos, los cuales pueden ser usados para el diseño de perfiles laminados en frío.

Finalmente, el Comentario del AISI 1996 recomienda que cuando los decks de acero sean usados en construcción compuesta de entresijos y azoteas, éstos decks sean diseñados para soportar la carga muerta del concreto, el peso propio del deck y la carga viva de construcción. La carga de construcción está basada en la carga secuencial del concreto tal como lo estipula en el Estándar 3-91 del ANSI/ASCE y en el Manual de Diseño del Instituto del Deck de Acero o SDI 1995 (por sus siglas del inglés: "Steel Deck Institute").

En esencia, LRFD es muy parecido conceptualmente al Diseño por Resistencia Última incorporado en las especificaciones del Instituto Americano del Concreto o ACI (por sus siglas del inglés: "American Concrete Institute") para el diseño de estructuras de concreto reforzado. En LRFD se abandona el concepto del cálculo de esfuerzos actuantes y se substituye por el cálculo de resistencias nominales (cargas axiales, momentos, cortantes). Los factores de seguridad desaparecen dando paso a los factores de carga y de resistencia. En LRFD la seguridad estructural se comprueba al lograr que las resistencias actuantes debidas a las combinaciones de cargas gobernantes (amplificadas por los factores de carga correspondientes) sean menores o iguales a las resistencias nominales (reducidas por los factores de resistencia correspondientes). La ecuación fundamental del método LRFD que define el estado límite de resistencia y que satisface los requisitos de seguridad estructural de las especificaciones del AISI 1996 es:

$$\phi R_n \geq \sum \gamma_i Q_i \quad (3.21)$$

Donde R_n = Resistencia nominal

Q_i = Efectos de carga

ϕ = Factor de resistencia correspondiente a R_n

γ_i = Factor de carga correspondiente a Q_i

ϕR_n = Resistencia de diseño

$\sum \gamma_i Q_i$ = Resistencia requerida para las cargas factorizadas

Las combinaciones de carga reconocidas por el AISI1996 son:

1. $1.4D + L$
2. $1.2D + 1.6L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
3. $1.2D + 1.6(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r) + (0.5L \text{ o } 0.8W)$
4. $1.2D + 1.3W + 0.5L + 0.5(L_r \text{ o } S \text{ o } R_r)$
5. $1.2D + 1.5E + 0.5L + 0.2S$
1. $0.90D - (1.3W \text{ o } 1.5E)$

Además de las combinaciones anteriores, el Comentario del AISI 1996 A6.1.2 recomienda el uso de la siguiente combinación de carga para el diseño de sistemas compuestos de pisos y azoteas:

$$1.2D_s + 1.6C_w + 1.4C \quad (3.22)$$

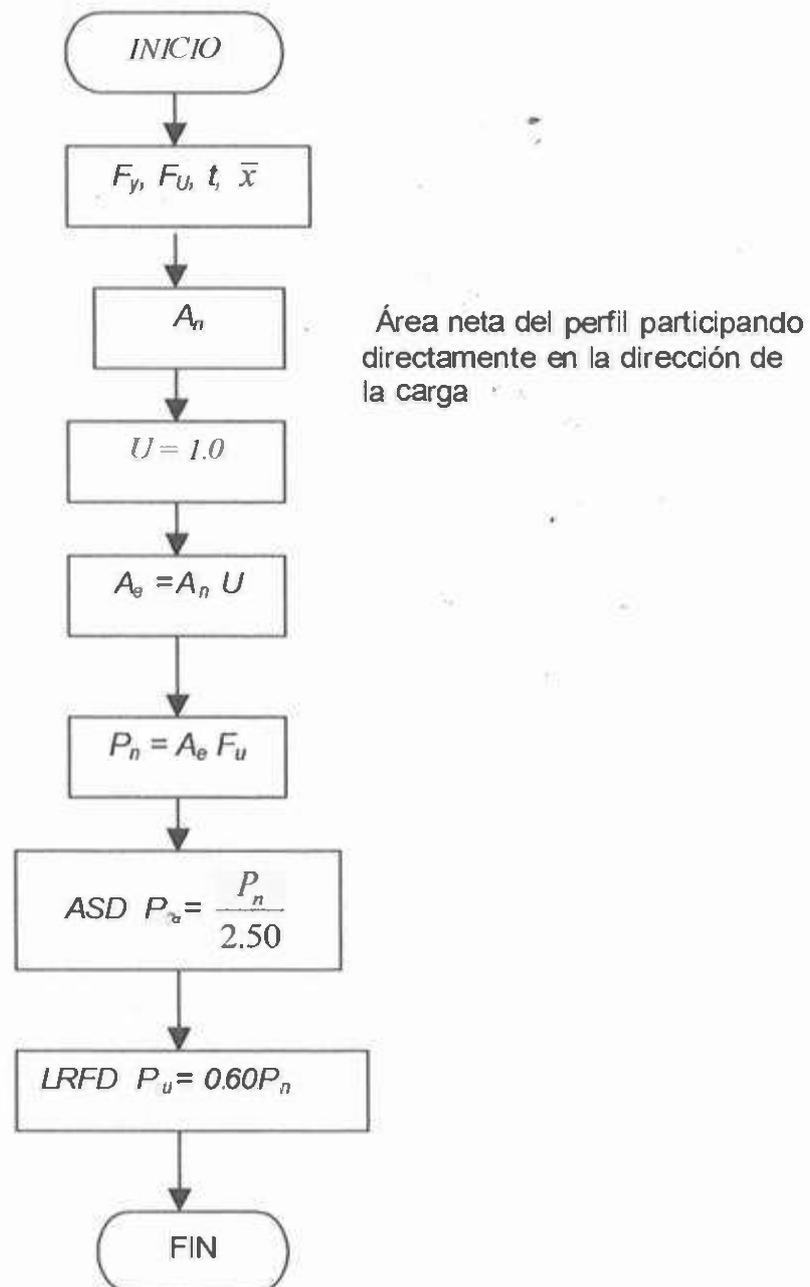
Donde: D_s = peso del deck o lámina de acero

C_w = peso del concreto fresco durante el colado

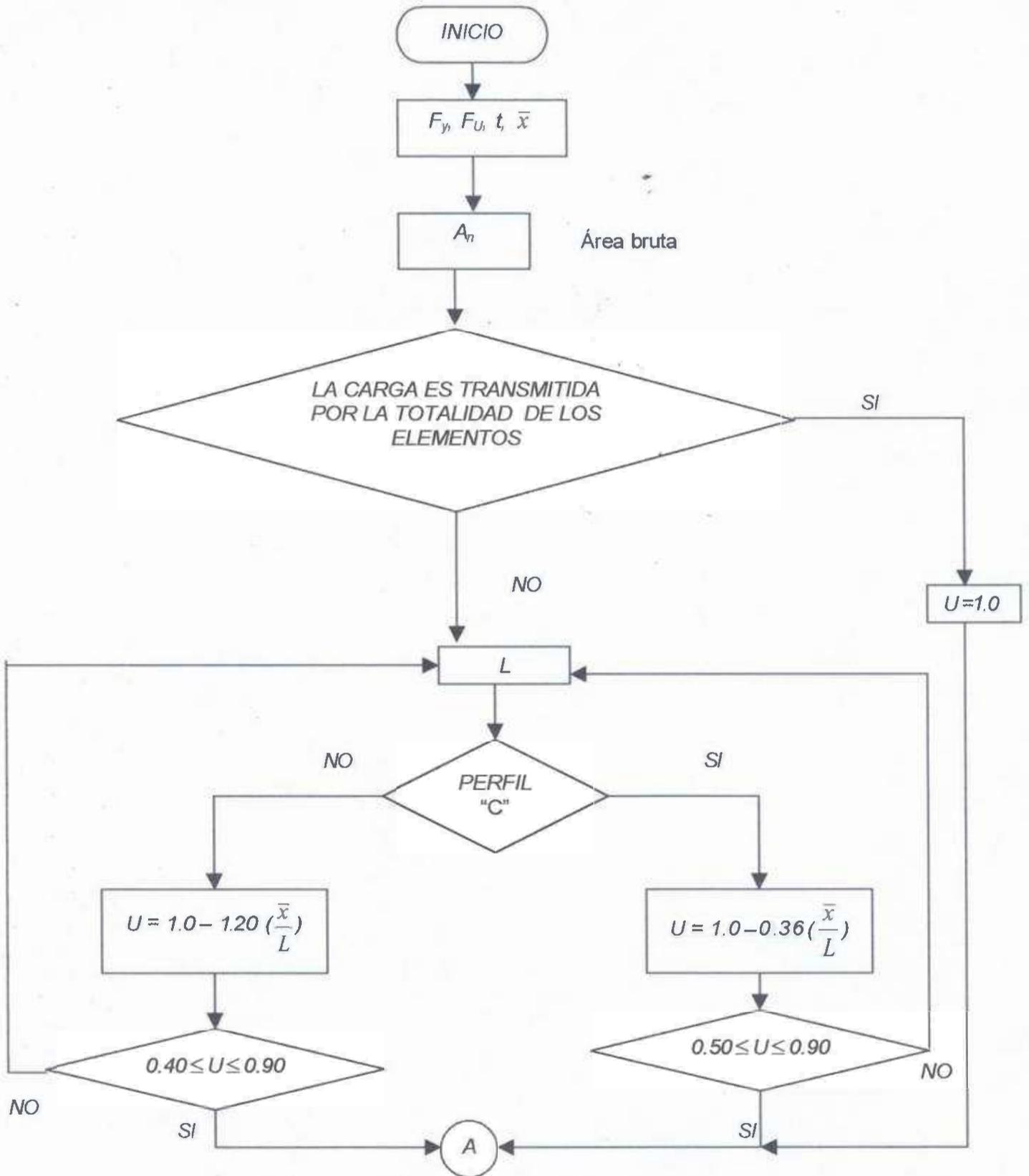
C = carga de construcción incluyendo trabajadores, maquinaria y cimbra, pero excluyendo el peso del concreto fresco.

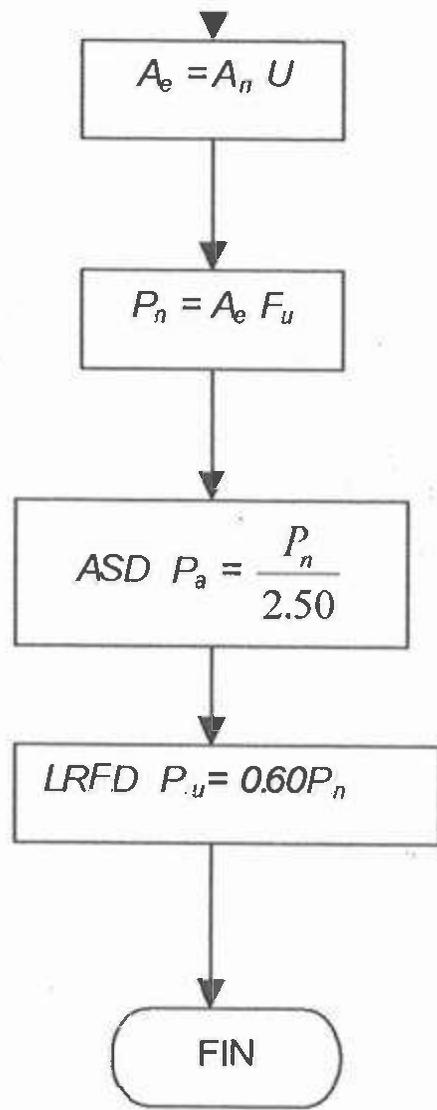
La combinación anterior pretende garantizar la seguridad del deck de acero durante los procedimientos de colado. El uso del factor de carga de 1.6 para C_w pretende tomar en cuenta los procesos normales de colado que pueden ocasionar acumulación del concreto fresco (montículos) sobre una sola hoja de deck. El factor de 1.4 para C retoma la práctica común del método ASD de incrementar en un 33% las cargas concentradas.

3.4.1 Diagrama de flujo para calcular la resistencia nominal a tensión cuando la carga es transmitida por soldaduras transversales

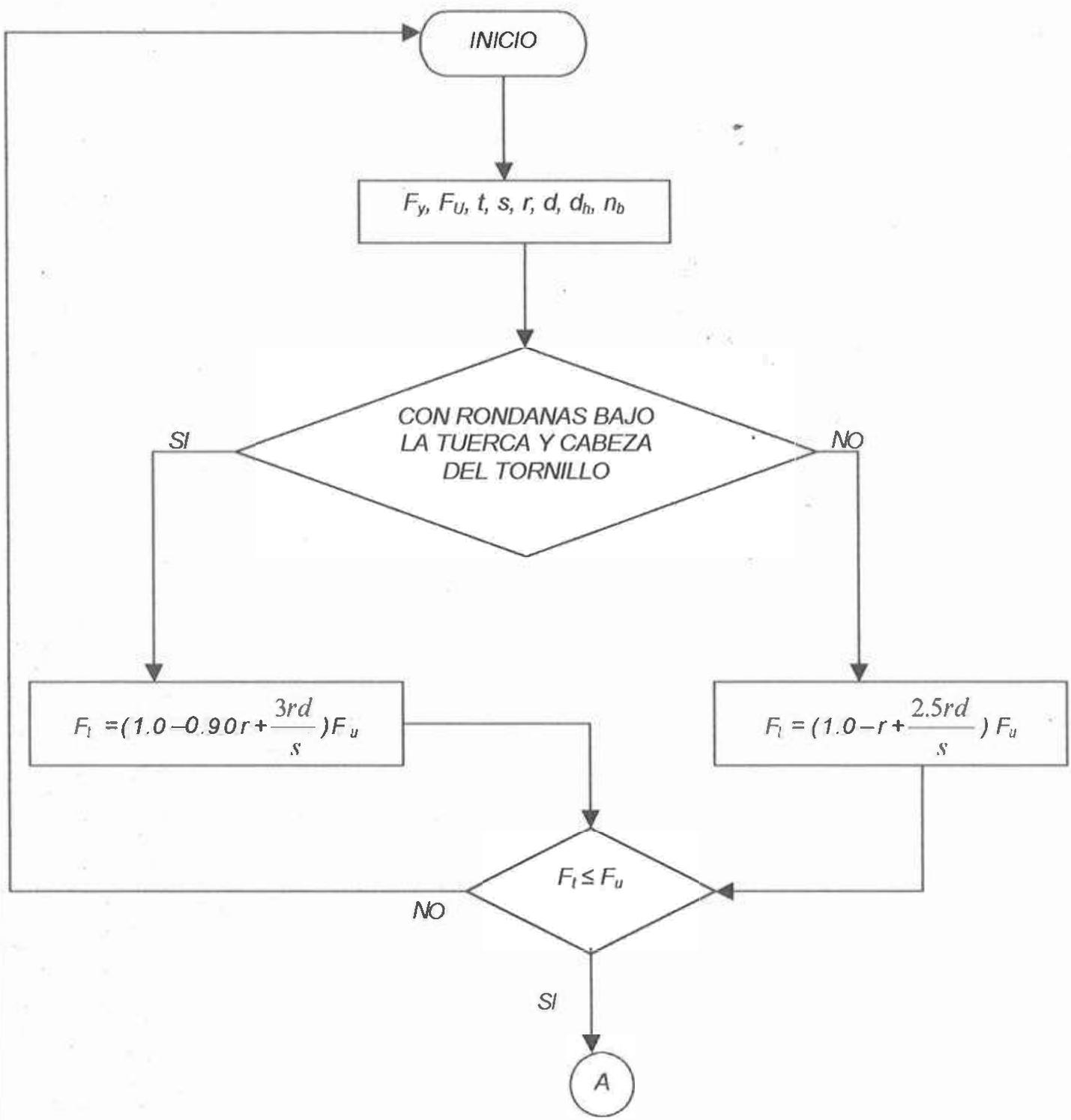


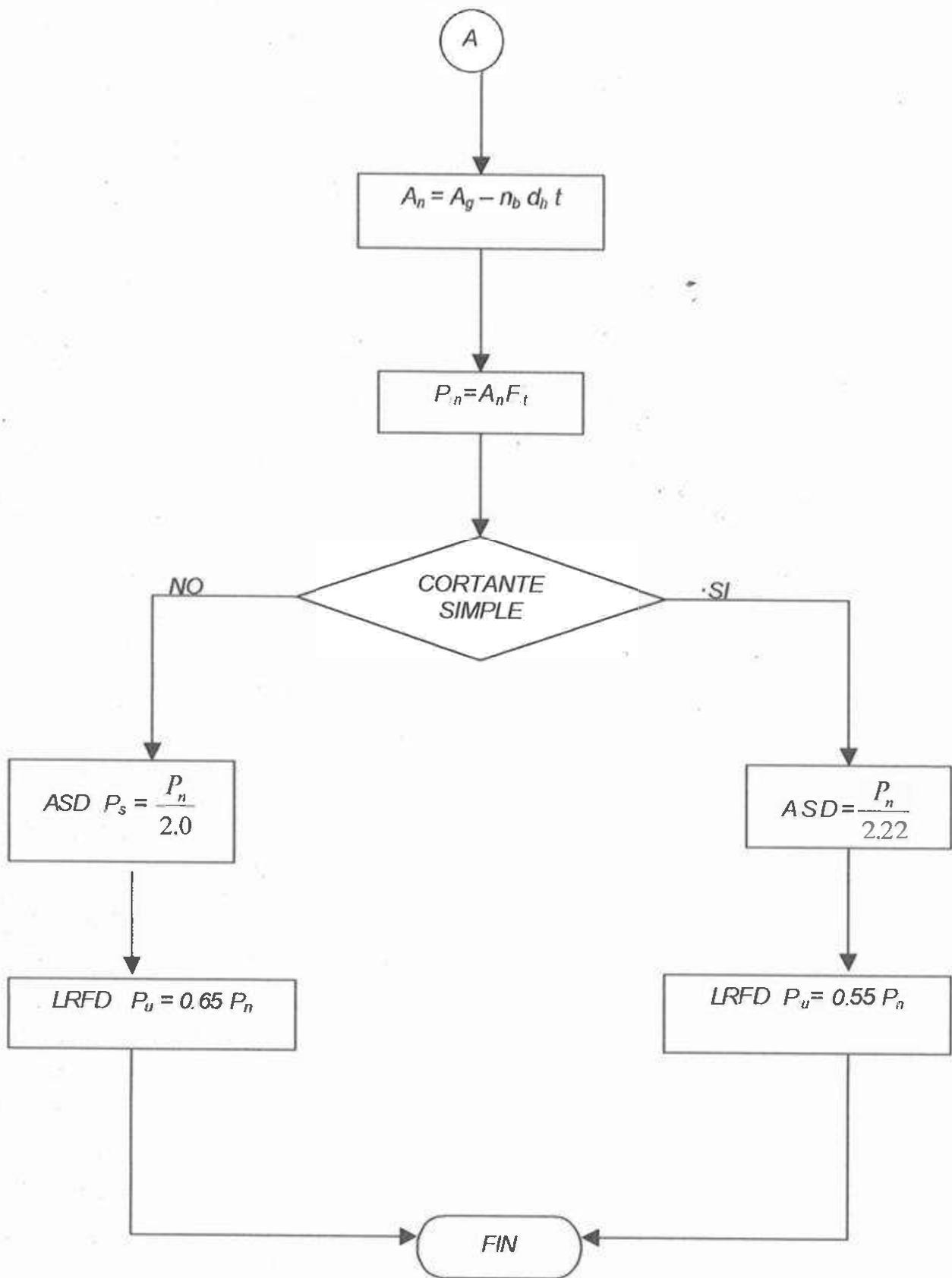
3.4.2 Diagrama de flujo para calcular la resistencia nominal a tensión cuando la carga es transmitida por soldaduras longitudinales o combinación de soldaduras longitudinales y transversales



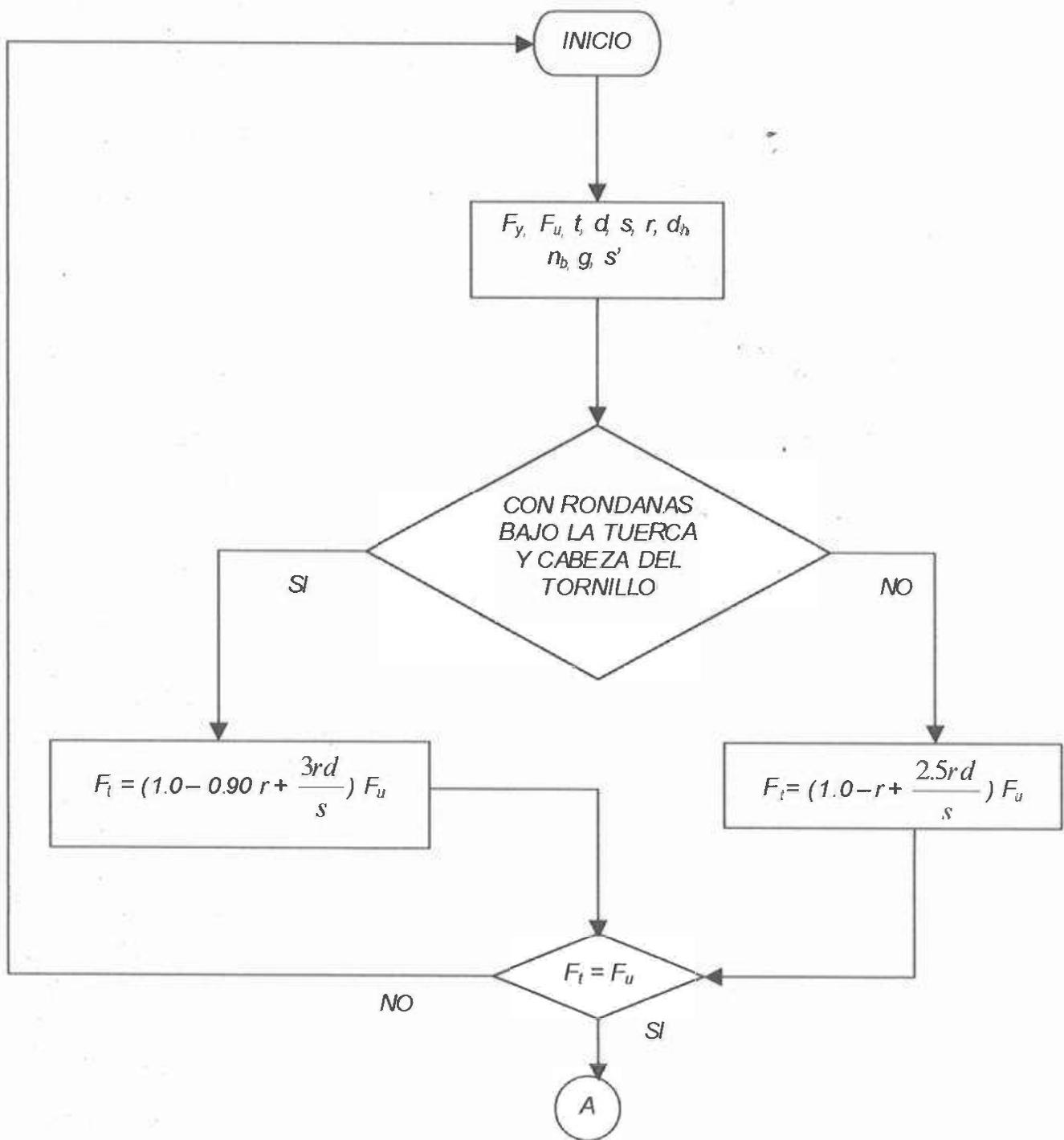


miembros con conexiones atornilladas en placas planas sin agujeros alternados.





3.4.4 Diagrama de flujo para determinar la resistencia nominal a tensión de miembros conexiones atornilladas en placas planas con agujeros alternados.



↓

$$A_n = 0.90 \left[A_g - n_b d_h t + \left(\sum \frac{s'^2}{4g} \right) \right]$$

↓

$$P_n = A_n F_t$$

↓

$$\text{ASD } P_a = \frac{P_n}{2.22}$$

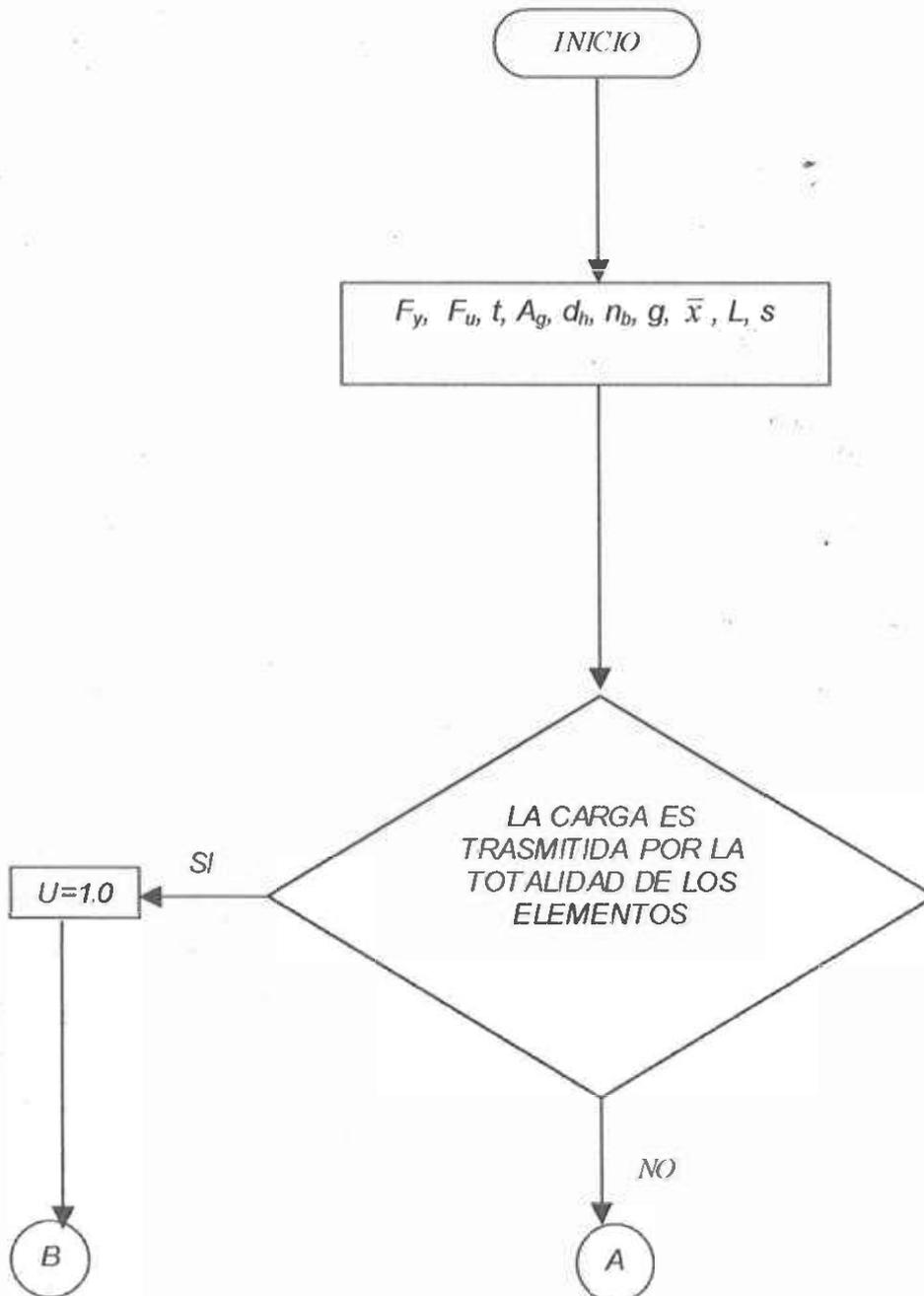
↓

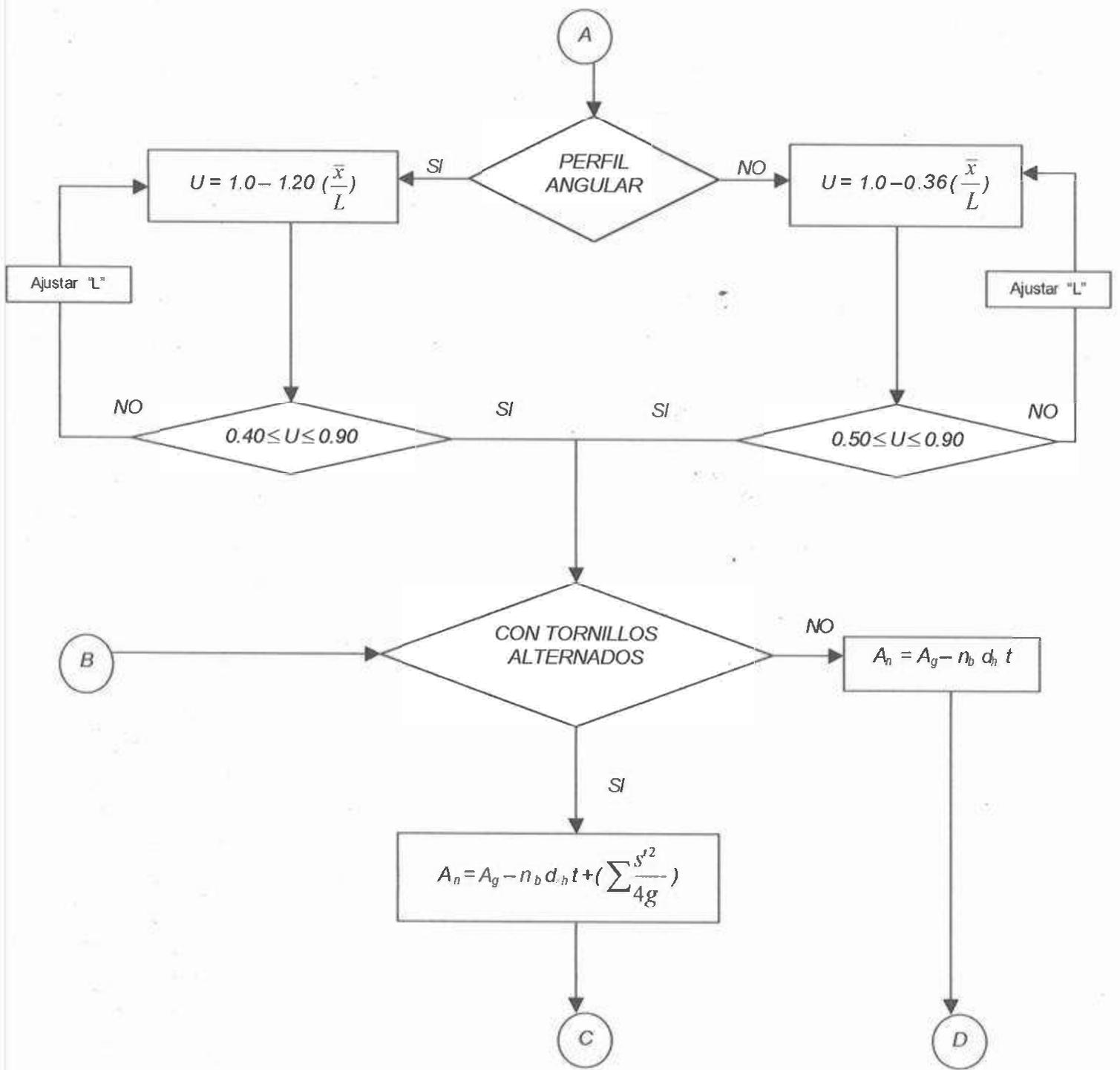
$$\text{LRFD } P_u = 0.65 P_n$$

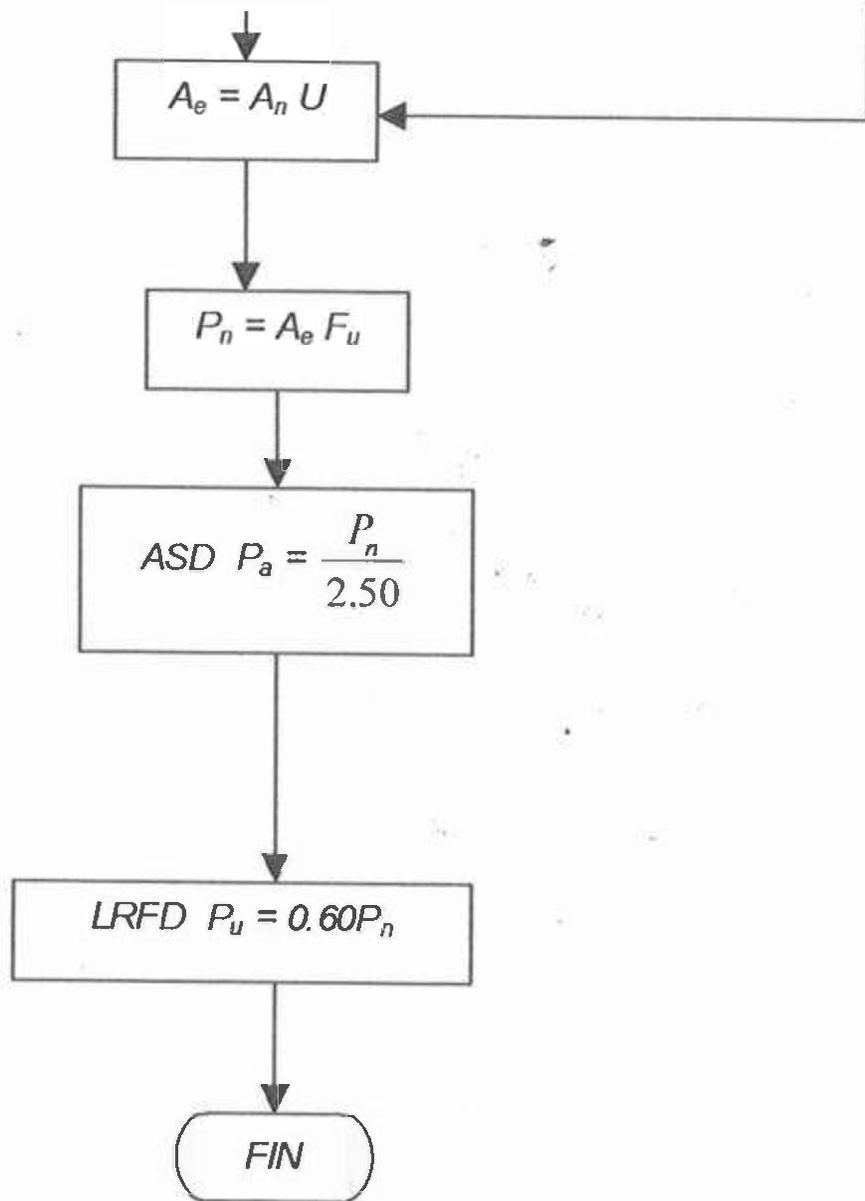
↓

FIN

5.4.5 Diagrama de flujo para determinar la resistencia nominal a tensión de miembros con conexiones atornilladas a perfiles C y angulares.







Ejemplo 1: Determine la resistencia de tensión por el método del ASD y LRFD de la conexión soldada con soldadura de penetración en junta de frente mostrada en la figura. Considere $F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 4568 \text{ kg/cm}^2$, electrodo E60.



1.- Fluencia de la sección bruta

$$A_g = 0.343 \text{ cm} (20.50 \text{ cm}) = 7.032 \text{ cm}^2$$

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = 3514 \text{ kg/cm}^2 (7.032 \text{ cm}^2) = 24,708.69 \text{ kg}$$

$$P_n = 9476.20 \text{ kg}$$

$$\text{ASD } \Omega_t = 1.67 \quad P_a = (24,708.69 / 1.67) = 14,795.62 \text{ kg.}$$

$$\text{LRFD } \phi_t = 0.90 \quad P_u = 24,708.69 (0.90) = 22,237.82 \text{ kg.}$$

2.- Fractura de la sección neta alejada de la conexión:

No aplica, ya que no hay agujeros en la placa alejados de la conexión.

3.- Fractura de la sección neta efectiva en la conexión:

$$P_n = F_u A_e$$

$$A_e = U (A_n)$$

del perfil participando directamente en la transmisión de la carga.

$$U = 1.0$$

$$A_n = 20.5 \text{ cm} (0.343 \text{ cm}) = 7.032 \text{ cm}^2$$

$$A_e = 1.0 (7.032 \text{ cm}^2) = 7.032 \text{ cm}^2$$

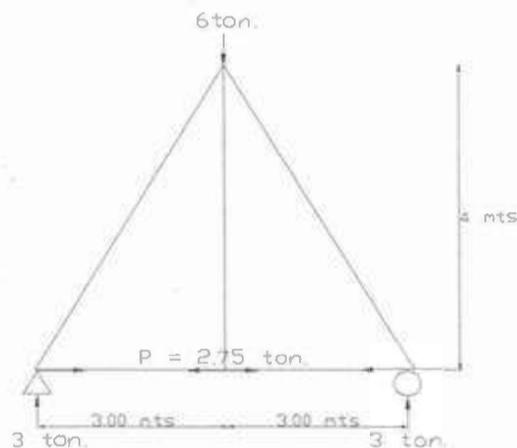
$$P_n = 4568 \text{ kg/cm}^2 (7.032 \text{ cm}^2) = 32,122.17 \text{ kg}$$

$$\text{ASD } \Omega_t = 2.50 \quad P_a = (32,122.17 / 2.50) = 12,848.87 \text{ kg.}$$

$$\text{LRFD } \phi_t = 0.60 \quad P_u = 32,122.17 (0.60) = 19,273.00 \text{ kg.}$$

Por lo tanto controla la fractura de la sección neta efectiva en la conexión con una tensión de 19,273 kg.

Ejemplo 2: Diseñar por el método LRFD la cuerda de la armadura mostrada, con un perfil tubular cuadrado A529, Grado 42. El perfil tendrá que ser un perfil cuadrado y soportar una carga de tensión de 2.75 ton. Considere $F_y = 2951 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 5973 \text{ kg/cm}^2$



Determinación de la resistencia requerida

$$\text{LRFD: } P_{CM} = 0.20P = 0.20(2.75) = 0.55 \text{ TON}$$

$$P_{CV} = P - P_{CM} = 2.75 - 0.55 = 2.20 \text{ TON}$$

$$P_U = 1.2C_M + 1.6C_V = 1.2(0.55) + 1.6(2.20) = 4.18 \text{ TON}$$

$$P_u = \phi F_y (A_g)$$

$$A_g = P_u / \phi F_y$$

$$A_g = 4180 \text{ kg} / (0.90 (2951 \text{ kg/cm}^2)) = 1.574 \text{ cm}^2$$

-Proponemos un perfil ID 1x1:

Peso 1.33 kg/ml

25.4 mm x 25.4 mm

espesor $t = 1.91 \text{ mm}$, Area = 1.697 cm^2

1.- Fluencia de la sección bruta:

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = 2951 \text{ kg/cm}^2 (1.697 \text{ cm}^2) = 5,007.84 \text{ kg}$$

$$P_n = 9476.20 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } \phi_t = 0.90 \quad P_u = 5,007.84 (0.90) = 4507.06 \text{ kg}$$

2.- Fractura de la sección neta alejada de la conexión:

No aplica, ya que no hay agujeros en la placa alejados de la conexión.

3.- Fractura de la sección neta efectiva en la conexión:

$$P_n = F_u A_e$$

$$A_e = U (A_n)$$

$U = 1.0$, ya que esta soldada en toda la sección del perfil y actúan a tensión todos los elementos del perfil.

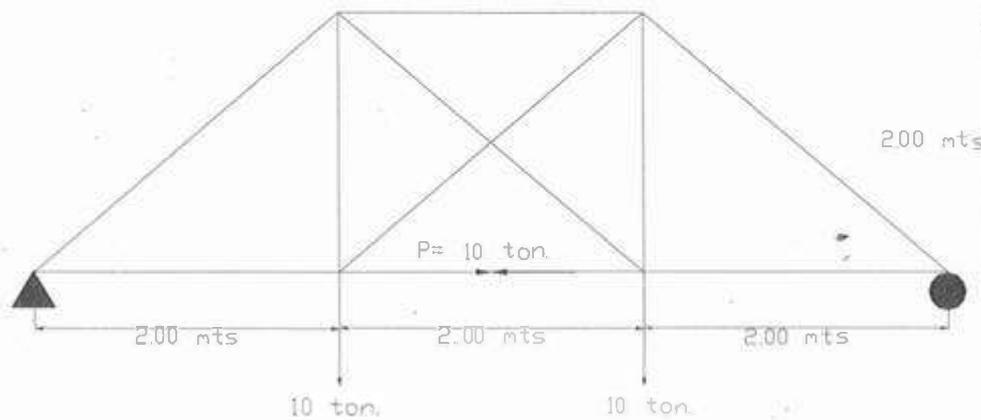
$$A_e = A_n = A_g$$

$$P_n = 5973 \text{ kg/cm}^2 (1.697 \text{ cm}^2) = 10,136.18 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } \phi_t = 0.60 \quad P_u = 10,136.18 (0.60) = 6081.70 \text{ kg}$$

Por lo tanto controla la sección bruta de la sección con una tensión de 6081.7 kg.

Ejemplo 3: Diseñar por el método LRFD la cuerda de la armadura mostrada, con un perfil tubular rectangular A242. El perfil tendrá que soportar una carga total factorizada de tensión de 10 ton. Considere $F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$, $F_u = 4150 \text{ kg/cm}^2$



$$P_u = \phi F_y (A_g)$$

$$A_g = P_n / \phi F_y$$

$$A_g = 10,000 \text{ kg} / (0.90 (3514 \text{ kg/cm}^2)) = 3.162 \text{ cm}^2$$

-Proponemos de HILSA un perfil ID 3 x 1/2 :

$$\text{Area} = 6.36 \text{ cm}^2$$

1.- Fluencia de la sección bruta:

$$P_n = F_y A_g$$

$$P_n = 3514 \text{ kg/cm}^2 (6.36 \text{ cm}^2) = 22,349.04 \text{ kg.}$$

$$\text{LRFD } \phi_t = 0.90 \quad P_u = 22,349.04 (0.90) = 20,114.13 \text{ kg.}$$

2.- Fractura de la sección neta alejada de la conexión:

No aplica, ya que no hay agujeros en la placa alejados de la conexión.

3.- Fractura de la sección neta efectiva en la conexión:

$$P_n = F_u A_e$$

$U = 1.0$, porque no existen elementos fuera del plano de carga por lo tanto el área efectiva es igual al área neta.

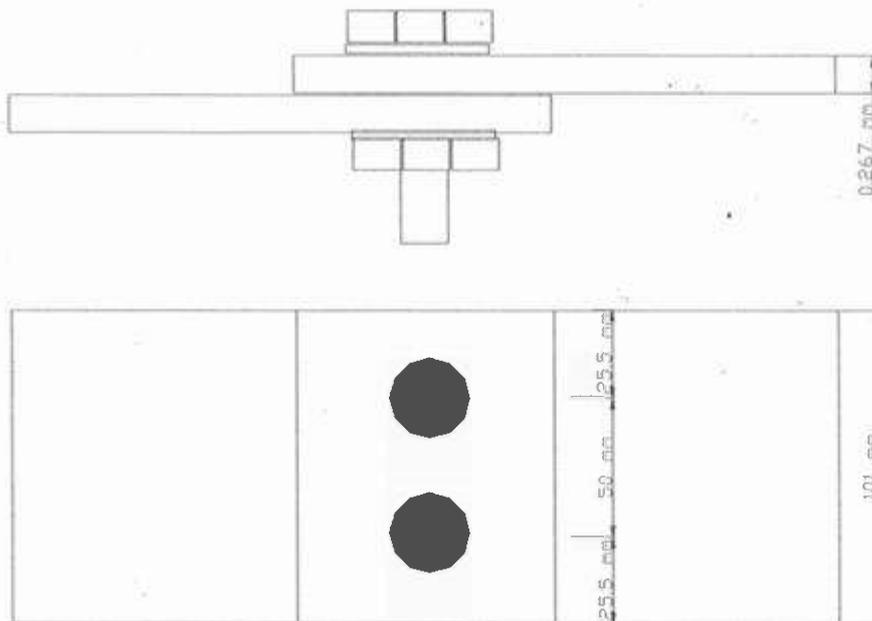
$$A_e = A_n = A_g$$

$$P_n = 4150 \text{ kg/cm}^2 (6.36 \text{ cm}^2) = 26,394 \text{ kg}$$

Por lo tanto contrala fractura de la sección neta efectiva de la conexión con una tensión de 10,557 kg.

Ejemplo 4.- Determinar la resistencia a tensión de las laminas por los métodos ASD y LRFD; considere 2 tornillos $\frac{1}{2}$ " de diámetro con rondanas bajo la tuerca y agujeros estandar.

$$F_y = 2319 \text{ kg/cm}^2 \quad F_u = 3162 \text{ kg/cm}^2$$



1.- Fluencia de la sección bruta: $T_n = F_y A_g$

$$A_g = 0.635(10.150) = 0.645 \text{ cm}^2$$

$$T_n = 2319 \text{ kg/cm}^2 (0.645 \text{ cm}^2) = 1494.653 \text{ kg}$$

2.- Fractura de la sección neta alejada de la conexión:

“no aplica ya que no existen agujeros alejados de la conexión”

$$A_g = 0.635(10.150) = 0.645 \text{ cm}^2$$

$$n = 2$$

$$d_h = d + 1.6 \text{ (de la tabla 3.4 para tornillo estandar en mm)}$$

Calculo de F_t :

$$F_t = (1.0 - 0.90r + \frac{3rd}{s}) F_u$$

$$F_t = (1.0 - 0.90(1) + \frac{3(1)(1.27)}{5.50}) 3162$$

$$F_t = 2506.604 \text{ kg/cm}^2 \leq 3162 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_n = A_g - n_b d_h t$$

$$A_n = 0.645 \text{ cm} - 2(1.43)(0.0635)$$

$$A_n = 0.463 \text{ cm}^2$$

Calculo P_n

$$P_n = A_n F_t$$

$$P_n = 0.463(2506.604)$$

$$P_n = 1160.557 \text{ kg}$$

CORTANTE SIMPLE

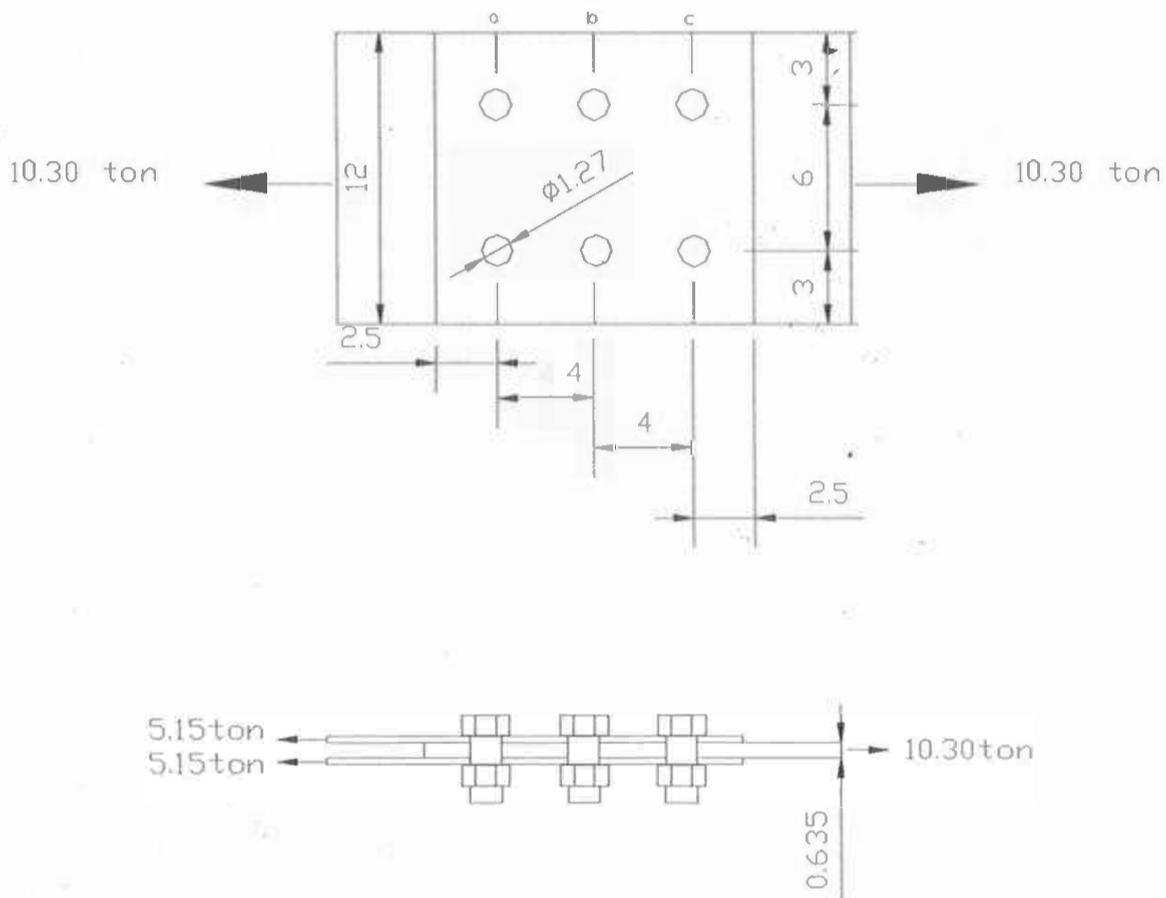
$$\text{ASD } P_a = \frac{P_n}{2.22} = \frac{1160.557}{2.22}$$

$$P_a = 522.774 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } P_u = 0.55 P_n = 0.55 (1160.557)$$

$$P_u = 638.306 \text{ kg}$$

adecuada para la resistencia requerida. Asuma que el 20% de la resistencia es carga muerta y el resto carga viva. Considere 6 tornillos A606 grado 50, $F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$ y $F_u = 4919 \text{ kg/cm}^2$. Se usaran rondanas bajo la turca y cabeza de los tornillos considere agujeros estandar.



todas las dimensiones en (cm)

$$\text{Esfuerzo de las laminas externas} = \frac{P/2}{A} = \frac{5150}{0.267(12)} = 1607.366 \text{ kg/cm}^2$$

$$\text{Esfuerzo de la lamina central} = \frac{P}{A} = \frac{10300}{0.635(12)} = 1351.706 \text{ kg/cm}^2$$

Como el esfuerzo es mayor en las láminas externas este sera el de diseño.

1.- Fluencia de la sección bruta A_g :

$$T_n = F_y A_g$$

$$A_g = 0.67 (12)$$

$$A_g = 3.204 \text{ cm}^2$$

$$F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$$

$$T_n = 3514 \text{ kg/cm}^2 (3.204 \text{ cm}^2)$$

$$T_n = 11258.856 \text{ kg}$$

$$\Omega = 1.67 \text{ ASD} \quad P_a = \frac{T_n}{1.67} = \frac{11258.856}{1.67} = 6741.830 \text{ kg}$$

$$\phi = 0.90 \text{ LRFD} \quad P_u = 0.90 (T_n) = 0.90 (11258.856) = 10132.970 \text{ kg}$$

2.- Fractura de la sección neta alejada de la conexión:

"no aplica ya que no existen agujeros alejados de la conexión"

3.- Fractura de la sección neta efectiva en la conexión:

Determinación de r :

Para los 6 tornillos la fuerza por tornillo sera $P/6$

Las secciones tienen 2 tornillos cada una sección a-a, sección b-b y sección c-c por lo que la fuerza transmitida por tornillo sera:

$2 (P/6) = P/3$. Si asumimos que la carga es transmitida de izquierda a derecha, la sección "a" estara sujeta a toda la carga P y la sección "b-b" $P/2$, ya que los tornillos en la sección "a-a" tomaron ya su posición de la carga, por lo tanto:

$$\text{sección a-a} \rightarrow r = \frac{P/3}{P} = 1/3$$

$$\text{sección b-b} \rightarrow r = \frac{P/3}{2P/3} = 1/2$$

Determinación de P_n en la sección a-a

Cálculo de F_t :

Con rondanas bajo la tuerca y cabeza del tornillo.

$$F_t = (1.0 - 0.90r + \frac{3rd}{s}) F_u \leq F_u$$

$$F_t = (1.0 - 0.90r + \frac{3(\frac{1}{3})(1.27)}{6.0}) 4919 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = 4484.488 \text{ kg/cm}^2 \leq 4919 \text{ kg/cm}^2$$

Cálculo de d_h :

de la tabla 3.2 tenemos $d_h = d + 1.6$ en mm

$$d_h = 12.7 + 1.6 = 14.3 \text{ mm} = 1.43 \text{ cm}$$

Cálculo de A_n :

$$n_b = 2$$

$$A_g = 3.204 \text{ cm}^2$$

$$A_n = A_g - n_b d_h t$$

$$A_n = 3.204 - 2(1.43)(0.267)$$

$$A_n = 2.440 \text{ cm}^2$$

Cálculo de $P_n = A_n F_t$

$$P_n = 2.440 (4484.488)$$

$$P_n = 10942.152 \text{ kg}$$

Para cortante doble.

$$\text{ASD } P_a = \frac{10942.152}{2.0} = 5471.076 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } P_u = 0.65 (10942.152) = 7112.400 \text{ kg}$$

Determinación de P_n en la sección b-b:

$$r = 1/2$$

$$s = 6.0 \text{ cm}$$

$$F_t = (1.0 - 0.90 r + \frac{3rd}{s}) F_u$$

$$F_t = (1.0 - 0.90(0.5) + \frac{3(0.5)(1.27)}{6.0}) 4919$$

$$F_t = 4267.233 \text{ kg/cm}^2$$

$$P_n = A_n F_t$$

$$A_n = 2.440 \text{ cm}^2$$

$$P_n = 2.440(4267.233) = 10412.047 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante doble:

$$\text{ASD } P_a = \frac{10412.047}{2.0} = 5206.024 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } P_u = 0.65 (10412.047) = 6767.831 \text{ kg}$$

Determinación de P_n en la sección c-c:

$$r = 1.0$$

$$s = 6.0 \text{ cm}$$

$$d = 1.27 \text{ cm}$$

$$F_u = 4919 \text{ kg/cm}^2$$

$$F_t = (1.0 - 0.90 r + \frac{3rd}{s}) F_u$$

$$F_t = (1.0 - 0.90(1.0) + \frac{3(1.0)(1.27)}{6.0}) 4919$$

$$F_t = 3615.465 \text{ kg/cm}^2 \leq 4919 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_n = 2.440 \text{ cm}^2$$

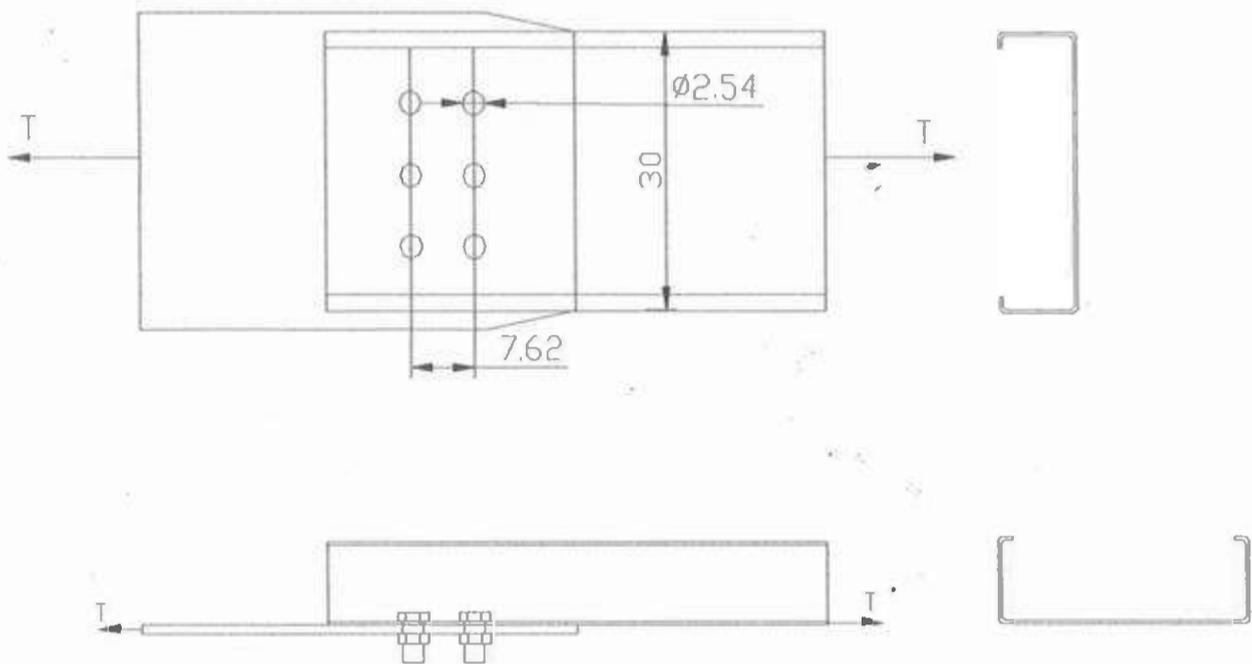
$$P_n = A_n F_t$$

$$P_n = 2.440 (3615.465) = 8821.735 \text{ kg}$$

$$\text{ASD } P_a = \frac{8821.735}{2.0} = 4410.867 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } P_u = 0.65 (8821.735) = 5734.128 \text{ kg}$$

y LRFD. Usar tornillos 1" de diámetro con rondanas bajo la tuerca y cabeza del tornillo, considerar agujeros estandar.



todas las dimensiones en (cm)

1.- Fluencia de la sección bruta (A_g):

$$F_y = 3514 \text{ kg/cm}^2$$

$$A_g = 17.70 \text{ cm}^2$$

$$T_n = F_y A_g = 3514 (17.70) = 62197.80 \text{ kg}$$

2.- Fractura de la sección neta (A_n):

"no aplica ya que no existen agujeros alejados de la conexión"

3.- Fractura de la sección neta efectiva (A_e):

Calculo de U:

$$\bar{x} = 2.34 \text{ cm}$$

$$L = 7.62 \text{ cm}$$

$$U = 1.0 - 0.36 \left(\frac{2.34}{7.62} \right) = 0.889 \quad 0.50 \leq 0.889 \leq 0.90$$

$$d_h = d + 1.6 \text{ Tabla 3.2}$$

$$A_n = A_g - n_b d_h t$$

$$A_n = 17.70 - 3(2.7)(0.342) = 14.930 \text{ cm}^2$$

$$A_e = A_n U$$

$$A_e = 14.930(0.889) = 13.273 \text{ cm}^2$$

$$P_n = A_e F_u$$

$$P_n = 13.273(4919) = 65287.881 \text{ kg}$$

$$\text{ASD } P_a = \frac{P_n}{2.50} = \frac{65287.881}{2.50} = 26115.152 \text{ kg}$$

$$\text{LRFD } P_u = 0.60 P_n = 0.60(65287.881) = 39172.729 \text{ kg}$$

La resistencia a tensión de la conexión por los métodos ASD y LRFD:

$$\text{ASD } P_a = 26.115 \text{ ton}$$

$$\text{LRFD } P_u = 39.173 \text{ ton}$$

Al elaborar el presente trabajo de disertación, así como la resolución de los problemas en el mismo, nos ayudó a comprender comportamientos y características importantes de los diferentes tipos de perfiles laminados en frío sujetos a tensión axial, los cuales enunciamos a continuación.

1.- El comportamiento estructural de las conexiones atornilladas o soldadas en perfiles laminados en frío es diferente que los perfiles laminados en caliente, debido principalmente a la diferencia de espesores presentados en cada uno.

2.- La presencia de agujeros en los perfiles disminuye notoriamente su resistencia, por lo que deberán evitarse en la medida de lo posible. Al tener agujeros en perfiles alejados de conexiones, deberán de revisarse por una posible fractura.

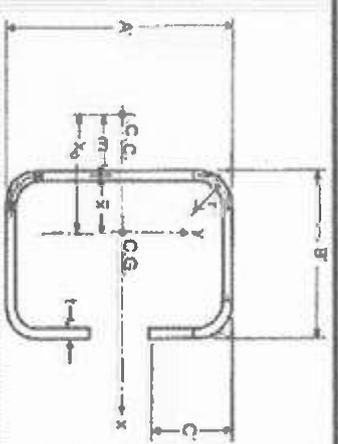
3.- Los perfiles laminados en frío que están sujetos a tensión axial ofrecen una ventaja de utilizar su resistencia última ya que no hay pérdidas de resistencia debido a inestabilidad como en los miembros sujetos a compresión.

4.- Los principales tipos de fallas para los elementos sujetos a tensión son por fluencia y fractura de la sección alejada de conexiones y por fractura de la sección en las conexiones. Estos tipos de fallas son reconocidos por el AISI en la edición del suplemento 1999.

Durante la realización de este trabajo, se presentaron dificultades tales como la poca información que existe de los perfiles laminados en frío debido a la falta de bibliografía para consulta.

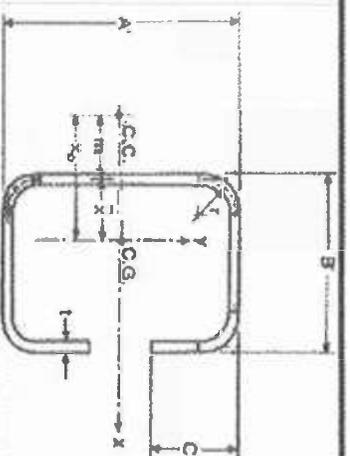
ANEXOS

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



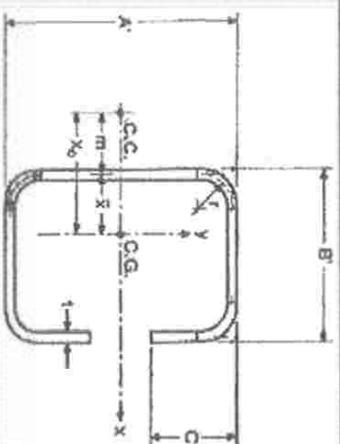
ID	PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL										
		A' mm	B' mm	C' mm	t' mm	R mm	Area cm ²	EJE X-X'					EJE Y-Y'					J cm ⁴	Cw cm ⁶	J cm	Xc cm	ro cm
								Ix cm ⁴	Sx cm ³	Rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Ry cm	X cm	m cm							
FC 14	2.47	76.2	38.1	13.46	1.90	4.7625	3.08	27.3842	7.187	2.98	6.08	2.48	1.406	1.26	1.90	0.037	79.20	4.75	-3.16	4.57		
FC 12	3.46	76.2	38.1	15.31	2.66	4.7625	4.31	37.0682	9.729	2.93	8.41	3.50	1.398	1.27	1.93	0.102	118.08	4.66	-3.20	4.56		
FC 10	4.45	76.2	38.1	17.15	3.42	4.7625	5.54	45.9778	12.068	2.88	10.65	4.52	1.387	1.29	1.95	0.216	161.13	4.57	-3.24	4.55		
FC 14	3.25	101.6	50.8	13.46	1.90	4.7625	4.04	66.1724	13.026	4.05	13.69	4.03	1.841	1.59	2.39	0.049	262.87	6.35	-3.97	5.96		
FC 12	4.54	101.6	50.8	15.31	2.66	4.7625	5.66	90.6212	17.839	4.00	19.11	5.72	1.838	1.60	2.42	0.133	387.91	6.28	-4.02	5.96		
FC 10	5.84	101.6	50.8	17.15	3.42	4.7625	7.27	113.824	22.406	3.96	24.43	7.43	1.833	1.62	2.45	0.284	524.29	6.21	-4.06	5.96		
FC 14	3.63	127	50.8	13.46	1.90	4.7625	4.52	111.342	17.534	4.96	14.78	4.14	1.807	1.42	2.25	0.054	428.36	7.39	-3.67	6.43		
FC 12	5.09	127	50.8	15.31	2.66	4.7625	6.33	153.298	24.141	4.92	20.67	5.88	1.806	1.43	2.28	0.149	624.37	7.30	-3.71	6.42		
FC 10	6.54	127	50.8	17.15	3.42	4.7625	8.14	193.64	30.494	4.88	26.47	7.64	1.803	1.45	2.30	0.317	833.49	7.20	-3.75	6.41		
FC 14	4.02	152.4	50.8	13.46	1.90	4.7625	5.01	171.111	22.455	5.85	15.66	4.23	1.768	1.28	2.13	0.060	647.72	8.76	-3.41	7.00		
FC 12	5.63	152.4	50.8	15.31	2.66	4.7625	7.01	236.415	31.026	5.81	21.92	6.00	1.768	1.29	2.16	0.165	936.90	8.65	-3.45	6.98		
FC 10	7.24	152.4	50.8	17.15	3.42	4.7625	9.01	299.735	39.335	5.77	28.11	7.80	1.766	1.31	2.18	0.351	1241.07	8.54	-3.48	6.97		
FC 14	4.41	152.4	63.5	13.46	1.90	4.7625	5.14	183.196	24.041	5.97	20.23	4.21	1.983	1.45	2.23	0.062	502.51	8.37	-3.68	7.29		
FC 12	6.17	152.4	63.5	15.31	2.66	4.7625	7.69	274.288	35.996	5.97	38.35	8.60	2.234	1.76	2.77	0.181	1518.64	8.88	-4.53	7.82		
FC 10	7.94	152.4	63.5	17.15	3.42	4.7625	9.88	347.936	45.661	5.93	49.31	11.20	2.234	1.78	2.79	0.385	2022.49	8.80	-4.57	7.82		
FC 14	4.99	177.8	69.9	13.46	1.90	4.7625	6.22	303.179	34.103	6.98	36.53	7.22	2.424	1.83	2.92	0.075	1841.01	10.34	-4.75	8.79		
FC 12	6.99	177.8	69.9	15.31	2.66	4.7625	8.70	420.074	47.252	6.95	51.31	10.25	2.428	1.85	2.95	0.205	2664.96	10.26	-4.80	8.79		
FC 10	3.98	177.8	69.9	17.15	3.42	4.7625	11.19	534.229	60.093	6.91	66.06	13.34	2.430	1.87	2.98	0.436	3535.61	10.19	-4.84	8.78		
FC 14	5.38	203.2	69.9	13.46	1.90	4.7625	6.70	414.206	40.768	7.86	38.04	7.32	2.383	1.70	2.81	0.081	2529.51	11.73	-4.51	9.37		
FC 12	7.53	203.2	69.9	15.31	2.66	4.7625	9.38	574.854	56.580	7.83	53.45	10.40	2.387	1.72	2.83	0.221	3646.87	11.65	-4.55	9.36		
FC 10	9.68	203.2	69.9	17.15	3.42	4.7625	12.06	732.334	72.080	7.79	68.87	13.54	2.390	1.73	2.86	0.470	4818.80	11.56	-4.59	9.36		

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



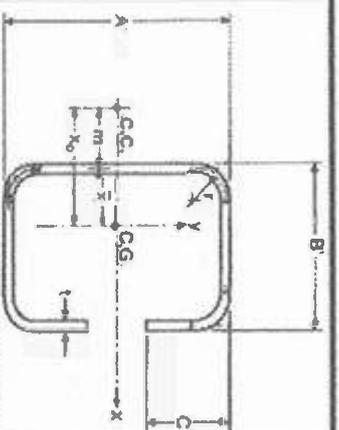
PESO kg/ml	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
	A'	B'	C'	t	R	Area	EJE X-X					EJE Y-Y					j	xc	ro	
							Ix	Sx	rx	Iy	Sy	ry	x	m	J	Cw				
4	203.2	76.2	13.46	1.90	4.7625	6.94	438.458	43.155	7.95	47.32	8.4444	2.612	1.92	3.10	0.083	3046.17	11.75	-5.02	9.76	
2	203.2	76.2	15.31	2.66	4.7625	9.71	608.551	59.897	7.916	66.51	11.989	2.617	1.94	3.13	0.229	4396.42	11.68	-5.07	9.76	
0	203.2	76.2	17.15	3.42	4.7625	12.49	775.331	76.312	7.88	85.73	15.607	2.620	1.96	3.16	0.487	5816.41	11.60	-5.11	9.75	
14	6.15	254	69.85	13.46	1.90	4.7625	7.66	702.36	55.304	9.575	40.40	7.4731	2.296	1.48	2.60	0.092	4316.64	15.25	-4.09	10.66
12	8.61	254	69.85	15.31	2.66	4.7625	10.73	976.96	76.926	9.544	56.82	10.614	2.302	1.50	2.63	0.253	6190.75	15.14	-4.12	10.66
10	11.07	254	69.85	17.15	3.42	4.7625	13.79	1247.53	98.231	9.511	73.29	13.822	2.305	1.51	2.65	0.538	8137.28	15.04	-4.16	10.66
14	6.73	254	88.9	13.46	1.90	4.7625	8.38	817.377	64.360	9.873	74.80	11.192	2.987	2.11	3.47	0.101	7300.53	14.66	-5.5817	11.73
12	9.43	254	88.9	15.31	2.66	4.7625	11.74	1137.02	89.529	9.842	105.24	15.88	2.994	2.13	3.50	0.277	10492.90	14.59	-5.6279	11.73
10	12.12	254	88.9	17.15	3.42	4.7625	15.09	1452.07	#####	9.809	135.83	20.666	3.000	2.15	3.53	0.588	13828.40	14.52	-5.6721	11.72
14	7.51	304.8	88.9	13.46	1.90	4.7625	9.35	1255.65	82.392	11.59	78.66	11.398	2.900	1.89	3.27	0.113	11415.86	18.04	-5.1627	13.01
12	10.51	304.8	88.9	15.31	2.66	4.7625	13.09	1749.09	#####	11.56	110.74	16.172	2.909	1.91	3.30	0.309	16349.75	17.95	-5.2051	13.01
10	13.52	304.8	88.9	17.15	3.42	4.7625	16.83	2236.96	#####	11.53	143.01	21.048	2.915	1.92	3.32	0.656	21471.27	17.86	-5.2455	13.00
14	7.90	304.8	101.6	13.46	1.90	4.7625	9.83	1366.34	89.655	11.79	110.96	14.305	3.359	2.31	3.84	0.118	15294.79	17.63	-6.1518	13.71
12	11.05	304.8	101.6	15.31	2.66	4.7625	13.77	1903.28	#####	11.76	156.19	20.282	3.368	2.33	3.87	0.325	21919.89	17.56	-6.1983	13.71
10	14.21	304.8	101.6	17.15	3.42	4.7625	17.70	2434.22	#####	11.73	201.71	26.381	3.376	2.34	3.90	0.690	28811.61	17.49	-6.2429	13.71

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



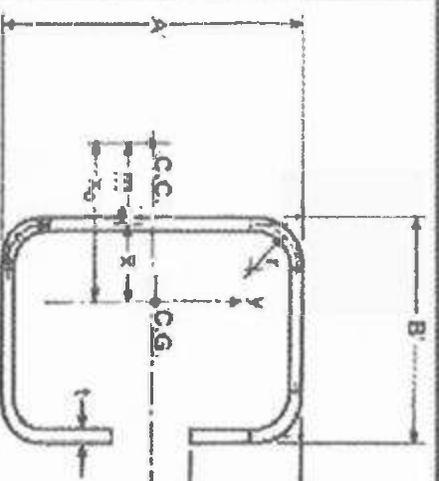
ID	PESO (Kg/ml)	DIMENSIONES						PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL												
		A'	B'	C'	t	R	Area	EJE X-X			EJE Y-Y			X	m	J	Cw	I	X0	I
		mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	Ix cm ⁴	Sx cm ³	Iy cm ⁴	Sy cm ³	Ix cm	Iy cm	X cm	m cm	J cm ⁴	Cw cm ⁶	I cm	X0 cm	I cm
YL BLANCO	3.40	102	51	19	1.9	2.4	4.34	71.563	14.03	4.059	16.606	5.1299	1.955	1.768	2.629	0.05228	384.36346	6.203	-4.3966	6.2
YL 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	6.1
YL ROJO	5.80	102	51	19	3.4	4.8	7.39	115.97	22.74	3.962	25.801	7.9358	1.869	1.679	2.531	0.28461	598.79971	6.203	-4.2094	6.0
YL BLANCO	3.80	127	51	19	1.9	2.4	4.82	119.51	18.82	4.98	17.945	5.2602	1.93	1.594	2.482	0.05799	589.14751	7.016	-4.0753	6.7
YL VERDE	5.10	127	51	19	2.7	4.8	6.63	159.97	25.19	4.911	23.33	6.8115	1.876	1.54	2.43	0.16117	782.28785	7.149	-3.9704	6.6
YL ROJO	6.50	127	51	19	3.4	4.8	8.24	195.7	30.82	4.874	27.949	8.1617	1.842	1.506	2.385	0.31737	927.58931	7.13	-3.8911	6.5
YL 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	8.1
YL VERDE	6.20	152	64	19	2.7	4.8	8.01	284.63	37.45	5.961	43.228	9.8741	2.323	1.887	2.941	0.19463	1858.9455	8.761	-4.8281	8.0
YL ROJO	7.90	152	64	19	3.4	4.8	9.97	349.98	46.05	5.925	52.243	11.933	2.289	1.852	2.896	0.38418	2226.5311	8.741	-4.748	7.5
YL BLANCO	5.60	203	76	18	1.9	2.4	7.18	457.4	45.06	7.984	53.423	9.8233	2.729	2.067	3.278	0.08634	3627.3908	11.29	-5.3442	9.5
YL VERDE	7.80	203	76	20	2.7	4.8	10.09	632.15	62.28	7.916	74.07	13.72	2.71	2.066	3.308	0.24515	5310.6174	11.45	-5.3737	9.5
YL 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.
YL 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	4438.345	14.07	-4.8035	11
YL VERDE	9.50	254	89	22	2.7	4.8	12.28	1196.1	94.18	9.871	121.71	18.889	3.149	2.322	3.77	0.29829	13299.836	14.23	-6.0918	12
YL ROJO	12.30	254	89	25	3.4	4.8	15.55	1504.9	#####	9.839	156.67	24.636	3.175	2.37	3.844	0.59905	17764.39	14.08	-6.2143	12
YL VERDE	10.60	305	89	22	2.7	4.8	13.65	1842.3	#####	11.62	128.38	19.226	3.067	2.088	3.563	0.33175	20340.344	17.35	-5.641	13
YL ROJO	18.70	305	89	25	3.4	4.8	17.28	2321.5	#####	11.59	165.44	25.076	3.094	2.133	3.623	0.66586	26971.447	17.15	-5.7552	13

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



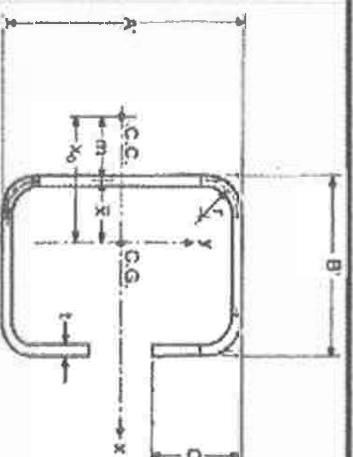
ID	PESO (kg/ml)	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
		EJE X-X					EJE Y-Y					EJE X-X					EJE Y-Y				
		A'	B'	C'	t	R	Area	Ix	Sx	Rx	Iy	Sy	Ry	X	m	J	Cw	I	X0	Y0	
mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ⁶	cm	cm	cm		
EP10-12X3½	14.40	304	89	25	3.42	3.96	2327.52	153.13	11.57	167.33	25.403	3.102	2.142	3.625	0.678	26901.00	16.952	-5.767	13.293		
EP12-12X3½	11.10	304	89	25	2.66	3.96	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		
EP14-12X3½	8.00	305	89	25	1.9	3.96	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		
EP10-10X2¾	11.22	254	69	19	3.42	3.96	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		
EP12-10X2¾	8.80	254	69	19	2.66	3.96	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		
EP14-10X2¾	6.34	254	69	19	1.9	3.96	727.34	57.27	9.616	45.212	8.6937	2.398	1.804	2.77	0.095	5129.06	14.528	-4.374	10.833		
EP16-10X2¾	5.10	254	69	19	1.52	3.96	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		
EP10-9X2¾	10.52	228	69	19	3.42	3.96	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		
EP12-9X2¾	8.26	228	69	19	2.66	3.96	772.303	67.75	8.692	58.949	11.581	2.401	1.677	2.828	0.241	5352.70	12.804	-4.505	10.080		
EP14-9X2¾	5.96	228	69	19	1.9	3.96	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		
EP16-9X2¾	4.79	228	69	19	1.52	3.96	454.565	39.87	8.759	35.796	7.0264	2.458	1.729	2.898	0.046	3272.10	12.734	-4.627	10.206		
EP10-8X2¾	9.82	203	69	19	3.42	3.96	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		
EP12-8X2¾	7.72	203	69	19	2.66	3.96	586.499	57.78	7.834	56.949	11.451	2.441	1.794	2.936	0.225	4102.42	11.297	-4.730	9.471		
EP14-8X2¾	5.57	203	69	19	1.9	3.96	427.843	42.15	7.876	42.367	8.5158	2.479	1.83	2.983	0.083	3070.48	11.280	-4.813	9.558		
EP16-8X2¾	4.48	203	69	19	1.52	3.96	345.867	34.08	7.898	34.582	6.9497	2.497	1.848	3.007	0.043	2514.00	11.273	-4.855	9.601		
EP10-7X2¾	9.12	177	69	19	3.42	3.96	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		
EP12-7X2¾	7.17	177	69	19	2.66	3.96	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		
EP14-7X2¾	5.18	177	69	19	1.9	3.96	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		
EP16-7X2¾	4.17	177	69	19	1.52	3.96	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		
EP10-6X2	7.38	152	50	19	3.42	3.96	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		
EP12-6X2	5.82	152	50	19	2.66	3.96	241.508	31.78	5.796	23.612	6.7493	1.812	1.369	2.256	0.170	1080.00	8.289	-3.625	7.072		
EP14-6X2	4.21	152	50	19	1.9	3.96	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		
EP16-6X2	3.39	152	50	19	1.52	3.96	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**



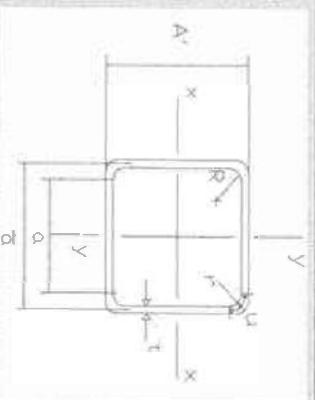
NO	DIMENSIONES						PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL											
	A'	B'	C'	t	R	Area	EJE X-X					EJE Y-Y					J	Cw
							Ix	Sx	Ix	Iy	Sy	Iy	Sy	Iy	X	m		
mm	mm	mm	mm	mm	mm	cm ²	cm ⁴	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ⁶	
3	127	50	19	3.42	3.96	8.26	196.075	30.88	4.872	27.074	8.0627	1.81	1.471	2.334	0.322	891.88		
7	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		
2	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		
3	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		
3	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		
3	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		
4	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		
7	101	50	19	1.52	3.96	3.42	55.1024	10.91	4.016	12.684	3.9897	1.927	1.745	2.609	0.026	299.81		
7	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		
7	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		

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



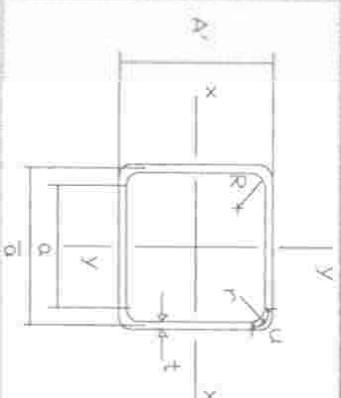
	DIMENSIONES										PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL									
	PESO kg/ml	A' mm	B' mm	C' mm	t' mm	R mm	Area cm ²	EJE X-X'					EJE Y-Y'							
								Ix cm ⁴	Sx cm ³	rx cm	Iy cm ⁴	Sy cm ³	ry cm	x cm	m cm	J cm ⁴	Cw cm ⁶	J cm	Xc cm	
10x3	11.30	254.0	76.2	19.1	3.42	3.96	14.405	1339.155	105.445	9.642	96.508	17.007	2.588	1.775	3.013	0.562	10551.133	14.416	-4.784	
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	-4.864	
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	-4.951	
X2¾	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	-4.724	
X2¾	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	-4.805	
X2¾	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	-4.894	
3x2	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	-3.612	
3x2	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	-3.694	
3x2	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	-3.774	
3x2	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	-3.884	
3x2	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	-3.966	
3x2	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	-4.056	
1x2	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	-4.206	
1x2	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	-4.294	
1x2	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	-4.382	

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



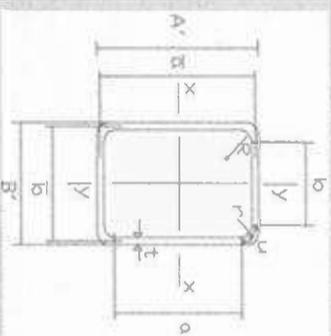
ID	DIMENSIONES						PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL				
	PESO kg/ml	A' mm	R mm	t mm	r mm	u mm	Area cm ²	Ix-Iy cm ⁴	rx-ry cm	Sx-Sy cm ²	J cm ⁴
1 x 1	1.18	25.4	1.628	1.65	2.453	3.8532	1.498	1.0609	0.8416	0.8354	1.104
	1.33	25.4	2.020	1.91	2.975	4.6731	1.697	1.0960	0.8036	0.8630	1.031
	1.45	25.4	2.138	2.11	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**



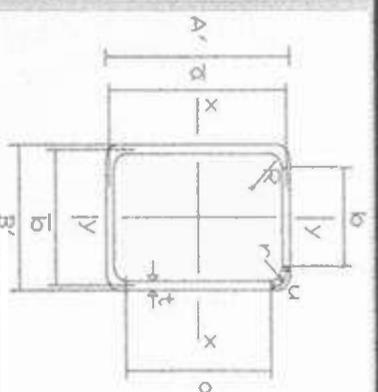
ID	DIMENSIONES							PROPIEDADES DE LA SECCION TOTAL				
	PESO kg/ml	A' mm	R mm	t mm	r mm	U mm	Area cm ²	EJE x-x - y-y			J cm ⁴	
								Ix-Iy cm ⁴	Ix-Iy cm	Sx-Sy cm ²		
2 1/2 x 2 1/2	3.61	63.5	2.262	1.91	3.217	5.0533	4.600	25.3224	2.3463	7.9756	32.049	
	3.97	63.5	2.211	2.11	3.266	5.1302	5.063	27.6173	2.3355	8.6984	34.834	
	4.51	63.5	2.253	2.41	3.458	5.4318	5.746	30.7484	2.3133	9.6845	38.317	
	5.60	63.5	3.133	3.05	4.658	7.3168	7.131	35.2916	2.2246	11.1155	40.778	
	8.04	63.5	4.526	4.57	6.811	10.6987	10.238	43.0371	2.0503	13.5550	42.505	
3 x 3	5.47	76.2	2.211	2.41	3.416	5.3658	6.972	55.9903	2.8339	14.6956	72.348	
	6.81	76.2	3.160	3.05	4.685	7.3592	8.679	65.2342	2.7416	17.1218	79.132	
	9.86	76.2	4.508	4.57	6.793	10.6704	12.561	82.9457	2.5697	21.7705	89.369	
	13.11	76.2	6.345	6.35	9.52	14.9540	16.704	92.5918	2.3544	24.3023	83.295	
3 1/2 x 3 1/2	8.03	88.9	3.167	3.05	4.692	7.3702	10.228	108.6723	3.2596	24.4482	136.366	
	11.68	88.9	4.490	4.57	6.775	10.6421	14.884	142.0250	3.0890	31.9516	162.050	
	15.64	88.9	6.353	6.35	9.528	14.9665	19.929	164.4666	2.8727	37.0004	162.544	
4 x 4	9.24	101.6	3.194	3.05	4.719	7.4126	11.776	167.9548	3.7766	33.0620	215.828	
	13.51	101.6	4.484	4.57	6.769	10.6327	17.206	223.9454	3.6077	44.0837	265.981	
	18.18	101.6	6.351	6.35	9.526	14.9634	23.155	266.3136	3.3914	52.4239	280.934	
5 x 5	11.68	127.0	3.228	3.05	4.753	7.4660	14.873	344.3317	4.8116	54.2255	457.171	
	17.15	127.0	4.460	4.57	6.745	10.5950	21.851	471.5959	4.6457	74.2671	590.851	
	23.24	127.0	6.347	6.35	9.522	14.9571	29.607	580.6035	4.4284	91.4336	666.088	

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			J cm ⁴
									lx cm ⁴	Rx cm	Sx cm ³	ly cm ⁴	Ry cm	Sy cm ³	
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
	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
	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
	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
	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
x 1½	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
	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
	3.55	76.2	38.1	2.21	2.11	3.27	5.13	4.53	39.22	2.943	10.29	10.13	1.495	5.32	17.23
	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
	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
x 2	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
	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
	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
	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
	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
x 2	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
	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
	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
	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
	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

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



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	Rx cm	Sx cm ³	Iy cm ⁴	Ry cm	Sy cm ³
8.02	101.6	76.2	3.17	3.05	4.70	7.37	10.23	190.62	4.317	37.52	85.93	2.899	22.55
11.67	101.6	76.2	4.49	4.57	6.78	10.64	14.88	229.28	3.925	45.13	112.79	2.753	29.60
15.63	101.6	76.2	6.35	6.35	9.53	14.96	19.93	234.13	3.428	46.09	131.92	2.573	34.62
9.23	127	76.2	3.19	3.05	4.72	7.41	11.78	331.23	5.303	52.16	106.60	3.009	27.98
13.49	127	76.2	4.48	4.57	6.77	10.63	17.21	413.25	4.901	65.08	142.61	2.879	37.43
18.16	127	76.2	6.35	6.35	9.53	14.96	23.16	443.98	4.379	69.92	171.26	2.720	44.95
9.23	152.4	50.8	3.19	3.05	4.72	7.41	11.78	368.06	5.591	48.30	51.51	2.091	20.28
13.49	152.4	50.8	4.48	4.57	6.77	10.63	17.21	454.03	5.137	59.58	68.25	1.992	26.87
18.16	152.4	50.8	6.35	6.35	9.53	14.96	23.16	476.93	4.538	62.59	81.40	1.875	32.05
11.66	152.4	76.2	3.2	3.05	4.73	7.42	13.33	519.44	6.244	68.17	127.30	3.091	33.41
15.31	152.4	76.2	4.46	4.57	6.75	10.60	19.53	664.18	5.832	87.16	172.47	2.972	45.27
20.69	152.4	76.2	6.35	6.35	9.53	14.96	26.38	737.08	5.286	96.73	210.61	2.825	55.28
11.66	152.4	101.6	3.23	3.05	4.76	7.47	14.87	670.07	6.712	87.94	243.00	4.042	47.83
17.14	152.4	101.6	4.46	4.57	6.75	10.60	21.85	873.67	6.323	114.65	333.41	3.906	65.63
23.22	152.4	101.6	6.35	6.35	9.53	14.96	29.61	997.22	5.804	130.87	412.65	3.733	81.23

BIBLIOGRAFÍA :

Peña Ramos Carlos E.
Diseño Básico de Perfiles Laminados en Frío
Notas del Curso de Titulación 1^{ra} Ed.
Universidad de Sonora. 2000

Fuentes Esquer Ana Idolina y García Ríos Maria Isabel
Determinación de la Resistencia a Compresión Axial
de Miembros Laminados en Frío . Disertación # 3497
Universidad de Sonora Enero 2001

Chaires Vega Walter Daniel y Cota Cajigas Juan Francisco
Determinación de las Propiedades Geométricas no
Reducidas de Perfiles Laminados en Frío
Disertación # 3485. Universidad de Sonora Diciembre 2000

Luna Rodríguez Julio. Diseño de Perfiles Doblados en Frío.
Tesis# 874. Universidad de Sonora Diciembre 1980.