

167
Zej.



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERIA

**CONEXIONES SOLDADAS
NORMALIZADAS**

T E S I S

QUE PARA OBTENER EL TÍTULO DE:

INGENIERO CIVIL

P R E S E N T A :

LUIS MIGUEL ZAVALA MORALES



UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

CONEXIONES SOLDADAS NORMALIZADAS

CONTENIDO

I.- INTRODUCCION.....	3
II DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS.....	10
II-1 Consideraciones Generales.....	11
II-2 Electrodo para Soldar.....	14
II-3 Tipos de Juntas y Soldaduras.....	16
II-4 Capacidad de Soldadura a Tope.....	19
II-5 Capacidad de Soldadura de Filete.....	22
II-6 Esfuerzos Permisibles.....	27
II-7 Consideraciones de Diseño.....	29
II-8 Tipos de Conexiones Soldadas.....	59
II-9 Prevencion de Agrietamientos en Soldaduras.....	62
III CONEXIONES DE ESTRUCTURACION SIMPLE.....	79
III-1 Conexiones de Angulos Soldados al Alma.....	80
III-2 Conexiones de Placa Soldada al Alma.....	97
III-3 Conexiones de Placa Soldada al Alma y a un Atiesador.....	112
III-4 Conexiones de Asiento Atiesado.....	122
IV- CONEXIONES DE ESTRUCTURACION RIGIDA.....	136

IV-1 Conexión Rígida de Viga a Patín de Columna con Placa Soldada -- al Alma.....	137
IV-2 Conexión Rígida de Viga a Patín de columna con Asiento Atiesado ..	148
IV-3 Conexión Rígida de Viga a Alma de Columna con Placa Soldada al -- Alma.....	156
IV-4 Conexión Rígida de Viga al Alma de Columna con Asiento atiesado...	165
IV-5 Ayudas de Diseño.....	174
V COMENTARIOS Y CONCLUSIONES	187
APENDICE A.....	194
REFERENCIAS.....	202

CAPITULO I

INTRODUCCION

I - INTRODUCCION

En México, como en otros países en vías de desarrollo, se observa con frecuencia que a "menor desarrollo, mayor desperdicio". En la industria de la construcción este fenómeno es muy claro.

Quizá uno de los puntos claves para superar este obstáculo sea la normalización, que junto con la racionalización, prefabricación e industrialización conformarán los pilares de un desarrollo sano y lógico de la construcción, ya que en México aún se utilizan, en gran medida, procesos artesanales.

En la actualidad, en el seno de algunas instituciones como el Instituto Mexicano de la Construcción en Acero (IMCA), se generan estudios tendientes a implantar, a nivel nacional, una normalización en la construcción, por lo que es importante realizar algunos trabajos acerca de este tema que, como ya se expuso, reviste una gran importancia.

La normalización se puede considerar como un enfoque integral de la construcción que tiene por objeto contemplar toda la gama de actividades que van desde la planeación hasta la ejecución y operación de un edificio, sea cual sea el tipo de éste.

En México la experiencia en este campo y con el enfoque precedentemente expuesto, es muy raquítica.

Desde luego que siempre ha existido la normalización, pero bajo un concepto muy reducido. Se había entendido como una normalización

de procesos de productos, que tendía básicamente al control de calidad ⁵ de éstos en planta, pero que en ningún momento buscaba satisfacer una serie de exigencias adicionales como pudieran ser su funcionamiento en obra, exigencias de tipo constructivo, de forma de uso, de integración a un sistema aditivo de la construcción, a un sistema de coordinación modular.

La tendencia reciente es normalizar para planear conscientemente utilizando los recursos de una manera integral satisfaciendo todas las necesidades surgidas de las diferentes etapas, como de diseño, de fabricación, de construcción y de funcionamiento, pero visto todo con un enfoque integral.

Para poder analizar profundamente los requerimientos de comportamiento de las diferentes partes de una edificación, se aplica el enfoque de sistemas.

Se considera que el edificio corresponde en su totalidad a un sistema y que para su estudio, diseño y construcción, debe dividirse en diferentes subsistemas los cuales, a su vez, están formados por diferentes elementos funcionales y que éstos se integran a través de componentes constructivos, productos y materiales.

Este enfoque permite seccionar la edificación para buscar nuevos procedimientos de construcción o mejorar los ya existentes y en base a la normalización de éstos procedimientos implantar métodos de pruebas para comprobar su comportamiento.

Uno de los procedimientos constructivos que menor atención ha recibido para su estudio, diseño y construcción en México ha sido el de las estructuras de acero y dentro de éstas se han seleccionado como objetivo de este trabajo las conexiones soldadas.

Una estructura de acero se forma del ensamblaje de los miembros estructurales que constituyen su armazón. Se requieren conexiones en los lugares donde los diversos miembros se deben unir por sus extremos a otros miembros de manera que permitan que la carga siga su flujo ordenado y continuo hasta llegar a los cimientos. Como la conexión sirve para transmitir la carga de o a los miembros adyacentes, se debe diseñar de manera adecuada. El diseño de las conexiones implica la producción de una junta que sea segura, económica en el uso de los materiales y que se pueda construir (ha de ser práctica). En general, las conexiones más prácticas son las más económicas, ya que los costos de fabricación y montaje afectan la economía, tanto de las conexiones (o juntas) como de los propios miembros estructurales.

En muchas ocasiones, el diseñador de estructuras metálicas propone en sus planos estructurales conexiones que hacen difícil y a veces imposible su construcción, de manera que el fabricante con frecuencia necesita hacer un pequeño o gran cambio para facilitar el montaje y en ocasiones hacer que la fabricación sea más económica. Es necesario estudiar los detalles para facilitar la construcción sin incrementar los costos del fabricante y debe pedirse al departamento de ingeniería de éste que modifique los detalles complicados si con ello se puede simplificar y expeditar la fabricación y el montaje. En virtud de lo anterior, se propone que el diseño de conexiones estructurales lo defina y realice el fabricante, adoptando los criterios generales del proyectista estructural.

Para ello será necesario cambiar el sistema de trabajo actual de los proyectistas, para que indiquen en sus planos los elementos mecánicos para el diseño de esas conexiones. Así, el fabricante hará los diseños correspondientes de éstas conexiones y los planos de taller y montaje que deberá revisar el Ingeniero Proyectista.

Ayudaría considerablemente a simplificar esta tarea contar con una normalización de conexiones considerando las que se proponen en

distintos reglamentos y manuales de estructuras metálicas y proponiendo 7
otras con el objeto de lograr cierta unificación en los criterios de
los proyectistas.

Las prácticas y tecnologías prevalecientes en México referentes al diseño, fabricación y montaje de las estructuras de acero se fundamentan en los criterios desarrollados por el American Institute of Steel Construction (AISC), por lo que el presente trabajo se basa en los lineamientos determinados por el AISC en lo referente a la normalización de conexiones (1). Los criterios de diseño se basan en las normas en uso en México y en los Estados Unidos de América, adaptadas éstas últimas a los materiales usuales y a las tecnologías más utilizadas en nuestro país, siendo el documento básico el Manual del IMCA (2).

Se utilizó, en esta tesis, la notación adoptada por el IMCA tanto para las especificaciones de diseño como para los elementos estructurales (3).

En el Capítulo II se hace una semblanza de lo que es el diseño de conexiones soldadas así como de los criterios específicos usados para las conexiones presentadas en este trabajo.

El Capítulo III presenta varias opciones de conexiones de estructuración simple con una propuesta específica para su normalización representada en las Tablas presentadas en dicho capítulo.

En el Capítulo IV, Conexiones de Estructuración Rígida, se da la normalización en el diseño de las juntas propuestas de acuerdo con los criterios del AISC (4).

Finalmente en el capítulo V se presentan los comentarios y conclusiones del trabajo realizado.

CITAS DEL CAPITULO I

- (1) CONNECTIONS: referencia 14; parte 4

- (2) ESPECIFICACIONES PARA DISEÑO, FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICIOS; referencia 12.

- (3) TABLAS DE DIMENSIONES Y PROPIEDADES DE PERFILES: referencia 12; págs. 41 a 116

- (4) MOMENT CONNECTIONS; referencia 14; págs. 4-98 a 4-119

CAPITULO II

DISEÑO DE CONEXIONES SOLDADAS

II-1 CONSIDERACIONES GENERALES

La soldadura es un proceso por el cual se unen piezas de metal. Existen soldaduras de gas y eléctricas. Para fines estructurales se usa el gas (en realidad mezcla de gas y oxígeno) principalmente para dar forma a las piezas por medio del corte, pero en general este tipo de soldadura es poco usual, en cuanto a la soldadura por corriente eléctrica es la que más se usa. La corriente se utiliza para calentar el electrodo hasta alcanzar el estado líquido, y luego depositarlo como relleno sobre las superficies de contacto de las piezas que se quieren unir. Este proceso funde simultáneamente una parte del metal base en la superficie de separación, de manera que el metal se entremezcla con el metal base y desarrolla continuidad del material en la junta, cuando tiene lugar el enfriamiento.

La soldadura eléctrica implica el paso de una corriente ya sea cd o ca por medio de un electrodo. Manteniendo el electrodo a muy corta distancia del metal base, que está conectado a un lado del circuito, se forma un arco al desarrollarse esencialmente un "corto circuito", con el cual tiene lugar un flujo muy alto de corriente, la que funde la punta del electrodo (en el arco) y el metal base en las cercanías del arco. El flujo de electrones que componen el circuito lleva el metal fundido del electrodo hasta el metal base para formar la junta. El electrodo puede ser el ánodo del circuito (+) o el cátodo (-). Es común que el electrodo sea el ánodo y la operación resultante se efectúa usando "polaridad inversa". Cuando el electrodo de soldadura es el cátodo (-), el circuito usa polaridad directa. Entre los procesos de soldadura que existen los más usados en aplicaciones estructurales son (1):

- 1.- Soldadura por Arco con Electrodo Metálico Recubierto-SMAW (Shielded Metal Arc Welding)

Este tipo de soldadura es el método que más se usa cuando se emplea un equipo de cd de soldadura. Usa electrodos de barra, estos están disponibles en longitudes de 9 a 18 in. y están cubiertos de un material que produce un gas y escoria inerte, cuando la corriente de soldadura funde el metal. Este gas rodea la zona de soldeo para impedir la oxidación (véase Fig. II-1-1a) lo que constituye un factor crítico. Como la escoria es más ligera que el metal, flota hasta la parte superior de la soldadura y se puede barrer con cepillo.

2.- Soldadura por Arco con Alambre Continuo Protegido con Gas-GMAW (Gas Metal Arc Welding)

Este método de soldadura se utiliza generalmente para soldar en taller, donde se usan electrodos sin cubrir en una unidad mecánica de soldadura. La unidad controla el espaciamiento de los electrodos y la velocidad de soldeo y tiene una fuente de gas inerte para proteger la soldadura de la atmósfera que la rodea.

3.- Soldadura por Arco Sumergido-SAW (Submerged Arc Welding)

En este método se alinea la junta y se cubre con una capa de material en gránulos fusibles que contiene agentes de aleación y de fusión, así como productores de gases inertes. El electrodo se inserta en el material granuloso, se produce el arco, y tiene lugar la fusión del electrodo y el metal base. El calor funde la capa granulosa para formar la capa protectora de gas y obtener cualesquiera otros efectos que se desee del material.

4.- Soldadura de Arco con Electrodo Tabular Continuo-FCAW (Flux-Cored Arc Welding)

El proceso de soldeo es muy similar al proceso por arco sumergido, pero usa una escoria electroconductiva que se mantiene en posición

entre las dos piezas de metal por soldar por medio de placas de retención enfriadas con agua (ver Fig. II-1-1b). El material de escoria se funde y se pasa la corriente por el mismo para aumentar en estado de fusión la escoria y el material metálico de relleno. El relleno se obtiene del electrodo de soldadura, el que pasa dentro de la escoria. Por lo general, el proceso se efectúa en un montaje vertical, de manera que, según se funde el relleno, las placas de retención se elevan lentamente, dejando atrás la soldadura terminada y parcialmente enfriada, la cual tiene una delgada cubierta de escoria que es necesario remover.

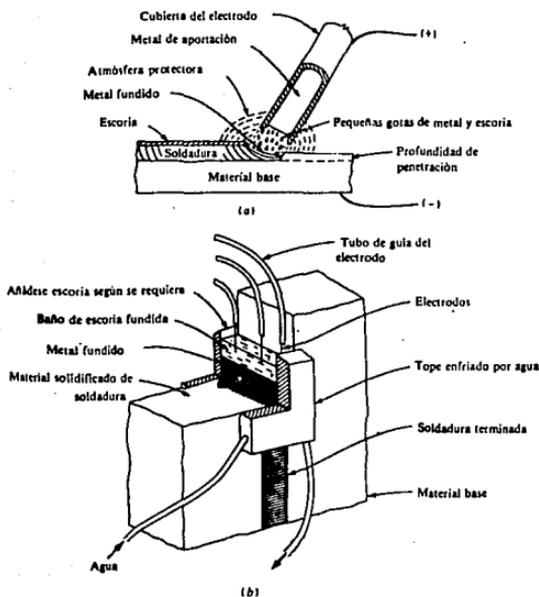


Fig. II-1-1 a) Soldadura por Arco con Electrodo Metálico Recubierto
b) Soldadura de Arco con Electrodo Tabular Continuo

II-2 ELECTRODOS PARA SOLDAR

Se dispone de una variedad de electrodos de manera que se puede hacer un ajuste apropiado de la resistencia y características metalúrgicas del metal base con el material de la soldadura. En las aplicaciones estructurales, la American Welding Society, en cooperación con la ASTM, ha establecido un sistema de numeración de electrodos que clasifica a estos electrodos de soldar (o varillas) de la manera siguiente:

Eaaabc

donde: E = Electrodo

aaa = número de dos o tres dígitos que establecen la resistencia última a tensión del metal de la soldadura. En general, se dispone de los valores siguientes:

60, 70, 80, 90, 100, 110 y 120 kips/in²
(4220, 4920, 5620, 6330, 7030, 7730 y 8440 kg/cm²)

b = dígito para indicar lo apropiado de la posición de soldar, que puede ser plana, horizontal, vertical y sobrecabeza.

1 = apropiado para todas las posiciones

2 = apropiado para filetes horizontales y colocación plana del trabajo

c = dígito que indica la fuente de corriente y la técnica de soldadura: ca, cd polaridad directa, ca polaridad inversa, etc.

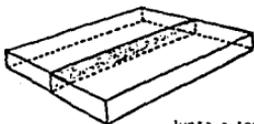
Por ejemplo un electrodo E 7013 es un electrodo con $F_u = 70$ kips/in², que se puede usar en cualquier posición, con ca o cd, y con polaridad directa o inversa.

Para el diseño estructural, la información que interesa es saber si el electrodo es E60, E70, E80, o lo que fuere. Usualmente las ferreterías tienen en existencia electrodos E7014 y E6011 (para todas las posiciones de soldadura para usar corriente ca o cd; el 4 indica que se ha añadido un polvo de hierro al recubrimiento del electrodo, de manera que sea más fácil mantener el arco). En general, los electrodos E70 son los que se usan más en el trabajo estructural, y son compatibles en todos los grados de acero hasta $F_y = 60 \text{ kips/in}^2$.

II-3 TIPOS DE JUNTAS Y SOLDADURAS (2)

Existen cinco tipos de juntas soldadas: A tope, de Esquina, en "T", de Traslape y de Borde o de Orilla, Fig. II-3-1. Además hay tres tipos básicos de soldaduras: de Ranura, de Filete y de Tapón o Botón.

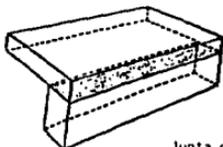
La Sociedad Americana de Soldadura (AWS) ha especificado un conjunto de símbolos que proporcionan los medios para dar, en los dibujos, una información completa en cuanto a la soldadura. Ver Fig. II-3-2. Para una información más detallada sobre el uso de estos símbolos, referirse a la sección 2 de la referencia 17.



Junta a tope

Soldaduras aplicables

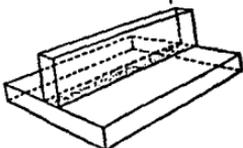
Ranura cuadrada	Ranura en J	17
Ranura en V	Ranura en V-abocardada	
Ranura en bisel	Ranura de bisel-abocardada	
Ranura en U	Extremo doblado	
	Fuerte	



Junta de esquina

Soldaduras aplicables

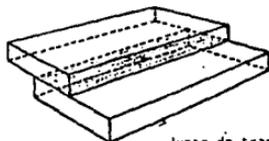
Filete	Ranura de bisel abocardada
Ranura cuadrada	Extremo doblado
Ranura en V	Esquina doblada
Ranura en bisel	Punto
Ranura en U	Proyección
Ranura en J	Costura
Ranura en V-abocardada	Fuerte



Junta en T

Soldaduras aplicables

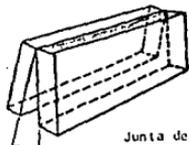
Filete	Ranura en J
Tapón	Ranura de bisel-abocardada
Agujero	Punto
Ranura cuadrada	Proyección
Ranura en bisel	Costura
	Fuerte



Junta de traslape

Soldaduras aplicables

Filete	Ranura en J
Tapón	Ranura en bisel-abocardada
Ranura	Punto
Ranura en bisel	Proyección
	Costura
	Fuerte



0-0,52 rad
(0-30°)

Junta de borde o de orilla

Soldaduras aplicables

Ranura cuadrada	Extremo doblado
Ranura en bisel	Esquina doblada
Ranura en V	Costura
Ranura en U	Borde
Ranura en J	

Figura II-3-1

Tipos de juntas básicas.

SIMBOLOS BASICOS DE SOLDADURA

refuerzo o respaldo	filete	tapón o botón	r a n u r a						
			acuada	v	bisel	u	j	abocinada	abocinada en bisel
SIMBOLOS SUPLEMENTARIOS									
RESPALDO	SEPARADOR	SOLDADURA TODO ALREDEDOR	SOLDADURA DE CAMPO	CONTORNO		Para otros símbolos suplementarios y detalles de soldadura, ver ref. (7)			

LOCALIZACION NORMAL DE LOS ELEMENTOS DE UN SIMBOLO DE SOLDAR

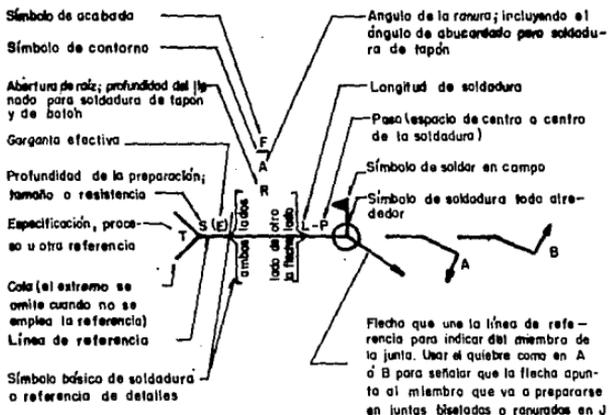


Figura II-3-2

II-4 CAPACIDAD DE SOLDADURA A TOPE

Las maneras en que las diferentes irregularidades de las soldaduras pueden afectar la distribución de esfuerzos, en juntas a tope, pueden ilustrarse mediante el uso de las trayectorias de esfuerzos, Fig. II-4-1, que indican la dirección del esfuerzo principal, el espaciamiento entre dichas trayectorias muestra la magnitud del esfuerzo. Es decir, donde las líneas estén ampliamente espaciadas, el esfuerzo será bajo, y donde estén muy próximas una a otras, el esfuerzo será alto y la falla comenzará precisamente ahí.

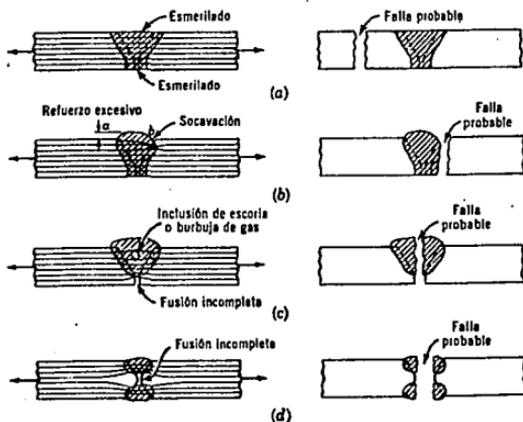


Fig. II-4-1 Localizaciones de las fallas en juntas soldadas a tope

En algunos casos, las propiedades mecánicas del metal de la soldadura puede diferir un poco de las del metal base, y la distribución de esfuerzos no es uniforme.

Las concentraciones de esfuerzos en las esquinas entrantes agudas

de soldaduras a tope que conectan barras de diferente sección transversal, Fig. II-4-2a, reducen la resistencia de dichas conexiones. Para reducir las concentraciones de esfuerzos, debe suministrarse una transición gradual de una a otra sección, Fig. II-4-2b. Mediante resultados obtenidos de especímenes de sección variable soldados a tope, provistas de una transición adecuada, indican que su resistencia de tensión es muy cercana a la de especímenes de sección constante; de manera similar resultados obtenidos en conexiones doble T soldadas a tope, Fig. II-4-3, en donde se elimina la flexión, indican que la resistencia a la tensión es diferente básicamente de la de placas rectas soldadas a tope.

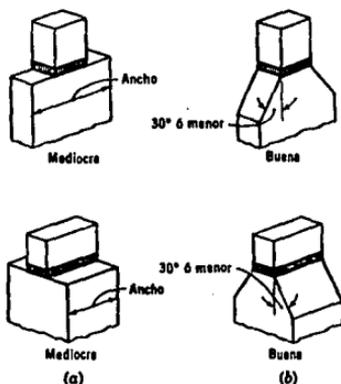


Fig. II-4-2 Transición de las secciones para soldaduras a tope

Los resultados de tensión en especímenes soldados a tope, indican que su resistencia promedio está muy cercana a la resistencia promedio a la tensión del metal base.

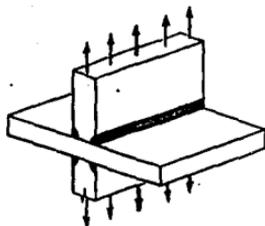


Fig. II-4-3 Conexión soldada a tope en table T

La existencia de imperfecciones en algunos tipos de soldaduras a tope es tan frecuente, que la mejor estimación de su resistencia se obtiene como el producto de la resistencia última del metal base multiplicada por un espesor "efectivo" de la soldadura. Para la mayoría de las soldaduras a tope hechas por un solo lado, el espesor efectivo es el indicado en las Tablas de Juntas Soldadas Precalificadas (3). Para soldaduras a tope con placas de respaldo, o para juntas soldadas a ambos lados, no se hace usualmente ninguna reducción (4).

II-5 CAPACIDAD DE SOLDADURA DE FILETE

Las soldaduras de filete introducen excentricidades en la transmisión de las fuerzas y discontinuidades en la forma de la sección (ver la Figura II-5-1), y debido a éstas la distribución real de esfuerzos es extremadamente compleja.

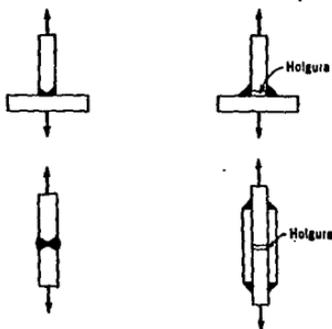


Fig. II-5-1 Soldaduras de filete en comparación con soldaduras a tope

Aunque no puede obtenerse una solución rigurosa para la distribución de esfuerzos en las soldaduras de filete, se pueden deducir valiosos resultados mediante soluciones aproximadas, con base en la teoría de la elasticidad, o por medio de experimentos sobre modelos. Considerando una junta con placas de conexión soldadas con filetes laterales, ver Fig. II-5-2, si el espesor de las placas soldadas es pequeño en comparación de su longitud, puede despreciarse la excentricidad de cada una de las cargas P con respecto a las soldaduras, considerándose que la junta solamente está sujeta a una carga axial de tensión.

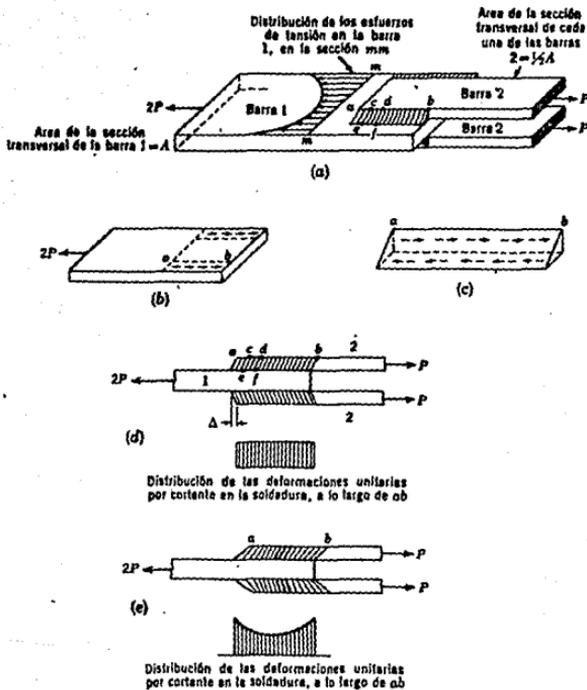


Fig. II-5-2 Distribución de esfuerzos en soldaduras laterales de filete:
 (a) Junta con placas traslapadas y soldaduras laterales de filete, (b) cuerpo libre de una placa, (c) cuerpo libre del filete, (d) placas rígidas y soldaduras elásticas, (e) soldaduras y placas elásticas.

Si se considerasen las placas como rígidas y las soldaduras elásticas, las placas no se deformarían debido a la carga P , sino se desplazaría una con respecto a la otra una distancia Δ , siendo ésta la deformación unitaria por cortante en la soldadura. Esta deformación es constante y por lo tanto, el esfuerzo cortante es constante a lo largo de toda su longitud.

En las estructuras reales las placas nunca son rígidas, y por lo tanto deben tenerse en cuenta sus deformaciones.

La variación real de los esfuerzos de corte en la soldadura y de los de tensión en la placa dependen de las rigideces de las placas en tensión y de la rigidez de la soldadura a cortante. Cuando las placas y las soldaduras se esfuerzan más allá del límite elástico, comportándose más plásticamente, el cortante en la soldadura se hace más uniforme. Bajo cargas estáticas, en o cerca del punto de falla, los esfuerzos en placas y soldaduras están más allá del límite elástico, y la suposición de una distribución uniforme de esfuerzos a lo largo de las soldaduras está más cerca de la realidad que cuando están sujetas a cargas de valores bajos o intermedios.

Se ha verificado en pruebas hechas a la distribución de esfuerzos cortantes en la soldadura de filete, que dentro de los límites elásticos, las deformaciones unitarias en los extremos del filete son mayores que en el centro. Además, muestran que las soldaduras laterales de filete largas tienen menor resistencia última unitaria que las cortas, aunque es pequeña la diferencia debido a la distribución de esfuerzos dentro del rango plástico. También estas pruebas indican que las soldaduras de filete de tamaños grandes tienen menor resistencia última unitaria que las de tamaño pequeño, ya que las soldaduras grandes son más rígidas y causan distribución de esfuerzos menos uniformes y por lo mismo, esfuerzos promedios más bajos.

La determinación de la distribución de esfuerzos en soldaduras

de filete extremas es mucho más compleja que en las laterales, debido a las deformaciones locales en la soldadura y en el material base adyacente. Se han realizado experimentos de esfuerzos en modelos de placa de acero que representan conexiones soldadas, donde los resultados indican que la excentricidad de la conexión reduce la resistencia última de las soldaduras extremas, además los resultados indican que las soldaduras extremas son más o menos 35% más fuertes que las soldaduras laterales, aunque éstas últimas son generalmente más uniformes en sus propiedades de resistencia.

La resistencia nominal última de corte de las soldaduras de filete, se basa en pruebas de especímenes sometidos a tensión pura, donde indican que la falla usualmente ocurre en las soldaduras; el tipo de falla y la resistencia de la soldadura dependen en gran parte de la excentricidad de la carga.

La soldadura de filete que se muestra en la Fig. II-5-3, tiene una sección transversal aproximadamente triangular. Se debe tener cuidado al rellenar las dimensiones de la garganta de una manera adecuada como se muestra en la Fig. II-5-3c. En la mayoría de los casos, se hacen iguales los dos lados de la soldadura, aunque pueden usarse lados desiguales. Si se usan lados iguales para la soldadura de filete, las dimensiones en la garganta representan el área mínima para cortante y se calcula como:

$$T = D \times \cos 45^\circ = 0.7071 D$$

donde: T = dimensión en la garganta

D = dimensión nominal del filete, lado del filete

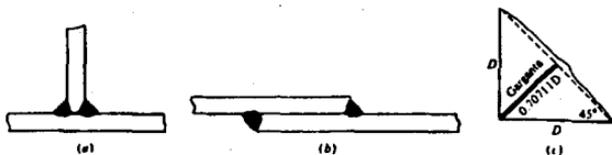


Fig. II-5-3 Area crítica de cortante para soldaduras de filete
a) Soldadura de filete para junta en T. b) Soldadura de filete para junta traslapada. c) Dimensión en la garganta para área mínima de cortante.

II-6 ESFUERZOS PERMISIBLES

Es probable que la junta a tope sea la única que esté sometida a tensión directa. Los esfuerzos permisibles de tensión o compresión para el metal de la soldadura, vienen dados en la Tabla II-6-1. Los esfuerzos permisibles de tensión o compresión para el metal de la soldadura se pueden también tomar como $0.6 F_y$ pero con F_u (electrodo) a $60\ 000\ \text{lb/in}^2$ (E60XX) ó $70\ 000\ \text{lb/in}^2$ (E70XX), los esfuerzos límite son los del metal base. La AWS ha introducido cierta moderación al limitar aún más el F_y del metal base a $42\ 000\ \text{lb/in}^2$ para los electrodos E60 y a $55\ 000\ \text{lb/in}^2$ para los electrodos E70 en el acero de grado estructural.

El esfuerzo cortante permisible para la soldadura de filete está limitado a:

$$F_v = 0.3 F_u \text{ (electrodo)}$$

en las especificaciones del IMCA, pero es necesario siempre comprobar que hay suficiente metal base para resistir los mismos esfuerzos cortantes. En general, el esfuerzo cortante de la soldadura de $0.3 F_u$ (electrodo) produciría mayores esfuerzos cortantes que el $0.4 F_y$ del metal base. Es por esta razón que el esfuerzo cortante del metal base siempre debe revisarse respecto a la especificaciones que se usen.

El esfuerzo cortante máximo en el metal de la soldadura es el valor límite en las conexiones en las que la soldadura esté sujeta a esfuerzos combinados de cortante y tensión.

TABLA II-6-1 ESFUERZOS PERMISIBLES EN LAS SOLDADURAS SEGUN DIVERSAS ESPECIFICACIONES

Tipo de soldadura	Tipo de esfuerzo	Esfuerzo permisible		
		AISC o IMCA	AASHTO	AREA
Ranura, con penetración total	Tensión o compresión, paralela o normal al eje de la soldadura	Igual que el metal base ^a	Igual que el metal base ^a	Igual que el metal base ^a
Ranura, con penetración parcial	Tensión o compresión, paralela o normal al eje de la soldadura	Igual que el metal base	Igual que el metal base	Igual que el metal base
Todas las soldadura de ranura	Cortante	$0.30F_u$ (electrodo)	$0.27F_u$ (electrodo)	$0.35F_u$ (electrodo)
Soldadura de filete ^b	Cortante	$0.30F_u$ (electrodo)	$0.27F_u$ (electrodo)	$0.35F_u$ (electrodo)
Soldadura de tapón y ranura	Cortante	$0.30F_u$ (electrodo)	$0.26F_u$ (electrodo)	$0.35F_u$ (electrodo)

^a El metal tiene que ser compatible con el electrodo: por ejemplo, los electrodos E60 están limitados a un metal base con F_v no mayor de 42 kips/pulg² (290 Mpa); los electrodos E70 para metal base con F_v no mayor de 55 kips/pulg² (380 Mpa); electrodos E80 para F_v no mayor de 65 kips/pulg² (415 Mpa). ^y

^b El esfuerzo cortante se puede limitar por el máximo esfuerzo de la cortante permisible en el metal base ($F_v = 0.4F_v$ en las especificaciones del AISC; $F_v = 0.33F_v$ en las especificaciones de AASHTO; $F_v = 0.35F_v$ en las especificaciones del AREA).

II-7 CONSIDERACIONES DE DISEÑO

ELASTICO - GENERAL.

Las ventajas de las estructuras soldadas es el ahorro considerable de material y una disminución en el manejo y fabricación en el taller.

En cuanto a la resistencia particularmente por fatiga se recomienda utilizar soldadura a tope que soldadura de filete. Aunque por otro lado la soldadura a tope origina esfuerzos residuales más grandes, el gasto para la preparación de los bordes es mayor, e impone limitaciones a las tolerancias en la longitud de las partes.

Las puebas indican que para acero estructural, la resistencia a la fatiga de un empalme soldado a tope, es mayor que la del empalme reforzado con placas aunque su resistencia estática de estas dos conexiones es casi la misma que la de las placas sin soldar, ver Fig. II-7-1.

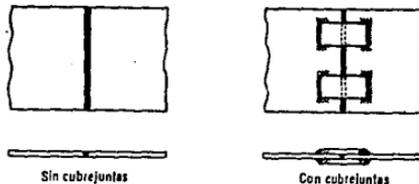


Fig. II-7-1 Empalmes soldados a tope

Deben considerarse otros dos factores como son: la dimensión mínima, para evitar el enfriamiento rápido causado por la fragilidad de la soldadura y la dimensión máxima determinada por limitaciones prácticas para obtener el perfil adecuado de la soldadura.

Para la dimensión mínima se usan como guía los valores del código de la AWS, por el IMCA, AISC y la AASHTO, y aparecen en la Tabla II-7-1.

Tabla II-7-1 Soldadura mínima

Espesor del metal base ^a		Dimensión mínima de la soldadura de filete ^b			
		IMCA o AISC		AASHTO	
in	mm	in	mm	in	mm
$t \leq 1/4$	$t \leq 6$	1/8	3	3/16	5
$1/4 < t \leq 1/2$	$6 < t \leq 13$	3/16	5	3/16	5
$1/2 < t \leq 3/4$	$13 < t \leq 19$	1/4	6	1/4	6
$t > 3/4$	$t > 19$	5/16	8	5/16 ^c	8

^aEl espesor del metal base es el de la parte más gruesa que se va a unir.

^bNótese que el AREA no tiene requerimientos mínimos de soldadura.

^cVeanse las especificaciones de la AASHTO para $t > 1\ 1/2$ in ó 38 mm

La dimensión máxima de las soldaduras de filete en los bordes de partes conectadas no será mayor que el espesor del material unido cuando el espesor es menor de 6 mm (1/4 in). Para espesores mayores, será de 1.6 mm (1/16 in) menos que el espesor, a no ser que el plano indique mayor dimensión.

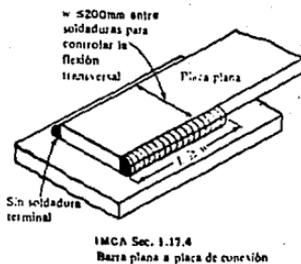
En general, el tamaño mínimo práctico de las soldaduras es de 3/16 in. y en contadas ocasiones 1/8 in. El tamaño más económico es más o menos 5/16 in. que es en general, el tamaño máximo de soldadura

que puede obtenerse manualmente en una sola pasada. La relación de costo a resistencia aumenta rápidamente con el incremento del tamaño.

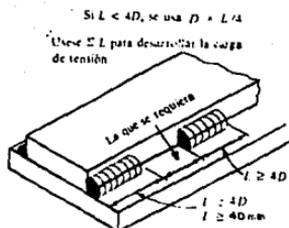
Generalmente es más económico el uso de una soldadura pequeña y continua en vez de una soldadura grande e intermitente, cuando ambas se depositan en una pasada. Cuando se usan soldaduras intermitentes, es bueno espaciarlas a una distancia igual cuando menos a su propia longitud; de otro modo es mejor emplear una soldadura continua.

Para el diseño de puentes no pueden usarse las soldaduras intermitentes para la transmisión de los esfuerzos calculados, en cambio para la transmisión de los esfuerzos calculados en edificios, en donde son despreciables los efectos de la fatiga, pueden usarse las soldaduras intermitentes.

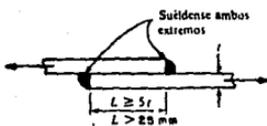
En las especificaciones existen otras limitaciones concernientes al diseño de conexiones soldadas las cuales se muestran en la Fig. II-7-2, si en conexiones extremas se usan solamente soldaduras longitudinales de filete, esta longitud de cada soldadura no debe ser menor que el ancho máximo del miembro. También los filetes de soldadura que terminen en los extremos o en los lados, deben continuarse doblando a lo largo de las esquinas, por una distancia no menor que el doble del tamaño nominal de la soldadura. Esta longitud extra (remate) puede incluirse en la longitud efectiva de la soldadura.



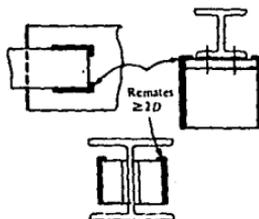
IMCA Sec. 1.17.4
Barra plana a placa de conexión



IMCA Sec. 1.17.5
Dimensiones de las soldaduras intermitentes



IMCA Sec. 1.17.6
Juntas de traslape



IMCA Sec. 1.17.7
Diversos remates

Fig. II-7-2 Especificaciones varias del IMCA para conexiones soldadas.

Como estas especificaciones se encuentran en el Structural Welding Code de la AWS, se deben seguir, en general, por el AASHTO y el AREA.

Diseño Plástico.— Todas las conexiones para una estructura que esté dimensionada sobre una teoría del diseño plástico deben ser capaces de resistir los momentos cortantes y fuerzas axiales que actúen sobre ellas como resultado de las cargas últimas aplicadas. Por lo tanto, las soldaduras deben dimensionarse para resistir las fuerzas producidas por la carga última, usando esfuerzos unitarios incrementados de conformidad con ésta.

Para los esfuerzos de soldaduras a tope, se supone que el metal de aportación es capaz de desarrollar la resistencia de fluencia a la tensión del metal base, en el área mínima de la garganta.

Para los esfuerzos en soldaduras de filete se supone que la soldadura es capaz de desarrollar cuando menos el esfuerzo de fluencia al cortante del metal de aportación en el área mínima de la garganta. Se obtiene un valor seguro de diseño multiplicando el esfuerzo permisible elástico de la soldadura por la relación de F_y/F_u , donde: F_y es el esfuerzo de fluencia mínimo especificado y F_u es la resistencia mínima a la ruptura por tensión especificada para el metal base.

II-7.1 ESFUERZOS EN SOLDADURAS DE FILETE CARGADOS CONCENTRICAMENTE

El esfuerzo crítico en una soldadura de filete siempre se considera como un esfuerzo cortante y puede ocurrir en dos direcciones: 1.- Paralela al eje de la soldadura, ó 2.- Transversal al eje de la soldadura. Por lo tanto, las fuerzas de tensión, compresión y momento que actúan sobre una junta de soldadura de filete siempre se resuelven en base al cortante de la garganta de la soldadura.

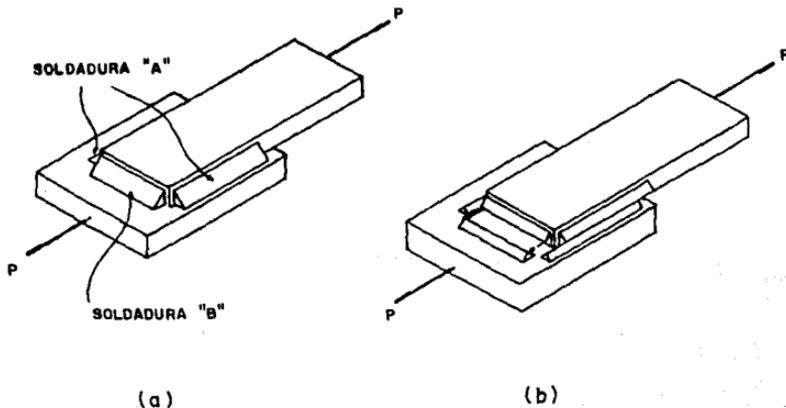


Fig. II-7-3

La Fig. II-7-3 muestra una junta de traslape de soldadura de filete con las soldaduras A en cortante paralelo y la soldadura B en cortante transversal. Si las cargas P se incrementan lo suficiente para exceder la capacidad total de estas soldaduras, la ruptura ocurrirá en los planos de menor resistencia. Tal como se muestra en la Fig. II-7-3b, esto tiene lugar en las gargantas de la soldadura, donde se presenta la menor área de la sección.

Consecuentemente, para propósitos de diseño, el área efectiva de una soldadura de filete se supone como el área teórica de la garganta, calculada como el producto del tamaño de la garganta y la longitud de la soldadura. En una soldadura de filete típica (lados iguales), la garganta forma un ángulo de 45 grados con los lados (catetos) y el área de la garganta efectiva igual a $0.707 D L$, donde D es la dimensión y L es la longitud de la soldadura.

La capacidad de una soldadura de filete es igual al producto del área de la garganta efectiva y el esfuerzo cortante unitario permisible F_v requerido por las especificaciones. De manera similar, la capacidad de un grupo de soldaduras de filete cargado concéntricamente es la suma de las capacidades de cada soldadura de filete en el grupo.

El esfuerzo cortante unitario permisible para soldaduras de filete requerido por la Sección 1.5.3 de las Especificaciones del IMCA es:

$$F_v = 0.3 F_u$$

donde F_u = Resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura, kg/cm^2

$$= 4\ 920\ \text{kg/cm}^2, \text{ para electrodos E70XX}$$

$$= 4\ 220\ \text{kg/cm}^2, \text{ para electrodos E60XX}$$

Suponiendo que el valor F_v es apropiado para el acero que será soldado, la capacidad de una soldadura de filete al cortante, P, se puede expresar como:

$$P = 0.707 D L F_v$$

Esta solución se puede simplificar utilizando capacidades de soldadura por unidad de longitud precalculados, para varias dimensiones de soldadura.

Sea f_R el valor al cortante de un milímetro de longitud de una soldadura de filete de dimensión D. Entonces

$$\begin{aligned} f_R &= 0.707 D F_v \\ &= 0.0104369 D t/\text{mm}, \text{ para electrodos E70XX} \end{aligned}$$

La Tabla II-7-2 registra los valores de f_R para soldaduras de filete de varias dimensiones para las capacidades de electrodos E60 y E70.

Tabla II-7-2 Espesor mínimo de material para dimensiones de soldadura de filete y valores permisibles de f_R , en kg por mm lineal

Dimensión de soldadura (mm)	Espesor Máximo en el que puede usarse la Dimensión Especificada* (mm)	Valores permisibles de f_R (kg/mm lineal)	
		Edificios IMCA-AISC-AWS	
		49.2 kg/mm ² E70XX	42.2 kg/mm ² E60XX
3	6	31.31	26.86
5	13	52.18	44.76
6	19	62.62	53.71
8	38	83.50	71.62
10	--	104.37	89.52
13	--	135.68	116.38
16	--	166.99	143.23

* La dimensión de la soldadura no necesita exceder al espesor de la parte más gruesa conectada a menos que se requiera de una dimensión mayor por los esfuerzos calculados.

II-7.2 ESFUERZOS EN SOLDADURAS DE FILETE EXCÉNTRICAMENTE CARGADOS

II-7.2.1 CENTRO DE GRAVEDAD SOBRE EL EJE NEUTRO

Quando la carga, P , aplicada no pasa por el centro de gravedad de una soldadura o un grupo de soldaduras, se produce un momento, M . Este momento es igual a la carga, P , por el brazo de excentricidad, e . Las soldaduras más alejadas del centro de gravedad son las más altamente esforzadas.

El esfuerzo máximo debido al momento y el esfuerzo uniforme que se calcula dividiendo la carga aplicada entre la longitud efectiva total de la soldadura, se consideran como componentes de un solo esfuerzo resultante. El valor de esta resultante, f_R , no debe exceder el valor permisible, F_R , de la dimensión de soldadura dada.

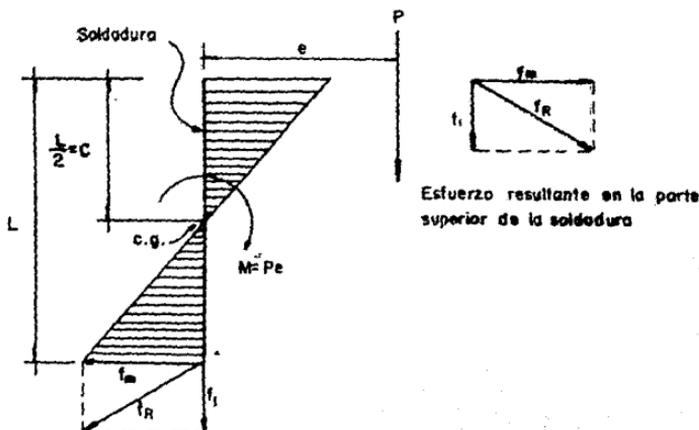


Fig. II-7-4

Considerando una soldadura recta de longitud L , cargada excéntrica mente, como se muestra en la Fig. II-7-4. El momento, P_e , tiende a hacer girar a la soldadura respecto a su centro de gravedad. La resistencia a esta rotación es nula en el centro de gravedad y máxima en la porción de soldadura más alejada del mismo.

Los distintos componentes aplicados a la soldadura son tratados como cargas por milímetro lineal de soldadura.

Así es que, el cortante distribuido uniformemente por milímetro de longitud de soldadura, debido a la carga aplicada es:

$$f_1 = \frac{P}{L}$$

y el cortante máximo por milímetro de longitud de soldadura debido al momento es:

$$f_m = \frac{M \cdot c}{I} = \frac{M}{I/c}$$

Dado que $M = P_e$ y que I/c es el módulo de sección, S .

$$f_m = \frac{M}{S} \quad \text{o} \quad \frac{P_e}{S}$$

Por conveniencia en el cálculo del esfuerzo en la soldadura como una carga por milímetro, la soldadura se trata como una línea. Esta línea tiene una longitud L y un eje de rotación para el momento respecto a su centro de gravedad (c.g.) localizado a $L/2$ desde cualquier extremo.

En la Fig. II-7-4, $c = L/2$ y el momento de inercia $I = L^3/12$.

Entonces el módulo de sección es

$$S = \frac{I}{c} = \frac{L^3/12}{L/2} = \frac{L^2}{6}$$

El cortante máximo por milímetro de longitud de soldadura debido al momento puede escribirse como

$$f_m = \frac{P e}{L^2/6}$$

Habiendo establecido expresiones para los dos componentes, la resultante puede escribirse como

$$f_R = \sqrt{(f_1)^2 + (f_m)^2}$$

y el valor permisible al cortante para una soldadura de dimensión D es

$$\begin{aligned} F_R &= 0.7071 \times D \times 0.3 F_u \\ &= 0.2121 D f_u \\ &= 0.0104369 D \text{ para electrodos E70XX} \end{aligned}$$

Comúnmente dos o más segmentos de soldadura que forman una junta están colocados de tal manera que el centro de resistencia a la rotación del grupo de soldaduras no está en el eje de ningún segmento. El grupo de soldaduras mostrado en la Fig. II-7-5 es un ejemplo típico de esta condición. Cuando este es el caso, se traza una línea recta desde el centro de gravedad del grupo de soldaduras hasta el punto de esfuerzo máximo, generalmente el punto más alejado (5), por ejemplo la línea c en la Fig. II-7-5b.

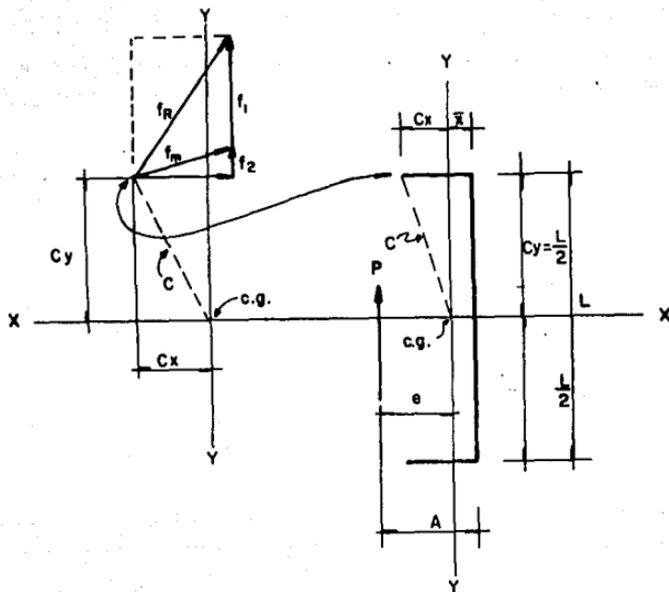


Fig. II-7-5

Esta línea no será paralela ni perpendicular a la carga aplicada. La dirección del esfuerzo f_m debido a la carga excéntrica es perpendicular a la línea c . Para simplificar la solución de este tipo de problema, el esfuerzo f_m es reemplazado por un componente horizontal f_3 y un componente vertical f_2 . Los componentes f_1 (de la carga directa) y f_2 (del momento) están en la misma dirección y pueden sumarse. El esfuerzo total o resultante por unidad de longitud es $F_R = \sqrt{(f_1 + f_2)^2 + (f_3)^2}$, como se muestra gráficamente en la Fig. II-7-5.

II-7.2.2 CENTRO DE GRAVEDAD FUERA DEL EJE NEUTRO

La experiencia de diseño ha demostrado, que situar el centro de resistencia a la rotación en el centro de gravedad, de las soldaduras o grupo de soldaduras, no proporciona valores reales para algunos casos. Por lo tanto, cuando el arreglo del material de conexión o la aplicación de la carga lo garantiza, se hacen suposiciones arbitrarias en la localización del eje neutro.

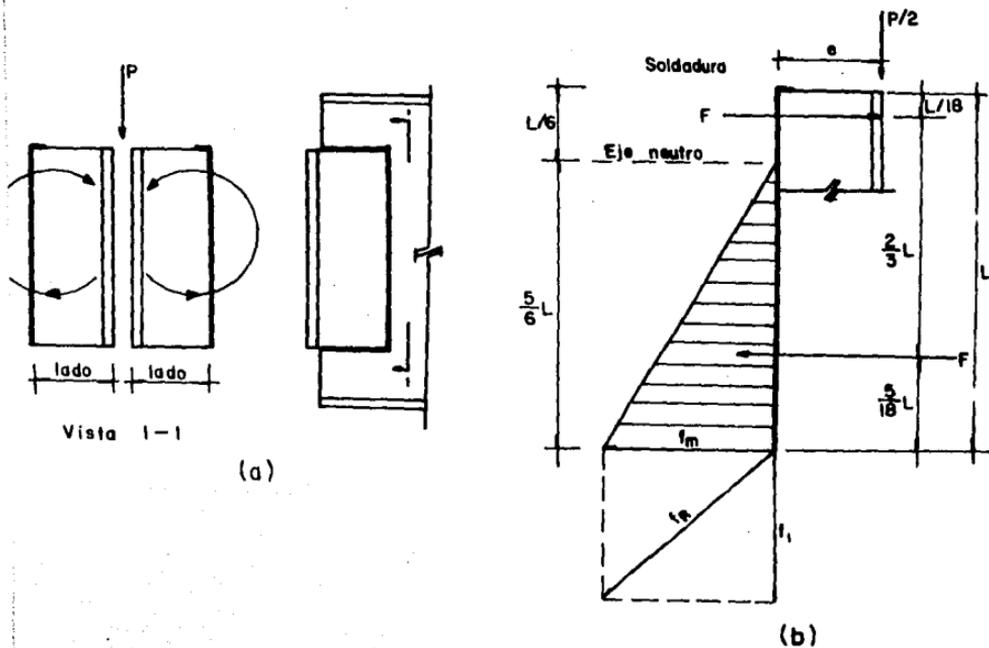


Fig. II-7-6

Por ejemplo, cuando la carga P se aplica a los ángulos de conexión mostrados en la Fig. II-7-6a, ésta produce una acción de giro en los dos ángulos. Esto tiende a comprimir los ángulos en su parte superior contra el alma de la viga y a separarse de ésta en la parte inferior (vista 1-1). Este giro está restringido por un área, relativamente pequeña, a compresión arriba y por un cortante en las soldaduras, que se incrementa al máximo, abajo. Para representar esto, el eje neutro para flexión se supone estar a una distancia de $1/6$ de la longitud de las soldaduras verticales bajo el extremo superior, como se muestra en la Fig. II-7-6b.

Para simplificar la solución, las fuerzas bajo el supuesto eje neutro son reemplazados por una fuerza total, F , que se aplica en el centroide de la configuración triangular de esfuerzos.

$$F = \frac{1}{2} f_m \frac{5}{6} L$$

La fuerza F forma un par con una fuerza igual y opuesta localizada sobre el eje neutro. Este par proporciona el momento resistente a la carga excéntrica. Si se conoce el momento y la longitud de la soldadura, los valores de F y f_m se pueden calcular.

$$\text{Momento (cada soldadura)} = \frac{P}{2} e = D \frac{2}{3} L$$

También

$$F = \frac{1}{2} f_m \frac{5}{6} L$$

Por lo tanto

$$\frac{P}{2} e = \frac{1}{2} f_m \frac{5}{6} L \frac{2}{3} L$$

y

$$f_m = \frac{9 P e}{5 L^2}$$

Fuerza cortante vertical, f_1

$$f_1 = \frac{P}{2L}$$

Fuerza Resultante, f_R :

$$f_R = \sqrt{(f_1)^2 + (f_m)^2}$$

Dimensión de soldadura requerida, D:

$$D = \frac{f_R}{0.7071 \times 0.3 \times F_u}$$

$$= \frac{f_R}{10.4369} \quad \text{para electrodos E70XX (} f_u = 4902 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

P en kg

$$= \frac{f_R}{0.0104369} \quad \text{P en t}$$

II-7.2.3 METODO DEL ESFUERZO ULTIMO

Tradicionalmente el Manual del AISC ha recomendado, para el análisis de soldaduras cargadas excéntricamente, el método expuesto de análisis de vectores (6). Este método, aunque proporciona una aproximación simple y conservadora, no da un factor de seguridad consistente y en algunos casos resulta en diseños de conexiones excesivamente conservadoras. De hecho en la última edición del Manual AISC se recomienda el cálculo de este tipo de soldaduras mediante el uso de Tablas de Cargas Excéntricas en Grupos de Soldaduras y que son presentadas en el mismo manual (7).

Estas tablas fueron diseñadas en base a un nuevo método del Esfuerzo Ultimo desarrollado por L.J. Butler, S.Pal y G.L. Kulak (8) el cual se apoya en pruebas realizadas para comparar los resultados calculados por el método con la experimentación. Las resistencias calculadas variaron entre valores 9.3% más altas y 9.5% más bajas que las resistencias obtenidas de la experimentación. Estas tablas

presentan un coeficiente, c , para distintos arreglos de soldaduras y excentricidades, obteniéndose la carga permisible P mediante la aplicación de una simple fórmula. Para obtener este coeficiente c se requirieron de muchos pasos intermedios entre los valores obtenidos por el método mencionado y los proporcionados por la tablas (9). Estos incluyeron factores apropiados de correlación, la aplicación de un factor de seguridad aceptable, el uso de límites superiores en puntos de esfuerzo crítico en el grupo para prevenir sobreesfuerzos en el metal de aportación, ajustes debidos al tipo de electrodos usados en las pruebas, a los tamaños de filete, y finalmente para prevenir que el esfuerzo en cualquier elemento de la soldadura excediese al esfuerzo permisible como lo requiere la Sección 1.5.3 de las Especificaciones del AISC.

Para obtener la capacidad del grupo de soldaduras cargado excéntricamente:

$$P = C C_1 D L$$

donde

P = carga permisible, kips

C = coeficiente tabulado

C_1 = coeficiente para el electrodo usado

$$= \frac{F_u (\text{electrodo}), \text{ksi}}{70 \text{ ksi}}$$

= 1.0 para electrodos E70XX

L = Longitud de la soldadura vertical, in

D = Número de dieciseisavos de pulgada en la dimensión de la soldadura

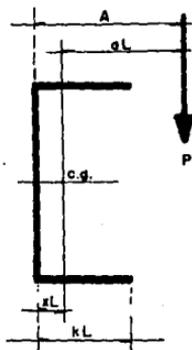
Si se desea hacer uso de estas tablas para obtener resultados en unidades del sistema métrico

$$P = \frac{C C_1 D L}{88.89} \quad \text{--- (II-7-1)}$$

donde

TABLA II-7-3

COEFICIENTES C



P = CARGA EXCENTRICA PERMISIBLE, t

A = DISTANCIA ENTRE LA SOLDADURA VERTICAL Y P , mm

aL = $L(a+x)$

L = LONGITUD DE LA SOLDADURA VERTICAL, mm

kL = LONGITUD DE LA SOLDADURA HORIZONTAL, mm

xL = DISTANCIA ENTRE LA SOLDADURA VERTICAL Y EL CENTRO DE GRAVEDAD DEL GRUPO DE SOLDADURAS, mm

$$C = \frac{(kL)^2}{L + 2kL} = \frac{k^2}{1 + 2k} L$$

a	k															
	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
0.06	0.835	0.893	1.05	1.22	1.40	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.84	3.21	3.58	3.95	4.32
0.08	0.820	0.895	1.06	1.23	1.41	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.85	3.21	3.58	3.94	4.31
0.10	0.804	0.902	1.07	1.24	1.41	1.59	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.83	3.20	3.56	3.92	4.28
0.15	0.753	0.895	1.06	1.22	1.39	1.56	1.73	1.90	2.07	2.24	2.42	2.76	3.11	3.46	3.81	4.16
0.20	0.693	0.865	1.02	1.18	1.34	1.50	1.67	1.83	1.99	2.16	2.32	2.65	2.99	3.32	3.66	4.00
0.25	0.630	0.823	0.972	1.12	1.28	1.43	1.59	1.74	1.90	2.06	2.21	2.53	2.85	3.18	3.51	3.84
0.30	0.570	0.750	0.917	1.06	1.21	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.41	2.72	3.04	3.36	3.68
0.40	0.469	0.627	0.803	0.934	1.07	1.20	1.33	1.47	1.61	1.74	1.89	2.17	2.47	2.77	3.08	3.39
0.50	0.393	0.529	0.666	0.819	0.937	1.06	1.18	1.30	1.43	1.56	1.69	1.96	2.24	2.53	2.83	3.13
0.60	0.336	0.453	0.574	0.721	0.829	0.939	1.05	1.17	1.28	1.40	1.53	1.78	2.05	2.32	2.61	2.90
0.70	0.293	0.395	0.502	0.611	0.739	0.839	0.942	1.05	1.16	1.27	1.39	1.63	1.88	2.14	2.41	2.69
0.80	0.259	0.349	0.444	0.543	0.664	0.756	0.852	0.950	1.05	1.16	1.27	1.49	1.73	1.98	2.24	2.51
0.90	0.232	0.312	0.398	0.488	0.602	0.687	0.775	0.867	0.962	1.06	1.16	1.38	1.60	1.84	2.09	2.36
1.00	0.209	0.282	0.360	0.442	0.550	0.629	0.711	0.796	0.885	0.978	1.07	1.28	1.49	1.72	1.96	2.21
1.20	0.176	0.236	0.302	0.372	0.445	0.536	0.608	0.683	0.762	0.844	0.929	1.11	1.31	1.52	1.74	1.97
1.40	0.151	0.203	0.260	0.320	0.384	0.466	0.530	0.597	0.667	0.741	0.818	0.985	1.17	1.36	1.56	1.78
1.60	0.132	0.178	0.228	0.281	0.338	0.412	0.469	0.529	0.593	0.660	0.731	0.883	1.05	1.22	1.41	1.61
1.80	0.118	0.158	0.203	0.250	0.301	0.369	0.420	0.475	0.533	0.595	0.660	0.799	0.951	1.11	1.29	1.47
2.00	0.106	0.142	0.182	0.225	0.272	0.334	0.381	0.431	0.484	0.541	0.601	0.730	0.870	1.02	1.18	1.35
2.20	0.097	0.129	0.166	0.205	0.247	0.305	0.348	0.394	0.444	0.496	0.552	0.671	0.802	0.942	1.09	1.26
2.40	0.089	0.119	0.152	0.188	0.227	0.280	0.320	0.363	0.409	0.458	0.510	0.621	0.743	0.874	1.01	1.16
2.60	0.082	0.110	0.140	0.174	0.210	0.259	0.297	0.337	0.380	0.425	0.474	0.578	0.692	0.815	0.946	1.09
2.80	0.076	0.102	0.130	0.161	0.195	0.242	0.277	0.314	0.354	0.397	0.442	0.540	0.647	0.763	0.886	1.02
3.00	0.071	0.095	0.122	0.151	0.182	0.226	0.259	0.294	0.332	0.372	0.415	0.507	0.608	0.717	0.834	0.958

P = Carga permisible, t

C = coeficiente tabulado

C_1 = Coeficiente para el electrodo usado

$$= \frac{F_u \text{ (electrodo), kg/cm}^2}{4920 \text{ kg/cm}^2}$$

L = Longitud de la soldadura vertical, mm

D = Dimensión de la soldadura, mm

Las Tablas de Cargas Excéntricas en Grupos de Soldaduras, presentadas en el manual del AISC, abarcan varias combinaciones de aplicación de la carga y geometría del grupo de soldaduras, sin embargo para el presente trabajo solo fue necesario utilizar el caso de la figura y de los valores que aparecen en la Tabla II-7-3 y que fueron tomados de la Tabla XXIII del manual del AISC (6).

II-7.3 VIGAS CORTADAS EN LOS PATINES CON CONEXIONES SOLDADAS AL ALMA

Cuando una viga con conexiones soldadas al alma es cortada en los patines, se requiere de ciertas especificaciones y juicios para asegurar que las capacidades de flexión y cortante sean adecuados en el diseño y los detalles de las conexiones.

II-7.3.1 ANALISIS DEL CORTANTE DE CONJUNTO

El alto esfuerzo cortante permitido en conexiones soldadas requiere un análisis de cortante de conjunto cuando la viga es cortada en el patín superior o en ambos patines.

La Fig. II-7-7a ilustra el modelo de cortante de conjunto de una conexión soldada en una viga que está cortada en el patín superior únicamente. El modelo se basa en experimentos que han indicado que

la fluencia por cortante está acompañada por una falla por tensión que se aproxima a una distribución triangular. Este modelo se considera conservador.

Las vigas de igual peralte (o parecido) muchas veces están cortadas en los patines superior e inferior creando la situación del modelo de la Fig. II-7-7b (11).

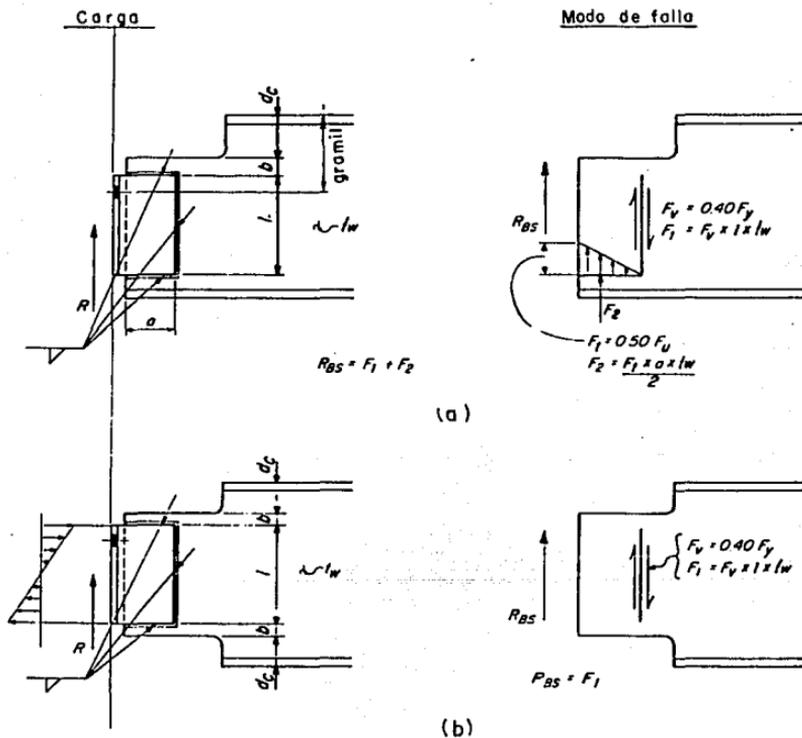


Fig. II-7-7 Conexión soldada. (a) Viga cortada en el patín superior
(b) Viga cortada en los patines superior e inferior

II-7.3.2 ANALISIS DE FLEXION Y PANDEO LOCAL

Cualquier viga que esté cortada en los patines debe revisarse para su capacidad a la flexión a través de la sección reducida. El esfuerzo crítico comúnmente estará en el extremo del corte. El esfuerzo permisible puede reducirse debido al pandeo local en el área comprimida de la sección cortada.

El AISC recomienda el siguiente método de análisis de vigas cortadas en el patín superior únicamente (12) y se basa en las investigaciones hechas en la Universidad de Texas en Austin bajo la dirección del Dr. Joseph A. Yura. La solución se basa en una reducción del esfuerzo permisible y estará representada por las ecuaciones II-7-2, II-7-3 y II-7-4 y es aplicable para condiciones de $c \leq 2d$ y $dc \leq d/2$, ver Fig. II-7-8.

$$F_b = \frac{F_{cr}}{1.67} = \frac{\pi^2 E}{12 (1 - \nu^2)} \frac{t_w^3}{h_o} \times \frac{f k}{1.67}$$

donde E = Módulo de elasticidad del acero

$$= 2\,039\,000 \text{ kg/cm}^2$$

ν = Relación de Poisson = 0.3

f = Factor de concentración de esfuerzos

k = Coeficiente de pandeo de placas

t_w = Espesor del alma de la viga, cm o mm

h_o = Peralte de la sección te reducida, cm o mm

Entonces:

$$F_{bp} = 1\,103\,800 f k \frac{t_w^3}{h_o} < 0.6 F_y \quad \text{--- (II-7-2)}$$

= Esfuerzo permisible debido al pandeo, kg/cm^2

donde

$$k = 2.2 \frac{h_0}{c}^{1.65} \quad \text{para } \frac{c}{h_0} \leq 1.0 \quad (\text{II-7-3})$$

$$k = 2.2 \frac{h_0}{c} \quad \text{para } \frac{c}{h_0} \geq 1.0$$

$$f = 2 \frac{c}{d} \quad \text{para } \frac{c}{d} \leq 1.0$$

(II-7-4)

$$f = 1 + \frac{c}{d} \quad \text{para } \frac{c}{d} \geq 1.0$$

La reacción permisible (R) será

$$R = \frac{F_{bp} St}{c}$$

donde St = Módulo de sección de la te, cm³

c = Distancia de la reacción a la sección crítica, cm

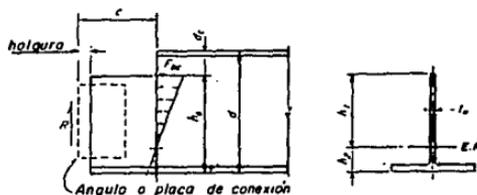


Fig. II-7-8

El método anterior solo es aplicable a una viga cortada en el patín superior. Una viga cortada en ambos patines es aún más susceptible a pandearse en la zona a compresión de los cortes, por estar sujeta tanto a cortante como a flexión. También tendrá un módulo de sección muy reducido.

En ausencia de investigaciones y pruebas específicas de este problema, se recomienda que la viga cortada en los dos patines se analice y diseñe de acuerdo con la Sección 1.9 y las Fórmulas (C2-3) y (C2-4) del Apéndice C de las Especificaciones del IMCA. En esta instancia, la parte del alma no atiesada sujeta a compresión debida a flexión, por ejemplo, la parte que está arriba del eje neutro, se considera como el elemento sobresaliente en compresión. El valor de b/t puede incrementarse añadiendo placas de refuerzo.

Si una placa de refuerzo no da un resultado satisfactorio, será necesario atiesar el extremo cortado de acuerdo con la Sección 1.9 de las Especificaciones del IMCA y Secciones C3 y C4 del Apéndice C del IMCA (13).

II-7.4 CORTANTE EN EL ALMA DE LA COLUMNA EN CONEXIONES DE VIGA A COLUMNA (14)

Cuando dos o más miembros estructurales están rígidamente unidos y tienen sus almas en un plano común, el esfuerzo cortante puede ser grande (15), ver Fig. II-7-9.

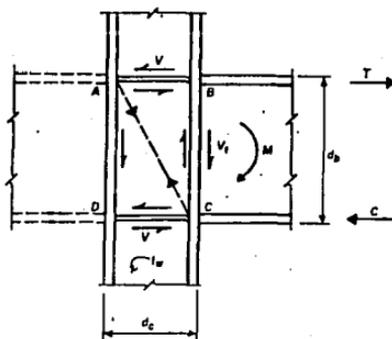


Fig. II-7-9

Se supone que los momentos flexionantes son soportados por los patines y el cortante es tomado por el alma. La distancia entre los centroides de los patines es aproximadamente $0.95d_b$. Además se considera que el cortante extremo de la viga V_1 se convierte en parte de la carga de compresión de la columna una vez que el alma de la viga es descargada en la columna a través del patín.

La fuerza del patín es:

$$T = C = M/(0.95 d_b)$$

La capacidad a cortante máxima de la columna a través de la Sección A-B o C-D es:

$$V_{perm.} = 0.4 F_y t_w d_c \text{ (esfuerzo de trabajo)}$$

Para determinar el espesor del alma de la columna requerido para soportar la fuerza axial T o C, igualar $V = T = C$. Entonces,

$$F_y t_w \text{ req. } d_c = M/(0.95 d_b)$$

y despejando el espesor de alma requerido

$$t_w \text{ req.} = \frac{M}{0.95 d_b \times 0.4 F_y d_c}$$

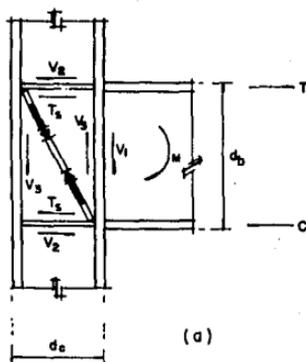
donde M = momento elástico basado en cargas de trabajo.

Definiendo al producto $d_c \times d_b$ como A_{bc}

$$t_w \text{ req.} = 2.63 M/(F_y A_{bc})$$

Si el $t_w \text{ req.}$ excede al t_w de la columna, es necesario reforzar al alma mediante el uso de placas dobles (16), o de atiesadores diagonales.

ATIESADORES DIAGONALES - En la Fig. II-7-9 se observa que los esfuerzos cortantes vertical y horizontal crean un esfuerzo de compresión diagonal en el alma de la columna. Esto sugiere lo práctico de colocar un refuerzo diagonal para "armar" el pánel de la columna. Estos atiesadores resisten como diagonales a compresión con articulaciones en las esquinas, del pánel, interiores A y C. Dado que el alma de la columna tiene una capacidad de carga predecible, la diagonal se dimensiona para soportar las fuerzas que excedan esta capacidad. La diagonal reforzará el alma de la columna contra pandeo y únicamente se requiere de una unión nominal al alma para dicho propósito. La fuerza total en los atiesadores debe ser desarrollada en cada extremo mediante el uso de soldaduras de filete o de penetración. El refuerzo diagonal se usa preferentemente por pares para evitar cargas excéntricas en la columna.



$$T = V_2 = \frac{M}{0.95 d_b}$$

$$V_3 = \frac{M}{0.95 d_c}$$

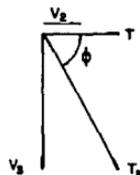


Fig. II-7-10

El arreglo de atiesadores y fuerzas en consideración está ilustrado en la Fig. II-7-10. Las ecuaciones y distribuciones necesarias fueron desarrolladas como se describe a continuación.

Por equilibrio estático, la fuerza axial T debe ser resistida por el alma de la columna a cortante y la componente horizontal del atiesador diagonal:

$$T = \text{Valma} + (T_s \times \cos \phi)$$

$$T = M/0.95 d_b$$

$$\text{Valma} = F_v \times t_w \times d_c$$

$$T_s = A_s \times F_a$$

donde

$$A_s = \text{área del refuerzo diagonal, en mm}^2$$

$$F_a = \text{esfuerzo de compresión axial permisible, t/mm}^2$$

$$M = \text{momento, t-mm}$$

$$M/0.95 d_b = (F_v \times t_w \times d_c) + (A_s \times F_a \times \cos \phi)$$

Despejando el área del refuerzo:

$$A_s = \frac{1}{\cos \phi} \frac{M}{0.95 d_b \times F_a} - \frac{F_v \times t_w \times d_c}{F_a}$$

Para el esfuerzo permisible o de trabajo, sea $F_a = 0.6F_y$ y $F_v = 0.4 F_y$. Entonces:

$$A_s = \frac{1}{\cos \phi} \frac{M}{0.95 d_b \times 0.6F_y} - \frac{0.4 F_y \times t_w \times d_c}{0.6 F_y}$$

Para fines prácticos (17), sea $A_s = F/F_y$ y $\cos \phi = d_c / \sqrt{d_c^2 + d_b^2}$

$$\frac{F}{F_y} = \frac{\sqrt{d_c^2 + d_b^2}}{d_c} \frac{M}{0.95 d_b \times 0.6 F_y} - \frac{0.4 \times t_w \times d_c}{0.6}$$

Sustituyendo la ecuación de la t_w requerida:

$$F = F_y \sqrt{d_c^2 + d_b^2} (t_{wreq} \times 0.4/0.6 - t_w \times 0.4/0.6)$$

Finalmente:

$$F = 0.67 F_y \sqrt{d_c^2 + d_b^2} (t_{wreq} - t_w) \text{ ————— (II-7-5)}$$

II-7.5 TRANSMISION BASICA DE FUERZAS A TRAVES DE UNA CONEXION VIGA A COLUMNA (18)

Una fuerza aplicada transversal o perpendicularmente a un miembro se transmite casi totalmente a las porciones de ese miembro que se encuentran paralelas a dicha fuerza. Ver Fig. II-7-11.

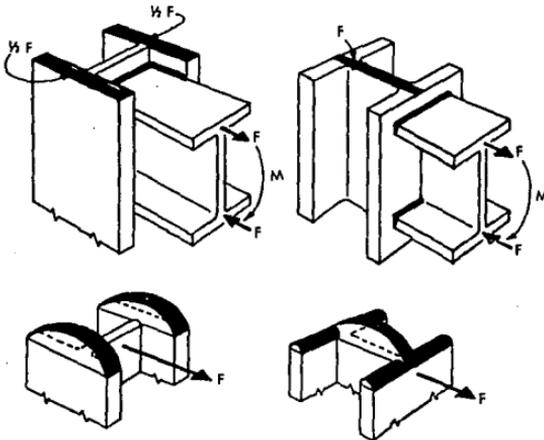


Fig. II-7-11

En el diseño de algunas conexiones, la porción de esta fuerza (F) transmitida a cualquier elemento del miembro compuesto se ha supuesto proporcional a la rigidez o momento de inercia de este elemento comparado al total. Ver. Fig. II-7-12.

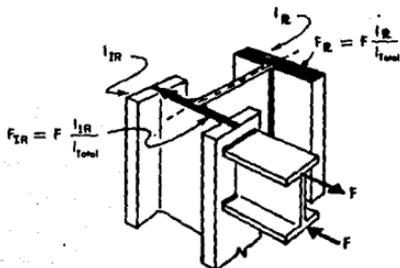


Fig. II-7-12

Una fuerza axial en un miembro puede transmitirse hacia afuera en un extremo como una fuerza axial (esfuerzo normal, de tensión o compresión) u oblicuamente en un miembro adyacente como cortante.

TRANSMISION DE TENSION

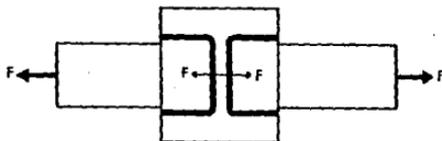


Fig. II-7-13

La fuerza de tensión del patín de la viga de la derecha se transmite directamente como tensión a través del atiesador de la derecha, al alma de la columna, al atiesador de la izquierda y al patín de la viga opuesta.

Las soldaduras al alma y patines de la columna deben diseñarse para esta fuerza. A pesar de que la longitud total de soldadura en el atiesador será calculada para esta fuerza, en realidad gran parte de la fuerza será tomada por la soldadura transversal entre el atiesador y el alma de la columna. Bajo la carga última, se puede suponer que la porción transversal llegue a la fluencia y la fuerza sea distribuida uniformemente.

TRANSMISION DE CORTANTE

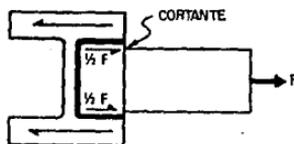


Fig. II-7-14

La fuerza de tensión del patín de la viga se transmite directamente como tensión al atiesador y después como cortante a los patines de la columna.

Las soldaduras paralelas a los patines de la columna deben diseñarse para esta fuerza. A menos que otro atiesador se coloque en el lado opuesto del alma de la columna para apoyar a este atiesador.

TRANSMISION DE TENSION

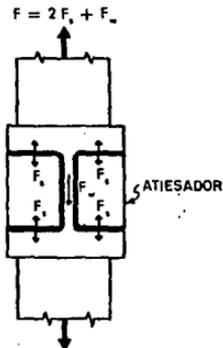


Fig. II-7-15

La fuerza de tensión del patín de la viga se transmite directamente como tensión a través de ambos atiesadores y el alma de la columna al patín de la otra viga.

Las soldaduras transversales entre los patines de la columna y los atiesadores deben diseñarse para esta fuerza (F) menos aquella que pasa directamente del patín al alma.

Las soldaduras paralelas entre los atiesadores y el alma de la columna no transmiten fuerza. La porción a compresión de la conexión de la viga se mantendrá atiesada contra pandeo.

TRANSMISION DE CORTANTE

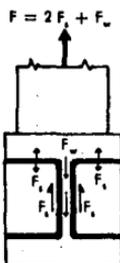


Fig. II-7-16

La fuerza de tensión del patín de la viga se transmite directamente como tensión a los atiesadores y al alma de la columna. La fuerza de tensión en los atiesadores se transmite después como cortante a través de las soldaduras paralelas al alma de la columna.

Las soldaduras transversales entre el patín de la columna del lado de la viga y los atiesadores deben ser diseñadas para esta fuerza (F) menos aquella que pasa directamente del patín al alma. Las soldaduras paralelas alma de la columna deben diseñarse para esta misma fuerza.

Cualquier momento no balanceado ($M = M_1 - M_2$) actuando en la columna debe ser transmitido a los patines de ésta como una transmisión de cortante. Supóngase $M_1 > M_2$.

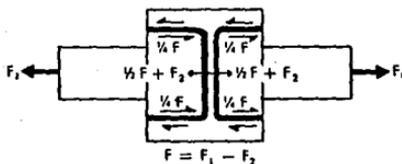


Fig. II-7-17

La fuerza de tensión F_2 del patín de la viga de la izquierda se transmitirá como tensión al atiesador, después a través de las soldaduras transversales paralelas al alma de la columna, al otro atiesador y al alma de la otra viga.

La fuerza de tensión no balanceada ($F_1 - F_2$) del patín de la viga de la derecha se transmitirá como tensión en el atiesador de la derecha y la mitad de ésta a través de las soldaduras transversales del alma de la columna al atiesador de la izquierda. Esta fuerza de tensión no balanceada en estos atiesadores se transmite a través de las soldaduras paralelas como se muestra en los patines de la columna.

Las soldaduras al alma de la columna deben diseñarse para la fuerza balanceada, ó $1/2 F + F_2 = \frac{F_1 + F_2}{2}$

Las soldaduras a los patines de la columna deben diseñarse para la fuerza no balanceada ó $F_1 - F_2$.

II-8 TIPOS DE CONEXIONES SOLDADAS

Las conexiones soldadas pueden clasificarse bajo diferentes criterios:

1.- Por el tipo de construcción o rigidez de la conexión.

Está basado en los tipos de construcción clasificados por el IMCA (19):

- a) Conexiones de estructuración rígida (extremos empotrados)
- b) Conexiones de estructuración simple (extremos simplemente apoyados sin empotramientos)
- c) Estructuración semirígida (extremos parcialmente empotrados)

2.- Tipo de fuerzas transferidas a través de la conexión estructural:

- a) Fuerzas cortantes: corrientes para vigas de piso y viguetas
- b) Momento: ya sea flexión o torsión
- c) Cortante y Momento: como en las conexiones del Tipo 1 ó 3
- d) Tensión o Compresión: como para los empalmes de columnas y para miembros "articulados" de las armaduras
- e) Tensión o compresión con cortantes: como para el contraventeo transdiagonal

3.- Geometría de la conexión:

- a) Conectores a base de angulares que se usan para unir las viguetas de piso y los largueros a las vigas y columnas
- b) Conexiones soldadas que usan placas y angulares
- c) Placas terminales en vigas o alfardas
- d) Placas o angulares usados a un lado de una vigueta de piso o viga
- e) Angulares de asiento con o sin atiesadores

4.- El sitio donde se fabrican:

- a) Conexiones, de taller: hechas en el taller de fabricación
- b) Conexiones de campo: las partes de la junta se fabrican en el taller, pero se arman en el sitio de la obra.

El presente trabajo se basa en el criterio seguido por el IMCA y únicamente considera las conexiones de estructuración simple y de estructuración rígida en los Capítulos III y IV respectivamente.

CONEXIONES DE ESTRUCTURACION SIMPLE (20)

Este tipo de conexiones se diseña para transferir la reacción de cortante vertical únicamente, se supone que no hay momento flexionante presente en la conexión. Sin embargo, debido a la flexión de la viga y a la geometría de la conexión, se desarrolla una pequeña cantidad de momento, el cual debe ser considerado en el diseño. Un buen diseño de este tipo de conexiones es aquel que permite girar, lo más libremente posible a los extremos de la viga, sin fallar.

CONEXIONES DE ESTRUCTURACION RIGIDA (21)

Para conexiones completamente rigidizadas los momentos actuantes deben encontrarse por algún método; las vigas y sus conexiones deben diseñarse para los momentos apropiados y fuerzas cortantes. Las conexiones deben tener suficiente rigidez para mantener prácticamente sin cambio los ángulos originales entre los miembros que se conectan.

II-9 PREVENION DE AGRIETAMIENTOS EN SOLDADURAS (22)

El requisito principal de cualquier junta soldada es estar libre de agrietamientos. Comúnmente una junta diseñada y hecha correctamente, no requiere procedimientos especiales para prevenir el agrietamiento durante su soldeo o en su servicio corriente. Pero incluso cuando la junta está correctamente diseñada, un contenido mayor al normal en la aleación de aceros al carbono, un incremento en el espesor de las placas o el uso de alta resistencia, en los aceros de bajas aleaciones, pueden necesitar especiales procedimientos. Estos procedimientos comúnmente incluyen:

1. Una apropiada forma del cordón y configuración de la junta para reducir esfuerzos de contracción.
2. Minimizar la penetración para dar la mejor relación ancho de la soldadura a profundidad de fusión.
3. Tratamiento de precalentamiento, controlando las temperaturas entre pasos sucesivos, e incluso controlando el calor de colocación para retardar la velocidad de enfriamiento y reducir esfuerzos por concentración.

II.9.1 DETERMINACION DE PROCEDIMIENTOS DE SOLDEO BASADOS EN EL ANALISIS DEL ACERO UTILIZADO Y LOS ESPESORES DE PLACA.

Los procedimientos normalizados, para la producción de soldadura, publicados generalmente son aplicables a condiciones normales de soldeo y a los más comunes aceros dulces 'fáciles de soldar'. Un análisis de la composición recomendable de aceros al carbono se muestra en la Tabla II-9-1.

TABLA II-9-1 ANALISIS DE LA COMPOSICION RECOMENDABLE

De Aceros al Carbono para Ser Fácilmente Soldables

Elemento	Contenido Normal, %	El Acero que exceda cualquiera de los siguientes porcentajes probablemente requerirá cuidado extra
Carbono C	0.06 - 0.20	0.35
Manganeso Mn	0.35 - 0.80	1.40
Silicio Si	0.10 max	0.30
Azufre S	0.035 max	0.050
Fósforo P	0.030 max	0.040
Cobre Cu	0.15 max	0.20

Quando el análisis del acero cae fuera de la composición recomendable, el usuario frecuentemente adopta procedimientos especiales de soldeo basados en los extremos del contenido químico de materiales "permitidos" por las especificaciones del acero. Sin embargo, partiendo de que la química de una colada específica de acero puede estar muy por debajo del límite superior de los "permitidos", puede no ser necesario un procedimiento especial, o si es requerido, puede especificarse únicamente un pequeño cambio a partir de los procedimientos normalizados y de este modo minimizar cualquier incremento en los costos de soldeo.

Para lograr economía y calidad óptimas, bajo condiciones favorables o adversas, los procedimientos de soldeo para unir cualquier tipo de acero se deberán basar más bien en la química real del acero que en los máximos contenidos de aleación permitidos por las especificaciones. Esto es porque la producción promedio de fabricación normalmente se encuentra considerablemente más baja que los límites máximos dados por la especificación.

Usualmente es aprovechable un Reporte de Pruebas de Fabricación de Acero que proporciona el análisis específico de cualquier colada de acero dada. Si no es así, puede ser practicado un análisis químico. Una vez obtenida esta información, se puede establecer un proceso de soldeo que asegure la producción de soldaduras libres de agrietamientos al menor costo posible.

Los procedimientos no únicamente se deberán basar en este análisis práctico, sino también en el espesor de la placa. Las soldaduras que unen placas delgadas raramente presentan una tendencia al agrietamiento. El calor al que se someten durante el proceso de soldeo, y la escasez de masa de las placas delgadas crean una velocidad de enfriamiento relativamente lenta. Esto, añadiendo el hecho de que la placa delgada es menos rígida y puede deformarse mientras la soldadura se enfría y contrae, controla los factores que inducen al agrietamiento. Por lo tanto, no son comúnmente necesarios los procedimientos especiales para placas delgadas.

Las soldaduras que unen placas gruesas muestran una mayor tendencia a agrietarse. Puesto que una soldadura enfría más rápido en una placa gruesa que en una placa delgada y ya que la placa gruesa probablemente tendrá un contenido de aleación o de carbono ligeramente mayor, las soldaduras en placas gruesas tendrán esfuerzos más altos, pero menor ductilidad que los producidos en placas delgadas. Pueden requerirse procedimientos especiales de soldeo para unir placas gruesas (especial

mente para el primer paso o cordón de raíz) y puede ser necesario el precalentamiento. El objeto de cualquier procedimiento especial es retardar la velocidad de enfriamiento en la soldadura así como incrementar la ductilidad. Si se usa el precalentamiento, una ventaja adicional es la posible reducción de esfuerzos de contracción causados por una rigidez excesiva.

II.9.2 PROCEDIMIENTOS ESPECIALES BASADOS EN LA CONFIGURACION DE LA JUNTA USADA

PUNTOS DE SOLDADURA

El Código de Soldadura Estructural de la American Welding Society exige que cualquier punto de soldadura que vaya a ser incorporado en la junta final, sea hecho bajo los mismos requisitos de calidad, incluyendo el precalentamiento, que la soldadura final.

De cualquier manera, esto no incluye las características de penetración profunda de algunos procesos de soldeo, tales como el arco sumergido. Si los puntos de soldadura iniciales son pequeños comparados con el primer cordón de soldadura por arco sumergido, el punto de soldadura volverá a fundirse enteramente junto con la zona afectada por el calor adyacente. En este caso no se requerirá precalentamiento para puntos de soldadura pequeños de un solo paso a menos que las placas sean tan gruesas y rígidas que los puntos de soldadura se rompan. Ver Fig. II-9-1. Si los puntos de soldadura se rompen, la medida correctiva podría ser simplemente depositar cordones más largos con una superficie ligeramente convexa. El precalentamiento deberá ser considerado únicamente como un último recurso.

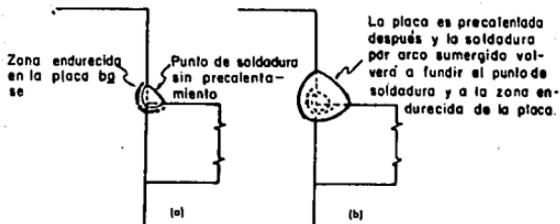


Fig. II-9-1

SOLDADURA DE FILETE

Para mantener libres de agrietamientos, a las soldaduras de filete, es de principal importancia la consideración del contacto metal con metal y esfuerzos de contracción. Si hay posibilidad de contacto metal con metal, como sucede con placas gruesas y soldaduras grandes, hay menor posibilidad para el movimiento de la placa. Mientras se enfría y contrae la soldadura, los esfuerzos de contracción serán tomados en la soldadura. Ver Fig. II-9-2a. En casos de alta rigidez, esto puede causar agrietamientos de la soldadura, especialmente en el primer paso en ambos lados de la placa. Dejando un pequeño espacio entre las placas, estas se podrán mover levemente mientras se contrae la soldadura. Esto reduce esfuerzos transversales en la soldadura. Ver Fig. II-9-2 b y c.

Las placas gruesas deberán tener una separación mínima de . 1mm (1/32 in).

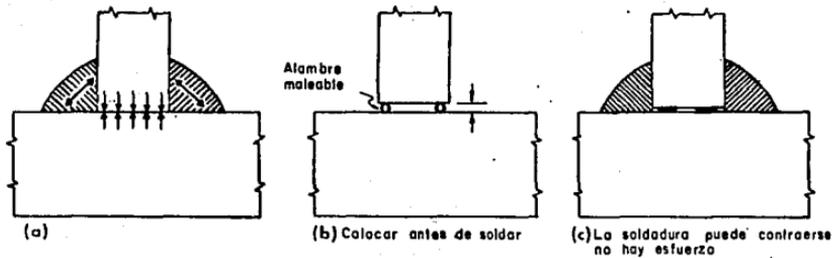


Fig. II-9-2

La forma del cordón es otro factor importante que afecta el agrietamiento en soldaduras de filete. Por su apariencia externa, la soldadura cóncava, mostrada en la Fig. II-9-3a, parecería ser más grande que la soldadura convexa, como se ve en la Fig. II-9-3b. Sin embargo, una revisión de la sección transversal puede mostrar que la soldadura cóncava tiene menor penetración y una garganta más pequeña (la distancia "t") que en la primera suposición; por consiguiente, la soldadura convexa realmente puede ser más fuerte aunque sea depositada una menor cantidad de metal.

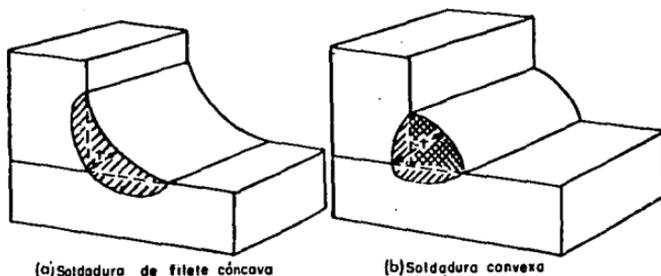


Fig. II-9-3

Originalmente los diseñadores favorecían el filete cóncavo porque parecía que la soldadura ofrecía el camino más allanado para el flujo de esfuerzos. Sin embargo, la experiencia ha mostrado que la soldadura de filete de un cordón con esta forma tiene mayor tendencia al agrietamiento durante el enfriamiento, preponderando generalmente el efecto de una distribución de esfuerzos imprevisible.

Cuando un filete de soldadura cóncava enfria y se contrae, la cara externa es sometida a esfuerzos de tensión. Ver Fig. II-9-4a. Si tienden a ocurrir agrietamientos por contracción en la superficie, es posible prevenirlo cambiando a soldadura convexa.

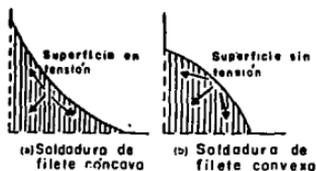


Fig. II-9-4

La utilización de un filete de soldadura convexa permite a ésta contraerse mientras enfría, sin esforzar la cara externa, reduciendo así las tendencias al agrietamiento. Para soldaduras de filete de varios pasos, la forma convexa del cordón, comúnmente se aplica solo al primer paso. Por esta razón, cuando es deseable la soldadura cóncava por consideraciones especiales, tales como el flujo de esfuerzos, la soldadura puede hacerse en dos o más pasos. Esto permitirá que sea convexo el primer paso mientras los otros pasos pueden ser usados para finalmente formar una soldadura de filete cóncava.

SOLDADURA DE RANURA

En placas gruesas, es común que el primer paso (o raíz) de una soldadura de penetración sea el que requiera de precauciones especiales. La soldadura tiende a contraerse en toda las direcciones mientras enfría, pero está restringida por la placa. No solo hay esfuerzos de tensión por contracción en la soldadura, sino que la soldadura frecuentemente sufre deformación plástica para absorber esta contracción.

Los conceptos de posible esfuerzo interno y flujo plástico de una soldadura se pueden observar en la Fig. II-9-5. Supóngase la placa cortada cerca de la junta, permitiendo a la soldadura contraerse libremente (línea punteada). Entonces se regresan las placas a la posición rígida original (línea continua) como ocurriría después de soldar. Esto necesitará un alargamiento de la soldadura.



Fig. II-9-5

Realmente, todo este alargamiento (deformación plástica) puede ocurrir únicamente en la soldadura, dado que la placa no se puede mover y la soldadura tiene el menor grosor de la unión. La mayor parte de esta deformación tiene lugar cuando la soldadura está caliente y tiene menor resistencia y ductilidad. Si los esfuerzos internos exceden la resistencia de la soldadura, una grieta aparece la cual comúnmente sucede a lo largo del centro de la soldadura. La grieta es más probable cuando el primer paso (o raíz) añade carbono o elementos de aleación al mezclarse con el metal base, resultando una soldadura de menor ductilidad.

Un acabado cóncavo en soldadura de ranura crea la misma posibilidad de agrietamiento superficial al descrito para soldaduras de filete. Ver Fig. II-9-6a. La química incrementada de placas gruesas puede complicar aún más el problema. Incrementar la dimensión de la garganta de la raíz ayudará a prevenir este tipo de agrietamiento y se complementa mejor con el uso de procedimientos que formen cordones de forma convexa. Ver Fig. II-9-6b. Los procesos de soldeo de bajo hidrógeno son útiles y como último recurso, se puede especificar el precalentamiento.

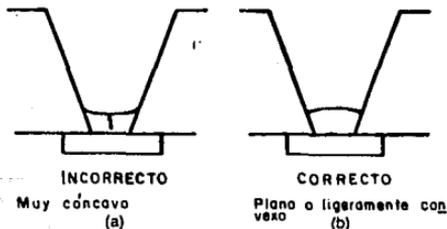


Fig. II-9-6

El problema de agrietamiento a lo largo de la línea central del cordón de soldadura puede suceder incluso en los cordones depositados después de la raíz, en soldaduras de varios pasos, si estos son excesivamente anchos o cóncavos. Las medidas correctivas necesitan de procedimientos que especifiquen cordones estrechos y ligeramente convexos, completando la soldadura mediante dos o más pasos a lo ancho de la ranura. Ver Fig. II-9-7.

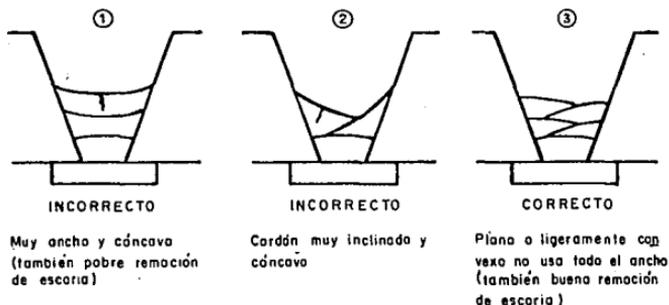


Fig. II-9-7

II-9.3 AGRIETAMIENTO INTERNO Y RELACION ANCHO DE SOLDADURA A PROFUNDIDAD DE FUSION

No todas las grietas aparecen en la superficie de la soldadura, tal como fueron descritos los agrietamientos en las discusiones previas para varios tipos de soldaduras. En algunas situaciones, un agrietamiento interno puede ocurrir de tal manera que no alcance la superficie de la soldadura. Este tipo de grietas suelen provenir de un pobre diseño de la unión o del abuso de un procedimiento de soldeo que

proporcione penetración profunda. Ambos errores pueden crear una pobre relación ancho de soldadura a profundidad de fusión que puede resultar en una grieta central interna.

Para entender la importancia de mantener una buena relación ancho de soldadura a profundidad de fusión, deberá entenderse la manera real del enfriamiento de una soldadura. En enfriamiento comienza a lo largo de la superficie de la soldadura en contacto con el frío metal base y termina en la línea central de la soldadura. A pesar de que la profundidad de fusión de la soldadura sea mucho más grande que el ancho de la superficie de la misma, la superficie de la soldadura puede enfriarse antes que el centro. Los esfuerzos de contracción en este caso actuarán en el centro de la soldadura aún caliente lo cual podría causar un agrietamiento a lo largo de la línea central de la soldadura sin extenderse necesariamente a la superficie de esta. Ver Fig. II-9-8.

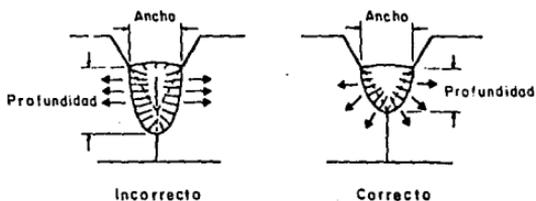


Fig. II-9-8

Dado que las grietas internas no pueden ser detectadas con las inspecciones visuales acostumbradas, unas cuantas medidas preventivas pueden asegurar su eliminación. Limitar la penetración y el volumen depositado de metal de soldadura por cordón a través del control de velocidad e intensidad de corriente, además de usar un diseño de la junta que establezca requisitos de profundidad de fusión razonables son medidas igualmente adecuadas.

En todos los casos, el factor crítico, en el control de agrietamientos internos, es la relación ancho de la soldadura a profundidad de fusión. La experiencia ha mostrado que esta relación puede variar desde un mínimo de 1 a 1 hasta un máximo de 1.4 a 1. Expresado de otra manera:

$$\frac{\text{Ancho de Soldadura}}{\text{Profundidad de Fusión}} = 1 \text{ a } 1.4$$

II-9.4 AGRIETAMIENTO BAJO EL CORDON DE SOLDADURA

El agrietamiento bajo la soldadura raramente es un problema en aceros al bajo carbono con análisis controlados. Este problema, si ocurre, se localiza en la zona del metal base afectada por el calor. Este puede convertirse en un factor con placas gruesas cuando los elementos de aleación o el carbono se incrementan y es importante con aceros templables.

Deberán usarse materiales de bajo hidrógeno para unir estos aceros dado que la causa del agrietamiento bajo la soldadura es la fragilidad provocada por el hidrógeno en la zona afectada por el calor. El hidrógeno en el arco de soldadura, proveniente tanto del recubrimiento del electrodo como de las superficies sucias de la placa tiende a absorberse parcialmente dentro de las gotas del metal de soldadura depositadas.

El hidrógeno también puede ser absorbido dentro del metal fundido bajo el arco. Mientras avanza el arco de soldadura a lo largo de la placa, tanto el metal caliente de soldadura depositado (el cual se ha solidificado) como el metal base adyacente calentado por el soldeo

a una temperatura más alta a la de transformación son ambos austeníticos a esta elevada temperatura y tienen una alta solubilidad para el hidrógeno. Afortunadamente una gran cantidad de hidrógeno escapa al aire a través de la superficie. Una pequeña cantidad de hidrógeno puede propagarse a través de la soldadura en el metal base adyacente. Más allá de la zona afectada por el calor, el metal base se encuentra en forma de ferrita la cual es prácticamente insoluble para el hidrógeno. El límite determinado por la ferrita se convierte en una pared imaginaria y el hidrógeno tiende a concentrarse ahí. Ver Fig. II-9-9.



Fig. II-9-9

En el enfriamiento posterior, la zona afectada por el calor se vuelve a transformar en ferrita con una solubilidad casi nula para el hidrógeno. Cualquier presencia de hidrógeno tratará de separarse hacia afuera, de entre la estructura cristalina y desarrollará una presión. Esta presión, cuando se combina con esfuerzos de contracción y cualquier efecto de endurecimiento de la química del acero, pueden provocar pequeñas micro-grietas. Dado que el metal de la soldadura es a menudo de un contenido de carbono más bajo que el metal base, este problema ocurre principalmente más allá de la soldadura justamente a lo largo del límite entre el metal de soldadura y el metal de base

(entre la austenita y la ferrita) y es llamado agrietamiento bajo la soldadura. Ver Fig. II-9-10. si algunas de estas grietas aparecen adyacentes a la soldadura en la superficie de la placa, las mismas son llamadas "Grietas al Pie".

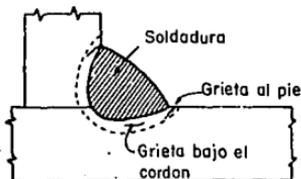


Fig. II-9-10

El enfriamiento más lento por un soldeo más lento y el precalentamiento permiten escapar al hidrógeno ayudando a eliminar este problema. El uso de soldaduras que producen poco hidrógeno eliminan la solubilidad mayor del hidrógeno y comúnmente eliminan el agrietamiento bajo la soldadura.

II-9.5 FACTORES DE CONTROL EN LA PREVENCIÓN DEL AGRIETAMIENTO DE LA SOLDADURA

La siguiente lista de factores deberá tenerse en mente cuando se diseñen juntas soldadas y procedimientos de soldadura para asegurarse en contra del agrietamiento en la soldadura.

1. Rigidez de la Junta.- Diseñar soldaduras y estructuras que mantengan al mínimo los problemas de rigidez.

2. Contenido de Aleación y Carbono.- Seleccionar el grado y la calidad correctos para una aplicación dada, a través de la familiarización con los análisis de fabricación. Esta medida ayudará a evitar el uso de acero de soldadura de calidad inferior que contienen porcentajes altamente excesivos de aquellos elementos que afectan negativamente a la calidad de la soldadura.

3. Forma y Dimensión de la Soldadura.- Depositar soldaduras que tengan una forma apropiada (ej. ligeramente convexa) y hacer soldaduras que tengan una relación ancho a profundidad de fusión apropiada.

4. Proporcionamiento de Calor.- Controlar totalmente el proporcionamiento del calor. Esto incluye el precalentamiento, calor de soldeo, calentamiento entre colocación de cordones de soldadura para controlar la velocidad de enfriamiento. El control del calor proporcionado puede reducir los esfuerzos de contracción y retardar el tiempo de enfriamiento; dos de las principales causas de agrietamiento.

5. Absorción de Hidrógeno.- Seleccionar material de soldadura de bajo hidrógeno. Uso de métodos apropiados de almacenaje para electrodos y fundentes de bajo hidrógeno para evitar la absorción de humedad. Precalentar para remover la humedad condensada de la superficie de las placas. Esto reducirá la cantidad de hidrógeno disponible y, como resultado, reducirá la disponibilidad de agrietamiento al pie o bajo el cordón de soldadura.

CITAS DEL CAPITULO II

- (1) WELDING PROCESSES; referencia 20; sección 1.3
- (2) TIPOS BASICOS DE JUNTAS Y SOLDADURAS; referencia 17; sección 3
- (3) PREQUALIFIED WELDED JOINTS, PARTIAL PENETRATION GROOVE WELDS; referencia 14; pags. 4-161 a 4-165 y PARTIAL JOINT PENETRATION GROOVE WELDS; referencia 20; sección 2.10
- (4) COMPLETE JOINT PENETRATION GROOVE WELDS; referencia 20; sección 2.9
- (5) EFFECT OF LOADING ON WELD GROUPS; referencia 10; pags. A-9 y A-10
- (6) ECCENTRIC LOADS ON WELD GROUPS; referencia 13; pags. 4-66 a 4-75
- (7) ECCENTRIC LOADS ON WELD GROUPS; referencia 14; pags. 4-71 a 4-83
- (8) ECCENTRICALLY LOADED WELDED CONNECTIONS; referencia 7
- (9) ECCENTRICALLY LOADED WELD GROUPS-AISC DESIGN TABLES; referencia 21
- (10) ECCENTRIC LOADS ON WELD GROUPS, Table XXIII; referencia 14; pag. 4-80
- (11) COPED BEAMS WITH WELDED FRAMING CONNECTIONS; referencia 10; pags. 3-32 a 3-34
- (12) BEAM COPED AT TOP FLANGE - NO REINFORCEMENT; referencia 10; pags. B-1 a B5.

- (13) RELACIONES ANCHO-ESPESOR; referencia 12; sección 1.9 de las Especificaciones y ELEMENTOS ESBELTOS EN COMPRESION; referencia 12; Apéndice C de las Especificaciones
- (14) ADDITIONAL STIFFENING OF WEB WITHIN BEAM-TO-COLUMN CONECTION; referencia 2; pags. 5.7-30 a 5.7-33 y WEB SHEAR; referencia 10; pags. 6-18 a 6-25
- (15) CORTANTE; referencia 12; sección 1.5.1.2 de los Comentarios
- (16) DOUBLER PLATES; referencia 10; pags. 6-18 y 6-19
- (17) PARES DE ATIESADORES DEL ALMA DE UNA COLUMNA; Tabla IV-4
- (18) LARGE HEAVILY LOADED BEAM-TO-COLUMN CONNECTION; referencia 2; pags. 5.7-21 a 5.7-23
- (19) TIPOS DE CONSTRUCCION; referencia 12; Sección 1.2 de las Especificaciones
- (20) CONEXIONES DE ESTRUCTURACION SIMPLE; Capitulo III
- (21) CONEXIONES DE ESTRUCTURACION RIGIDA; Capitulo IV
- (22) WELDABILITY AND WELDING PROCEDURE; referencia 2; Sección 7.2 y WHY DO WELDS CRACK? HOW WELD CRACKS CAN BE PREVENTED; referencia 3

CAPITULO III

CONEXIONES DE ESTRUCTURACION SIMPLE

III-1 CONEXIONES DE ANGULOS SOLDADOS AL ALMA

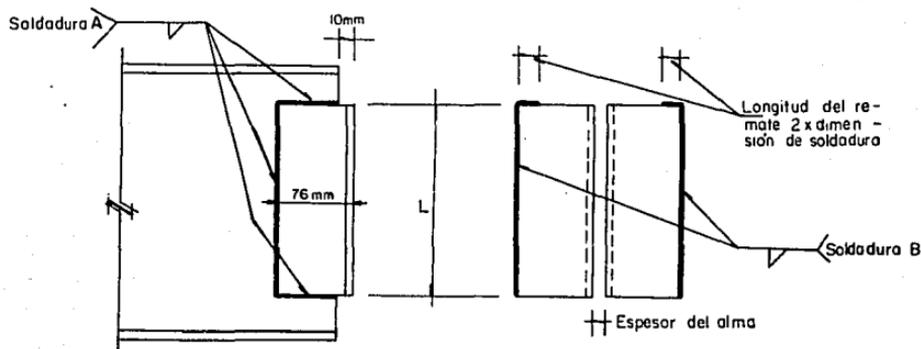


Figura III-1-1

Al soldar los ángulos a la viga el electrodo debe tener una inclinación mínima de 30° (1) lo que limita la longitud del ángulo, L .

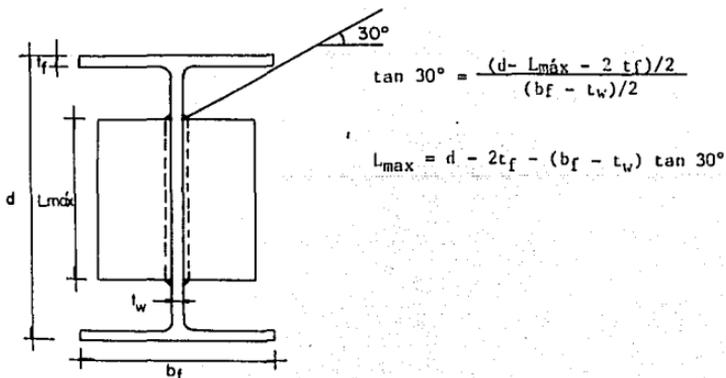
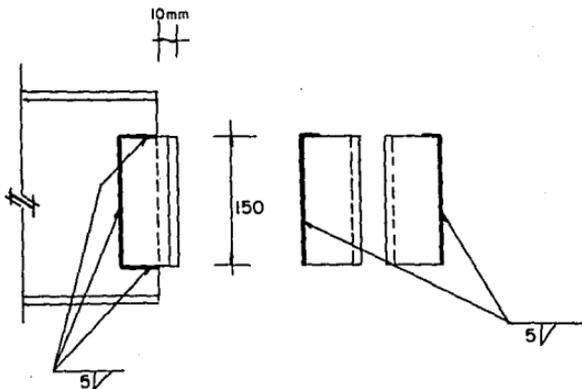


Fig. III-1-2

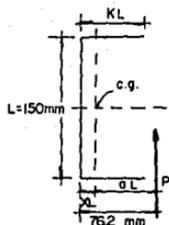
Para los perfiles IR laminados en México los valores de L_{\max} varían de 84 mm a 323 mm. Se consideraron ángulos de lados iguales de 76 mm y con longitudes de 80 mm a 320 mm.

Bajo estas circunstancias se calcularon los valores de las capacidades para cada longitud, L , y para varias dimensiones de soldadura, D . Para el cálculo se tomaron en cuenta las recomendaciones del AISC.

La capacidad permisible de la Soldadura A se basa en el método de la resistencia última (2) desarrollado en las Tablas XIX a XXVI del Manual AISC. La capacidad de la soldadura B se calculó por el método tradicional de análisis de vectores (3). Por ejemplo si se tiene una longitud, L , de 150 mm y una dimensión de soldadura de 5 mm, electrodos E70XX.



CAPACIDAD DE LA SOLDADURA A
Ver Tabla II-7-3 (2)



$$k = \frac{kL}{L} = \frac{76.2 - 10}{150} = 0.441$$

$$X = \frac{k^2}{(1+2k)} = 0.103$$

$$VI. = 0.103 \times 150 = 15.5 \text{ mm}$$

$$aL = 76.2 - VI. = 60.7 \text{ mm}$$

$$a = \frac{60.7}{150} = 0.405$$

Entrando en la tabla II-7-3 por interpolación entre $a = 0.4$ y $a = 0.5$ para $k = 0.441$, se encuentra $C = 1.118$, sustituyendo la ecuación II-7-1

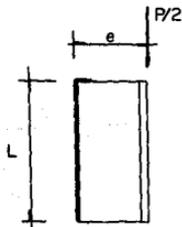
$$P = 1.118 \times 1.0 \times 5 \times 150 / 88.89$$

$$= 9.43 \text{ t}$$

Como esto es para cada soldadura, entonces la capacidad total de la soldadura A es:

$$P = 2 \times 9.43 = 18.86 \text{ t}$$

CAPACIDAD DE LA SOLDADURA B (3)



$$f_1 = \frac{P}{2L}$$

$$f_m = \frac{9 P e}{5L^2}$$

$$f_R = \sqrt{(f_1)^2 + (f_m)^2}$$

$$f_R = \sqrt{P \left(\frac{1}{2L} \right)^2 + \left(\frac{9 e}{5L} \right)^2}$$

$$= \sqrt{P \left(\frac{1}{300} \right)^2 + \left(\frac{9 \times 76.2}{5 \times 22 \times 500} \right)^2}$$

$$= 6.95 \times 10^{-3} P$$

como

$$D = \frac{F_R}{0.0104369}$$

$$S = \frac{6.95 \times 10^{-3} P}{0.0104369}$$

$$P = 7.51 t$$

ESPESOR MINIMO DEL ALMA

Para evitar sobreesfuerzos en el alma de la viga se debe cumplir que:

Capacidad al cortante de la soldadura A por unidad de longitud \leq Capacidad al cortante del alma de la viga por unidad de longitud

$$2 \times D \times 0.707 \times 0.3 F_{u_{\text{electrodo}}} \leq t_w \times 0.4 F_{y_{\text{acero}}}$$

$$t_w \geq 1.06 D F_u / F_y$$

$$t_w \geq 2.06 D \quad \text{para aceros A-36 y electrodos E70XX}$$

Por lo tanto, para cada caso de dimensión de soldadura A corresponde un espesor mínimo del alma de la viga.

ESPESOR MINIMO DEL ANGULO

De la manera análoga:

$$D \times 0.7071 \times 0.3 F_{u_{\text{electrodo}}} \leq t_a \times 0.4 F_y$$

$$t_a \geq 0.53 D F_u / F_y$$

$$t_a \geq 1.03 D \quad \text{acero A-36 electrodos E70XX}$$

Además para cumplir lo requerido por la sección 1.17.3 de las especificaciones del IMCA:

$$t_a = D + 1.6 \text{ mm}$$

Para imprimir la Tabla III-1 se desarrolló un programa de computadora para una Apple II en lenguaje Applesoft. Ver Apéndice A.

CONEXIONES DE ANGULOS SOLDADOS AL ALMA

ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

TABLA III-1

La Tabla III-1 proporciona capacidades y detalles para conexiones de angulos soldados al alma de la viga y al miembro soportante. Comunmente un ángulo es soldado en taller al miembro soportante, una vez montada la viga el otro ángulo se une al miembro soportante y a la viga con soldadura de campo. Además de las soldaduras mostradas, se pueden usar tornillos de montaje para unir temporalmente la viga a los ángulos (opcional).

Las capacidades permisibles en la Tabla III-1 están basadas en el uso de electrodos E70XX. La tabla puede ser usada para otros electrodos, considerando que el valor tabulado sea ajustado para el electrodo usado (ej. para electrodos E60XX, multiplíquese el valor tabulado por 60/70 ó 0.86, etc.) y que las soldaduras y metal base cumplan con lo requerido por la sección 1.5.3 de las Especificaciones IMCA.

La capacidad permisible para la Soldadura A utiliza la solución del centro instantáneo de giro basada en el criterio descrito en el capítulo II (2). No obstante la capacidad de la Soldadura B fue calculada usando la técnica de análisis de vectores tradicional.

Los espesores del alma mínimo tabulados se basan en el uso de electrodos E70XX y vigas de acero A36 con $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$. Para otras combinaciones de materiales el espesor del alma mínimo será el tabulado multiplicado por la relación del F_u del electrodo usado al F_y de la viga y por 2530/4920 (ej. F_u del electrodo = 4220 kg/cm^2 ; F_y de la viga = 3520 kg/cm^2 ; t_w mínimo = t_w mínimo tabulado x 4220/4920 x 2530/2530).

EJEMPLOS

- a) Datos : Viga : IR 457 x 144.3; $d = 472$ mm; $t_w = 13.6$ mm
 $b_f = 283$ mm; $t_f = 22.1$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Soldadura: E70XX

Reacción: 28t

Solución:

La máxima longitud del ángulo es

$$L_{\max} = d - 2t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ = 272 \text{ mm}$$

Se entra en la Tabla III-1 y se selecciona una capacidad de la Soldadura B de 28.12t (dimensión de soldadura = 8 mm). La Soldadura A se escoge con capacidad de 29.74t (dimensión de soldadura = 5 mm). La longitud del ángulo (250 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (13.6 mm) excede al espesor del alma mínimo (10.30 mm), de manera que no es necesaria una reducción en la capacidad de la Soldadura A.

Datos de Detalle: Dos LI 10 mm x 76 mm x 150 mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Soldadura A = 5 mm, E70XX

Soldadura B₁ = 8 mm, E70XX

- b) Datos: Los mismos datos del Ejemplo a excepto la reacción de 22.9t

Solución:

Se entra en la Tabla III-1 y se selecciona una capacidad de la Soldadura B de 22.98t (dimensión de soldadura = 8 mm) y una capacidad de la Soldadura A de 26.57t (dimensión de soldadura = 5 mm). La longitud del ángulo (220 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (13.6 mm) excede al espesor mínimo

(10.30 mm), por lo que no se necesita reducir la capacidad de la Soldadura A.

A menos que los detalles de estructuración requieran esta pequeña longitud del ángulo, puede ser preferible usar ángulos más largos con menor cantidad de soldadura depositada. Los ángulos de 270 mm de longitud con capacidad de la Soldadura A de 31.82t (dimensión de soldadura = 5 mm) y de la Soldadura B de 23.72t (dimensión de soldadura = 6 mm) también son adecuados y pueden seleccionarse.

Datos de detalle: Dos LI 8 mm x 76 mm x 270 mm; $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

Soldadura A = 5 mm, E70XX

Soldadura B = 6 mm, E70XX

c) Datos: Viga: IR 254 x 17.9; $d = 251 \text{ mm}$; $t_w = 4.8 \text{ mm}$

$b_f = 101 \text{ mm}$; $t_f = 5.3 \text{ mm}$; $f_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

Soldadura: E60XX

Reacción: 9.61t

Solución:

La máxima longitud del ángulo es

$$L_{\max} = d - 2t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ = 185 \text{ mm}$$

Se entra en la Tabla III-1 con una reacción de $9.61 \times 70/60 = 11.21t$ y se selecciona una capacidad de la Soldadura B de 11.22t (dimensión de soldadura = 6 mm). La longitud del ángulo (170 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. La Soldadura A tiene una capacidad de 21.17t usando una dimensión de soldadura de 5 mm. Sin embargo, el espesor del alma de la viga (4.8 mm) es menor que el espesor del alma mínimo ($10.3 \times 60/70 = 8.83 \text{ mm}$) de modo que la capacidad de la Soldadura A se reduce a $4.8/8.83$ por 21.17 u 11.80t.

Datos de Detalle: Dos LI 8 mm x 76 mm x 170 mm; $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$

Soldadura A = 5 mm; E60XX

Soldadura B = 6 mm; E60XX

SOLDADURAS AL MIEMBRO SOPORTANTE

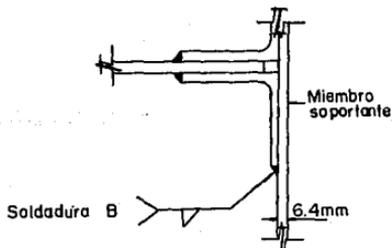
La selección de las conexiones que aquí se tabulan se basan y limitan por el requerimiento de que la Soldadura B sea aplicada de acuerdo con la Sección 1.7.2 de las Especificaciones del IMCA, la cual estipula la soldadura mínima para varios espesores de material.

Respecto a la Soldadura B, se debe hacer notar que los miembros soportantes con una limitada capacidad al cortante o aquellos que soporten conexiones opuestas, deberán sujetarse a una reducción en la capacidad de la conexión.

EJEMPLOS:

d) Datos:

Soldadura B = 8 mm de filete, E70XX, totalmente cargada en un lado del alma de 6.4 mm de espesor del miembro soportante con $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$



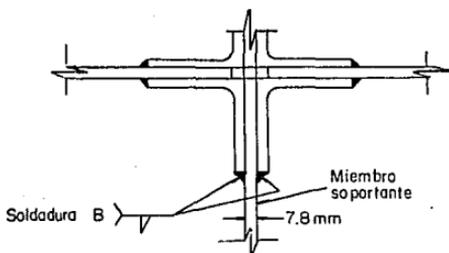
Solución:

Valor del cortante de una soldadura de filete de 8 mm = $8 \times 0.707 \times 0.3 \times 49.2 = 83.5$ kg/mm. Valor del cortante del alma de 6.4 de espesor = $6.4 \times 0.4 \times 25.3 = 64.8$ kg/mm.

Debido a esta deficiencia en la capacidad al cortante del alma, la capacidad total seleccionada de la columna de Soldadura B para soldadura de 8 mm se deberá reducir por el cociente $64.8/83.5$.

e) Datos:

Dos vigas de piso con reacciones de 3.5t cada una se encuentran soportadas por una trabe de $F_y = 2530$ kg/cm² con un alma de 7.8 mm de espesor.

**Solución:**

Los ángulos de 100 mm de longitud con una Soldadura B de 5 mm tienen una capacidad de 3.57t cuando se encuentran totalmente esforzados. El máximo cortante desarrollado en los dos filetes de Soldadura B de 5 mm en lados opuestos del alma de la trabe soportante = $2 \times 5 \times 0.707 \times 0.3 \times 49.2 \times 3.5/3.57$

= 102.3 kg/mm. La capacidad al cortante del alma de 7.8 mm = $7.8 \times 0.4 \times 25.3 = 78.9$ kg/mm. Es necesaria una conexión más larga para reducir el cortante en el alma. La capacidad requerida de la Soldadura B es $3.57 \times 102.3/78.9 = 4.63t$. Dos ángulos de 120 mm de longitud con Soldadura B de 5 mm tiene un valor tabulado de 5.02t y son adecuados.

VIGAS CORTADAS EN LOS PATINES

Las capacidades de carga tabulados son apropiados para las condiciones ilustradas en la Figura III-1-1. Estos valores son una medida de la capacidad de la soldadura cuando se utiliza con ángulos de conexión de las medidas indicadas y en vigas con el espesor de alma mínimo especificado. Estas no son una medida de la resistencia o capacidad de la viga.

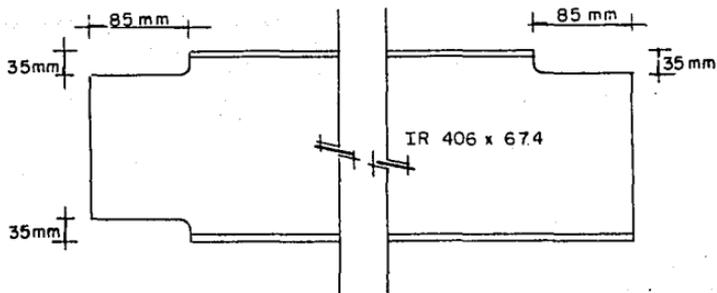
La combinación de altos esfuerzos cortantes y de flexión permitidos en conexiones soldadas requieren que cualquier viga, cortada en el patín superior o en los dos patines, sea revisada para su capacidad al cortante y a la flexión en la sección reducida.

EJEMPLO:

f) Datos: Viga: IR 406 x 67.4; $d = 410$ mm; $t_w = 8.8$ mm
 $b_f = 179$ mm; $t_f = 14.4$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²; cortada
 como se muestra en la figura.

Soldadura: E70XX

Reacciones: 11.2t en cada extremo



Solución:

A. Extremo Derecho

Conexión al Miembro Soportante

Usando la Tabla III-1. La longitud máximo del ángulo es:

$$L_{\max} = 410 - 2 \times 14.4 - (179 - 8.8) \times 0.577 = 283 \text{ mm}$$

Con dos ángulos LI 8 mm x 76 mm x 170 mm, la Soldadura B tiene una capacidad de 11.22t con dimensión de la soldadura de 6 mm.

Conexión al Alma de la Viga

La capacidad de la Soldadura A es de 12.7t para una dimensión de 3 mm con ángulo de 170 mm de longitud.

El espesor mínimo del alma para las dos soldaduras de filete de 3 mm es $6.18 < 8.8$ mm.

Usar dos LI 8 mm x 76 mm x 170 mm con Soldadura A de 3 mm y Soldadura B de 6 mm.

Cortante de conjunto en el alma de la viga (4)

$$\begin{aligned} Rbs &= F1 + F2 \\ &= (1010 \times 17 \times 0.88) + (2040 \times 6.62 \times 0.88/2) \\ &= 21\ 051 > 11\ 200 \text{ kg} \end{aligned}$$

El cortante de conjunto no controla.

Revisión por Flexión y Pandeo Local (5)

$$\begin{aligned} c &= 8.5 + 1 = 9.5 \text{ cm} \\ dc &= 3.5 \text{ cm} \\ ho &= 41 - 3.5 = 37.5 \text{ mm} \\ c/ho &= 9.5/37.5 = 0.25 < 1.0 \\ k &= 2.2 (h_o/c)^{1.65} = 2.2 (37.5/9.5)^{1.65} = 21.2 \\ c/d &= 9.5/41 = 0.23 < 1.0 \\ f &= 2 (c/d) = 2 \times 0.23 = 0.46 \\ Fbp &= 1\ 103\ 800 \text{ } f \text{ } k (tw/ho)^2 < 0.6 Fy \\ &= 1\ 103\ 800 \times 0.46 \times 21.2 (0.88/37.5)^2 \\ &= 5\ 928 > 1\ 520 \text{ kg/cm}^2 \text{ (controla la fluencia)} \\ S &= 319 \text{ cm}^3 \text{ (módulo de sección de la sección cortada)} \\ fb &= M/S = (11\ 200 \times 9.5) / 319 \\ &= 333 < 1\ 520 \text{ kg/cm}^2 \text{ (no se requiere refuerzo)} \end{aligned}$$

B. Extremo Izquierdo

Conexión: Igual al Extremo Derecho

Usar dos LI 8 mm x 76 mm x 170 mm con soldadura A de 3 mm y Soldadura

B de 6 mm

Revisión del cortante de conjunto como se indica en (4)

$$\begin{aligned} F1 &= fv \times L \times tw \\ &= 1\ 010 \times 17 \times 0.88 = 15\ 110 > 11\ 200 \text{ kg} \end{aligned}$$

El cortante de conjunto es adecuado

Revisión por Flexión y Pandeo Local (5)

Sección 1.9 INCA:

$$\frac{b}{t_w} = \frac{41 - 3.5 - 3.5}{2 \times 0.88}$$

$$= 19.32 > \frac{800}{\sqrt{F_y}} = 15.9 \text{ no se cumple}$$

Apéndice C del IMCA:

$$b/t_w = 19.32 < 1 \ 480/\sqrt{F_y}$$

$$Q_s = 1.415 - 0.00052 (b/t) \sqrt{F_y}$$

$$= 1.415 - (0.00052 \times 19.32 \times 50.3) = 0.910$$

$$F_b = 0.6 F_y Q_s = 1 \ 520 \times 0.910 = 1 \ 383 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = t_w d^2/6 = 0.88 \times (34)^2 / 6$$

$$= 170 \text{ cm}^3$$

$$f_b = M/S = (11 \ 200 \times 9.5) / 170$$

$$= 626 < 1 \ 383 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante en la sección reducida:

$$f_v = 11 \ 200 / (0.88 \times 34)$$

$$= 374 < F_v = 1 \ 010 \text{ kg/cm}^2$$

No es requerido refuerzo

CONEXIONES DE ANGULOS
SOLDADOS AL ALMA
ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

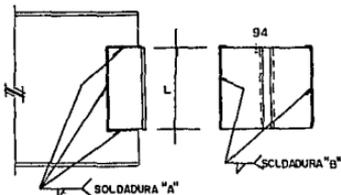


TABLA III-1

SOLDADURA A		SOLDADURA B		LONGITUD DE ANGULO L mm	DIMENSION DE ANGULO mm X mm	ESPESOR DEL ALMA MÍNIMO PARA LA SOLDADURA A mm
CAPACIDAD t	DIMENSION mm	CAPACIDAD t	DIMENSION mm			
6.46	3	2.34	5	80	6 X 76	6.18
10.77	5	2.81	6	80	8 X 76	10.30
12.93	6	3.74	8	80	10 X 76	12.36
7.14	3	2.93	5	90	6 X 76	6.18
11.91	5	3.51	6	90	8 X 76	10.30
14.29	6	4.69	8	90	10 X 76	12.36
7.82	3	3.57	5	100	6 X 76	6.18
13.04	5	4.29	6	100	8 X 76	10.30
15.65	6	5.72	8	100	10 X 76	12.36
8.50	3	4.27	5	110	6 X 76	6.18
14.17	5	5.13	6	110	8 X 76	10.30
17.01	6	6.84	8	110	10 X 76	12.36
9.20	3	5.02	5	120	6 X 76	6.18
15.34	5	6.02	6	120	8 X 76	10.30
18.40	6	8.03	8	120	10 X 76	12.36
9.92	3	5.81	5	130	6 X 76	6.18
16.54	5	6.97	6	130	8 X 76	10.30
19.34	6	9.30	8	130	10 X 76	12.36
10.62	3	6.64	5	140	6 X 76	6.18
17.71	5	7.97	6	140	8 X 76	10.30
21.25	6	10.63	8	140	10 X 76	12.36
11.32	3	7.51	5	150	6 X 76	6.18
18.86	5	9.01	6	150	8 X 76	10.30
22.63	6	12.02	8	150	10 X 76	12.36
12.01	3	8.41	5	160	6 X 76	6.18
20.02	5	10.10	6	160	8 X 76	10.30
24.03	6	13.46	8	160	10 X 76	12.36
12.70	3	9.35	5	170	6 X 76	6.18
21.17	5	11.22	6	170	8 X 76	10.30
25.40	6	14.95	8	170	10 X 76	12.36

CONEXIONES DE ANGULOS
SOLDADOS AL ALMA

95

ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

TABLA III-1 (CONTINUACION)

SOLDADURA A		SOLDADURA B		LONGITUD DE ANGULO L mm	DIMENSION DE ANGULO mm X mm	ESPESOR DEL ALMA MINIMO PARA LA SOLDADURA A mm
CAPACIDAD t	DIMENSION mm	CAPACIDAD t	DIMENSION mm			
22.28	5	12.37	6	180	8 X 76	10.30
26.73	6	16.49	8	190	10 X 76	12.36
35.64	8	20.61	10	180	11 X 76	16.48
23.37	5	13.55	6	190	8 X 76	10.30
28.05	6	18.07	8	190	10 X 76	12.36
37.40	8	22.58	10	190	11 X 76	16.48
24.45	5	14.76	6	200	8 X 76	10.30
29.34	6	19.68	8	200	10 X 76	12.36
39.13	8	24.59	10	200	11 X 76	16.48
25.52	5	15.99	6	210	8 X 76	10.30
30.63	6	21.32	8	210	10 X 76	12.36
40.84	8	26.65	10	210	11 X 76	16.48
26.57	5	17.24	6	220	8 X 76	10.30
31.88	6	22.98	8	220	10 X 76	12.36
42.51	8	28.73	10	220	11 X 76	16.48
27.63	5	18.51	6	230	8 X 76	10.30
33.16	6	24.68	8	230	10 X 76	12.36
44.21	8	30.85	10	230	11 X 76	16.48
28.69	5	19.79	6	240	8 X 76	10.30
34.43	6	26.39	8	240	10 X 76	12.36
45.90	8	32.99	10	240	11 X 76	16.48
29.74	5	21.09	6	250	8 X 76	10.30
35.69	6	28.12	8	250	10 X 76	12.36
47.59	8	35.15	10	250	11 X 76	16.48
30.79	5	22.40	6	260	8 X 76	10.30
36.95	6	29.87	8	260	10 X 76	12.36
49.27	8	37.33	10	260	11 X 76	16.48
31.82	5	23.72	6	270	8 X 76	10.30
38.18	6	31.63	8	270	10 X 76	12.36
50.91	8	39.53	10	270	11 X 76	16.48

CONEXIONES DE ANGULOS

SOLDADOS AL ALMA

96

ELECTRODOS E70XX

ACERO A36.

TABLA III-1 (CONTINUACION)

SOLDADURA A		SOLDADURA B		LONGITUD DE ANGULO L mm	DIMENSION DE ANGULO mm X mm	ESPESOR DEL ALMA MINIMO PARA LA SOLDADURA A mm
CAPACIDAD t	DIMENSION mm	CAPACIDAD t	DIMENSION mm			
32.84	5	25.05	6	280	8 X 76	10.30
39.41	6	33.40	8	280	10 X 76	12.36
52.54	8	41.75	10	280	11 X 76	16.48
33.85	5	26.39	6	290	8 X 76	10.30
40.42	6	35.18	8	290	10 X 76	12.36
54.16	8	43.98	10	290	11 X 76	16.48
34.85	5	27.73	6	300	8 X 76	10.30
41.82	6	36.97	8	300	10 X 76	12.36
55.76	8	46.21	10	300	11 X 76	16.48
35.85	5	29.08	6	310	8 X 76	10.30
43.02	6	38.77	8	310	10 X 76	12.36
57.36	8	48.46	10	310	11 X 76	16.48
36.84	5	30.43	6	320	8 X 76	10.30
44.21	6	40.57	8	320	10 X 76	12.36
58.94	8	50.71	10	320	11 X 76	16.48

III-2 CONEXIONES DE PLACA SOLDADA AL ALMA

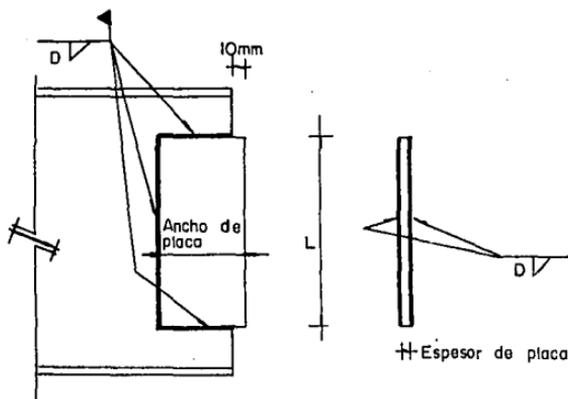
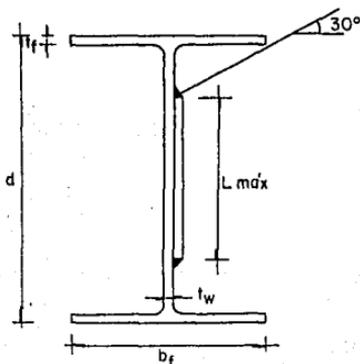


Figura III-2-1

Al soldar la placa a la viga el electrodo debe tener una inclinación mínima de 30° (1) lo que limita la longitud de la placa, L .



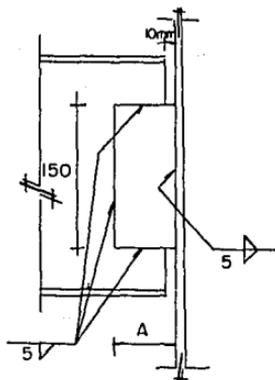
$$L_{\max} = d - 2t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ$$

Fig. III-2-2

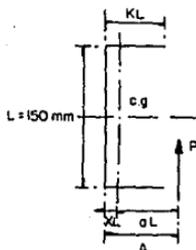
Para los perfiles IR laminados en México el valor de L_{max} varía de 84 mm a 323 mm. Se consideraron placas con longitudes de 80 mm a 320 mm. El ancho de placa se seleccionó para cada longitud de manera que la capacidad en la soldadura de campo fuese igual a la de taller.

Con estas consideraciones se calcularon los valores de las capacidades para cada longitud, L , para varios anchos de placa, A , y varias dimensiones de soldadura, D , tomando en cuenta las recomendaciones del AISC.

La capacidad permisible de ambas soldaduras se basa en el método de la resistencia última (2) desarrollado en las Tablas XIX a XXVI del manual AISC. Por ejemplo si se tiene una longitud de 150 mm y una dimensión de soldadura de 5 mm electrodos E70XX, encontrar el ancho de placa adecuado.



Probando con anchos de 50, 60 y 70 mm:
Capacidad de la Soldadura de Campo (2)



$$\underline{A = 50 \text{ mm}}$$

$$k = kL/L = A - 10/150$$

$$= 0.267$$

$$x = \frac{k^2}{1 + 2k} = 0.046$$

$$XL = 0.046 \times 150 = 6.957$$

$$aL = 50 - XL = 43.043$$

$$a = \frac{43.043}{150} = 0.287$$

Entrando en la Tabla II-7-3, por interpolación entre $a = 0.25$ y $a = 0.3$ para $k = 0.267$, se encuentra $c = 1.028$, sustituyendo en la ecuación II-7-1

$$P_{50} = 1.028 \times 1.0 \times 5 \times 150 / 88.89$$

$$= 8.67t$$

$$\underline{A = 60 \text{ mm}}$$

$$k = 0.333$$

$$x = 0.067$$

$$XL = 10.000$$

$$aL = 50.000$$

$$a = 0.333$$

Entrando en la Tabla II-7-3, por interpolación entre $a = 0.3$ y $a = 0.4$ para $k = 0.333$, se encuentra $c = 1.066$, sustituyendo en la ecuación II-7-1

$$P_{60} = 1.066 \times 1.0 \times 5 \times 150 / 88.89$$

$$= 9.00t$$

$$\underline{A = 70 \text{ mm}}$$

$$k = 0.400$$

$$x = 0.089$$

$$XL = 13.333$$

$$aL = 56.667$$

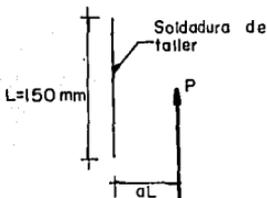
$$a = 0.378$$

Entrando en la Tabla II-7-3, por interpolación entre $a = 0.3$ y $a = 0.4$ para $k = 0.4$, se encuentra $c = 1.101$, sustituyendo en la ecuación II-7-1

$$P_{70} = 1.101 \times 1.0 \times 5 \times 150 / 88.89$$

$$= 9.29t$$

Capacidad de la soldadura de taller



$$A = 50 \text{ mm}$$

$$aL = 43.043$$

$$a = \frac{43.043}{150} = 0.287$$

Entrando en la Tabla II-7-3, por interpolación entre $a = 0.25$ y $a = 0.3$ para $k = 0$, se encuentra $c = 0.586$, sustituyendo en la ecuación II-7-1

$$P_{50} = 2 \times 0.586 \times 5 \times 150 / 88.89$$

$$= 9.89t$$

$$A = 60 \text{ mm}$$

$$a = 0.333$$

En la Tabla II-7-3, se encuentra $c = 0.536$

$$P_{60} = 2 \times 0.536 \times 5 \times 150 / 88.89 = 9.05t$$

$$A = 70 \text{ mm}$$

$$a = 0.378$$

En la Tabla II-7-3, se encuentra $c = 0.491$

$$P_{70} = 2 \times 0.491 \times 5 \times 150 / 88.89 = 8.30t$$

En resumen:

A mm	Soldadura de campo capacidad en t	Soldadura de taller capacidad en t
50	8.67	9.89
60	9.00	9.05
70	9.29	8.30

Se selecciona el ancho de 60 mm, la capacidad es de 9.00t

ESPELOR MINIMO DEL ALMA

Para evitar sobreesfuerzos en el alma de la viga se debe cumplir:

Capacidad cortante del alma por unidad de longitud \geq Capacidad al cortante de la Soldadura de campo por unidad de longitud

$$\begin{aligned}
 tw \times 0.4 \times F_y \text{ viga} &\geq D \times 0.707 \times 0.3 \times F_u \text{ soldadura} \\
 tw &\geq 0.53 D F_u / F_y \\
 tw &\geq 1.03 D \quad \text{para acero A36} \\
 &\quad \text{y electrodos E70XX}
 \end{aligned}$$

ESPELOR MINIMO DE PLACA

Cortante.

Para evitar sobreesfuerzos en la placa se debe cumplir:

Capacidad al cortante de la placa por unidad de longitud	≥	Capacidad al cortante de la soldadura de taller por unidad de longitud
$t_p \times 0.4 \times F_y$ placa	≥	$2 \times D \times 0.707 \times 0.3 \times F_u$ soldadura
t_p	≥	$1.06 D F_u / F_y$
t_p	≥	$2.06 D$ para acero A36 y electrodos E70XX

Flexión

El esfuerzo de flexión en la placa, en t/mm^2 , es:

$$f_b = M/S$$

donde

$$M = \text{Momento debido a la excentricidad, en } t\text{-mm}$$

$$= P_e$$

$$S = \text{Módulo de sección de la placa, en } mm^3$$

$$= t_p L^2 / 6$$

El esfuerzo permisible es

$$F_b = 0.6 F_y$$

$$= 0.0152 t/mm^2 \quad \text{para acero A36}$$

Como el esfuerzo calculado no debe exceder al permisible:

$$0.0152 \geq \frac{6pe}{t_p L^2} \quad \text{ó} \quad t_p \geq 394.7 pe/L^2$$

En todos los casos tabulados el cortante controla el espesor de placa.

Para imprimir la Tabla III-2 se desarrolló un programa de computadora para una Apple II en lenguaje Applesoft. Ver Apéndice A.

CONEXIONES DE PLACA
SOLDADA AL ALMA

ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

TABLA III-2

La Tabla III-2 proporciona capacidades y detalles para conexiones de una placa soldada al alma de la viga y al miembro soportante. La placa se suelda al miembro soportante en taller y al alma de la viga durante el montaje. Además de las soldaduras indicadas, se pueden usar tornillos de montaje para unir temporalmente la viga a la placa (opcional).

Las capacidades permisibles de la Tabla III-2 están basadas en el uso de electrodos E70XX. La Tabla puede usarse para otros electrodos considerando que el valor tabulado sea ajustado para el electrodo utilizado (ej. para electrodos E60XX, multiplíquese el valor tabulado por 60/70 ó 0.86, etc.) y que las soldaduras y metal base cumplan con lo requerido por la sección 1.5.3 de las Especificaciones del IMCA.

La capacidad permisible de las soldaduras utiliza la solución del centro instantáneo de giro basada en el criterio descrito en el capítulo II (2).

El espesor del alma de la viga debe ser al menos 1.03 veces la dimensión requerida de soldadura E70XX, cuando el F_y de la viga sea 2530 kg/cm². Para otras combinaciones de materiales el espesor mínimo del alma será 0.53 veces la dimensión de la soldadura multiplicada por la relación del F_u del electrodo al F_y de la viga.

EJEMPLOS

- a) Datos: Viga: IR 457 x 112.9; $d = 463$ mm; $t_w = 10.8$ mm
 $b_f = 280$ mm; $t_f = 17.3$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Soldadura: E70XX

Reacción: 13.3t

Solución:

La máxima longitud de la placa es:

$$L_{\max} = d - 2t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ = 277 \text{ mm}$$

Se entra en la Tabla III-2 y se selecciona una capacidad de la soldadura de 13.43t (dimensión de la soldadura = 5 mm). La longitud de la placa (277 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (10.8 mm) excede al espesor mínimo requerido ($1.03 \times 5 = 5.2$ mm) de manera que no es necesaria una reducción en la capacidad de las soldaduras.

Datos del Detalle: Una \angle 10 mm x 80 mm x 220 mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Dimensión de soldadura = 5 mm; E70XX

- b) Datos: Los mismos datos del Ejemplo a, excepto la reacción de 16.2t

Solución:

Se entra en la Tabla III-2 y se selecciona una capacidad de la soldadura de 16.24t (dimensión de la soldadura = 8 mm). La longitud de la placa (170 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (10.8 mm) excede al espesor mínimo requerido (8.2 mm), por lo que no se necesita reducir la capacidad de las soldaduras.

A menos que los detalles de estructuración requieran esta pequeña longitud de la placa, puede ser preferible una placa más grande con menor cantidad de soldadura depositada. La placa de 270 mm de longitud con capacidad de las soldaduras de 16.78t (dimensión de la soldadura = 5 mm) también es adecuada y puede seleccionarse.

Datos de Detalle: Una L 10 mm x 100 mm x 270 mm

Dimensión de la soldadura = 5 mm; E70XX

c) Datos: Viga: IR 254 x 32.9; $d = 258$ mm; $t_w = 6.1$ mm

$b_f = 146$ mm; $t_f = 9.1$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Soldadura: E60XX

Reacción: 7.71t

Solución:

La máxima longitud de la placa es

$$L_{\max} = d - 2t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ = 159 \text{ mm}$$

Se entra en la Tabla III-2 con una reacción de $7.71 \times 70/60 = 9.00t$ y selecciona una capacidad de la soldadura de 9.00t (dimensión de la soldadura = 5 mm). La longitud de la placa (150 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (6.1 mm) excede el espesor mínimo requerido ($0.53 \times 5 \times 4220/2530 = 4.42$ mm) de manera que no es necesaria una reducción a la capacidad de las soldaduras.

Datos de Detalle: Una L 10 mm x 60 mm x 150 mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Dimensión de soldadura = 5 mm; E60XX

SOLDADURA AL MIEMBRO SOPORTANTE

La selección de las conexiones que aquí se tabulan se basan y

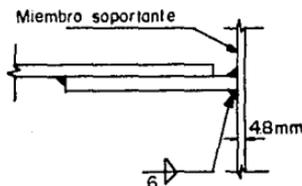
limitan por el requerimiento de que la soldadura de taller sea aplicada de acuerdo con la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA, la cual estipula la soldadura mínima para varios espesores de material.

Respecto a la soldadura de taller, se debe hacer notar que los miembros soportantes con una limitada capacidad al cortante o aquellos que soporten conexiones opuestas, deberán sujetarse a una reducción en la capacidad de la conexión.

EJEMPLOS

d) Datos:

Soldadura de taller = 6 mm de filete, E70XX totalmente cargada en un lado del alma de 4.8 mm de espesor del miembro soportante con $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$



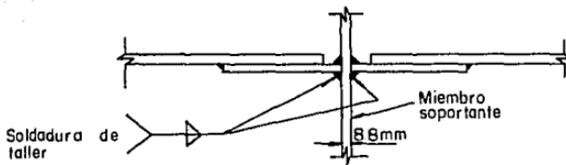
Solución:

Valor del cortante de una soldadura de filete de 6 mm = $6 \times 0.707 \times 0.3 \times 49.2 = 62.6 \text{ kg/mm}$. Valor del cortante del alma de 4.8 mm de espesor = $4.8 \times 0.4 \times 25.3 = 48.6 \text{ kg/mm}$.

Debido a esta deficiencia en la capacidad al cortante del alma, la capacidad total seleccionada de la columna de soldadura para la dimensión de 6 mm se deberá reducir por el cociente $48.6/62.6$ ó 0.776 .

e) Datos:

Dos vigas de piso con reacciones de 6.7t cada una se encuentra soportada por una trabe de $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ con un alma de 8.8 mm de espesor.



Solución:

La placa de 100 mm de longitud con soldadura de 6 mm tiene una capacidad de 6.78t cuando se encuentra totalmente esforzada. El máximo cortante desarrollado en los dos filetes de soldadura de 6 mm en lados opuestos del alma de la trabe soportante = $2 \times 6 \times 0.707 \times 0.3 \times 49.2 \times 6.7/6.78 = 123.7$ kg/mm. La capacidad cortante del alma de 8.8 mm = $8.8 \times 0.4 \times 25.3 = 89.1$ kg/mm. Es necesaria una conexión más larga para reducir el cortante en el alma. La capacidad requerida de la soldadura es $6.78 \times 123.7/89.1 = 9.4t$. La placa de 140 mm de longitud con soldadura de 6 mm tiene una capacidad tabulada de 9.76t y es adecuada.

VIGAS CORTADAS EN LOS PATINES

Las capacidades de carga tabuladas son apropiadas para las condiciones ilustradas en la Figura III-2-1. Estos valores son una medida de la capacidad de la soldadura cuando es utilizada con placas de conexión de las medidas indicadas y en vigas con el espesor del alma mínimo especificado. Estas no son una medida de la resistencia o capacidad de la viga.

La combinación de altos esfuerzos cortantes y de flexión permitidos en conexiones soldadas requieren que cualquier viga, cortada en el patín superior o en los dos patines, sea revisada para su capacidad al cortante y a la flexión en la sección reducida.

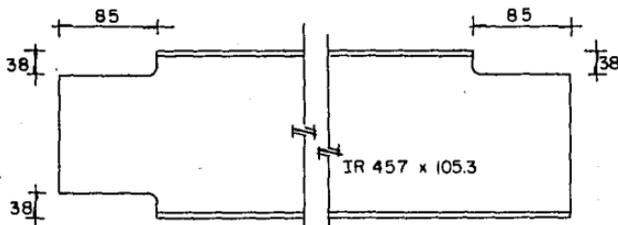
EJEMPLO

f) Datos: Viga: IR 457 x 105.3; $d = 469$ mm; $t_w = 12.6$ mm, $b_f = 194$ mm

$t_f = 20.6$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²; cortada como se muestra

Soldadura: E70XX

Reacciones: 17t en cada extremo



Solución:

A. Extremo Derecho

Conexión:

Usando la Tabla III-2. La longitud máxima de la placa es:

$$L_{\max} = 469 - 2 \times 20.6 - (194 - 12.6) \times 0.577 = 323 \text{ mm}$$

La placa de 13 mm x 90 mm x 230 mm con dimensión de soldadura de 6 mm tiene una capacidad de 17.07t. El espesor mínimo del alma para la soldadura de filete de 6 mm es $= 1.03 \times 6 = 6.2 < 12.6$ mm

Usar una placa de 13 mm x 90 mm x 230 mm con soldaduras de 6 mm

Cortante de conjunto en el alma de la viga (4)

$$R_{bs} = F_1 + F_2$$

$$= (1010 \times 23 \times 1.26) + (2040 \times 8 \times 1.26 / 2)$$

$$= 39\,551 > 17\,000 \text{ kg}$$

El cortante de conjunto no controla.

Revisión por Flexión y Pandeo Local (5)

$$c = 8.5 + 1 = 9.5 \text{ cm}$$

$$dc = 3.8 \text{ cm}$$

$$ho = 46.9 - 3.8 = 43.1 \text{ cm}$$

$$c/ho = 9.5 / 43.1 = 0.22 < 1.0$$

$$k = 2.2 (ho/c)^{1.65} = 2.2 (43.1/9.5)^{1.65} = 26.7$$

$$c/d = 9.5 / 46.9 = 0.203 < 1.0$$

$$f = 2 (c/d) = 2 \times 0.203 = 0.406$$

$$F_{bp} = 1\,103\,800 f k (tw/ho)^2 < 0.6F_y$$

$$= 1\,103\,800 \times 0.406 \times 26.7 (1.26/43.1)^2$$

$$= 10\,226 > 1\,520 \text{ kg/cm}^2 \text{ (controla la fluencia)}$$

$$S = 593 \text{ cm}^3 \text{ (módulo de sección de la sección cortada)}$$

$$fb = M/S = (17\,000 \times 9.5) / 593$$

$$= 272 < 1\,520 \text{ kg/cm}^2 \text{ (no se requiere refuerzo)}$$

B. Extremo Izquierdo

Conexión: Igual al Extremo Derecho

Usar una placa 13 mm x 90 mm x 230 mm con soldaduras de 6 mm

Revisión del cortante de conjunto (4)

$$F_1 = F_v \times L \times tw$$

$$= 1010 \times 23 \times 1.26 = 29\,270 > 17\,000 \text{ kg}$$

El cortante de conjunto es adecuado

Revisión por Flexión y Pandeo Local (5)

Sección 1.9 IMCA:

$$\frac{b}{tw} = \frac{46.9 - 3.8 - 3.8}{2 \times 1.26}$$

$$= 15.59 < \frac{800}{\sqrt{F_y}} = 15.9$$

$$F_b = 0.6F_y = 1\,520 \text{ kg/cm}^2$$

$$S = tw d^3 / 6 = 1.26 \times (39.3)^3 / 6 \\ = 324 \text{ cm}^3$$

$$f_b = M/S = (17\,000 \times 9.5) / 324 \\ = 498 < 1\,520 \text{ kg/cm}^2$$

Cortante en la sección reducida:

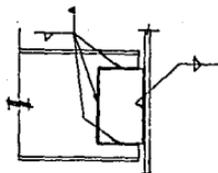
$$f_v = 17\,000 / (1.26 \times 39.3) \\ = 343 < F_v = 1\,010 \text{ kg/cm}^2$$

No se requiere refuerzo

CONEXIONES DE PLACA
SOLDADA AL ALMA

ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

TABLA III-2



111

SOLDADURA		DIMENSIONES DE LA PLACA mm X mm X mm	SOLDADURA		DIMENSIONES DE LA PLACA mm X mm X mm	SOLDADURA		DIMENSIONES DE LA PLACA mm X mm X mm
CAPACIDAD t	DIMENSION mm		CAPACIDAD t	DIMENSION mm		CAPACIDAD t	DIMENSION mm	
2.45	3	6 X 40 X 80	6.09	3	6 X 70 X 170	16.25	5	10 X 100 X 260
4.09	5	10 X 40 X 80	10.15	5	10 X 70 X 170	19.50	6	13 X 100 X 260
4.90	6	13 X 40 X 80	12.18	6	13 X 70 X 170	26.00	8	16 X 100 X 260
6.54	8	16 X 40 X 80	16.24	8	16 X 70 X 170	32.49	10	21 X 100 X 260
2.99	3	6 X 40 X 90	6.57	3	6 X 70 X 180	16.78	5	10 X 100 X 270
4.98	5	10 X 40 X 90	10.94	5	10 X 70 X 180	20.14	6	13 X 100 X 270
5.97	6	13 X 40 X 90	13.13	6	13 X 70 X 180	26.86	8	16 X 100 X 270
7.96	8	16 X 40 X 90	17.51	8	16 X 70 X 180	33.57	10	21 X 100 X 270
3.39	3	6 X 40 X 100	6.89	3	6 X 70 X 190	17.37	5	10 X 110 X 280
5.65	5	10 X 40 X 100	11.48	5	10 X 70 X 190	20.84	6	13 X 110 X 280
6.78	6	13 X 40 X 100	13.78	6	13 X 70 X 190	27.79	8	16 X 110 X 280
9.04	8	16 X 40 X 100	18.37	8	16 X 70 X 190	34.74	10	21 X 110 X 280
3.72	3	6 X 40 X 110	7.31	3	6 X 80 X 200	18.20	5	10 X 110 X 290
6.20	5	10 X 40 X 110	12.19	5	10 X 80 X 200	21.83	6	13 X 110 X 290
7.44	6	13 X 40 X 110	14.63	6	13 X 80 X 200	29.11	8	16 X 110 X 290
9.92	8	16 X 40 X 110	19.50	8	16 X 80 X 200	36.39	10	21 X 110 X 290
4.21	3	6 X 50 X 120	7.73	3	6 X 80 X 210	18.47	5	10 X 120 X 300
7.01	5	10 X 50 X 120	12.89	5	10 X 80 X 210	22.17	6	13 X 120 X 300
8.42	6	13 X 50 X 120	15.47	6	13 X 80 X 210	29.56	8	16 X 120 X 300
11.22	8	16 X 50 X 120	20.63	8	16 X 80 X 210	36.94	10	21 X 120 X 300
4.56	3	6 X 50 X 130	8.06	3	6 X 80 X 220	19.40	5	10 X 120 X 310
7.59	5	10 X 50 X 130	13.43	5	10 X 80 X 220	23.29	6	13 X 120 X 310
9.11	6	13 X 50 X 130	16.11	6	13 X 80 X 220	31.05	8	16 X 120 X 310
12.15	8	16 X 50 X 130	21.48	8	16 X 80 X 220	38.81	10	21 X 120 X 310
4.88	3	6 X 50 X 140	8.54	3	6 X 90 X 230	20.14	5	10 X 120 X 320
8.14	5	10 X 50 X 140	14.23	5	10 X 90 X 230	24.17	6	13 X 120 X 320
9.76	6	13 X 50 X 140	17.07	6	13 X 90 X 230	32.23	8	16 X 120 X 320
13.02	8	16 X 50 X 140	22.76	8	16 X 90 X 230	40.29	10	21 X 120 X 320
5.40	3	6 X 60 X 150	8.90	3	6 X 90 X 240			
9.00	5	10 X 60 X 150	14.84	5	10 X 90 X 240			
10.80	6	13 X 60 X 150	17.81	6	13 X 90 X 240			
14.40	8	16 X 60 X 150	23.74	8	16 X 90 X 240			
5.72	3	6 X 60 X 160	9.22	3	6 X 90 X 250			
9.54	5	10 X 60 X 160	15.37	5	10 X 90 X 250			
11.44	6	13 X 60 X 160	18.44	6	13 X 90 X 250			
15.26	8	16 X 60 X 160	24.59	8	16 X 90 X 250			

III-3 CONEXIONES DE PLACA SOLDADA AL ALMA Y A UN ATIESADOR

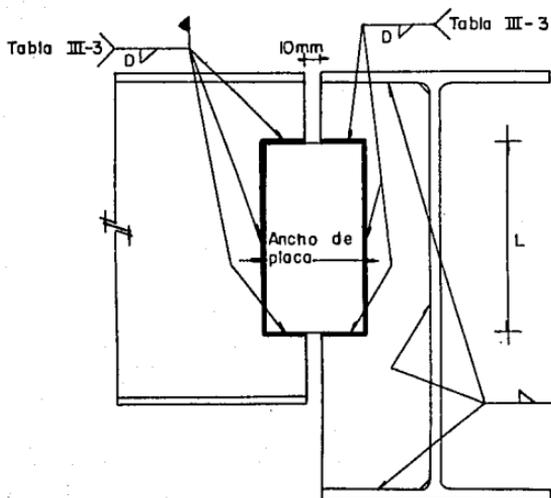
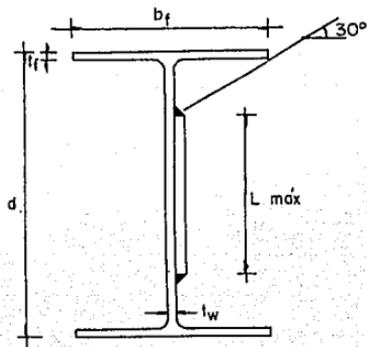


Figura III-3-1

Al soldar la placa a la viga el electrodo debe tener una inclinación de 30° (1) lo que limita la longitud de la placa, L.



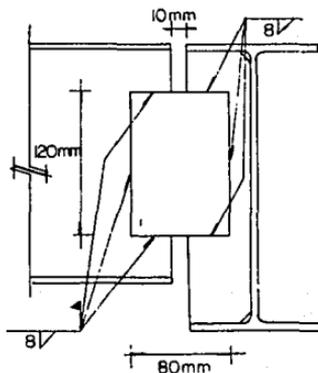
$$L_{\max} = d - 2t_f - (b - t_w) \tan 30^\circ$$

Fig. III-3-2

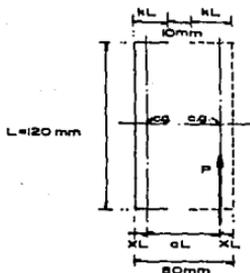
Para los perfiles IR laminados en México el valor de L_{\max} varía de 84 mm a 323 mm. Se consideraron placas con longitudes de 80 mm a 320 mm. El ancho de placa no debe ser muy grande porque aumentaría la excentricidad entre soldaduras (de campo y de taller) reduciendo la capacidad de la conexión, tampoco puede ser muy pequeño porque ésto no garantizaría una correcta fabricación de la junta, se consideraron anchos de 80 mm para longitudes de 80 mm hasta 250 mm y anchos de 90 mm para las placas más largas.

Con estas observaciones se calcularon las capacidades para cada longitud, L , con su ancho de placa correspondiente y varias dimensiones de soldadura, D , tomando en cuenta las recomendaciones del AISC.

La capacidad permisible de las soldaduras está basada en el método de la resistencia última (2). Por ejemplo si se tiene una longitud de 120 mm y una dimensión de soldadura de 8 mm electrodos E70XX.



Como la geometría de la soldadura de campo es igual a la de taller ambas tendrán la misma capacidad. (2)



$$k = \frac{kL}{L} = \frac{(80 - 10) / 2}{120}$$

$$= 0.292$$

$$x = \frac{k^2}{1 + 2k} = 0.054$$

$$xL = 0.054 \times 120 = 6.4 \text{ mm}$$

$$aL = 80 - 2xL = 67.1 \text{ mm}$$

$$a = \frac{67.1}{120} = 0.559$$

Entrando en la Tabla II-7-3, por interpolación entre $a = 0.5$ y $a = 0.6$ para $k = 0.292$, se encuentra $c = 0.749$, sustituyendo en la ecuación II-7-1

$$P = 0.749 \times 1.0 \times 8 \times 120 / 88.89$$

$$= 8.08t$$

ESPESOR MINIMO DEL ALMA Y DEL ATIESADOR

Para evitar sobreesfuerzos en el alma de la viga y en la placa atiesadora se debe cumplir:

Capacidad del cortante del alma o del atiesador por unidad de longitud \geq Capacidad al cortante de la soldadura por unidad de longitud

$$t \times 0.4 \times F_y \geq D \times 0.707 \times 0.3 \times F_u$$

$$t \geq 0.53 D F_u / F_y$$

$$t \geq 1.03 D \quad \text{para acero A36} \\ \text{y electrodos E70XX}$$

Para imprimir la Tabla III-3 se desarrollo un programa de computado ra para una Apple II en lenguaje Applesoft. Ver Apéndice A

ESPESOR MINIMO DE PLACA

Cortante.

Para evitar sobreesfuerzos en la placa se debe cumplir:

Capacidad al cortante de la placa por unidad de longitud \geq Capacidad al cortante de la soldadura por unidad de longitud

$$t_p \times 0.4 \times F_y \text{ placa} \geq D \times 0.707 \times 0.3 \times F_u \text{ soldadura}$$

$$t_p \geq 0.53 D F_u / F_y$$

$$t_p \geq 1.03 D \text{ para acero A36} \\ \text{y electrodos E 70XX}$$

Flexión.

El esfuerzo de flexión en la placa, en t/mm², es:

$$f_b = M/S$$

donde:

M = Momento debido a la excentricidad, en t-mm

$$= P e$$

S = Módulo de sección de la placa, en mm³

$$= t_p L^2 / 6$$

El esfuerzo permisible es:

$$F_b = 0.6 F_y$$

$$= 0.0152 t / \text{mm}^2 \text{ para acero A36}$$

Como el esfuerzo calculado no debe exceder al permisible:

$$0.0152 \geq \frac{6 P e}{t_p L^2} \text{ ó } t_p \geq 394.7 P e / L^2$$

Especificación (6)

para $t_p < 6$ mm, $t_p \geq D$

para $t_p \geq 6$ mm, $t_p \geq D + 1.6$ mm

En todos los casos tabulados la especificación controla el espesor de la placa.

CONEXIONES DE PLACA SOLDADA
AL ALMA Y A UN ATIESADOR

ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

TABLA III-3

La Tabla III-3 proporciona capacidades y detalles para conexiones de una placa soldada al alma de una viga y a una placa atiesadora de la viga soportante. La placa de conexión se suelda en taller al atiesador y luego éste es soldado a la viga soportante, durante el montaje la placa de conexión es unida al alma de la viga con soldadura de campo. Además de las soldaduras indicadas, se pueden usar tornillos de montaje para unir temporalmente la viga a la placa (opcional).

Las capacidades permisibles de la Tabla III-3 están basadas en el uso de electrodos E70XX. La Tabla puede usarse para otros electrodos considerando que el valor tabulado sea ajustado para el electrodo utilizado (ej. para electrodos E60XX, multiplíquese el valor tabulado por 60/70 ó 0.86, etc.) y que las soldaduras y metal base cumplan con lo requerido por la sección 1.5.3 de las Especificaciones del IMCA.

La capacidad permisible de las soldaduras utiliza la solución del centro instantáneo de giro basada en el criterio descrito en el capítulo II (2).

El espesor del alma de la viga y de la placa atiesadora debe ser al menos 1.03 veces la dimensión requerida de soldadura E70XX, cuando el F_y de la viga o del atiesador sea 2530 kg/cm². Para otras combinaciones de materiales el espesor mínimo del alma será 0.53 veces la dimensión de la soldadura multiplicada por la relación de F_u del electrodo al F_y de la viga o del atiesador.

La dimensión de las soldaduras que unen el atiesador a la viga soportante deberá cumplir con lo estipulado por la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA.

EJEMPLOS:

a) Datos: Viga soportante: IR 457 x 112.9; $d = 463$ mm; $t_w = 10.8$ mm

	$bf = 280$ mm; $tf = 17.3$ mm; $k = 35$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm ²
Viga:	IR = 406 x 67.4; $d = 410$ mm; $t_w = 8.8$ mm
	$bf = 179$ mm; $tf = 14.4$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm ²
Soldadura:	E70XX
Reacción:	21t

Solución:

La máxima longitud de la placa es:

$$L_{\max} = 410 - 2(14.4) - (179 - 8.8) 0.577 = 283 \text{ mm}$$

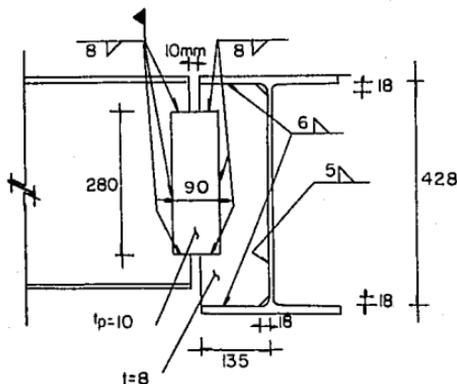
Se entra en la Tabla III-3 y se selecciona una capacidad de la soldadura de 21.04t (dimensión de la soldadura = 8 mm). La longitud de la placa (280 mm) es menor que L_{\max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (8.8 mm) excede al espesor mínimo requerido ($1.03 \times 8 = 8.2$ mm) de modo que no se necesita una reducción en la capacidad de la soldadura.

El espesor necesario del atiesador es de 8.2 mm, la longitud debe ser = $463 - 2 \times 17.3 = 428$ mm y el ancho será = $(280 - 10.8)/2 = 135$ mm. Los cortes de esquina del atiesador = $35 - 17.3 = 18$ mm.

Usar: Placa 8 mm x 135 mm x 428 mm; con cortes de 18 mm

Las soldaduras que unen el atiesador a los patines de 17.3 mm y

al alma de 10.8 de la viga soportante pueden ser de 6 mm y 5 mm respectivamente para la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA.



b) Datos: Los mismos datos del ejemplo a, excepto la reacción de 14.5t.

Solución:

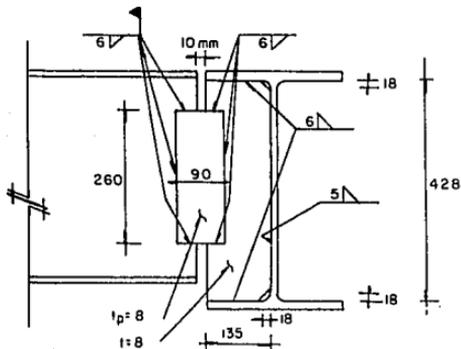
Se entra en la Tabla III-3 y se selecciona una capacidad de la soldadura de 14.61t (dimensión de la soldadura = 8 mm). La longitud de la placa (200 mm) es menor que L_{max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (8.8 mm) excede al espesor mínimo requerido (8.2 mm) por lo que no es necesario reducir la capacidad de la soldadura.

En el caso de que los detalles de estructuración no necesiten esta pequeña longitud de placa, puede ser preferible una placa mayor con menos cantidad de soldadura depositada. La placa de 260 mm de longitud con capacidad de las soldaduras de 14.53t (dimensión de la soldadura = 6 mm) también es adecuada y puede seleccionarse.

El espesor necesario del atiesador es = $1.03 \times 6 = 6.18$ mm

Usar: Placa 6 mm x 135 mm x 428 mm; con cortes de 18 mm

Las soldaduras que unen el atiesador a los patines y al alma de la viga soportante pueden ser de 6 mm y 5 mm respectivamente para la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA.



c) Datos: Viga soportante: IR 305 x 44.5; $d = 313$ mm; $t_w = 6.6$ mm

$bf = 166$ mm; $tf = 11.2$ mm; $k = 24$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Viga: IR = 254 x 44.8; $d = 266$ mm; $t_w = 7.6$ mm

$bf = 148$ mm; $tf = 13.0$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Soldadura: E60XX

Reacción: 5.56t

Solución:

La máxima longitud de la placa es:

$$L_{\max} = 266 - 2(13) - (148 - 7.6) 0.577 = 159 \text{ mm}$$

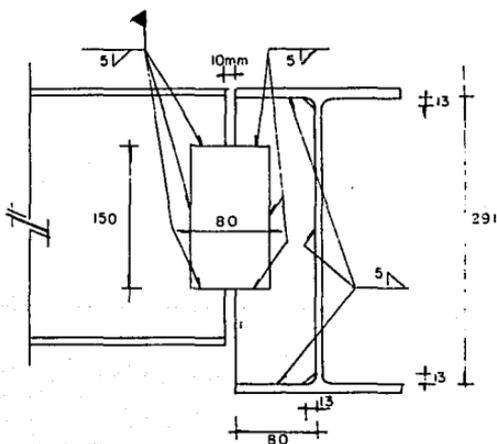
Se entra en la Tabla III-3 con una reacción de $5.56 \times 70/60 = 6.49$ t y se selecciona una capacidad de la soldadura de 6.50t (dimensión

de la soldadura = 5 mm). La longitud de la placa (150 mm) es menor que L_{max} y es adecuada. El espesor del alma de la viga (7.6 mm) excede al espesor mínimo requerido ($0.53 \times 5 \times 4220/2530 = 4.42$ mm) de manera que no se necesita una reducción en la capacidad de la soldadura.

El espesor necesario del atiesador es de 4.42 mm, la longitud debe ser = $313 - 2 \times 11.2 = 291$ mm y el ancho será = $(166 - 6.6)/2 = 80$ mm. Los cortes de esquina del atiesador = $24 - 11.2 = 13$ mm.

Usar: Placa 5 mm x 80 mm x 291 mm; con cortes de 13 mm

Las soldaduras que unen el atiesador a los patines de 11.2 mm y al alma de 6.6 mm de la viga soportante pueden ser de 5 mm para la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA.

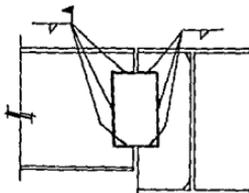


CONEXIONES DE PLACA SOLDADA
AL ALMA Y A UN ATIESADOR

121

ELECTRODOS E70XX
ACERO A36

TABLA III-3



SOLDADURA		DIMENSIONES DE LA PLACA		SOLDADURA		DIMENSIONES DE LA PLACA		SOLDADURA		DIMENSIONES DE LA PLACA	
CAPACIDAD t	DIMENSION mm	mm X mm X mm	mm	CAPACIDAD t	DIMENSION mm	mm X mm X mm	mm	CAPACIDAD t	DIMENSION mm	mm X mm X mm	mm
1.89	3	3 1 80 X 1 80	4.57	3	3 X 80 X 1 170	12.11	5	5 1 90 X 2 60			
3.16	5	5 1 80 X 1 80	7.62	5	5 X 80 X 1 170	14.53	6	6 1 90 X 2 60			
3.79	6	6 1 80 X 1 80	9.14	6	6 X 80 X 1 170	19.38	8	8 1 90 X 2 60			
5.05	8	10 1 80 X 1 80	12.18	8	10 X 80 X 1 170	24.22	10	11 1 90 X 2 60			
2.16	3	3 1 80 X 1 90	4.89	3	3 X 80 X 1 180	12.62	5	5 1 90 X 2 70			
3.60	5	5 1 80 X 1 90	8.15	5	5 X 80 X 1 180	15.15	6	6 1 90 X 2 70			
4.32	6	6 1 80 X 1 90	9.78	6	6 X 80 X 1 180	20.20	8	8 1 90 X 2 70			
5.76	8	10 1 80 X 1 90	13.04	8	10 X 80 X 1 180	25.24	10	11 1 90 X 2 70			
2.43	3	3 1 80 X 1 100	5.18	3	3 X 80 X 1 190	13.15	5	5 1 90 X 2 80			
4.04	5	5 1 80 X 1 100	8.64	5	5 X 80 X 1 190	15.78	6	6 1 90 X 2 80			
4.85	6	6 1 80 X 1 100	10.36	6	6 X 80 X 1 190	21.04	8	8 1 90 X 2 80			
6.47	8	10 1 80 X 1 100	13.82	8	10 X 80 X 1 190	26.30	10	11 1 90 X 2 80			
2.74	3	3 1 80 X 1 110	5.48	3	3 X 80 X 2 00	13.69	5	5 1 90 X 2 90			
4.56	5	5 1 80 X 1 110	9.13	5	5 X 80 X 2 00	16.43	6	6 1 90 X 2 90			
5.47	6	6 1 80 X 1 110	10.96	6	6 X 80 X 2 00	21.99	8	8 1 90 X 2 90			
7.29	8	10 1 80 X 1 110	14.61	8	10 X 80 X 2 00	27.38	10	11 X 90 X 2 90			
3.03	3	3 1 80 X 1 120	5.78	3	3 X 80 X 2 10	14.23	5	5 1 90 X 3 00			
5.05	5	5 1 80 X 1 120	9.63	5	5 X 80 X 2 10	17.08	6	6 1 90 X 3 00			
6.06	6	6 1 80 X 1 120	11.54	6	6 X 80 X 2 10	22.77	8	8 1 90 X 3 00			
8.08	8	10 1 80 X 1 120	15.41	8	10 X 80 X 2 10	28.46	10	11 1 90 X 3 00			
3.30	3	3 1 80 X 1 130	6.08	3	3 X 80 X 2 20	14.78	5	5 1 90 X 3 10			
5.50	5	5 1 80 X 1 130	10.13	5	5 X 80 X 2 20	17.73	6	6 1 90 X 3 10			
6.60	6	6 1 80 X 1 130	12.16	6	6 X 80 X 2 20	23.64	8	8 1 90 X 3 10			
8.79	8	10 1 80 X 1 130	16.22	8	10 X 80 X 2 20	29.56	10	11 X 90 X 3 10			
3.58	3	3 1 80 X 1 140	6.39	3	3 X 80 X 2 30	15.33	5	5 1 90 X 3 20			
5.97	5	5 1 80 X 1 140	10.64	5	5 X 80 X 2 30	18.40	6	6 1 90 X 3 20			
7.16	6	6 1 80 X 1 140	12.77	6	6 X 80 X 2 30	24.53	8	8 1 90 X 3 20			
9.54	8	10 1 80 X 1 140	17.03	8	10 X 80 X 2 30	30.66	10	11 X 90 X 3 20			
3.90	3	3 1 80 X 1 150	6.69	3	3 X 80 X 2 40						
6.50	5	5 1 80 X 1 150	11.15	5	5 X 80 X 2 40						
7.90	6	6 1 80 X 1 150	13.33	6	6 X 80 X 2 40						
10.40	8	10 1 80 X 1 150	17.84	8	10 X 80 X 2 40						
4.23	3	3 1 80 X 1 160	7.01	3	3 X 80 X 2 50						
7.05	5	5 1 80 X 1 160	11.68	5	5 X 80 X 2 50						
8.46	6	6 1 80 X 1 160	14.02	6	6 X 80 X 2 50						
11.28	8	10 1 80 X 1 160	18.69	8	10 X 80 X 2 50						

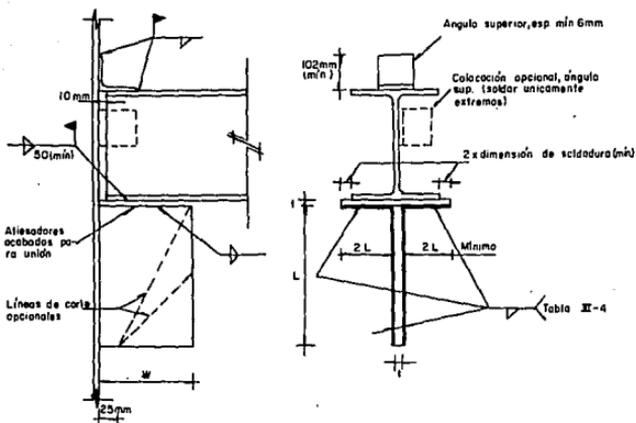


Figura III-4-1

La longitud de apoyo, N , de la viga de acuerdo a la sección 1.10.10 de las Especificaciones del INCA debe ser cuando menos:

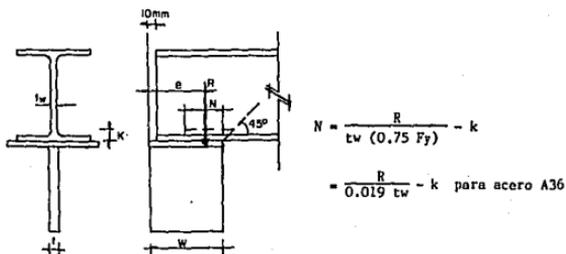


Figura III-4-2

La excentricidad (e) de la reacción es:

$$e = W - N/2 \text{ ————— III-4-1}$$

El ancho necesario del asiento es:

$$W = N + 10$$

Pero como los anchos fueron tabulados cada 20 mm, el ancho del asiento en el caso más favorable es:

$$W = N + 10 + 10$$

Despejando N

$$N = W - 20$$

Sustituyendo en la ecuación III-4-1

$$e = W - (W - 20)/2$$

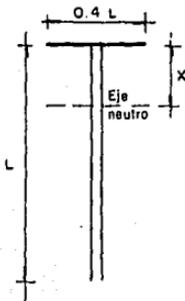
Finalmente

$$e = 0.5W + 10 \text{ ————— III-4-2}$$

CAPACIDAD DE LA SOLDADURA:

Usando el método tradicional de análisis de vectores (7).

Por simplificación la longitud horizontal de la soldadura se supone como un cierto porcentaje de la longitud vertical de la soldadura, L. Se usará el valor de 0.4L para la soldadura horizontal ya que es el valor más comunmente usado.



Distancia al eje neutro:

$$x = L/2.4, \text{ en mm}$$

Momento de inercia de la soldadura:

$$I = L^3/4$$

Módulo de sección de la soldadura:

$$\begin{aligned} S &= I/x \\ &= 0.6 L^2 \end{aligned}$$

La fuerza cortante máxima por milímetro de soldadura debido al momento es:

$$\begin{aligned} f_m &= M/S = R e/S \\ &= R (0.5 W + 14.5) / (0.6 L^2) \end{aligned}$$

La fuerza cortante por milímetro de soldadura debido a la carga aplicada es:

$$f_1 = R / (2.4 L)$$

La fuerza resultante es, en t/mm

$$\begin{aligned} f_R &= \sqrt{(f_1)^2 + (f_m)^2} \\ &= R \sqrt{(0.1736/L^2) + (0.5 W + 14.5)^2 / (0.36 L^4)} \end{aligned}$$

La fuerza permisible para soldadura de dimensión D, en t/mm

$$\begin{aligned} F_R &= D \times \cos 45^\circ \times 0.3 \times F_u \\ &= 0.0104369 D \text{ para electrodos E70XX} \end{aligned}$$

Finalmente la reacción permisible o capacidad, en t

$$R = 0.0104369 D / \sqrt{(0.1736/L^2) + (0.5 W + 14.5)^2 / (0.36 L^4)} -$$

La Tabla III-4 presenta las capacidades, calculadas con la ecuación III-4-3 para una amplia gama de longitudes, L, anchos de placa de asiento, W y dimensiones de soldadura, que cubren las necesidades de los perfiles IR laminados en México e incluso pueden ser usadas para vigas formadas por tres placas soldadas y de alma abierta siempre y cuando el diseñador haga las consideraciones pertinentes.

Como una solución práctica al problema de establecer el espesor de la placa atiesadora, el AISC recomienda que el espesor de la placa vertical, de una ménsula con $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$, nunca sea menor al espesor del alma de la viga soportada si ésta también tiene un $F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2$ (8). Sin embargo para otros casos se empleará la fórmula III-4-4.

$$t \geq t_w \times F_{yb} / F_{ys} \quad \text{III-4-4}$$

donde: t = Espesor de la placa atiesadora del asiento

t_w = Espesor del alma de la viga

F_{yb} = Esfuerzo de fluencia de la viga

F_{ys} = Esfuerzo de fluencia del asiento

Para prevenir sobreesfuerzos por cortante en la placa atiesadora:

$$t \times 0.4 \times F_y \text{ asiento} \geq 2 \times D \times 0.707 \times 0.3 \times F_u \text{ soldadura}$$

$$t \geq 1.06 D F_u / F_y$$

$$t \geq 2.06 D \quad \text{para acero A36 y}$$

electrodos E70XX

Para evitar sobreesfuerzos por cortante en el alma del miembro soportante cuando hay asientos colocados en línea en los dos lados de esta.

$$2 \times D \times 0.707 \times 0.3 \times F_u \text{ soldadura} \leq t_w \times 0.4 \times F_y \text{ miembro soportante}$$

$$D \leq 0.94 t_w F_y / F_u$$

$$D \leq 0.49 t_w \quad \text{para acero A36 y}$$

electrodos

En cuanto a la placa horizontal deberá tener cuando menos un ancho suficiente para alojar el ancho del patín de la viga apoyada mas 4 veces la dimensión de la soldadura, el espesor (t) de la placa de asiento deberá ser cuando menos de 10 mm ($3/4$ in) por recomendación del AISC (8).

El AISC recomienda que las soldaduras que conectan la placa horizontal con la vertical del asiento tenga una resistencia equivalente a la de las soldaduras horizontales que unen la ménsula al elemento soportante (8).

Se debe colocar un ángulo superior para soporte lateral de la viga. Este ángulo no es usado para una parte de la reacción. Su función es proporcionar soporte temporal a los patines superiores de las vigas, dado que el adecuado soporte lateral definitivo usualmente se establece por la losa o la techumbre. Generalmente se usa un ángulo LI 6 x 102 soldado en campo unicamente en los extremos de cada lado. Este permite girar ligeramente el extremo de la viga cuando se flexiona bajo las cargas aplicadas. Sin embargo el espesor del ángulo a veces es controlado por la dimensión de la soldadura requerida por las secciones 1.17.2 y 1.17.3 de las Especificaciones del INCA.

Para imprimir la Tabla III-4 se desarrolló un programa de computadora para una Apple II en lenguaje Applesoft. Ver Apéndice A.

CONEXIONES DE ASIENTO ATIESADO

ELECTRODOS E70XX

TABLA III-4

Las conexiones de asiento solo deben ser usados cuando la viga esté soportada por un ángulo superior colocado como se muestra arriba, o en la localización opcional como se indica.

Las cargas permisibles en la Tabla III-4 se basan en el uso de electrodos E70XX. La Tabla puede usarse para otros electrodos, considerando que el valor tabulado sea ajustado para el electrodo utilizado (ej. para electrodos E60XX, multiplíquese el valor tabulado por 60/70 ó 0.86, etc.) y que las soldaduras y metal base cumplan con lo requerido por la sección 1.5.3 de las Especificaciones del IMCA.

Las capacidades permisibles de las soldaduras en la Tabla III-4 fueron calculados usando el análisis de vectores tradicional.

Basándose en un material de la ménsula con $F_y = 2\ 530\ \text{kg/cm}^2$, el espesor de la placa atiesadora mínimo, t , para vigas soportadas con almas no atiesadas no deberá ser menor que el espesor del alma de la viga soportada para $F_y = 2\ 530\ \text{kg/cm}^2$ de la viga. Para cualquier otra combinación de materiales, el espesor de la placa atiesadora mínimo, t , para vigas apoyadas con almas no atiesadas deberá ser el espesor del alma de la viga multiplicado por la relación del F_y de la viga al F_y de la ménsula (ej. $F_y = 2\ 950\ \text{kg/cm}^2$; F_y ménsula = $2\ 460\ \text{kg/cm}^2$; $t = t_w \times 2\ 950/2\ 460$ mínimo). El espesor mínimo de la placa atiesadora, t , deberá ser al menos 2.06 veces la dimensión de soldadura E70XX requerida cuando el F_y de la ménsula es $2\ 530\ \text{kg/cm}^2$, para otras combinaciones de acero de aportación y base deberá ser al menos 1.06 veces la dimensión

de soldadura requerida multiplicada por la relación del F_u del electrodo al F_y de la ménsula.

El espesor, t , de la placa horizontal de asiento no deberá ser menor que 10 mm.

Se deberá dar un acabado apropiado al borde del atiesador que une con la placa de asiento. Las soldaduras que unen las dos placas tendrán una resistencia igual o mayor que las soldaduras horizontales al miembro soportante bajo la placa de asiento.

Las soldaduras que unen la viga al asiento pueden reemplazarse por tornillos.

Los tornillos ASTM A307 pueden usarse en conexiones de asiento, considerando que las estipulaciones de la sección 1.15.12 de las Especificaciones del IMCA sean observadas.

Para asientos atiesados alineados en lados opuestos del alma del miembro soportante, la dimensión máxima de la soldadura seleccionada no deberá ser mayor que 0.49 del espesor del alma del miembro soportante con $F_y = 2\ 530\text{ kg/cm}^2$ cuando se utilice soldadura E70XX, para otras combinaciones de acero base y de aportación no deberá ser mayor que 0.94 del espesor del alma del miembro soportante multiplicado por la relación del F_y del miembro soportante al F_u del electrodo usado.

En aquellas combinaciones de espesores de material y dimensión de soldadura seleccionadas de la Tabla III-4 que excedan los límites establecidos por las secciones 1.5.3, 1.17.2 y 1.17.3 de las Especificaciones del IMCA, increméntese la dimensión de soldadura o el espesor del material como sea requerido.

Además de las soldaduras mostradas, se pueden usar tornillos de montaje para unir temporalmente las vigas a los asientos (opcional).

EJEMPLOS:

- a) Datos: Viga: IR 457 x 144.3; $t_w = 13.6\text{mm}$; $b_f = 283\text{mm}$; $t_f = 22.1\text{mm}$
 $k = 40\text{ mm}$; $F_y = 2530\text{ kg/cm}^2$

Soldadura: E70XX

Reacción: 40t

Solución:

Longitud de apoyo necesaria:

$$N = \frac{R}{t_w (0.75 F_y)} - k = \frac{40}{13.6 \times 0.019} - 40$$

$$= 115\text{ mm}$$

Ancho del atiesador: $W = 115 + 10 = 125\text{ mm}$

Usar: $W = 140\text{ mm}$

Se entra en la Tabla III-4 con $W = 140\text{ mm}$ y una reacción de 40t; se selecciona soldadura de 6 mm con $L = 370\text{ mm}$, que tiene una capacidad de 41.1t. Partiendo de esto, la longitud mínima de soldadura entre la placa de asiento y el miembro soportante es $2 \times 0.2 L = 148\text{ mm}$.

Usar: longitud de soldadura de 150 mm. Esto también establece la soldadura mínima entre la placa de asiento y el atiesador como 150 mm en total ó 75 mm en cada lado del atiesador.

El espesor de la placa atiesadora, t , para desarrollar el cortante de las soldaduras es $2.06 \times 6 = 12.4\text{ mm}$. Este es menor que el espesor del alma de la viga de 13.6 mm.

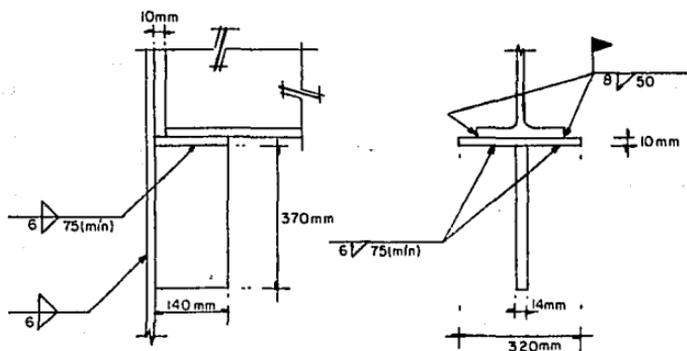
Usar: Placa de 14 mm para el atiesador y placa de 10 mm para el asiento.

Las soldaduras que unen el patín de la viga al asiento deben ser de 8 mm para satisfacer la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA, debido al espesor de 22.1 mm del patín de la viga IR 457 x 144.3.

El ancho de la placa de asiento, para permitir el soldeo de campo de la viga al asiento, debe ser = ancho del patín + 4 x dimensión de soldadura = $283 + 4 \times 8 = 315$ mm.

Usar: placa de 10 mm x 140 mm x 320 mm

Esta es adecuada para la longitud de soldadura mínima requerida.



Usar: Angulo superior LI 10 mm x 102 mm x 100 mm ($F_y = 2530$ kg/cm²) con soldadura de 8 mm a lo largo de los extremos únicamente.

b) Datos: Viga: IR 305 x 44.5; $t_w = 6.6$ mm; $b_f = 166$ mm; $t_f = 11.2$ mm
 $k = 24$ mm; $F_y = 2530$ kg/cm²

Soldaduras: E60XX

Reacción: 20t

Solución:

Longitud de apoyo necesaria:

$$N = \frac{R}{tw (0.75 F_y)} - k = \frac{20}{6.6 \times 0.019} - 24$$

$$= 135 \text{ mm}$$

Ancho del atiesador: $W = 135 + 10 = 145 \text{ mm}$

Usar: $W = 160 \text{ mm}$

Se entra en la Tabla III-4 con una reacción de $20 \times 70/60 = 23.3t$ y $W = 160 \text{ mm}$; cumpliendo estos requisitos están una soldadura de 6 mm, $L = 270 \text{ mm}$ ($23.6t$), o una soldadura de 10 mm, $L = 200 \text{ mm}$ ($23.4t$), o incluso soldaduras de dimensiones mayores. Generalmente, la soldadura de 6 mm es la mejor selección, ya que ésta puede colocarse en un paso usando soldadura manual. Seleccionar la soldadura de 6 mm. Partiendo de esto, la longitud mínima de soldadura entre la placa de asiento y el miembro soportante es $2 \times 0.2 L = 108 \text{ mm}$.

Usar: longitud de soldadura de 110 mm. Esto también establece la soldadura mínima entre la placa de asiento y el atiesador como 110 mm en total ó 55 mm en cada lado del atiesador.

El espesor de la placa atiesadora, t , para desarrollar el cortante de las soldaduras es $1.06 \times 6 \times 4 \times 220/2 \times 530 = 10.6 \text{ mm}$

Usar: placa de 11 mm para el atiesador y placa de 10 mm para el asiento.

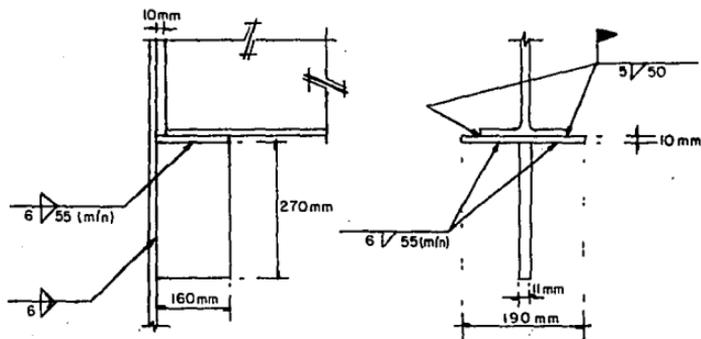
Las soldaduras que unen el patín de la viga al asiento deben ser de 5 mm para satisfacer la sección 1.17.2 de las Especificaciones del IMCA, debido al espesor de 11.2 mm del patín de la viga.

El ancho de la placa de asiento, para permitir el soldeo de campo de la viga al asiento, debe ser = ancho del patín + 4 x dimensión de

la soldadura = $166 + 4 \times 5 = 186 \text{ mm}$

Usar: placa de $10 \text{ mm} \times 160 \text{ mm} \times 190 \text{ mm}$.

Esta es adecuada para la longitud de soldadura mínima requerida.



Usar: Angulo superior LI $6 \text{ mm} \times 102 \text{ mm} \times 100 \text{ mm}$ ($F_y = 2\,530 \text{ kg/cm}^2$)
con soldadura de 5 mm a lo largo de los extremos únicamente.

CONEXIONES DE ASIENTO ATIESADO

ELECTRODOS E70XX

134

TABLA III-4 CAPACIDADES EN t (CONTINUACION)

L mm	MEDIO DE ASIENTO, M. mm															
	180				200				220				240			
	DIMENSION DE SOLDADURA, mm				DIMENSION DE SOLDADURA, mm				DIMENSION DE SOLDADURA, mm				DIMENSION DE SOLDADURA, mm			
	6	8	10	11	6	10	11	13	6	10	11	13	6	10	11	13
200	13.0	17.3	21.6	23.8	16.0	20.0	22.1	26.1	14.9	18.7	20.3	24.3	14.0	17.5	19.2	22.7
210	14.2	18.9	23.6	26.0	17.5	21.9	24.1	28.5	16.4	20.4	22.5	26.6	15.3	19.1	21.0	24.9
220	15.4	20.5	25.7	28.2	19.1	23.9	26.2	31.0	17.8	22.3	24.5	28.9	16.7	20.9	22.9	27.1
230	16.7	22.2	27.8	30.6	20.7	25.9	28.4	33.6	19.3	24.2	26.6	31.4	18.1	22.6	24.9	29.4
240	18.0	23.9	29.9	32.9	22.3	27.9	30.7	36.3	20.9	26.1	28.7	33.9	19.4	24.5	26.9	31.8
250	19.3	25.7	32.1	35.4	24.0	30.0	33.0	39.0	22.5	28.1	30.9	36.5	21.1	26.4	29.0	34.3
260	20.6	27.5	34.4	37.8	25.7	32.2	35.4	41.8	24.1	30.1	33.2	39.2	22.7	28.3	31.2	36.8
270	22.0	29.4	36.7	40.4	27.5	34.3	37.8	44.7	25.8	32.2	35.5	41.9	24.3	30.3	33.4	39.4
280	23.4	31.2	39.0	42.9	29.3	36.4	40.2	47.6	27.5	34.4	37.8	44.7	25.9	32.4	35.6	42.1
290	24.8	33.1	41.4	45.5	31.1	38.9	42.7	50.5	29.2	36.6	40.2	47.5	27.6	34.5	37.9	44.8
300	26.3	35.1	43.8	48.2	32.9	41.2	45.3	53.5	31.0	38.8	42.7	50.4	29.3	36.6	40.3	47.6
310	27.8	37.0	46.3	50.9	34.8	43.5	47.9	56.6	32.8	41.0	45.1	53.3	31.0	38.8	42.6	50.4
320	29.2	39.0	48.7	53.7	36.7	45.9	50.5	59.7	34.7	43.3	47.7	56.3	32.8	41.0	45.1	53.3
330	30.7	41.0	51.2	56.3	38.7	48.3	53.2	62.8	36.5	45.7	50.2	59.4	34.6	43.2	47.5	56.2
340	32.2	43.0	53.7	59.1	40.6	50.8	55.8	66.0	38.4	48.0	52.8	62.4	36.4	45.5	50.0	59.1
350	33.8	45.0	56.3	61.9	42.6	53.2	58.6	69.2	40.3	50.4	55.5	65.5	38.2	47.8	52.6	62.2
360	35.3	47.1	58.8	64.7	44.6	55.7	61.3	72.4	42.3	52.8	58.1	68.7	40.1	50.1	55.2	65.7
370	36.9	49.1	61.4	67.6	46.6	58.2	64.1	75.7	44.2	55.3	60.8	71.9	42.0	52.5	57.8	68.3
380	38.4	51.2	64.0	70.4	48.6	60.8	66.9	79.0	46.2	57.7	63.5	75.1	43.9	54.9	60.4	71.4
390	40.0	53.3	66.6	73.3	50.7	63.3	69.7	82.3	48.2	60.2	66.3	78.3	45.9	57.3	63.1	74.5
400	41.6	55.4	69.3	76.2	52.7	65.9	72.5	85.7	50.2	62.7	69.0	81.6	47.8	59.8	65.8	77.1
410	43.1	57.5	71.9	79.1	54.8	68.5	75.3	89.0	52.2	65.3	71.8	84.9	49.8	62.2	68.5	80.9
420	44.7	59.7	74.6	82.0	56.9	71.1	78.2	92.4	54.3	67.8	74.6	88.2	51.8	64.7	71.2	84.3
430	46.3	61.8	77.2	85.0	59.0	73.7	81.1	95.8	56.3	70.4	77.4	91.5	53.8	67.2	74.0	87.4
440	47.9	63.9	79.9	87.9	61.1	76.4	84.0	99.3	58.4	73.0	80.3	94.9	55.8	69.8	76.8	90.1
450	49.6	66.1	82.6	90.8	63.2	79.0	86.9	102.7	60.5	75.6	83.1	98.2	57.9	72.3	79.6	94.0
460	51.2	68.2	85.3	93.8	65.3	81.7	89.8	106.2	62.5	78.2	86.0	101.6	59.9	74.9	82.4	97.3
470	52.8	70.4	88.0	96.8	67.5	84.3	92.7	109.6	64.6	80.8	88.9	105.0	62.0	77.5	85.2	100.7
480	54.4	72.5	90.7	99.7	69.6	87.0	95.7	113.1	66.8	83.4	91.8	108.5	64.0	80.0	88.0	104.1
490	56.0	74.7	93.4	102.7	71.7	89.7	98.6	116.6	68.9	86.1	94.7	111.9	66.1	82.6	90.9	107.4
500	57.7	76.9	96.1	105.7	73.9	92.4	101.6	120.1	71.0	88.7	97.6	115.4	68.2	85.3	93.8	110.3
510	59.3	79.0	98.8	108.7	76.0	95.0	104.6	123.6	73.1	91.4	100.5	118.8	70.3	87.9	96.7	114.3
520	60.9	81.2	101.5	111.7	78.2	97.7	107.5	127.1	75.3	94.1	103.5	122.3	72.4	90.5	99.6	117.7
530	62.5	83.4	104.2	114.7	80.4	100.5	110.5	130.6	77.4	96.8	106.4	125.8	74.5	93.2	102.5	121.1
540	64.2	85.6	107.0	117.7	82.5	103.2	113.5	134.1	79.5	99.4	109.4	129.3	76.7	95.8	105.4	124.6
550	65.8	87.7	109.7	120.7	84.7	105.9	116.5	137.6	81.7	102.1	112.3	132.8	78.8	98.5	108.3	128.0
560	67.4	89.9	112.4	123.7	86.9	108.6	119.4	141.2	83.9	104.8	115.3	136.3	80.9	101.2	111.3	131.5
570	69.1	92.1	115.1	126.7	89.0	111.3	122.4	144.7	86.0	107.5	118.3	139.8	83.1	103.8	114.2	135.0
580	70.7	94.3	117.9	129.7	91.2	114.0	125.4	148.2	88.2	110.2	121.3	143.3	85.2	106.5	117.2	138.5
590	72.4	96.5	120.6	132.7	93.4	116.7	128.4	151.8	90.3	112.9	124.2	146.8	87.4	109.2	120.1	142.0

CITAS DEL CAPITULO III

- (1) CLEARANCE FOR WELDING; referencia 9; pags. 6-38 y 6-39
- (2) METODO DEL ESFUERZO ULTIMO; Sección II-7.2.3
- (3) CENTRO DE GRAVEDAD FUERA DEL EJE NEUTRO; Sección II-7.2.2
- (4) ANALISIS DE CORTANTE DE CONJUNTO; Sección II-7.3.1
- (5) ANALISIS DE FLEXION Y PANDEO LOCAL; Sección II-7.3.2
- (6) TAMAÑO MAXIMO DE SOLDADURAS DE FILETE; referencia 12; Sección 1.17.3 de las Especificaciones
- (7) ESFUERZOS EN SOLDADURAS DE FILETE EXCENTRICAMENTE CARGADOS; Sección II-7.2
- (8) STIFFENED SEATED BEAM CONNECTIONS; referencia 14; pags. 4-48 y 4-49

CAPITULO IV

**CONEXIONES
DE
ESTRUCTURACION
RIGIDA**

IV-1 CONEXION RIGIDA DE VIGA A PATIN DE COLUMNA
CON PLACA SOLDADA AL ALMA

La estructuración de esta conexión se hace mediante tres placas. Dos placas horizontales A y B que toman el momento mediante fuerzas axiales de tensión y compresión. Una placa vertical C que toma el cortante o reacción vertical.

La placa superior A se suelda en un extremo al patín de la columna con soldadura de penetración completa (1) y sobre el patín superior de la viga con soldadura de filete en los tres bordes restantes de la placa. Ambas soldaduras de campo.

La placa inferior B se suelda en un extremo al patín de la columna con soldadura de ranura de penetración completa (1) en taller y al patín inferior de la viga con soldadura de filete, en los bordes de éste, en campo.

La placa vertical C se suelda en taller al patín de la columna y en campo al alma de la viga. Ambas soldaduras se filete.

Además de las soldaduras descritas se pueden usar tornillos de montaje en la placa C (opcional).

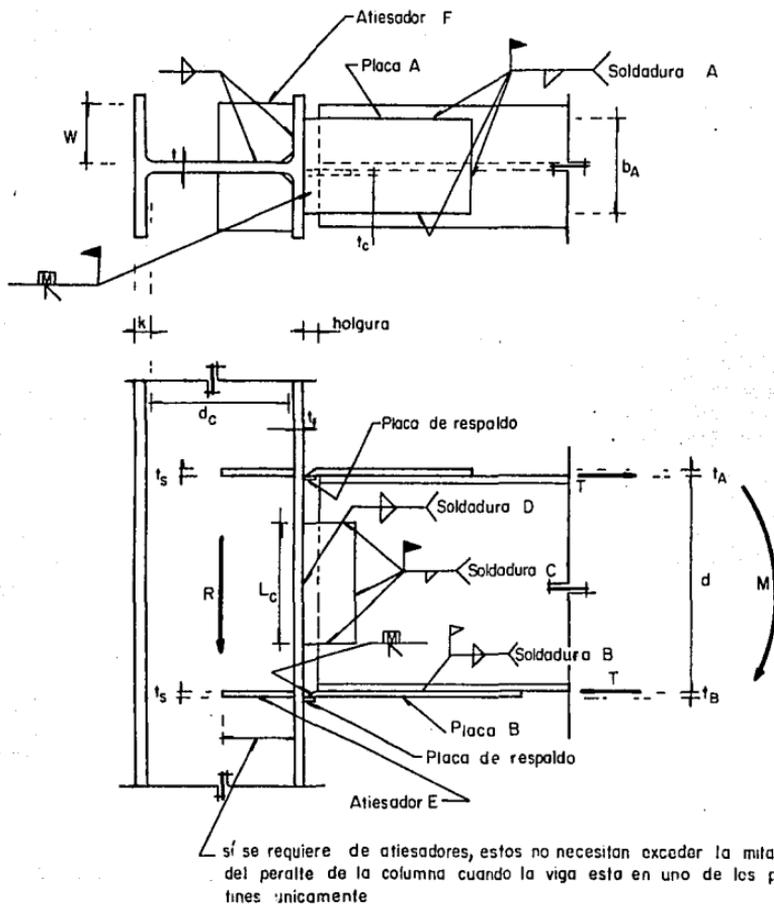


Fig. IV-1 Conexión rígida de viga a patín de columna con placa soldada al alma

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO

- A. Determinar la fuerza horizontal $T = M/d$, en t
 donde $M =$ Momento de la conexión, t - mm
 $d =$ Peralte de la viga, mm
- B. Diseñar la placa superior A; determinar la longitud y dimensión de la Soldadura A.

$$A_p = T/F_b \quad (\text{Tabla IV-1})$$

donde $A_p =$ Área de la placa, mm²

$$F_t = \text{Esfuerzo de flexión permisible, t/mm}^2$$

$$= 0.6 F_y$$

$$= 0.0152 \text{ t/mm}^2, \text{ para acero A36}$$

Longitud de soldadura = $T / (0.0104369 D)$, mm (Tabla IV-2) (2)

donde $D =$ Dimensión nominal del filete de soldadura (cateto), mm

Seleccionar la placa inferior B y determinar la longitud y dimensión de la soldadura B.

El área de la placa B deberá ser \geq área de la placa A.

- C. Diseñar la conexión al alma

1. Para evitar sobreesfuerzos por cortante en el alma de la viga

$$t_w \times 0.4 F_y \geq D \times 0.707 \times 0.3 F_v$$

$$t_w \geq 1.03 D \quad (3)$$

Dimensión de soldadura $C \leq t_w / 1.03$

Longitud de soldadura $C = R/0.0104369 D_c$ (Tabla IV-2)

donde $R =$ Reacción vertical de la viga, en t

2. Para evitar sobreesfuerzos en la placa C

$$t_c \geq 1.03 D_c$$

3. Dimensión de soldadura $D \leq t_c/2.06$

$$\text{Longitud de soldadura } D = R/(2 \times 0.0104369 D_D) \quad (\text{Tabla IV-2})$$

4. La longitud de la placa no debe ser mayor que la calculada con la siguiente fórmula:

$$L_{\max} = d - 2 t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ \quad (\text{Tabla IV-3}) \quad (4)$$

donde: d = Peralte de la viga

t_w = Espesor del alma de la viga

b_f = Ancho del patín de la viga

t_f = Espesor del patín de la viga

- D. Investigar el cortante en el alma de la columna:

Se requiere reforzar el alma de la columna si

$$t < 2.63 M / (A_{bc} F_y) \quad (5)$$

donde t = Espesor del alma de la columna, mm

A_{bc} = Area del alma dentro de los confines de la conexión, mm²

F_y = 0.0253 t/mm², para acero A36

- E. Revisar si son necesarios atiesadores del alma de la columna (Tabla IV-3)

Se requieren atiesadores del alma de la columna (para notación, ver Tabla IV-3)

En ambos patines si $P_{bf} > t_b P_{wi} + P_{wo}$ ó Fórmula 1.15-1 IMCA

En el patín de compresión si $P_{bf} > P_{wb}$ ó Fórmula 1.15-2 IMCA

En el patín de tensión si $P_{bf} > P_{fb}$ ó Fórmula 1.15-3 IMCA

Diseñar los atiesadores (Tabla IV-4)

$$A_{st} = \frac{P_{bf} - F_{yc} t (tb + 5k)}{F_{yst}} = \frac{P_{bf} - tb P_{wi} - P_{wo}}{F_{yst}}$$

Los atiesadores requeridos deben cumplir con las disposiciones de las Secciones 1.15.5.4 y 1.9.1.2 de las Especificaciones del IMCA.

- F. Determinar los requisitos de soldadura de los atiesadores al alma y patines de la columna (Tabla IV-2)

EJEMPLO:

Diseñar una conexión rígida de una viga IR 406 x 59.8 unida al patín de una columna IR 305 x 59.8. El momento del extremo de 14 300 t-mm y la reacción vertical de 12.8t son de carga viva y carga muerta únicamente. El material es acero A36 y electrodos E70XX.

Viga (IR 406 x 59.8): $d = 407 \text{ mm}$; $bf = 178 \text{ mm}$
 $tw = 7.8 \text{ mm}$; $tf = 12.8 \text{ mm}$

Columna (IR 305 x 59.8): $d = 303 \text{ mm}$; $bf = 203 \text{ mm}$
 $tw = 7.5 \text{ mm}$; $tf = 13.1 \text{ mm}$; $k = 32 \text{ mm}$

Solución:

- A. Fuerza horizontal en los patines de la viga:

$$T = M/d = 14,300 / 407 = 35.14t$$

- B. Placa superior:

Se entra en la Tabla IV-1 y se selecciona una placa A de 15.9 mm x 150 mm, con capacidad de 36.3t, lo que resulta adecuado.

Placa inferior:

De la Tabla IV-1 se escoge una placa B de 12.7 mm x 200 mm, con capacidad de 38.6t, lo que es adecuado.

Diseñar las soldaduras A y B

Seleccionando una dimensión de soldadura de 6 mm (mayor que D_{min} y menor que D_{max} para ambas placas, Tabla IV-1) se entra en la Tabla IV-2 y se encuentra una longitud de soldadura de 570 mm con capacidad de 35.69t.

Soldadura A: Usar 150 mm en el extremo y 210 mm en cada lado.
E70XX

Soldadura B: Usar 285 mm a lo largo de cada lado. E70XX

Si se considera una holgura de 20 mm, para dar espacio a la placa de respaldo

Placa A: \angle 16 mm x 150 mm x 230 mm acero A36

Placa B: \angle 13 mm x 200 mm x 305 mm acero A36

C. Diseñar la conexión al alma:

1. Dimensión de la soldadura $C \leq t_w / 1.03 = 7.8/1.03 = 7.6$ mm

Usar $D_c = 6$ mm

Entrando en la Tabla IV-2, con $D_c = 6$ mm, y capacidad necesaria de 12.8t, se selecciona la longitud de 210 mm (capacidad = 13.15t)

2. Espesor mínimo de la placa C.

$$t_c \geq 1.03 \times 6 = 6.18 \text{ mm}$$

Probar $t_c = 12.7$ mm

3. Dimensión de la soldadura $D \leq t_c / 2.06 = 12.7 / 2.06 = 6.17$ mm. Además la dimensión mínima de soldadura para el patín de la columna (13.1 mm) es de 6 mm (Secc 1.17.2 Especificaciones INCA). Entrando en la Tabla IV-2 con $D_D = 6$ mm (capacidad necesaria = $12.8 / 2 = 6.4t$) se encuentra una longitud de 110 mm, con capacidad de 6.888t, que es suficiente. Usar $L_c = 110$ mm

4. En la Tabla IV-3 para la viga IR 406 x 59.8 la longitud máxima de la placa de conexión es $283 \text{ mm} > L_c = 110 \text{ mm}$

Placa C: E 6 mm x 80 mm x 110 mm acero A36

Soldadura C: Soldadura de filete de 6 mm a lo largo del borde de la placa C, con remates de 50 mm mínimo. E70XX

Soldadura D: Soldadura de filete de 6 mm en ambos lados de la placa. E70XX

D. Investigar el cortante en el alma de la columna

$$A_{bc} = (407 + 12.7 + 15.9) \times 303 = 131\,987 \text{ mm}^2$$

$$t_{req} = \frac{2.63 \text{ M}}{A_{bc} F_y} = \frac{2.63 \times 14\,300}{131\,987 \times 0.0253} = 11.3 \text{ mm} > 7.5 \text{ mm}$$

∴ Necesita reforzarse el alma de la columna

Usando dos atiesadores diagonales, fórmula II-7-5

$$F = 0.67 F_y \sqrt{d_c^2 + d_b^2} (t_{req} - t)$$

$$= 0.67 \times 0.0253 \sqrt{303^2 + 407^2} (11.3 - 7.5) = 32.68t$$

En la Tabla IV-4 dos atiesadores de 9.5 mm x 70 mm tienen una capacidad de $33.65t > 32.68t$.

Se requiere la dimensión mínima de soldadura para el alma de la columna y es de 5 mm (Secc. 1.17.2 Esp. IMCA)

En el nudo de la diagonal se desarrolla una carga de $32.68 \times 0.6 / 2 = 9.8t$. Como se sueldan los dos lados del atiesador la capacidad necesaria de cada cordón deberá ser $9.8 / 2 = 4.9t$.

Con dimensión de soldadura de 8 mm, entrando en la Tabla IV-2 con longitud de 70 mm se tiene capacidad de $5.84t > 4.9t$.

$$\begin{aligned} \text{Longitud del atiesador diagonal} &= \sqrt{(303 - 2 \times 13.1)^2 + 407^2} \\ &= 492 \text{ mm} \end{aligned}$$

Usar 2 \bar{E} 10 x 70 x 480 mm

E. Atiesadores horizontales del alma de la columna

$$\text{Fuerza horizontal a la altura de los atiesadores} = \frac{M}{d + (t_A + t_B)/2}$$

$$= \frac{14\,300}{407 + (15.9 + 12.7)/2} = 33.94t$$

$$P_{bf} = 33.94 \times 5/3 = 56.57t$$

De la Tabla IV-3 para IR 305 x 59.8

$$P_{wo} = 30.36t; \quad P_{wi} = 0.1897 \text{ t/mm}; \quad P_{wb} = 30.55t; \quad P_{fb} = 27.14t$$

$$t_b P_{wi} + P_{wo} = 12.7 \times 0.1897 + 30.36 = 32.76t < P_{bf}$$

∴ Bajo los tres criterios son necesarios los atiesadores

$$\text{Capacidad necesaria de los atiesadores} = 56.57 - 27.14 = 29.43t$$

Ancho mínimo de atiesadores. Sección 1.15.5.4-1 Especificaciones

IMCA:

$$w = (b / 3) - (t / 2)$$

donde w = ancho del atiesador, mínimo

b = ancho de la placa de conexión

t = espesor del alma de la columna

$$w = 150/3 - 15.9/2 = 42.05 \text{ mm} \quad \text{En la placa superior}$$

$$= 200/3 - 12.7/2 = 60.32 \text{ mm} \quad \text{En la placa inferior}$$

Espesor mínimo de atiesadores. Sección 1.15.5.4-2 Espec. IMCA:

$$t_s = t_b / 2$$

donde t_s = espesor mínimo del atiesador

t_b = espesor de la placa de conexión

$$t_s = 15.9/2 = 7.9 \text{ mm} \quad \text{En la placa superior}$$

$$= 12.7/2 = 6.4 \text{ mm} \quad \text{En la placa inferior}$$

De la Tabla IV-4 los atiesadores de 7.9 mm x 75 mm con capacidad de 29.98t, cumplen con los requisitos y son adecuados. Por consideraciones prácticas de detalle usar dos atiesadores de 7.9 mm x 75 mm en ambos lados y en ambos patines. Corte de esquina 19 mm x 19 mm.

La longitud del atiesador no debe ser menor que la mitad del peralte de la columna. Sección 1.15.5.4-3 Especificaciones IMCA:

$$\text{Longitud} = 303/2 - 13.1 = 138.4 \text{ mm}$$

Sin embargo como se usarán atiesadores diagonales para reforzar el alma de la columna, se usarán atiesadores horizontales de profundidad total para distribuir adecuadamente los esfuerzos:

$$\text{Longitud} = 303 - 2 \times 13.1 = 276.8 \text{ mm (usar 275 mm)}$$

F. Requisitos de soldadura de los atiesadores

De la Tabla II-7-1 (secc. 1.17.2 Esp. IMCA)

Dimensión de soldadura mín. al alma = 5 mm

Dimensión de soldadura mín. al patín = 6 mm

La longitud de la soldadura debe tener la capacidad siguiente (Ver el paso E.)

$$29.43 / (2 \times 5 / 3) = 8.83t$$

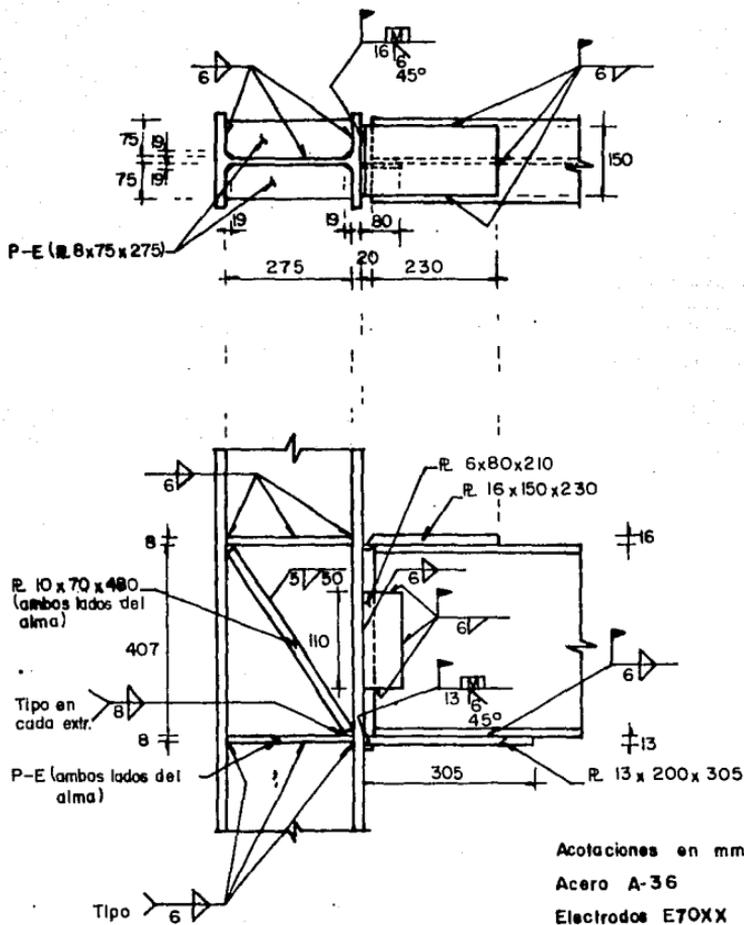
En la Tabla IV-2 el filete de 6 mm con longitud de 150 mm tiene una capacidad de 9.393t que es adecuada.

Dado que el problema, como está planteado, no tiene momentos reversibles, puede permitirse alisar los dos atiesadores de

la placa de compresión para apoyo por aplastamiento en vez de soldarlos al patín de la columna, usando $F_p = 0.9 \times 0.0253 = 0.02275 \text{ t/mm}^2$ (Secc. 1.5.1.5.1 Esp. IMCA)

$$f_p = \frac{29.43}{2 (75 - 19) \times 7.9} = 0.03326 > 0.02275 \text{ No adecuado}$$

∴ Deben soldarse los atiesadores a los patines de la columna



IV - 2 CONEXION RIGIDA DE VIGA A PATIN DE COLUMNA
CON ASIENTO ATIESADO

La estructuración de esta conexión se hace mediante tres placas. Dos placas horizontales A y B que toman el momento mediante fuerzas axiales de tensión y compresión. Una placa vertical C que junto con la placa B forma un asiento rigidizado que toma la reacción vertical.

La placa superior A se suelda en un extremo al patín de la columna con soldadura de ranura de penetración completa (1) y sobre el patín superior de la viga con soldadura de filete en los tres bordes restantes de la placa. Ambas soldaduras de campo.

La placa inferior B se suelda en un extremo al patín de la columna con soldadura de ranura de penetración completa (1) en taller y al patín inferior de la viga con soldadura de filete, en los bordes de éste, en campo.

La placa atiesadora C se suelda al patín de la columna y a la placa horizontal B con soldaduras de filete. Ambas soldaduras de taller.

Además de las soldaduras descritas se pueden usar tornillos de montaje en la placa B. (opcional).

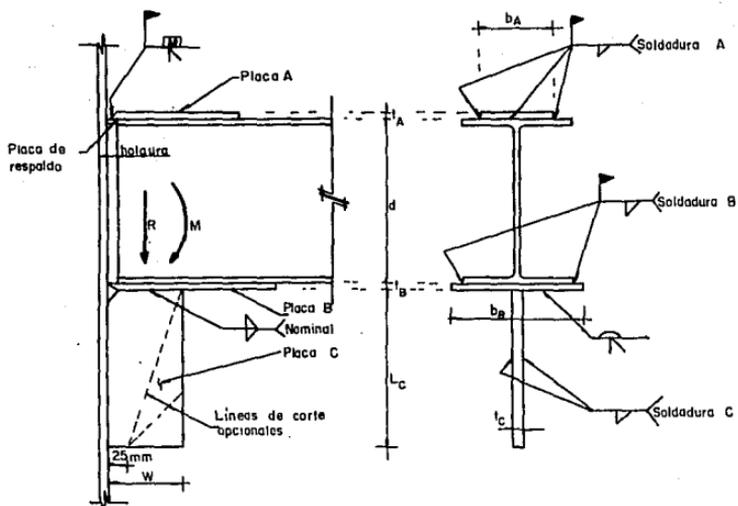


Fig. IV-2 Conexión rígida a patín de columna con asiento alisado

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO (para notación ver Conexión IV-1)

- A. Determinar la fuerza horizontal $T = M/d$
- B. Diseñar la placa superior A, determinar la longitud y dimensión de la soldadura A.

$$A_p = T / F_b \text{ (Tabla IV-1)}$$

$$\text{Longitud de soldadura} = T / (0.0104369 D_A) \text{ (Tabla IV-2) (2)}$$

- C. Diseñar el asiento atiesado y la placa inferior B.
1. Escoger el ancho de la placa atiesadora, W, considerando la longitud de apoyo necesaria (6) y una holgura de 20 mm (para colocar la placa de respaldo).

$$N = \frac{R}{0.75 F_y t_w} - k = \frac{R}{0.019 t_w} - k \text{ para acero A36}$$

donde N = Longitud de apoyo necesaria, mm

t_w = Espesor del alma de la viga, mm

k = Distancia de la cara externa del patín al pie del filete de la viga, mm

$$W_{\min} = N + \text{holgura}$$

2. Determinar la longitud de la placa C (en base a la Soldadura C).

$$L_c = R / (2 \times 0.0104369 D_c) \text{ (Tabla IV-2)}$$

3. Determinar el espesor de la placa C, tc.

$$t_c \geq t_w \text{ viga (7)}$$

$$t_c \geq 2.06 D_c \text{ (3)}$$

4. Diseñar la placa de asiento B, determinar la longitud y dimensión de la Soldadura B.

$$A_p = T / F_b$$

Para proporcionar un espacio adecuado de soldeo:

$$b_B \geq b_f + 4D_B$$

Por recomendación (8):

$$t_B \geq 9.5 \text{ mm}$$

$$\text{Longitud de soldadura} = T / (0.0104369 D_B) \text{ (Tabla IV-2) (2)}$$

- D. Investigar el cortante en el alma de la columna (ver paso D conexión IV-1)
- E. Revisar si son necesarios atiesadores del alma de la columna (ver paso E conexión IV-1)
- F. Determinar los requisitos de soldeo de los atiesadores al alma y al patín de la columna (Ver paso F conexión IV-1)

EJEMPLO

Diseñar una conexión rígida de una viga IR 305 x 21.1 unida al patín de una columna IR 356 x 79.0. El momento del extremo, de 3000 t-mm y la reacción vertical de 15t, son de carga viva y carga muerta unicamente. El material es acero A36 y electrodos E70XX.

Viga (IR 305 x 21.1): $d = 303 \text{ mm}$; $b_f = 101 \text{ mm}$

$$t_w = 5 \text{ mm}; t_f = 5.7 \text{ mm}; k = 17 \text{ mm}$$

Columna (IR 356 x 79.0): $d = 354 \text{ mm}$; $b_f = 205 \text{ mm}$

$$t_w = 9.4 \text{ mm}; t_f = 16.8 \text{ mm}; k = 37 \text{ mm}$$

Solución:

A. Fuerza horizontal en los patines de la viga:

$$T = M/d = 3000/303 = 9.9t$$

B. Placa superior:

Se entra en la Tabla IV-1 y se selecciona una placa A de 9.5 mm X70 mm, con capacidad de 10.1t > 9.9t

Diseñar la Soldadura A. Seleccionado una dimensión de soldadura de 5 mm (D_{min} para la placa de 9.5 mm, Tabla IV-1) se entra en la Tabla IV-2 y se encuentra una longitud de soldadura de 190 mm con capacidad de 9.915t.

Soldadura A: Usar 70 mm en el extremo y 60 mm en cada lado. E70XX

Si se considera una holgura de 20 mm para dar espacio a la placa de realpaldo,

Placa A: E. 10 x 70 x 80 mm. Acero A36

C. Diseñar el asiento.

1. Escoger el ancho del atiesador

Longitud de apoyo necesaria:

$$N = 15 / (0.019 \times 5) - 17 = 141 \text{ mm}$$

$$\text{Ancho del atiesador: } W = 141 + 20 = 161 \text{ mm}$$

$$\text{Usar: } W = 170 \text{ mm}$$

2. Determinar la longitud de la placa C, Lc:

La capacidad necesaria de cada cordón de soldadura C es de $15/2 = 7.5t$. Seleccionando la dimensión de soldadura de 3 mm,

se entra en la Tabla IV-2 y se escoge una longitud de 240 mm con capacidad de 7.515t.

3. Determinar el espesor de la placa C, tc:

$$t_c \geq t_w = 5 \text{ mm}$$

$$t_c \geq 2.6 \times 3 = 6.18 \text{ mm}$$

$$\text{Usar: } t_c = 6.4 \text{ mm}$$

$$\text{Placa C: } \mathbb{E} \ 6 \times 170 \times 240 \text{ mm}$$

4. Diseñar la placa de asiento B

Si se usa soldadura de 5 mm de dimensión:

$$b_B \geq b_f + 4 D_B = 101 + 4 \times 5 = 121 \text{ mm}$$

además

$$t_B \geq 9.5 \text{ mm}$$

Entrando en la Tabla IV-1 con una placa de 9.5 mm x 130 mm se tiene una capacidad de 18.8t > 9.9t (ver paso A). La soldadura de 190 mm de longitud repartida en dos cordones de 95 mm mas la holgura de 20 mm requiere de una placa B de 115 mm, sin embargo como W = 170 mm, se usará una placa de 170 mm.

$$\text{Placa B: } \mathbb{E} \ 10 \times 130 \times 170 \text{ mm acero A36}$$

- D. Investigar el cortante en el alma de la columna.

$$A_{bc} = (303 + 9.5 + 9.5) \times 354 = 113\ 988 \text{ mm}^2$$

$$t_{req} = \frac{2.63 \text{ M}}{A_{bc} F_y} = \frac{2.63 \times 3000}{113\ 988 \times 0.0253} = 2.74 \text{ mm} < 9.4 \text{ mm}$$

∴ No es necesario reforzar el alma de la columna

E. Determinar la necesidad de atiesadores para el alma de la columna.

$$\begin{aligned} \text{Fuerza horizontal de la} \\ \text{altura de los atiesadores} &= \frac{M}{d + (\tau_A + \tau_B)/2} \\ &= \frac{3\ 000}{303 + 9.5} \\ &= 9.6t \end{aligned}$$

$$P_{bf} = 9.6 \times 5/3 = 16t$$

De la Tabla IV-3 para IR 356 x 79.0

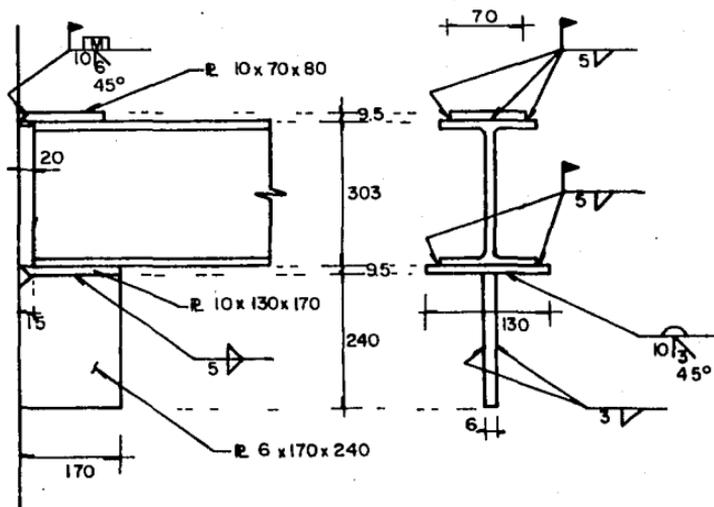
$$P_{wo} = 44.00t; \quad P_{wi} = 0.2378t/\text{mm}; \quad P_{wb} = 51.34t; \quad P_{fb} = 44.63t$$

$$t_b \quad P_{wi} + P_{wo} = 9.5 \times 0.2378 + 44.0 = 46.26t > P_{bf}$$

$$P_{wb} > P_{bf}$$

$$P_{fb} > P_{bf}$$

Por lo tanto no es necesario usar atiesadores.



Acotaciones en mm
 Acero A-36
 Electrodo E 70XX

IV-3 CONEXION RIGIDA DE VIGA A ALMA DE COLUMNA CON PLACA SOLDADA AL ALMA

La estructuración de esta conexión se hace mediante cinco placas. Tres placas horizontales A, B y E que toman el momento mediante fuerzas axiales de tensión y compresión. Dos placas verticales C y D que toman la reacción vertical o cortante.

La placa superior A se suelda en campo sobre la placa E y el patín superior de la viga con soldadura de filete en los bordes de la placa. La placa horizontal E se suelda en taller al alma y a los patines de la columna con soldadura de filete.

La placa inferior B se suelda al alma y a los patines de la columna con soldadura de filete en taller y al patín inferior de la viga con soldadura de filete, en los bordes de éste, en campo.

La placa vertical C se suelda en taller a la placa D y en campo al alma de la viga. Ambas soldaduras de filete.

La placa vertical D se suelda en taller al alma de la columna y a las placas horizontales B y E con soldadura de filete.

Además de las soldaduras descritas se pueden usar tornillos de montaje en la placa C (opcional).

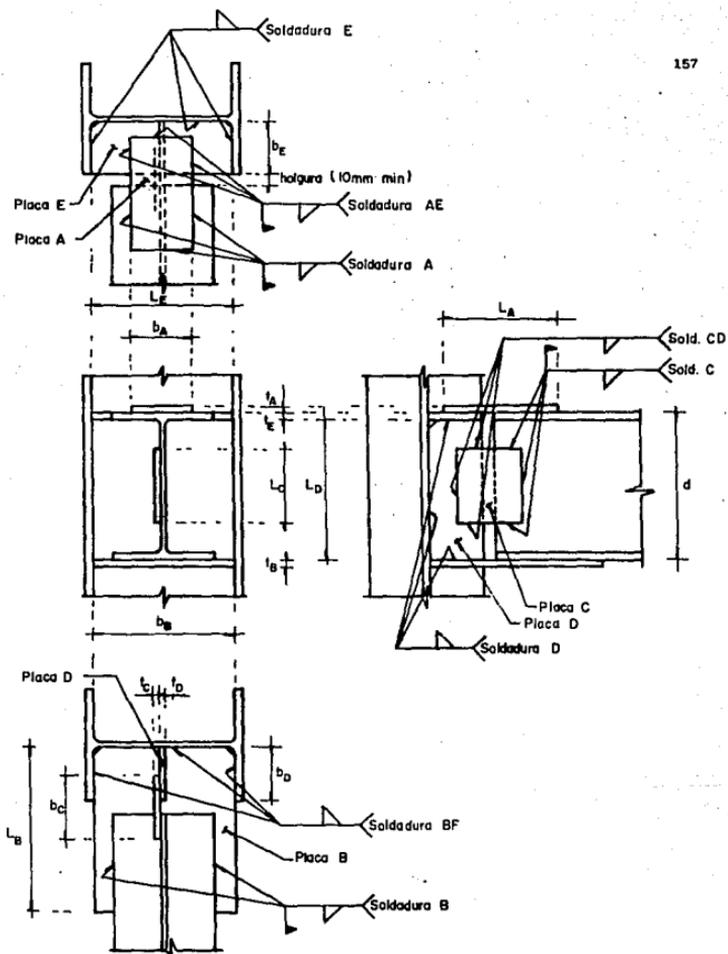


Fig. IX-3 Conexión rígida de viga a alma de columna con placa soldada al alma

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO (Para notación ver Conexión IV-1)

- A. Determinar la fuerza horizontal $T = M/d$
- B. Diseñar las placas horizontales de conexión, determinar la longitud y dimensión de las soldaduras.

1. Diseñar la placa superior A

$$A_p = T/F_b \quad (\text{Tabla IV-1})$$

$$\text{Longitud de soldadura} = T / (0.0104369 D_A) \quad (\text{Tabla IV-2}) \quad (2)$$

2. Diseñar la placa E

Ancho (b_E) y longitud (L_E) en base a las dimensiones de la columna. La porción de Soldadura E que une a los patines de la columna deberá transmitir la fuerza horizontal.

Longitud de Soldadura E a los patines = $T / (0.0104369 D_E)$
(Tabla IV-2). Para evitar sobreesfuerzos por cortante en la placa:

$$t_E \geq 1.03 \times D_{AE}$$

$$t_E \geq 1.03 \times D_E \quad (3)$$

3. Diseñar la placa inferior B

$$A_p = T/F_b \quad (\text{Tabla IV-1})$$

Para proporcionar un espacio adecuado de soldeo

$$b_E \geq b_f + 4 D_B$$

$$\text{Long. de Sold. B} = T / (0.0104369 D_B) \quad (\text{Tabla IV-2})$$

La porción de Soldadura BF que une a los patines de la columna deberá transmitir la fuerza horizontal.

$$\text{Long. de Sold. BF a los patines} = T / (0.0104369 D_{BF}) \quad (\text{Tabla IV-2})$$

C. Diseñar las placas verticales C y D.

La longitud de la placa C no debe ser mayor que la calculada con la siguiente fórmula:

$$L_C \text{ max} = d - 2 \text{ tf} - (bf - tw) \tan 30^\circ \quad (\text{Tabla IV-3}) \quad (4)$$

$$\text{Long. de Soldadura C o CD} = R / (0.0104369 D_{C \text{ o } CD}) \quad (\text{Tabla IV-2})$$

La porción de Soldadura D que une la placa D al alma de la columna debe transmitir la reacción R.

$$\text{Long de Soldadura D} = R / (0.0104369 D_D) \quad (\text{Tabla IV-2})$$

EL ancho y la longitud de la placa D (b_D y L_D) estarán en función de la geometría de la conexión. El espesor de las placas (t_C y t_D) se dimensiona para evitar sobreesfuerzos por cortante:

$$t \geq 1.03 \times D_{CD} \quad (3)$$

- D. Es necesario colocar atiesadores opuestos a las placas E y B si las soldaduras que unen estas placas a los patines de la columna no son suficientes para transferir la fuerza horizontal (9).

EJEMPLO

Diseñar una conexión rígida de una viga IR 457 x 96.7 unida al alma de una columna formada por tres placas. El momento del extremo es de 16 500 t-mm y la reacción vertical de 14.4t. El material es acero A36 y electrodos E70XX.

Viga (IR 457 x 96.7): $d = 466 \text{ mm}$; $bf = 193 \text{ mm}$
 $tw = 11.4 \text{ mm}$; $tf = 19.1 \text{ mm}$

Columna: Patines 2 E 25 x 375 mm; Alma 1 E 16 x 320 mm;
 Soldados con filetes de 8 mm
 $dw = 320 \text{ mm}$; $bf = 375 \text{ mm}$
 $tw = 15.9 \text{ mm}$; $tf = 25.4 \text{ mm}$

Solución:

A. Fuerza horizontal en los patines de la viga:

$$T = M/d = 16\,500/466 = 35.4t$$

B. Placas horizontales (A, E y B)

1. Placa superior A.

Entrando en la Tabla IV-1 se selecciona la placa de 15.9 mm x 150 mm con capacidad de 36.3t > 35.4t.

Utilizando una dimensión de soldadura A de 8 mm, se revisa el espacio para soldar:

$$b \leq b_f - 4 \times D_A = 193 - 4 \times 8 = 161 \text{ mm} > 150 \text{ mm} \text{ correcto}$$

Entrando en la Tabla IV-2, con $D_A = 8 \text{ mm}$ y capacidad necesaria de 35.4t, se escoge una longitud de Soldadura A de 430 mm (capacidad = 35.90t)

Soldadura A: Dimensión = 8 mm, Soldando 150 mm en el extremo y 140 mm a cada lado.

2. Placa E.

$$b_E = (bf - tw)/2 = (375 - 15.9)/2 \\ = 180 \text{ mm}$$

$$L_E = d_w$$

$$= 320 \text{ mm}$$

Cortes de esquina de 9 mm (debido a los filete de 8 mm)

Considerando Soldadura AE de 10 mm y con capacidad necesaria de 35.4t. Se entra en la Tabla IV-2 y se escoge una longitud de 340 mm (cap = 35.49t), soldando 150 mm al extremo y 95 mm a cada lado de la placa A. El espacio, para soldeo, entre la placa A y el alma de la columna = $180 - 95 = 85$ mm. Se puede también soldar 180 mm a cada lado de la placa A alargando ésta hasta el alma de la columna. Considerando la separación entre la placa E y la viga de 10 mm.

$$L_A = 180 + 10 + 140 = 330 \text{ mm}$$

Usar: Placa A E 16 x 150 x 330 mm acero A36

La Soldadura E que une a los patines de la columna tiene una longitud de $180 - 9 = 171$ mm y capacidad necesaria de $35.4/2 = 17.7$ t. Entrando en la Tabla IV-2 con $L = 170$ y $D_E = 10$ mm se tiene capacidad de 17.74t y es adecuada.

Para evitar sobreesfuerzos por cortante:

$$t_E \geq 1.03 \times 10 = 10.3 \text{ mm}$$

Usar: $t_E = 11.1$ mm

Placa E: E 11 x 180 x 320 mm acero A36

La Soldadura mínima de la placa E al alma de la columna, de 15.9 mm es de 6 mm (Sección 1.17.2 de las Especificaciones IMCA).

3. Placa inferior B.

Por geometría de columna

$$b_B = d_w \\ = 320 \text{ mm}$$

Entrando en la Tabla IV-2 con $D_B = 8 \text{ mm}$ y capacidad necesaria de 35.4t, se escoge $L = 430 \text{ mm}$, con capacidad de 35.90t, distribuidos en dos cordones de 215 mm de longitud a los lados del patín.

$$L_B = 180 + 10 + 215 = 405 \text{ mm}$$

$$\text{Usar: } L_B = 410 \text{ mm}$$

Análogamente al diseño de la placa E, la Soldadura BF será de 10 mm a los patines y de 6 mm al alma de la columna, el espesor $t_B = 11.1 \text{ mm}$

Placa B: $\mathbb{E} 11 \times 320 \times 410 \text{ mm}$ Acero A36

C. Placas verticales C y D

De la Tabla IV-3, para IR 457 x 96.7

$$L_C^{\text{max}} = 323 \text{ mm}$$

De la Sección 1.17.2 Esp. IMCA, para $t_w = 11.4 \text{ mm}$, $D_C \geq 5 \text{ mm}$

En la Tabla IV-2, con $D_C = 5 \text{ mm}$ y $L=280 \text{ mm}$, se tiene capacidad de 14.61t > 14.4t. La Soldadura CD es igual.

Usando $b_C = 90 \text{ mm}$ y holgura de 10 mm, se necesita una longitud de placa $C = 280 - 2 \times 40 = 200 \text{ mm}$

Para evitar sobreesfuerzos por cortante

$$t_c \geq 1.03 \times 5 = 5.15 \text{ mm}$$

Usar: $t_c = 6.4 \text{ mm}$

Placa C: E. 6 x 90 x 200 mm acero A36

Por geometría de la conexión:

$$L_D = d_{\text{viga}} - t_E = 466 - 11.1 = 455 \text{ mm}$$

Corte de esquina = 7 mm

$D_{D\text{min}} = 6 \text{ mm}$ (Sección 1.17.2 Esp. IMCA) al alma de la columna Entrando en la Tabla IV-2, con $D_D = 6 \text{ mm}$ y capacidad necesaria de 14.4t, se escoge una longitud de soldadura de 230 mm (capacidad = 14.40t)

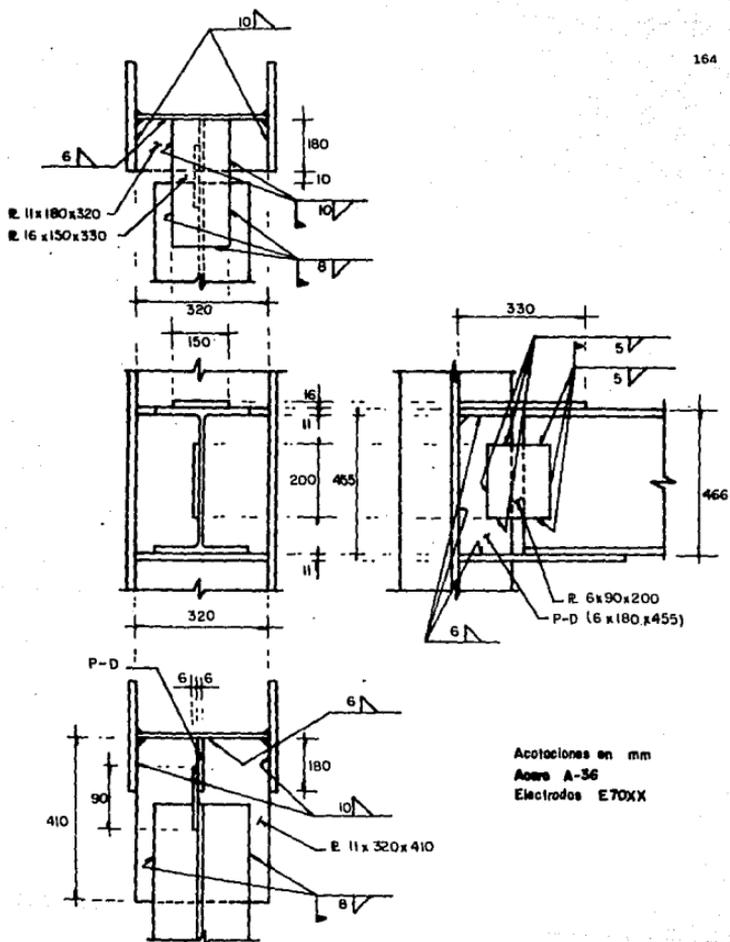
$$t_D \geq 1.03 \times 6 = 6.18 \text{ mm}$$

Usar: $t_D = 6.4 \text{ mm}$

$D_{D\text{min}}$ a las placas B y E = 5 mm (Secc. 1.17.2 Esp. IMCA), para detalles prácticos también se usará dimensión de soldadura de 6 mm

Placa D: E. 6 x 180 x 455 mm acero A36

D. Como se diseñaron las soldaduras que unen las placas B y E a los patines de la columna para transmitir la totalidad de la fuerza horizontal, no es necesario colocar atiesadores.



IV-4 CONEXION RIGIDA DE VIGA A ALMA DE COLUMNA CON ASIENTO ATIESADO

La estructuración de esta conexión se hace mediante cuatro placas. Dos placas A y una B horizontales que toman el momento mediante fuerzas axiales de tensión y compresión. Una placa vertical C que junto con la placa B forma un asiento rigidizado que toma la reacción vertical.

Las placas superiores A se sueldan al alma y al patín de la columna con soldadura de filete y sobre el patín superior de la viga con soldadura de filete en los bordes de las placas. Ambas soldaduras de campo.

La placa inferior B se suelda al alma y a los patines de la columna con soldaduras de filete en taller y al patín inferior de la viga con soldadura de filete, en los bordes de éste, en campo.

La placa atiesadora C se suelda al alma de la columna y a la placa horizontal B con soldaduras de filete. Ambas soldaduras de taller.

Además de las soldaduras descritas se pueden usar tornillos de montaje en la placa B (opcional).

PROCEDIMIENTO DE DISEÑO (Para notación ver conexión IV-1)

A. Determinar la fuerza horizontal $T = M/d$

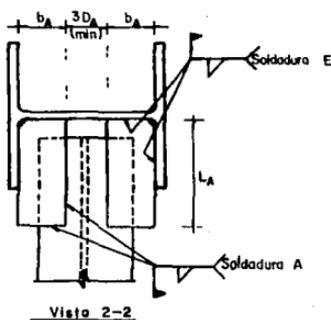
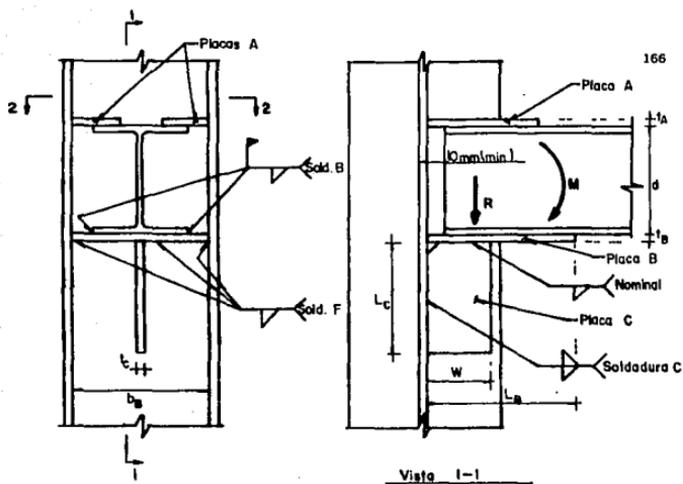


Fig. IX-4 Conexión rígida de viga a cima de columna con asiento atiesado

- B. Diseñar las placas superiores A, determinar la longitud y dimensión de la Soldadura A y la Soldadura E.

$$A_p = T/(2 F_b) \quad (\text{Tabla IV-1})$$

Longitud de soldadura = $T/(2 \times 0.0104369 D_A)$ (Tabla IV-2) (2)
 Revisar por cortante la porción de Soldadura E que une a los patines de la columna y la placa A.

- C. Diseñar el asiento atiesado y la placa inferior B.

1. Escoger el ancho de la placa atiesadora, W, considerando la longitud de apoyo necesaria (6) y una holgura mínima de 10 mm.

$$N = \frac{R}{0.75 F_y t_w} - k = \frac{R}{0.019 t_w} - k \quad \text{para acero A36}$$

Donde N = Longitud de apoyo necesaria, mm

t_w = Espesor del alma de la viga, mm

k = distancia de la cara externa del patín al pie del filete de la viga, mm

$$W_{\min} = N + \text{holgura}$$

2. Determinar la longitud de la placa C (en base a la Soldadura C).

$$L_C = R/(2 \times 0.0104369 D_c) \quad (\text{Tabla IV-2})$$

3. Determinar el espesor de la placa C, t_c

$$t_c \geq t_w \text{ viga} \quad (7)$$

$$t_c \geq 2.06 D_c \quad (3)$$

4. Diseñar la placa de asiento B, determinar la longitud y dimensión de la Soldadura B y la Soldadura F.

$$A_p = T/F_b$$

Para proporcionar un espacio adecuado de soldeo;

$$b_B \geq b_f + 4 D_B$$

$$\text{Longitud de soldadura} = T/(0.0104369 D_B) \quad (\text{Tabla IV-2}) \quad (2)$$

Revisar por cortante la placa B y la porción de soldadura F que une a los patines de la columna.

- D. Investigar si es necesario colocar atiesadores opuestos a las placas de conexión A y B.

Es necesario colocar atiesadores de apoyo si las soldaduras que unen las placas de conexión a los patines de la columna no son suficientes para transferir a éstos la fuerza horizontal (9).

EJEMPLO

Diseñar una conexión rígida de una viga IR 406 x 74.4 unida al alma de una columna IR 356 x 79.0. El momento del extremo es de 3 900 t-mm y la reacción vertical de 20t. El material es acero A36 y electrodos E70XX.

$$\text{Viga (IR 406 x 74.4): } d = 413 \text{ mm; } b_f = 180 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.7 \text{ mm; } t_f = 16 \text{ mm; } k = 33 \text{ mm}$$

$$\text{Columna (IR 356 x 79.0): } d = 354 \text{ mm; } b_f = 205 \text{ mm}$$

$$t_w = 9.4 \text{ mm; } t_f = 16.8 \text{ mm; } k = 37 \text{ mm}$$

Solución:

A. Fuerza horizontal en los patines de la viga:

$$T = M/d = 3900/413 = 9.44t$$

B. Placas superiores:

$$\text{Capacidad requerida de cada placa} = 9.44/2 = 4.72t$$

El ancho máximo de cada placa, dejando un espacio de 25 mm entre cada placa es:

$$\begin{aligned} b_{A\max} &= (354 - 2 \times 16.8 - 25)/2 \\ &= (320.4 - 25)/2 = 147.7 \text{ mm} \end{aligned}$$

El espacio libre entre la viga y los patines de la columna, de cada lado, es $(320.4 - 180)/2 = 70.2 \text{ mm}$

Considerese una placa A de 7.9 mm x 90 mm con capacidad de 10.8t de la Tabla IV-1.

La dimensión mínima de Soldadura A para el espesor del patín de la viga (16 mm) es de 6 mm (Sección 1.17.2 Especificaciones IMCA).

Considerando la longitud de la placa A igual al ala del patín de la columna se tiene $L_A = (205 - 9.4)/2 = 98 \text{ mm}$. Con una separación de 10 mm entre la viga y el alma de la columna y de 70 mm a los patines de la misma se tiene:

$$\text{Longitud de Soldadura A} = (98 - 10) + (90 - 70) = 108 \text{ mm}$$

Entrando en la Tabla IV-2, con $D_A = 6 \text{ mm}$ y $L = 100 \text{ mm}$, se tiene una capacidad de $6.262t > 4.72t$.

Por lo tanto no se necesitan extender las placas A más allá de los patines de la columna.

El corte de esquina de la placa A es de $37 - 16.8 = 20$ mm

La dimensión mínima de la soldadura E para los patines de la columna (16.8 mm) es de 6 mm y la porción de soldadura que une a la placa A con el patín de la columna debe tener una capacidad de $4.72t$, siendo la longitud de esta porción $= 98 - 20 = 78$ mm. Interpolando en la Tabla IV-2 entre $L = 70$ y $L = 80$ para $D = 6$ se encuentra una capacidad de $4.885t$ y es adecuada.

Cortante en la Placa A

$$t_A \geq 4.72 / (0.0101 \times 98) = 4.8 \text{ mm} < 8 \text{ mm, es correcto}$$

Placas A: E 8 x 90 x 98 mm acero A36

C. Diseñar el asiento.

1. Escoger el ancho del atiesador.

Longitud de apoyo necesaria:

$$N = 20 / (0.019 \times 9.7) - 33 = 76 \text{ mm}$$

Ancho del atiesador:

$$W = 76 + 10 = 86 \text{ mm}$$

Usar: $W = 90$ mm

2. Determinar la longitud, L_C , de la placa C:

La capacidad requerida de cada cordón de Soldadura C es de $20/2 = 10t$; la dimensión mínima del cordón, para el alma de la columna de 9.4 mm, es de 5 mm (Secc. 1.17.2 Esp. IMCA).

Se entra en la Tabla IV-2 y se escoge una longitud de 200 mm con capacidad de 10.44t.

3. Determinar el espesor, t_c , de la placa C:

$$t_c \geq t_w = 9.7 \text{ mm}$$

$$t_c \geq 2.06 \times 5 = 10.3 \text{ mm}$$

Usar: $t_c = 11.1 \text{ mm}$

Placa C: \mathbb{E} 11 x 90 x 200 mm acero A36

4. Diseñar la placa de asiento B

El ancho, b_B , por espacio en la columna es de 320 mm.
Si se utiliza soldadura de 6 mm:

$$b_B \geq b_f + 4 D_B = 180 + 4 \times 6$$

$$320 > 204 \text{ es correcto}$$

Para evitar sobreesfuerzos por cortante en la placa

$$t_B \geq 1.03 D_B$$

$$\geq 1.03 \times 6 = 6.2 \text{ mm}$$

Usar: $t_B = 6.4 \text{ mm}$

Entrando en la Tabla IV-1 con una placa de 6.4 mm x 320 mm se tiene una capacidad de 31.lt > 9.44t (ver paso A).

Para la Soldadura B de 6 mm se necesita una capacidad de 9.44t, entrando en la Tabla IV-2 se encuentra una longitud de 160 mm con capacidad de 10.02t. Repartir la soldadura en dos cordones de 80 mm a cada lado de la viga. La longitud

necesaria de la placa B es de $80 + 10 = 90$ mm, sin embargo como el ala de los patines de la columna es de 98 mm se usará esta longitud.

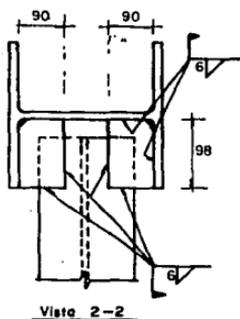
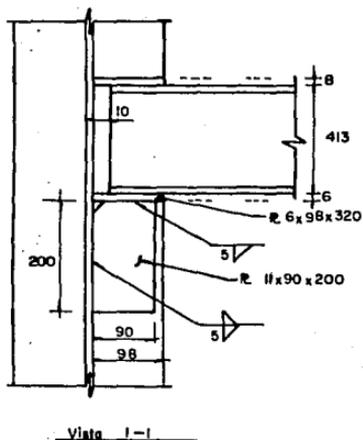
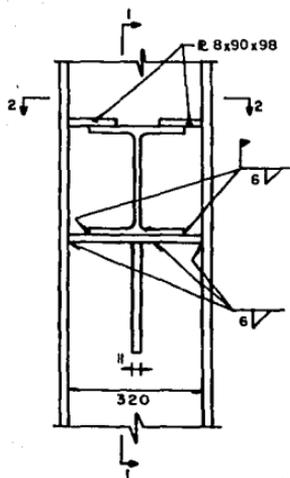
La porción de soldadura F, que une la placa B a los patines de la columna con dimensiones de 6 mm y longitud de $78 \times 2 = 156$ mm tiene una capacidad de $4.885 \times 2 = 9.77t$ y es adecuada (ver paso B)

Cortante de la placa B

$$t_B \geq 4.72 / (0.0101 \times 98) = 4.8 \text{ mm} < 6 \text{ mm}, \text{ es correcto}$$

Placa B: L 6 x 98 x 320 mm acero A36

D. Como ya se comprobó, la soldadura que une las placas de conexión a los patines de la columna es suficiente para transmitir las fuerzas horizontales, no son necesarios atiesadores.



Acolaciones en mm
 Acero A 36
 Electrodo E 70 XX

IV-5 AYUDAS DE DISEÑO

PLACAS DE CONEXION HORIZONTALES
 FUERZA AXIAL PERMISIBLE, T, EN t

TABLA IV-1

Las conexiones rígidas que transmiten el momento de una viga por medio de placas, sometidas a fuerza axial, requieren de un diseño específico para estas placas.

Considerando a las placas de conexión como una extensión de los patines, se diseñan en base al área de sección transversal que estará sujeta a la fuerza axial.

$$F_b = \frac{T}{A_p}$$

donde F_b = Esfuerzo permisible debido a flexión, t/mm²

T = Fuerza axial permisible, t

A_p = Area de la placa, t/mm²

Despejando la fuerza axial y haciendo el esfuerzo permisible = 0.6 F_y

$$T = 0.6 F_y b t$$

donde b = ancho de placa, mm

t = espesor de placa, mm

$$T = 0.0152 b t \quad \text{para } F_y = 2530 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{acero A36})$$

En la Tabla IV-1 se tabuló esta fórmula para distintos anchos de placa y los espesores más comunes fabricados en México. En cada

columna de espesor de placa se incluyen las dimensiones de soldadura máxima y mínima (D_{max} y D_{min}) aplicables (Secc. 1.17.2 y 1.17.3 Espec. IMCA).

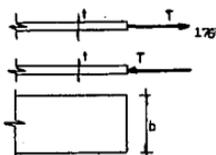
PLACAS DE CONEXION HORIZONTALES

FUERZA AXIAL PERMISIBLE, T , EN t

$$T = 0.0152 b t$$

ACERO A36

TABLA IV-1



ANCHO DE PLACA b mm	ESPESOR DE PLACA t mm											
	6.4	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.1	22.2	25.4	31.8	36.1
40	3.9	4.8	5.8	6.7	7.7	8.7	9.7	11.6	13.5	15.4	19.3	23.2
50	4.9	6.0	7.2	8.4	9.7	10.9	12.1	14.5	16.9	19.3	24.2	29.0
60	5.8	7.2	8.7	10.1	11.6	13.0	14.5	17.4	20.2	23.2	29.0	34.7
70	4.8	6.4	8.1	10.1	11.8	13.5	15.2	16.9	20.3	23.6	27.0	33.8
80	7.8	9.6	11.6	13.5	15.4	17.4	19.3	23.2	27.0	30.9	38.7	46.3
90	8.8	10.8	13.0	15.2	17.4	19.6	21.8	26.1	30.4	34.7	43.5	52.1
100	9.7	12.0	14.4	16.9	19.3	21.7	24.2	29.0	33.7	38.6	48.3	57.9
110	10.7	13.2	15.9	18.6	21.2	23.9	26.6	31.9	37.1	42.5	53.2	63.7
120	11.7	14.4	17.3	20.2	23.2	26.1	29.0	34.8	40.5	46.3	58.0	69.5
130	12.6	15.6	18.8	21.9	25.1	28.3	31.4	37.7	43.9	50.2	62.8	75.3
140	13.6	16.8	20.2	23.6	27.0	30.4	33.8	40.6	47.2	54.1	67.7	81.1
150	14.6	18.0	21.7	25.3	29.0	32.6	36.3	43.5	50.6	57.9	72.5	86.9
160	15.6	19.2	23.1	27.0	30.9	34.8	38.7	46.5	54.0	61.8	77.3	92.7
170	16.5	20.4	24.5	28.7	32.8	37.0	41.1	49.4	57.4	65.6	82.2	98.5
180	17.5	21.6	26.0	30.4	34.7	39.1	43.5	52.3	60.7	69.5	87.0	104.2
190	18.5	22.8	27.4	32.1	36.7	41.3	45.9	55.2	64.1	73.4	91.8	110.0
200	19.5	24.0	28.9	33.7	38.6	43.5	48.3	58.1	67.5	77.2	96.7	115.8
210	20.4	25.2	30.3	35.4	40.5	45.6	50.8	61.0	70.9	81.1	101.5	121.6
220	21.4	26.4	31.8	37.1	42.5	47.8	53.2	63.9	74.2	84.9	106.3	127.4
230	22.4	27.6	33.2	38.8	44.4	50.0	55.6	66.8	77.6	88.8	111.2	133.2
240	23.3	28.8	34.7	40.5	46.3	52.2	58.0	69.7	81.0	92.7	116.0	139.0
250	24.3	30.0	36.1	42.2	48.3	54.3	60.4	72.6	84.4	96.5	120.8	144.8
260	25.3	31.2	37.5	43.9	50.2	56.5	62.8	75.5	87.7	100.4	125.7	150.6
270	26.3	32.4	39.0	45.6	52.1	58.7	65.3	78.4	91.1	104.2	130.5	156.4
280	27.2	33.6	40.4	47.2	54.1	60.9	67.7	81.3	94.5	108.1	135.3	162.2
290	28.2	34.8	41.9	48.9	56.0	63.0	70.1	84.2	97.9	112.0	140.2	167.9
300	29.2	36.0	43.3	50.6	57.9	65.2	72.5	87.1	101.2	115.8	145.0	173.7
310	30.2	37.2	44.8	52.3	59.8	67.4	74.9	90.0	104.6	119.7	149.8	179.5
320	31.1	38.4	46.2	54.0	61.8	69.6	77.3	92.9	108.0	123.5	154.7	185.3
330	32.1	39.6	47.7	55.7	63.7	71.7	79.8	95.8	111.4	127.4	159.5	191.1
340	33.1	40.8	49.1	57.4	65.6	73.9	82.2	98.7	114.7	131.3	164.3	196.9
350	34.0	42.0	50.5	59.1	67.6	76.1	84.6	101.6	118.1	135.1	169.2	202.7
E MIN	3	5	5	5	5	6	6	6	8	8	8	8
D MAX	5	6	8	10	11	13	14	17	21	24	30	37

SOLDADURA DE FILETE

CAPACIDADES EN t

TABLA IV-2

El diseño de un cordón de soldadura de filete se basa en la capacidad al cortante del mismo en su sección más reducida (garganta)

$$F_v = \frac{C}{A_g}$$

donde F_v = Esfuerzo cortante permisible, t/mm²

= 30% de la resistencia nominal a la tensión del metal de soldadura

= 0.01476 t/mm², para electrodos E70XX

C = Capacidad del cordón, t

A_g = Area de la garganta, mm²

= Longitud x Dimensión x cos 45°

Despejando la capacidad

$$C = 0.0104369 D L$$

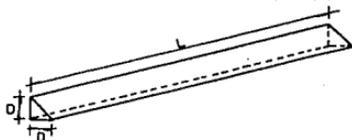
En la Tabla IV-2 se tabuló esta ecuación para las dimensiones, D, más comunmente usados y para longitudes, L, desde 10 mm hasta 1000 mm cada 10 mm. Si se desea calcular la capacidad para longitudes intermedias se puede interpolar o usar la Tabla para la longitud multiplicada por 10 y la capacidad dividida entre 10 (ej. D = 10 mm; L = 43 mm; se usa la longitud 430 mm y la capacidad de 44.88/10 = 4.488t). Para electrodos E60XX se multiplica la capacidad tabulada por el cociente 60/70 ó 0.86.

SOLDADURA DE FILETE

CAPACIDADES EN t

ELECTRODOS E70XX

TABLA IV-2



178

LONG DE SOLD L ■	DIMENSION DE SOLDADURA D ■							LONG DE SOLD L ■	DIMENSION DE SOLDADURA D ■						
	3	5	6	8	10	11	13		3	5	6	8	10	11	13
10	.313	.522	.426	.825	1.044	1.148	1.357	260	8.141	13.57	16.28	21.71	27.14	29.65	35.28
20	.426	1.044	1.252	1.670	2.087	2.296	2.714	270	8.454	14.09	16.91	22.54	28.19	31.00	36.63
30	.939	1.566	1.879	2.505	3.131	3.444	4.070	280	8.767	14.61	17.53	23.38	29.22	32.15	37.99
40	1.252	2.087	2.505	3.340	4.175	4.592	5.427	290	9.080	15.13	18.16	24.21	30.27	33.29	39.35
50	1.566	2.609	3.131	4.175	5.218	5.740	6.784	300	9.393	15.66	18.79	25.05	31.31	34.44	40.70
60	1.879	3.131	3.757	5.010	6.262	6.888	8.141	310	9.706	16.18	19.41	25.88	32.35	35.59	42.06
70	2.192	3.653	4.383	5.845	7.306	8.036	9.498	320	10.02	16.70	20.04	26.72	33.40	36.74	43.42
80	2.505	4.175	5.010	6.680	8.350	9.184	10.85	330	10.33	17.22	20.67	27.55	34.44	37.89	44.77
90	2.818	4.697	5.636	7.515	9.393	10.33	12.21	340	10.65	17.74	21.29	28.39	35.49	39.03	46.13
100	3.131	5.218	6.262	8.350	10.44	11.48	13.57	350	10.96	18.26	21.92	29.22	36.53	40.18	47.49
110	3.444	5.740	6.888	9.184	11.48	12.63	14.92	360	11.27	18.79	22.54	30.06	37.57	41.33	48.84
120	3.757	6.262	7.515	10.02	12.52	13.78	16.28	370	11.58	19.31	23.17	30.89	38.62	42.48	50.20
130	4.070	6.784	8.141	10.85	13.57	14.92	17.64	380	11.90	19.83	23.80	31.73	39.64	43.63	51.56
140	4.383	7.306	8.767	11.69	14.61	16.07	19.00	390	12.21	20.35	24.42	32.56	40.70	44.77	52.92
150	4.697	7.828	9.393	12.52	15.66	17.22	20.35	400	12.52	20.87	25.05	33.40	41.75	45.92	54.27
160	5.010	8.350	10.02	13.36	16.70	18.37	21.71	410	12.84	21.40	25.67	34.23	42.79	47.07	55.63
170	5.323	8.871	10.65	14.19	17.74	19.52	23.07	420	13.15	21.92	26.30	35.07	43.83	48.22	56.99
180	5.636	9.393	11.27	15.03	18.79	20.67	24.42	430	13.46	22.44	26.93	35.90	44.88	49.37	58.34
190	5.949	9.915	11.90	15.86	19.83	21.81	25.78	440	13.78	22.96	27.55	36.74	45.92	50.51	59.70
200	6.262	10.44	12.52	16.70	20.87	22.96	27.14	450	14.09	23.48	28.18	37.57	46.97	51.66	61.06
210	6.575	10.96	13.15	17.53	21.92	24.11	28.49	460	14.40	24.00	28.81	38.41	48.01	52.81	62.41
220	6.888	11.48	13.78	18.37	22.96	25.26	29.85	470	14.72	24.53	29.43	39.24	49.05	53.96	63.77
230	7.201	12.00	14.40	19.20	24.00	26.41	31.21	480	15.03	25.05	30.06	40.08	50.10	55.11	65.13
240	7.515	12.52	15.03	20.04	25.05	27.55	32.56	490	15.34	25.57	30.68	40.91	51.14	56.25	66.48
250	7.828	13.05	15.66	20.87	26.09	28.70	33.92	500	15.66	26.09	31.31	41.75	52.18	57.40	67.84

SOLDADURA DE FILETE

179

CAPACIDADES EN t

ELECTRODOS E70XX

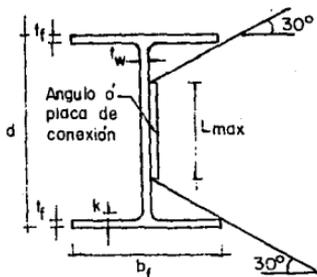
TABLA IV-2 (CONTINUACION)

LONG DE SOLD L mm	DIMENSION DE SOLDADURA							LONG DE SOLD L mm	DIMENSION DE SOLDADURA						
	D mm								D mm						
	3	5	6	8	10	11	13		3	5	6	8	10	11	13
510	15.97	26.61	31.94	42.38	53.23	58.55	69.20	760	23.80	39.66	47.59	63.44	79.32	87.25	103.1
520	16.29	27.14	32.56	43.42	54.27	59.70	70.55	770	24.11	40.18	48.22	64.29	80.36	86.40	104.5
530	16.59	27.64	33.19	44.25	55.32	60.85	71.91	780	24.42	40.70	48.84	65.13	81.41	89.35	105.8
540	16.91	28.18	33.82	45.09	56.36	62.00	73.27	790	24.74	41.23	49.47	65.96	82.45	90.70	107.2
550	17.22	28.70	34.44	45.92	57.40	63.14	74.62	800	25.05	41.75	50.10	66.80	83.59	91.64	108.5
560	17.53	29.22	35.07	46.76	58.45	64.29	75.98	810	25.36	42.27	50.72	67.63	84.54	92.99	109.9
570	17.85	29.75	35.69	47.59	59.49	65.44	77.36	820	25.67	42.79	51.25	68.47	85.58	94.16	111.3
580	18.16	30.27	36.32	48.43	60.53	66.59	78.69	830	25.99	43.31	51.98	69.30	86.63	95.29	112.6
590	18.47	30.79	36.95	49.26	61.58	67.74	80.05	840	26.30	43.83	52.60	70.14	87.67	96.44	114.0
600	18.79	31.31	37.57	50.10	62.62	68.88	81.41	850	26.61	44.36	53.23	70.97	88.71	97.59	115.3
610	19.10	31.83	38.20	50.93	63.67	70.03	82.76	860	26.93	44.88	53.85	71.81	89.74	98.73	116.7
620	19.41	32.35	38.83	51.77	64.71	71.18	84.12	870	27.24	45.40	54.48	72.64	90.80	99.88	118.0
630	19.73	32.88	39.45	52.60	65.75	72.33	85.48	880	27.55	45.92	55.11	73.48	91.84	101.0	119.4
640	20.04	33.40	40.08	53.44	66.80	73.48	86.84	890	27.87	46.44	55.73	74.31	92.89	102.2	120.8
650	20.35	33.92	40.70	54.27	67.84	74.62	88.19	900	28.18	46.97	56.36	75.15	93.93	103.3	122.1
660	20.67	34.44	41.33	55.11	68.88	75.77	89.55	910	28.49	47.49	56.99	75.98	94.98	104.5	123.5
670	20.98	34.96	41.96	55.94	69.93	76.92	90.91	920	28.81	48.01	57.61	76.82	96.02	105.6	124.8
680	21.29	35.49	42.58	56.78	70.97	78.07	92.26	930	29.12	48.53	58.24	77.65	97.06	106.8	126.2
690	21.60	36.01	43.21	57.61	72.01	79.22	93.62	940	29.43	49.05	58.86	78.49	98.11	107.9	127.5
700	21.92	36.53	43.83	58.45	73.06	80.36	94.98	950	29.75	49.58	59.49	79.32	99.15	109.1	128.9
710	22.23	37.05	44.46	59.28	74.10	81.51	96.33	960	30.06	50.10	60.12	80.16	100.2	110.2	130.3
720	22.54	37.57	45.09	60.12	75.15	82.66	97.69	970	30.37	50.62	60.74	80.99	101.2	111.4	131.6
730	22.86	38.09	45.71	60.95	76.19	83.81	99.05	980	30.68	51.14	61.37	81.83	102.3	112.5	133.0
740	23.17	38.62	46.34	61.79	77.23	84.96	100.4	990	31.00	51.66	62.00	82.66	103.3	113.7	134.3
750	23.48	39.14	46.97	62.62	78.28	86.10	101.8	1000	31.31	52.18	62.62	83.50	104.4	114.8	135.7

PROPIEDADES DE LOS PERFILES IR
PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES

TABLA IV-3

La longitud máxima de una placa o de un ángulo de conexión soldado al alma de una viga I, se limita por la inclinación mínima de 30° recomendable, al soldar los cordones paralelos a los patines del perfil (10)



$$\tan 30^\circ = \frac{(d - L_{\max} - 2t_f)/2}{(b_f - t_w)/2}$$

$$L_{\max} = d - 2t_f - (b_f - t_w) \tan 30^\circ$$

Los valores de P_{wo} , P_{wi} , P_{wb} y P_{fb} , enlistados en la Tabla IV-3, son útiles para determinar si el alma de una columna requiere de atiesadores debido a las fuerzas transmitidas a ésta provenientes de los patines, o de las placas de conexión de los patines, de una unión rígida de viga al patín de la columna. Cuando la fuerza incrementada en el patín de la viga o en la placa de conexión, P_{bf} , aplicada es igual o menor que las siguientes fuerzas de resistencia desarrolladas por la sección de la columna, no se requiere de atiesadores para el alma de la columna.

$$P_{bf} \leq P_{wb} = \frac{108.8}{dc} \frac{t_w^3 \sqrt{F_{vc}}}{dc}$$

Fórmula (1.15-2) Espec. IMCA

$$P_{bf} \leq P_{fb} = \frac{F_{yc} t_f^2}{0.16} \quad \text{Fórmula (1.15-3) Espec. INCA}$$

$$P_{bf} \leq P_{wi} t_b + P_{wo} = F_{yc} t_w (t_b + 5k) \quad \text{Fórmula (1.15 -1) Espec. INCA}$$

donde

P_{wb} = Fuerza de resistencia máxima del alma de la columna en el patín de compresión de la viga, t

P_{fb} = Fuerza de resistencia máxima del alma de la columna en el patín de tensión de la viga, t

$P_{wi} = F_{yc} t_w$, t/mm

$P_{wo} = 5 F_{yc} t_w k$, t

F_{yc} = Esfuerzo de fluencia de la columna, t/mm²

d_c = Peralte libre del alma de la columna, entre filetes, mm

k = Distancia entre la cara exterior del patín y el inicio del filete del alma de la columna, mm

t_w = Espesor del alma de la columna, mm

t_b = Espesor del patín de la viga o de la placa de conexión que transmite la fuerza concentrada, mm

t_f = Espesor del patín de la columna, mm

Si la fuerza incrementada P_{bf} transmitida al alma de la columna excede a cualquiera de las tres fuerzas de resistencia expresadas arriba, se requieren atiesadores en el alma de la columna. Los atiesadores deben cumplir con lo estipulado por la Secc. 1.15.5.4 de las Especificaciones IMCA.

Los valores de L_{max} , P_{wo} , P_{wi} , P_{wb} y P_{fb} correspondientes a los perfiles IR de fabricación común en México fueron tabulados en la Tabla IV-3.

PROPIEDADES DE LOS PERFILES IR
PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES

182

ACERO A36

TABLA IV-3

DESIGNACION d X PESO mm X kg/m	L _{max} mm	P _{vo} t	P _{vl} t/mm	P _{vb} t	P _{fb} t
152 X 13.6	84	7.615	0.1088	11.28	4.783
X 18.0	83	11.74	0.1467	27.91	7.971
X 24.0	84	15.86	0.1670	40.78	16.78
203 X 15.0	134	8.703	0.1088	8.190	4.274
X 19.4	134	12.47	0.1467	19.98	6.681
X 22.5	135	14.90	0.1569	24.55	10.12
203 X 26.6	117	13.94	0.1467	19.98	11.16
X 31.2	116	17.00	0.1619	27.00	16.45
254 X 17.9	185	9.715	0.1214	8.739	4.442
X 22.3	185	12.47	0.1467	15.35	7.529
X 25.3	185	14.66	0.1543	17.94	11.16
X 28.5	185	17.00	0.1619	20.81	15.81
254 X 32.9	159	14.66	0.1543	17.86	13.09
X 38.5	159	18.37	0.1670	22.82	19.84
X 44.8	159	23.07	0.1923	34.85	26.72
305 X 21.1	236	10.75	0.1265	8.042	5.130
X 23.9	237	13.46	0.1417	11.38	7.098
X 28.2	236	15.94	0.1518	14.00	12.53
X 32.8	236	18.37	0.1670	18.50	18.44
305 X 38.7	199	14.14	0.1467	12.69	14.88
X 44.5	199	20.04	0.1670	18.78	19.84
X 52.2	200	24.04	0.1923	28.35	27.55
305 X 59.8	164	30.36	0.1897	30.55	27.14
X 66.9	164	34.41	0.2150	43.92	33.71
X 74.4	164	41.62	0.2378	59.89	42.01
356 X 63.8	207	32.56	0.1973	29.23	28.82
X 71.4	207	38.08	0.2176	39.31	36.06
X 79.0	207	44.00	0.2378	51.34	44.63
406 X 53.7	283	27.51	0.1897	21.16	18.79
X 59.8	283	29.60	0.1973	23.67	25.91
X 67.4	283	35.62	0.2226	34.09	32.79
X 74.4	283	40.49	0.2454	45.52	40.48
457 X 96.7	323	53.36	0.2884	65.41	57.69
X 105.3	323	60.57	0.3188	88.09	67.10
457 X 112.9	273	47.82	0.2732	55.47	47.33
X 128.1	272	57.10	0.3087	79.96	60.75
X 144.3	272	68.82	0.3441	111.1	77.23
X 157.5	273	77.80	0.3795	148.2	90.33
X 177.8	273	92.40	0.4200	200.9	114.4

PARES DE ATIESADORES DEL ALMA DE UNA COLUMNA

FUERZA DE FLUENCIA (CAPACIDAD), EN t

TABLA IV-4

El área de la sección transversal de un par de atiesadores del alma de una columna se diseña para la fuerza incrementada o factorizada transmitida al alma de la columna menos la fuerza de resistencia del alma de la columna (4).

$$A_{st} = \frac{P_f - P_r}{F_{yst}}$$

donde

A_{st} = Área de la sección transversal del par de atiesadores,
mm²

$$= 2 w t_{st}$$

w = ancho de cada atiesador, mm

t_{st} = espesor del atiesador, mm

P_f = Fuerza incrementada o factorizada transmitida al alma de la columna, t

P_r = Fuerza de resistencia del alma de la columna sin necesidad de atiesadores, t

F_{yst} = Esfuerzo de fluencia de los atiesadores

De modo que la capacidad o fuerza de fluencia necesaria en los atiesadores del alma de la columna es $= P_f - P_r$, y la capacidad o fuerza de fluencia de un par de atiesadores será:

$$\text{Capacidad} = 2 w t_{st} F_{yst}$$

Los atiesadores que exceden el valor límite aplicable según la Sección 1.9.1.2 de las Especificaciones del IMCA se sujetarán a una reducción Q_s en el esfuerzo según lo dispuesto por el Apéndice C de las mismas especificaciones.

$$\text{Cuando: } w/t_{st} \leq 800/\sqrt{F_{yst}}$$

$$\leq 15.9 \text{ para acero A36 (} F_{yst} = 2530 \text{ kg/cm}^2\text{)}$$

$$Q_s = 1$$

$$\text{Cuando: } 800/\sqrt{F_{yst}} < w/t_{st} < 1480/\sqrt{F_{yst}}$$

$$15.9 < w/t_{st} < 29.4 \text{ para acero A36}$$

$$Q_s = 1.415 - 0.00052 (w/t_{st}) \sqrt{F_{yst}} \quad \text{Fórmula (C2-3)}$$

Apéndice C Espec. IMCA

$$= 1.415 - 0.0262 (w/t_{st}) \text{ para acero A36}$$

$$\text{Cuando: } w/t_{st} \geq 1480/\sqrt{F_{yst}}$$

$$w/t_{st} \geq 29.4 \text{ para acero A36}$$

$$Q_s = 1'410,000/[F_{yst} (w/t_{st})^2] \quad \text{Fórmula (C2-4)}$$

Apéndice C Espec. IMCA

$$= 557/(w / t_{st})^2 \text{ para acero A36}$$

$$\text{Capacidad} = 0.0506 Q_s w t_{st} \text{ para acero A36}$$

Esta fórmula de capacidad fue tabulada por distintos anchos (w) y espesores (t_{st}) en la Tabla IV-4.

PARES DE ATIESADORES DEL ALMA DE UNA COLUMNA
 CAPACIDAD (FUERZA DE FLUENCIA), EN t
 CAPACIDAD = 0.0506 Q_s w t₁₁

ACERO A36

TABLA IV-4

ANCHO DEL ATIESADOR w mm	ESPESOR DEL ATIESADOR t ₁₁ mm									
	3.2	4.8	6.4	7.9	9.5	11.1	12.7	14.3	15.9	19.1
30	4.858	7.206	9.715	11.99	14.42	16.85	19.28	21.71	24.14	28.99
35	5.667	8.501	11.33	13.99	16.82	19.66	22.49	25.33	28.16	33.83
40	6.477	9.715	12.95	15.99	19.23	22.47	25.70	28.94	32.18	38.66
45	7.286	10.93	14.57	17.99	21.63	25.27	28.92	32.56	36.20	43.49
50	8.096	12.14	16.19	19.99	24.04	28.08	32.13	36.18	40.23	48.32
55	8.591	13.36	17.81	21.99	26.44	30.89	35.34	39.80	44.25	53.16
60	8.974	14.57	19.43	23.98	28.04	33.70	38.56	43.41	48.27	57.99
65	9.291	15.79	21.05	25.98	31.25	36.51	41.77	47.03	52.30	62.82
70	9.542	17.00	22.67	27.98	33.65	39.32	44.98	50.65	56.32	67.65
75	9.727	18.22	24.29	29.98	36.05	42.12	48.20	54.27	60.34	72.48
80	9.845	19.01	25.91	31.98	38.46	44.93	51.41	57.89	64.36	77.32
85	9.897	19.63	27.53	33.98	40.86	47.74	54.62	61.50	68.39	82.15
90	9.882	20.19	29.15	35.98	43.26	50.55	57.84	65.12	72.41	86.98
95	9.721	20.68	30.76	37.98	45.67	53.36	61.05	68.74	76.43	91.31
100	9.235	21.11	32.38	39.97	48.07	56.17	64.26	72.36	80.45	96.65
105	8.796	21.47	33.50	41.97	50.47	58.97	67.48	75.98	84.48	101.5
110	8.396	21.76	34.36	43.97	52.88	61.78	70.69	79.59	88.50	106.3
115	8.031	21.99	35.16	45.97	55.28	64.59	73.90	83.21	92.52	111.1
120	7.696	22.15	35.90	47.97	57.68	67.40	77.11	86.83	96.54	116.0
125	7.388	22.25	36.56	49.97	60.09	70.21	80.33	90.45	100.6	120.8
130	7.104	22.27	37.17	51.13	62.49	73.02	83.54	94.07	104.6	125.6
135	6.841	22.23	37.70	52.20	64.89	75.82	86.75	97.68	108.6	130.5
140	6.597	22.13	38.17	53.20	67.30	78.63	89.97	101.3	112.6	135.3
145	6.369	21.50	38.57	54.14	69.70	81.44	93.18	104.9	116.7	140.1
150	6.157	20.78	38.91	55.02	72.10	84.25	96.39	108.5	120.7	145.0
155	5.958	20.11	39.18	55.82	73.58	87.06	99.61	112.2	124.7	149.8

CITAS DEL CAPITULO IV

- (1) COMPLETE PENETRATION GROOVE WELDS; referencia 14; pags. 4-150 a 4-160 y COMPLETE JOINT PENETRATION GROOVE WELDS MADE BY SHIELDED METAL ARC WELDING; referencia 20; Sección 2.9
- (2) ESFUERZOS EN SOLDADURAS DE FILETE CARGADOS CONCENTRICAMENTE; sección II-7.1
- (3) ESPESOR MINIMO DEL ALMA y ESPESOR MINIMO DE PLACA, sección III-2.
- (4) PROPIEDADES DE LOS PERFILES IR PARA EL DISEÑO DE CONEXIONES; Tabla IV-3.
- (5) CORTANTE EN EL ALMA DE LA COLUMNA EN CONEXIONES DE VIGA A COLUMNA; sección II-7.4
- (6) PANDEO DEL ALMA; referencia 12; Sección 1.10.10 de las Especificaciones.
- (7) CONEXIONES DE ASIENTO ATIESADO; sección III-4
- (8) STIFFENED SEATED BEAM CONNECTIONS; referencia 14; pags. 4-48 y 4-49
- (9) TRANSMISION BASICA DE FUERZAS A TRAVES DE UNA CONEXION VIGA A COLUMNA; sección II-7.5
- (10) CLEARANCE FOR WELDING; referencia 9; pags. 6-38 a 6-39.

CAPITULO V

CONSTITUCION

CONSTITUCION

V - COMENTARIOS Y CONCLUSIONES

Uno de los beneficios importantes de la normalización es lograr una serie de especificaciones óptimas.

Por falta de un conocimiento profundo de las cualidades de cada material y de cada subsistema constructivo, en la actualidad el diseño sin normalización lleva un alto margen de desperdicio al tener que realizar cálculos y planos específicos para cada elemento y subsistema estructural, además de que pueden especificarse características estructurales muy sobradas para elementos que tienen una función mucho más simple.

Con la normalización se puede especificar justo el material y el sistema constructivo que se necesitan. Esto tendría una repercusión económica extraordinaria; se ahorraría una gran cantidad de dinero, y desde luego, con ello se optimizarían los recursos.

Derivado de lo anterior, los costos reales de construcción obviamente serían más bajos.

Para llegar a la normalización en la construcción hay una serie de etapas que es necesario cumplir, pero quizá la más difícil no sea de orden técnico: básicamente radica en la creación de una conciencia generalizada de que en la construcción deben establecerse procesos racionales.

Desde el punto de vista técnico hay etapas que ya se cumplen, por ejemplo la creación de normas oficiales mexicanas a nivel nacional,

congruentes con las internacionales, bajo un enfoque de sistemas y comportamientos.

Estas técnicas casi son desconocidas para muchos profesionales mexicanos. La normalización es un empleo de reglas, tanto para las especificaciones, el diseño, el análisis de las características, y es necesario que el profesional conozca las reglas del juego.

La normalización es un instrumento para realizar algo de una manera lógica. Probablemente lo más conveniente es pensar que con ella se llega a la racionalización. Para lograr su implantación, el profesional debe enterarse y comprometerse con esta problemática.

Es importante considerar los siguientes conceptos para usar con todas las ventajas la soldadura en las estructuras de acero:

1. Para obtener una máxima economía, no deberán usarse los diseños hechos para juntas con sujetadores y sustituir éstos por soldadura, sino que debe hacerse el diseño desde un principio pensando en una conexión soldada.
2. El uso de conexiones rígidas, continuas para una estructura más eficiente. Esto reducirá el peso de las vigas y comúnmente reduce el peso total de la estructura terminada.
3. La porción más grande de soldadura en una conexión debe hacerse en taller y en la posición plana.
4. Tanto como sea posible, las diversas piezas usadas en una conexión, tales como ángulos de asiento, atiesadores y demás,

- deberán ser colocados, armados y soldados en taller en la posición plana.
5. Cuando se tengan que agujerar miembros principales para tornillos de montaje, es preferible hacerlo en el material más delgado del alma, que agujerar el patín que es más grueso. En secciones de mayor espesor que la capacidad del punzón, el agujero debe ser taladrado; esto es más costoso.
 6. El soldar a tope los patines de la viga directamente a la columna resulta en una cantidad mínima de material de soldadura, y es importante que se haga alguna consideración para obtener el proceso de soldeo práctico y más rápido para esto.
 7. La soldadura vertical y sobre cabeza en campo incrementa el costo de la junta y debe eliminarse, si es posible.
 - a) La soldadura en posición vertical y sobre cabeza es costosa porque deben usarse electrodos más pequeños con corrientes menores.
 - b) Los electrodos pequeños con baja corriente de soldadura comúnmente se usan en la soldadura plana que resta de una conexión porque el operador muchas veces no puede bajar y - cambiar la posición de su máquina de soldadura para el electrodo mayor.
 8. El uso de placas de respaldo en la soldadura a tope del patín permitirá que la junta se haga incluso con una separación mayor de la viga. Una apertura de raíz excesiva incrementará la cantidad requerida de soldadura, pero aún es posible la unión.

9. Considérese el uso de soldadura simi-automática para la soldadura de campo.

10. Si se requiere de soldadura vertical en campo, entonces considérese tener uno o más soldadores haciendo ésto con la corriente baja y los demás operadores haciendo la soldadura plana con corrientes más altas.

11. Considérese el uso de placas soldadas en taller en posición plana a la columna para tomar la reacción vertical. La viga se colocará sobre éstas placas y no se requerirá de ninguna soldadura vertical en campo.

12. Revisar si los atiesadores entre los patines de la columna son necesarios. Las investigaciones indican que el pandeo del alma es el factor decisivo y si el alma es suficientemente gruesa los atiesadores no son necesarios.

13. Los atiesadores de la columna deberán considerarse unidos por soldaduras de filete en lugar de soldaduras de ranura, si la placa atiesada no es muy gruesa.

14. Considerar el uso de cubreplacas o peraltar la sección para el momento negativo en los soportes de la viga. Aquí el momento negativo se reduce a poca distancia. Un ligero incremento en la sección de la viga en esta área incrementará en gran medida la resistencia de la viga.

Las conexiones de estructuración simple propuestas, en el capítulo III de este trabajo, se presentan en las tablas de tal forma que ahorren

prácticamente todo el trabajo de diseño, siendo únicamente necesario para su uso el conocer la reacción a la que estarán sujetas así como los elementos estructurales que van a unir, es por esto que las capacidades tabuladas son reflejo únicamente de las resistencias permisibles de las soldaduras así como las piezas de unión (placas o ángulos), éstas capacidades no son una medida de la capacidad de los elementos a unir, así es que el diseñador deberá revisar los elementos estructurales en su propia resistencia bajo las condiciones de unión. En este sentido los ejemplos que acompañan a cada tabla muestran la forma en que es recomendable hacer algunas de estas revisiones, siendo esto último de gran utilidad para el uso mismo de las tablas.

En el caso de las conexiones de estructuración rígida, del capítulo IV, se optó por hacer una normalización del procedimiento de diseño de las mismas. Esto se debe principalmente a la gran cantidad de variables que entran en juego para el cálculo de este tipo de conexiones y que una pequeña diferencia en cualquiera de las variables afecta sensiblemente a la capacidad de la unión. Puede efectuarse una normalización más rigurosa para estas conexiones (o de otras del mismo tipo) considerando cada variación probable de los elementos estructurales que unen, por ejemplo generar una tabla de conexión tipo para cada uno de los distintos perfiles laminados en México, y más aún podrían considerarse otros tipos de elementos estructurales como las vigas formadas por tres placas soldadas o las vigas de alma abierta, siendo objeto de trabajos más específicos al respecto.

La elaboración de esta tesis no pretende, ni mucho menos, agotar el tema, más aún es recomendable el efectuar una cantidad importante de trabajos en el mismo sentido y aún más específicos como los mencionados en el párrafo anterior.

Al hacer uso de estas conexiones se deberá tener presente que al aplicarlas el ingeniero tiene que ejercer su propio criterio

profesional. El presente trabajo está pensado como una ayuda para el diseño estructural, con apego a la práctica profesional más aceptada en el medio, pero deberán tenerse en cuenta las interpretaciones más adecuadas para su uso.

APPENDICE A

ESTADO DE
PROGRAMAS

MATRIZ "CEOS"

```

1  REN
2  REN
3  REN PROGRAMA ANULOS SOLDADOS AL ALMA
4  REN
5  REN CALCULA LAS CAPACIDADES DE CONEXIONES DE ANULOS SOLDADOS AL ALMA PARA GENERAR LA TABLA III-1
6  REN
7  REN
8  REN DIMENSIONAMIENTO DE VARIABLES Y DEFINICION DE FUNCION DE REDONDEO
9  REN
10 DIN C(24,16),E#(4),R#(25,4); DEF FN NR(NE) = INT (NE * 100 + .5) / 100
11 REN
12 REN DEFINICION DE VARIABLES PARA LECTURA DE ARCHIVO Y ENCABEZADOS
13 REN
14 R# = CHR# (13);D# = R# + CHR# (4);I# = CHR# (15);H# = CHR# (109) + CHR# (109);D# = CHR# (14)
15 E# = "CONEXIONES DE ANULOS SOLDADOS AL ALMA ELECTRODOS EPONOXADERO ASISTIDA A III-1";E# = " SOLDADURA A
16 NA B LONGITUD DIMENSION ESPESOR DEL
17 DE ALMA HINTA/CAPACIDAD DIMENSION CAPACIDAD DIMENSION ANULO ANULO PARA I A"
18 + I# + "SOLDADURA A " + CHR# (116) + " " + R# + " " + CHR# (116) + "
19 + R# + "
20 3 5 6 X 76 6.10 * E#(2) = " " 5 6 8 X 76 10.30 * E#(3) = "
21 6 8 10 X 76 12.36 * E#(4) = " 8 10 11 X 76 16.90 *
22 REN
23 REN RECUPERA DEL ARCHIVO "CEOS, L5" LA TABLA II-7-3
24 REN
25 PRINT D#;D#;"OPEN CEOS, L5";R#; FOR I = 0 TO 24; FOR J = 0 TO 16; PRINT D#;"REAR CEOS, R#J + I + (I = 17);R#; INPUT
26 C(I,J); NEXT J; NEXT I; PRINT D#;"CLOSE CEOS";R#
27 REN
28 REN CALCULO DE LA CAPACIDAD UNITARIA DE LAS SOLDADURAS, A Y B, PARA CADA LONGITUD
29 REN
30 FOR D = 1 TO 3; PRINT "D=";D; ON D GOSUB 1201,1202,1203; FOR I = 11 TO 12; PRINT "I=";I;L = (I + 7) * 5;K = 66.2 / L;A =
31 76.2 / L - K * 2 / (1 + 2 * K); GOSUB 1000;CA = C * L / 44.445;CB = .0104369 / 50R ((2 * L) * - 2 + ((9312.0656 / L *
32 4))
33 REN
34 REN CALCULO DE LA CAPACIDAD FINAL PARA CADA DIMENSION DE SOLDADURA Y EDICION DE RESULTADOS
35 REN
36 FOR K = K1 TO K1 + 2; PRINT "K=";K;RA = FN NR(CA) = VAL (LEFT# (E#(K),9));RB = FN NR(CB) = VAL (LEFT# (E#(K),10,2))
37 ;RR = " " + STR# (RA); IF RA < 10 THEN RR = " " + RR
38 100 IF LEN (RR) = 4 THEN RR = RR + ",00"; GOTO 120
39 110 IF LEN (RR) = 6 THEN RR = RR + "0"
40 120 RR = RR + LEFT# (E#(K),17); IF RR < 10 THEN RR = RR + " "
41 130 RR = RR + STR# (RB); IF LEN (RR) = 26 THEN RR = RR + ",00"; GOTO 150
42 140 IF LEN (RR) = 28 THEN RR = RR + "0"
43 150 RR = RR + MID# (E#(K),11,17); IF L < 100 THEN RR = RR + " "
44 160 R#(I,K) = RR + STR# (L) + MID# (E#(K),22); NEXT I; NEXT I; NEXT
45 167 REN
46 168 REN IMPRESION DE LA TABLA III-1
47 169 REN
48 170 FOR I = 1; PRINT CHR# (9);150#; FOR D = 1 TO 3; GOSUB 1100; ON D GOSUB 1201,1202,1203; FOR I = 11 TO 12; PRINT ; FOR K = K
49 1 TO K1 + 2; PRINT R#(I,K); NEXT I; NEXT I; PRINT CHR# (16); NEXT I; END
50 171 REN
51 172 REN FIN DEL PROGRAMA PRINCIPAL
52 173 REN

```

```

997  REM
998  REM SUBROUTINA. INTERPOLA EN LA TABLA II-7-3 EL COEFICIENTE C
999  REM
1000 N = 1;N = 1; FOR J = 1 TO 23: IF A > C(J,0) THEN M = J
1010 IF J < 16 THEN IF K > C(0,J) THEN M = J
1020 NEXT J: M1 = (A - C(M + 1,0)) / (C(M,0) - C(M + 1,0)); M2 = (K - C(0,M + 1)) / (C(0,M) - C(0,M + 1))
1030 C = M1 * (C(M,N + 1) - C(M + 1,N + 1)) + M2 * (C(M,N) - C(M,N + 1)) - C(M + 1,N) + C(M + 1,N + 1) + M2 * (C(M + 1,N) - C(M + 1,N + 1)) + M2 * (C(M + 1,N) - C(M + 1,N + 1)) + C(M + 1,N + 1); RETURN
1097  REM
1098  REM SUBROUTINA. IMPRESION DE ENCABEZADOS
1099  REM
1100 PRINT 09; LEFT$(E18,21); PRINT ; PRINT 09 MID$(E18,21,16); PRINT ; PRINT ; PRINT 09 MID$(E18,37,16); PRINT ; PRINT
    09 MID$(E18,53,9); PRINT ; PRINT ; PRINT 09 MID$(E18,62); IF D > 1 THEN PRINT 18" (CONTINUACION)";
1110 PRINT **; PRINT ; PRINT LEFT$(E26,74); PRINT MID$(E26,77) LEFT$(E26,29); PRINT MID$(E26,30); PRINT MID$(E26,77) LEFT$(E40,22); PRINT MID$(E40,23); RETURN
1198  REM
1199  REM SUBROUTINAS. DEFINICION DE VARIABLES PARA EL CALCULO E IMPRESION DE RESULTADOS
1200  REM
1201 I1 = 1;I2 = 10;K1 = 1; RETURN
1202 I1 = 11;I2 = 20;K1 = 2; RETURN
1203 I1 = 21;I2 = 25; RETURN

```


997 REM

998 REM SUBROUTINA, INTERPOLA EN LA TABLA 11-7-3 EL COEFICIENTE C

198

999 DEF

1000 M = 1; N = 1; FOR J = 1 TO 23; IF A > C(J,0) THEN M = J

1010 IF J < 16 THEN IF K > C(J,1) THEN M = J

1020 NEXT J; R1 = (A - C(M + 1,0)) / (C(M,0) - C(M + 1,0)); R2 = (K - C(O,M + 1)) / (C(O,M) - C(O,M + 1))

1030 C = R1 * (C(M,N + 1) - C(M + 1,N + 1)) + R1 * R2 * (C(O,M) - C(O,M + 1)) - C(M + 1,N) + C(M + 1,N + 1) + R2 * (C(M + 1,N + 1) - C(M + 1,N + 1)) + C(M + 1,N + 1); RETURN

```

1  REN
2  REN
3  REN PROGRAMA PLACA AL ALMA Y A UN ATIESADOR
4  REN
5  REN CALCULA LAS CAPACIDADES DE CONEXIONES DE PLACA SOLDADA AL ALMA Y A UN ATIESADOR PARA GENERAR LA TABLA III-3
6  REN
7  REN
8  REN DIMENSIONAMIENTO DE VARIABLES. DEFINICION DE VARIABLES DE LECTURA DE ARCHIVO, DIMENSIONES DE SOLDADURA Y ENCAJES/ANS
9  REN
10 DIM C(24,16),R(27,6),D(7);R# = CHR# (13);D# = R# + CHR# (4);L# = CHR# (15);M# = CHR# (10#) + CHR# (10#);O# = CHR#
    (14)
10 D(2) = 3;D(3) = 5;D(4) = 6;D(5) = 8;D(6) = 10;D(7) = 11;E1# = "CONEXIONES DE PLACA SOLDADA ALMA Y A UN ATIESADORELECTRON
    OS EPTORANERO AGMTABLA III-3"
10 E2# = "      SOLDADURA      DIMENSIONES      CAPACIDAD      DIMENSION      DE LA PLACA      " + CHR# (116) + "      " + M
    # + "      " + M# + "      "
17  REN
18  REN RECUPERA DEL ARCHIVO "CEOS L,5" LA TABLA II-7-3
19  REN
20 PRINT D#;M#;C#;D#;"OPEN CEOS, L5";R#; FOR I = 0 TO 24; FOR J = 0 TO 16; PRINT D#;"READ CEOS, R#J + I + (I + 17)";R#; INPUT
    C(I,J); NEXT J; NEXT I; PRINT D#;"CLOSE CEOS";R#
47  REN
48  REN SELECCION DEL ANCHO DE PLACA. CALCULO DE LA CAPACIDAD DE LAS SOLDADURAS, SELECCION DEL ESPESOR DE PLACA Y EDICION DE
    RESULTADOS
49  REN
50 M# = 80;J1 = 2; FOR I = 1 TO 25; PRINT "I=";I;L = (I + 7) * 10; IF I = 19 THEN M# = 90;J1 = 3
60 PRINT, "M#";M#;K = (M# - 10) / 2 / L;A = M# / L - 2 * K * 2 / (L + 2 * K); GOSUB 1000;C = C * L / R#;R#; FOR J1 - J1 TO J1
    + 2; PRINT, "J=";J1;R = INT (C * D(I)) * 100 + .5) / 100;T = D(J); IF J > 3 THEN T = D(J + 1)
70 R# = " " + STR# (R); IF R < 10 THEN R# = " " + R#
80 IF LEN (R#) = 4 THEN R# = R# + ",00"; OTO 100
90 IF LEN (R#) = 4 THEN R# = R# + "0"
100 IF J < 6 THEN R# = R# + " "
120 R# = R# + " " + STR# (D(J)) + " " + " "; IF T < 10 THEN R# = R# + " "
130 R# = R# + STR# (T) + " " + " " + STR# (M#) + " " + " "; IF L < 100 THEN R# = R# + " "
140 R#(I,J) = R# + STR# (L) + " " + " "; NEXT J; NEXT I; PRINT CHR# (27) CHR# (9);:150N
147  REN
148  REN IMPRESION DE ENCAJES/ANS
149  REN
150 PRINT ON LEFT# (E1#,27); PRINT ON MID# (E1#,27,24); PRINT ; PRINT ; PRINT ON MID# (E1#,51,16); PRINT ON MID# (E1#,67,9)
    ; PRINT ; PRINT ; PRINT ON MID# (E1#,76);:16; PRINT ; PRINT
160 PRINT LEFT# (E2#,40) LEFT# (E2#,40) LEFT# (E2#,40); PRINT MID# (E2#,41,40) MID# (E2#,41,40) MID# (E2#,41,40); PRINT MID#
    (E2#,77) MID# (E2#,77) MID# (E2#,77)
167  REN
168  REN IMPRESION DE RESULTADOS
169  REN
170 FOR I = 1 TO 9; PRINT ; FOR J = 2 TO 5; PRINT R#(I,J);R#(I + 9,J);R#(I + 18,J + 1); NEXT J; NEXT I; END
171  REN
172  REN FIN DEL PROGRAMA PRINCIPAL
173  REN
997  REN
998  REN SUBROUTINA. INTERPOLA EN LA TABLA II-7-3 EL COEFICIENTE C
999  REN
1000 M = I#;N = J#; FOR J = 1 TO 23; IF A > C(I,0) THEN M = J
1010 IF J < 16 THEN IF K > C(I,0) THEN M = J
1020 NEXT M; M = (A - C(M + 1,0)) / (C(M,0) - C(M + 1,0)); M2 = (K - C(I,M + 1)) / (C(I,M) - C(I,M + 1))
1030 C = M1 * (C(I,M + 1) - C(I,0) + I, N + 1)) + M2 * (C(I,M) - C(I,M + 1) - C(I,0) + I, N + 1)) + M# * (C(I,0) + I, N + 1)) + M# * (C(I,0) + I, N + 1)) + M# * (C(I,0) + I, N + 1))
    ; RETURN

```


MATRIZ DE COEFICIENTES C (TABLA II-7-3)
 GUARDADA EN EL ARCHIVO "CEGS"
 PARA USO DE LOS PROGRAMAS

I	J																
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
0	0	0	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1.0	1.2	1.4	1.6	1.8	2.0
1	0.06	0.835	0.883	1.05	1.22	1.40	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.84	3.21	3.58	3.95	4.32
2	0.08	0.820	0.895	1.06	1.23	1.41	1.58	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.85	3.21	3.58	3.94	4.31
3	0.10	0.804	0.902	1.07	1.24	1.41	1.59	1.76	1.94	2.12	2.30	2.48	2.83	3.20	3.56	3.92	4.28
4	0.15	0.783	0.895	1.06	1.22	1.39	1.56	1.73	1.90	2.07	2.24	2.42	2.76	3.11	3.46	3.81	4.16
5	0.20	0.693	0.885	1.02	1.18	1.34	1.50	1.67	1.83	1.99	2.16	2.32	2.65	2.99	3.32	3.66	4.00
6	0.25	0.630	0.823	0.972	1.12	1.28	1.43	1.59	1.74	1.90	2.06	2.21	2.53	2.85	3.18	3.51	3.84
7	0.30	0.570	0.750	0.917	1.06	1.21	1.35	1.50	1.65	1.80	1.95	2.10	2.41	2.72	3.04	3.36	3.68
8	0.40	0.469	0.627	0.803	0.934	1.07	1.20	1.33	1.47	1.61	1.74	1.89	2.17	2.47	2.77	3.08	3.39
9	0.50	0.393	0.529	0.666	0.819	0.937	1.06	1.18	1.30	1.43	1.56	1.69	1.96	2.24	2.53	2.83	3.13
10	0.60	0.334	0.453	0.574	0.711	0.829	0.939	1.05	1.17	1.28	1.40	1.53	1.78	2.05	2.32	2.61	2.90
11	0.70	0.293	0.395	0.502	0.611	0.739	0.839	0.942	1.05	1.16	1.27	1.39	1.63	1.88	2.14	2.41	2.69
12	0.80	0.259	0.349	0.444	0.543	0.644	0.756	0.852	0.950	1.05	1.16	1.27	1.49	1.73	1.98	2.24	2.51
13	0.90	0.232	0.312	0.398	0.488	0.602	0.687	0.775	0.867	0.942	1.06	1.16	1.38	1.60	1.84	2.09	2.36
14	1.00	0.209	0.282	0.360	0.442	0.550	0.629	0.711	0.796	0.885	0.978	1.07	1.29	1.49	1.72	1.96	2.21
15	1.20	0.176	0.236	0.302	0.372	0.445	0.536	0.608	0.683	0.762	0.844	0.929	1.11	1.31	1.52	1.74	1.97
16	1.40	0.151	0.203	0.260	0.320	0.384	0.466	0.530	0.597	0.667	0.741	0.818	0.995	1.17	1.36	1.56	1.78
17	1.60	0.132	0.178	0.228	0.281	0.338	0.412	0.469	0.529	0.593	0.660	0.731	0.883	1.05	1.22	1.41	1.61
18	1.80	0.118	0.158	0.203	0.250	0.301	0.369	0.420	0.475	0.533	0.595	0.660	0.799	0.951	1.11	1.29	1.47
19	2.00	0.106	0.142	0.182	0.225	0.272	0.334	0.381	0.431	0.484	0.541	0.601	0.730	0.870	1.02	1.18	1.35
20	2.20	0.097	0.129	0.166	0.205	0.247	0.305	0.348	0.394	0.444	0.496	0.552	0.671	0.802	0.942	1.09	1.25
21	2.40	0.089	0.119	0.152	0.188	0.227	0.280	0.320	0.363	0.409	0.458	0.510	0.621	0.743	0.874	1.01	1.16
22	2.60	0.082	0.110	0.140	0.174	0.210	0.259	0.297	0.337	0.380	0.425	0.474	0.578	0.692	0.815	0.946	1.09
23	2.80	0.076	0.102	0.130	0.161	0.195	0.242	0.277	0.314	0.354	0.397	0.442	0.540	0.647	0.763	0.886	1.02
24	3.00	0.071	0.095	0.122	0.151	0.182	0.226	0.259	0.294	0.332	0.372	0.415	0.507	0.608	0.717	0.834	0.958

REFERENCIAS

REFERENCIAS

1. Blodgett, Omer W. and John B. Scalzi. DESIGN OF WELDED STRUCTURAL CONNECTIONS. James F. Lincoln Arc Welding Foundation. Cleveland, Ohio, 1961.
2. Blodgett, Omer W. DESIGN OF WELDED STRUCTURES. James F. Lincoln Arc Welding Foundation. Cleveland, Ohio, 1966.
3. Blodgett, Omer W. WHY DO WELDS CRACK? HOW WELD CARCKS CAN BE PREVENTED. The Welding Innovation Quarterly, James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Vol. II, Nº 3, Summer 1985.
4. Bowles, Joseph E. DISEÑO DE ACERO ESTRUCTURAL. Editorial Limusa. México D.F., 1984.
5. Brandt, G. Donald. A GENERAL SOLUTION FOR ECCENTRIC LOADS ON WELD GROUPS. Engineering Journal, American Institute of Steel Construction, Inc., Vol. 19, Nº 3, 3th Quater 1982.
6. Bresler, Boris, T. Y. Lin y Jonh B. Scalzi. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. Editorial Limusa. México D.F., 1970.
7. Buttler, Lorne J., Shubendu Pal and Geoffrey L. Kulak. ECCENTRICALLY LOADED WELDED CONNECTIONS. Journal of the Structural Division, American Society of Civil Engineers, Inc., Vol. 98, STS, Proc. Paper 8874, May 1972.

8. DESIGN FOR WELDING. James F. Lincoln Arc Welding Foundation. Cleveland, Ohio, 1948.
9. DETAILING FOR STEEL CONSTRUCTION. American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago, Ill., 1983.
10. ENGINEERING FOR STEEL CONSTRUCTION. American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago Ill., 1984.
11. Gaylord, Edwin H. y Charles N. Gaylord. DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE ACERO. Compañía Editorial Continental. México D.F., 1980.
12. MANUAL DE CONSTRUCCION EN ACERO. Instituto Mexicano de la Construcción en Acero y Editorial Limusa. México D.F., 1987.
13. MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION, SEVENTH EDITION. American Institute of Steel Construction, Inc. New York, N.Y., 1970.
14. MANUAL OF STEEL CONSTRUCTION, EIGHT EDITION. American Institute of Steel Construction, Inc. Chicago, Ill., 1980.
15. Rapp, William G. MONTAJE DE ESTRUCTURAS DE ACERO. Editorial Limusa. México D.F., 1978.
16. Roark, Raymond J. FORMULAS FOR STRESSES AND STRAIN. McGraw-Hill Book Company, Inc. York, Pa., 1954.
17. SIMBOLOS PARA SOLDADURA Y PRUEBAS NO DESTRUCTIVAS. Norma Oficial Mexicana, NOM-H-111-1986. Secretaría de Comercio y Fomento

Industrial, Dirección General de Normas. México, D.F., 1986.

18. SPECIFICATION FOR THE DESIGN FABRICATION AND ERECTION OF STRUCTURAL STEEL FOR BUILDINGS. American Institute of Steel Construction, Inc. New York, N.Y., 1978.
19. STRUCTURAL STEEL DETAILING. American Institute of Steel Construction, Inc. New York, N.Y., 1972.
20. STRUCTURAL WELDING CODE-STEEL, AWS D1.1-86. American Welding Society, Inc. Miami, Fla., 1986.
21. Tide, Raymond H. R. ECCENTRICALLY LOADED WELD GROUPS-AISC DESIGN TABLES. Engineering Journal, American Institute of Steel Construction, Inc., Vol. 17, N° 4, 4th Quarter 1980.
22. Timoshenko, S. STRENGTH OF MATERIALS. D. Van Nostrand Company, Inc. Princeton, N.J., 1956.