

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

***DISEÑO DE CONEXIONES VIGA-COLUMNA PARA
ESTRUCTURAS DE ACERO ANTE EFECTOS SÍSMICOS***

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA
POR LOS BACHILLERES

HECTOR VAN DER VELDE
EDIS OVIEDO

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

Caracas, 2003

TRABAJO ESPECIAL DE GRADO

***DISEÑO DE CONEXIONES VIGA-COLUMNA PARA
ESTRUCTURAS DE ACERO ANTE EFECTOS SÍSMICOS***

TUTOR JOSE MANUEL VELASQUEZ

PRESENTADO ANTE LA ILUSTRE
UNIVERSIDAD CENTRAL DE
VENEZUELA
POR LOS BACHILLERES

HECTOR VAN DER VELDE
EDIS OVIEDO

PARA OPTAR AL TITULO DE
INGENIERO CIVIL

Caracas, 2003

ACTA

El día _____ se reunieron el jurado conformado por los profesores

Con el fin de examinar el Trabajo Especial de Grado titulado _____

Presentado ante la ilustre Universidad Central de Venezuela para optar el título de: _____

Una vez oída la defensa oral que los bachilleres hicieron de su Trabajo Especial, este Jurado decidió las siguientes calificaciones:

NOMBRE	CALIFICACION	
	Número	Letras

RECOMENDACIONES _____

FIRMAS DEL JURADO

Caracas _____ de _____ de 2003

	INDICE	Página
Resumen.....		5
Introducción.....		6
Capítulo 1.		
Antecedentes.....		7
Capítulo 2		
Revisión de Normas.....		20
Capítulo 3		
3.1 Procedimiento de diseño según criterios FEMA.....		41
 3.1.2 Cubre Placa (FEMA).....		45
 3.1.3 Viga de Sección reducida (FEMA).....		47
 3.1.4 Conexión Plancha Extrema (FEMA).....		49
3.2 Procedimiento de diseño según criterios AISC		
 3.2.1 Cubre Placa (AISC).....		53
 3.2.2 Conexión Viga de sección Reducida (AISC).....		54
 3.2.3 Conexión Plancha Extrema (AISC).....		55
Conclusión.....		56
Recomendaciones.....		57
Referencias Bibliográficas.....		58
Anexos.....		60

RESUMEN

El presente documento presenta los criterios y procedimientos de diseño para tres tipos de conexiones de acero, según la FEMA 350 y el manual de la AISC con base a las previsiones sísmicas de la AISC 1997-2000. Los tres tipos de conexiones que se presentan son, la Cubre Placa, Plancha Extrema y Viga de Sección Reducida.

Contiene además la actualización del capítulo de las normas COVENIN 1618-98 en lo concerniente a pórticos de acero a momentos, resistencia al pandeo local del alma y ala y abollamiento del alma en columnas.

Todas las tablas de la geometría de los perfiles, resistencia al corte en la zona del panel y resistencia al pandeo local del alma y ala en la columna, se presentan en el sistema Inglés e Internacional, y por último contiene ejemplos de diseño de conexiones para cada uno de los criterios utilizados en cada tipo de conexión.

INTRODUCCION.

En la construcción se ha usado el acero estructural de manera industrializada desde principios del siglo XX y en la actualidad se afianza como uno de los materiales más importantes en la construcción de estructuras, en los países desarrollados. Propiedades como su gran resistencia, capacidad de disipación de energía y elasticidad lo hacen ideal para resistir las acciones sísmicas. Sin embargo, el comportamiento de las estructuras de acero, o cualquier otro material, no depende únicamente de sus propiedades, sino además de un conocimiento claro de ellas y la disponibilidad de modelos ajustados a la realidad para un uso confiable. La manera de obtener estos modelos es a través del estudio analítico y experimental de los materiales y sus aplicaciones. La aplicación más común del acero estructural es en el diseño y construcción de edificios, mediante diferentes sistemas constructivos entre los cuales se mencionan pórticos arriostrados, pórticos a momento y sistemas duales. Los pórticos resistentes a momento en acero es un sistema usualmente utilizado en zonas de amenaza sísmica intermedia y alta, cuya estabilidad depende de la resistencia de las conexiones viga-columna. Este sistema se consideraba uno de los más dúctiles antes de los sismos ocurridos en Northridge (1994) y Kobe (1995) en los cuales se detectaron en las conexiones viga-columna fallas frágiles. Estas eran diseñadas siguiendo los procedimientos Standard de la norma en la construcción de pórticos de acero resistentes a momento.

La **norma venezolana COVENIN 1618-98**, especifica como detalle de la conexión resistentes a momento en pórticos Nivel de Diseño 3 (SMF: Special Moment Frame AISC) el detalle estandarizado. Así que la importancia de mantener actualizada la norma y fiel a su filosofía de protección de la vida y la propiedad este trabajo presenta unas recomendaciones para el diseño y construcción de conexiones de acero resistentes a momento que deben incluirse en la norma **COVENIN 1618-98**. Estas se basan en las modificaciones adoptadas por la AISC en las Seismic Provisions 1997 y la FEMA 350 para edificaciones de acero.

Este trabajo presenta un análisis de los problemas encontrados en las conexiones y sus posibles causas, además se plantean las debidas inclusiones y correcciones para la norma **COVENIN 1618-98** en lo concerniente a conexiones viga-columna en pórticos a momento.

CAPITULO 1

ANTECEDENTES.

1.1 RESEÑA HISTORICA.

En el siglo XIX en Estados Unidos especialmente en Nueva York y Chicago, que se proyectaba como los centros líderes de la economía norteamericana, fue donde se concentró la utilización del hierro en la construcción de edificaciones es así que al final del siglo XIX se comienza emplear columnas de acero en lugar de las de hierro. Sin embargo, es en el siglo XX cuando la tecnología del acero comienza a jugar un papel importante en la construcción, se logra la construcción de grandes rascacielos durante las tres primeras décadas y más adelante estructuras tan importantes como el World Trade Center (1973) en Nueva York, el Bank of China (1989).

En contraste a los países industrializados, el uso del acero en la arquitectura y construcción latinoamericana es relativamente escaso. Al igual que en Europa las estructuras metálicas fueron preferidas para estaciones, puentes y otras aplicaciones relacionadas con ferrocarriles.

A principios del siglo XX algunos países caribeños importaban estructuras metálicas de fácil montaje, pero la Segunda Guerra Mundial y el énfasis arquitectónico en la utilización del concreto en las tres décadas siguientes prácticamente relegaron el uso del acero al caso de puentes, fábricas o galpones. Esto condujo a un desconocimiento en los avances de la construcción metálica.

Entre los países latinoamericanos que más han empleado el acero, se pueden mencionar Chile, Venezuela, Ecuador, Brasil y México, este último por su cercanía a Estados Unidos ha tenido una mayor experiencia, prueba de ello es la Torre Latinoamericana con 44 pisos que ha tenido un excelente comportamiento ante los sismos, la Torre de Petróleos Mexicano con 50 pisos y 60 pisos.

1.2 SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ACERO.

El acero es un material que permite diferentes soluciones estructurales que se amolden a las necesidades económicas, espaciales y de seguridad. Dentro de los sistemas estructurales usados en

la construcción de edificaciones de acero se encuentran los sistemas de pórticos resistentes a momento, pórticos arriostrados concéntricamente, pórticos arriostrados excéntricamente, la combinación de pórticos resistentes a momento con arriostramientos, bien sea concéntricos o excéntricos, sistemas tubulares, etc.

1.2.1 Pórticos Resistentes a Momento.

El pórtico resistente a momento es aquel que soporta las cargas a que se ve sometido mediante las deformaciones plásticas requeridas y se alcanza a través de la formación de rotulas plásticas ubicadas en lugares determinados en la luz de la viga. Las conexiones viga-columna deben diseñarse con suficiente resistencia, para garantizar la formación de rotulas plásticas a cierta distancia de la cara de la columna.(ver figura 1-2).

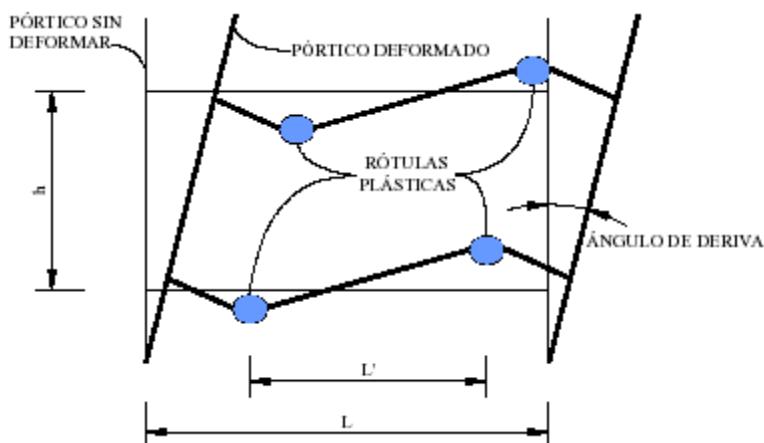


Figura 1-2. (Angulo de deriva). Referencia. 3

Comportamiento Plástico ideal de un pórtico resistente a momento.

Este sistema es usado comúnmente en edificios de hasta 30 pisos de altura y se considera que tienen un buen desempeño durante el sismo. Los pórticos resistentes a momentos pueden proveer diferentes capacidades de disipación de energía: mínima, moderada y especial las cuales se alcanzan mediante la utilización de detalles estructurales que permite el nivel de disipación de energía para la capacidad del pórtico. Un pórtico resistente a momento con capacidad especial de disipación de energía posee detalles que garantizan altas ductilidades y capacidad de deformación inelástica durante eventos sísmicos; tales deformaciones inelásticas incrementan el amortiguamiento y reducen la rigidez de la estructura dando como resultado menores fuerzas

sísmicas y un comportamiento en el cual la mayor parte de los elementos se desempeñan en el rango elástico sin sufrir pandeo local, disipando una cantidad considerable de energía mediante un comportamiento histerético estable. Esto hace que este tipo de pórtico sea adecuado para zonas de alta sismicidad. Los pórticos con capacidades mínima y moderada se diseñan utilizando detalles que permitan desarrollar los niveles de deformación inelástica respectiva y resultan eficientes en zonas de menor amenaza sísmica.

1.2.2 Pórticos Arriostrados Concentricamente.

Cuando las vigas y columnas se interconectan por medio de conexiones simples,(no resistentes a momento) el método mas económico es usar arriostramientos diagonales concéntricos en “X” (ariostramiento concéntrico cuando las diagonales llegan exactamente al nodo).

Este tipo de sistema genera una estructura mas rígida que un pórtico con conexiones a momento. En los pórticos resistentes a momento la flexibilidad de las vigas domina la respuesta de desplazamiento, mientras que en un pórtico arriostrado se elimina el efecto de la flexión de las vigas y columnas, debido a que el corte lo absorben las diagonales con carga axial.

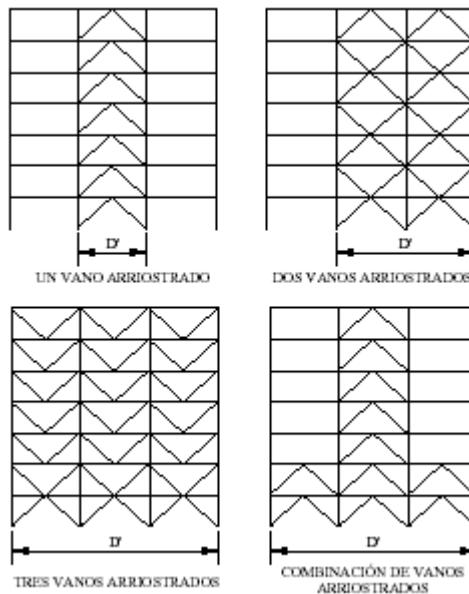


Figura 1-3.

Tipos de arriostramientos concéntricos.

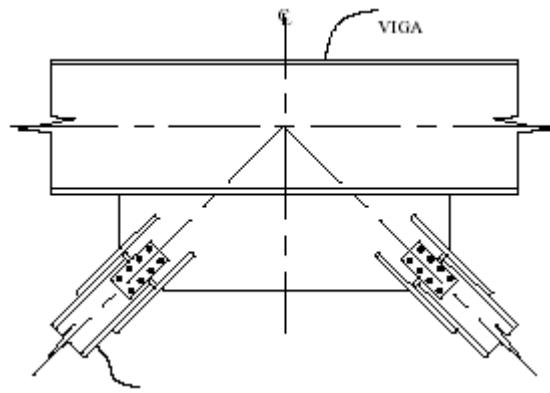


Figura 1.4. Ref. 3

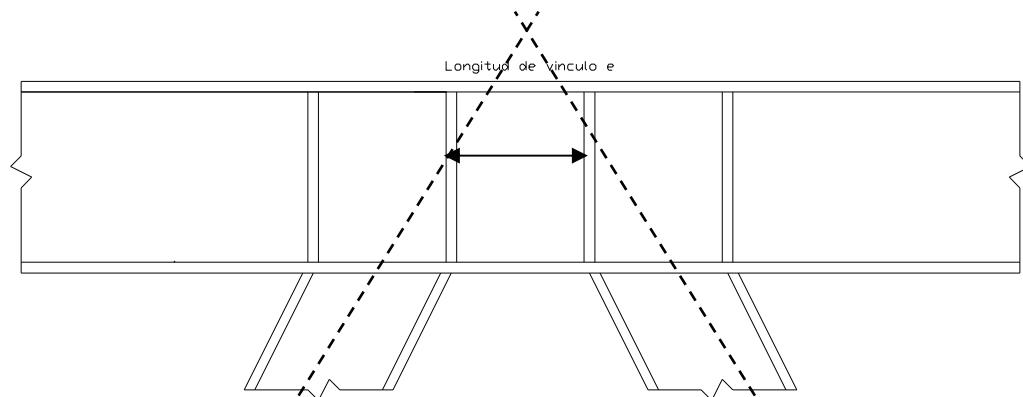
Detalle de arriostramiento concéntrico.

1.2.3 Pórticos Arriostrados Excéntricamente.

Este sistema combina la gran rigidez en el rango elástico con una alta ductilidad en el rango inelástico, lo que es una excelente alternativa en zonas de alta sismicidad.

La principal característica de los arriostramientos excéntricos es que al menos uno de los extremos de cada ríostra se conecta con un elemento aislado de viga conocido como vínculo.

Rigidizadores a ambos lados con soldadura de filete en el alma y ala.



Detalle de arriostramiento excéntrico. Ref. 3

El concepto fundamental de diseño consiste en que la cedencia y el daño del pórtico deben restringirse a los vínculos, que deben diseñarse y detallarse para ser los elementos más dúctiles del pórtico, de manera que en ellos se formen las articulaciones plásticas.

(ver figura 1-5).

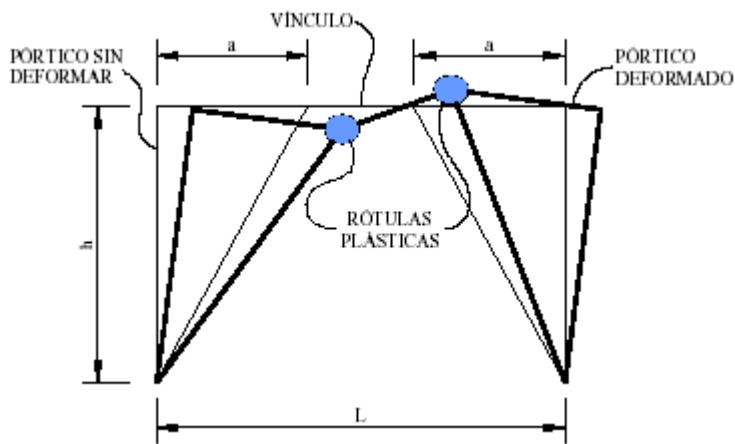


Figura 1-5. Ref. 3

Comportamiento ideal de arriostramiento excéntrico.

La configuración más ventajosa es la de una “V” invertida cuyo vínculo se encuentra en el centro de la luz (ver figura 1-5). Sus ventajas se derivan de su simetría y de que no hay unión directa del vínculo con las columnas.

1.3 DESCRIPCION DEL PROBLEMA.

El uso del acero se extendió en Los Ángeles y EE.UU., en general debido a su ductilidad, versatilidad y al bajo costo que éste representa; pero fue después del sismo de Northridge que los expertos se dieron cuenta que éste no es un buen material sismorresistente, sorprendiendo el daño en una gran cantidad de edificaciones.

Más de 150 edificaciones fueron dañadas, entre las que se encontraban hospitales, oficinas gubernamentales, cívicas y privadas, edificios residenciales, comerciales, e industriales. Se presentaron daños tanto en estructuras modernas como antiguas, lo cual indica que las normas de diseño empleadas no nos dan un margen de seguridad adecuado.

Los daños más severos se observaron en edificaciones que se encontraban en construcción, mientras que en una gran cantidad de edificaciones terminadas pasaban casi inadvertidas debido a que no dañaron los acabados arquitectónicos. En general las fallas observadas durante la inspección de muchas edificaciones de acero modernas se pueden agrupar en 3 categorías:

1.3.1 Falla en la base de las columnas:

Este tipo de falla, en muchos casos, se observa por la aparición de fisuras en la conexión soldada entre la columna y la placa base. Su principal causa es el inadecuado procedimiento constructivo de la soldadura.

La falla más dramática se presentó en un edificio, la cual consistió en la rotura de la plancha base (fig. 1.6) En la mayoría de estos casos la fractura se inicia en el pie de la conexión de la plancha base - columna y se extiende a través de todo el espesor de la plancha (fig. 1.7).

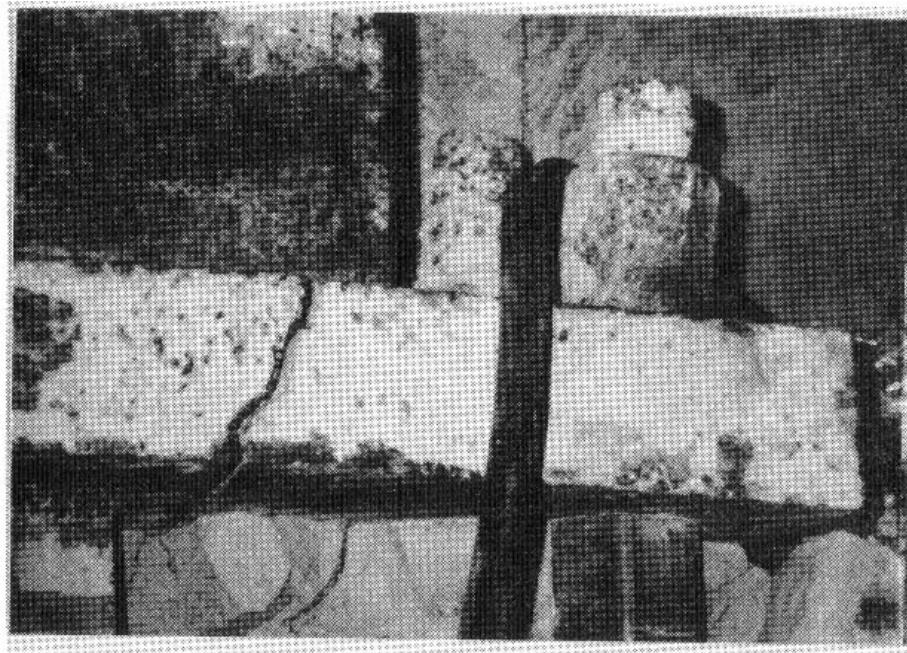


Fig. 1.6 Fractura de la plancha base de una columna. Ref. 5

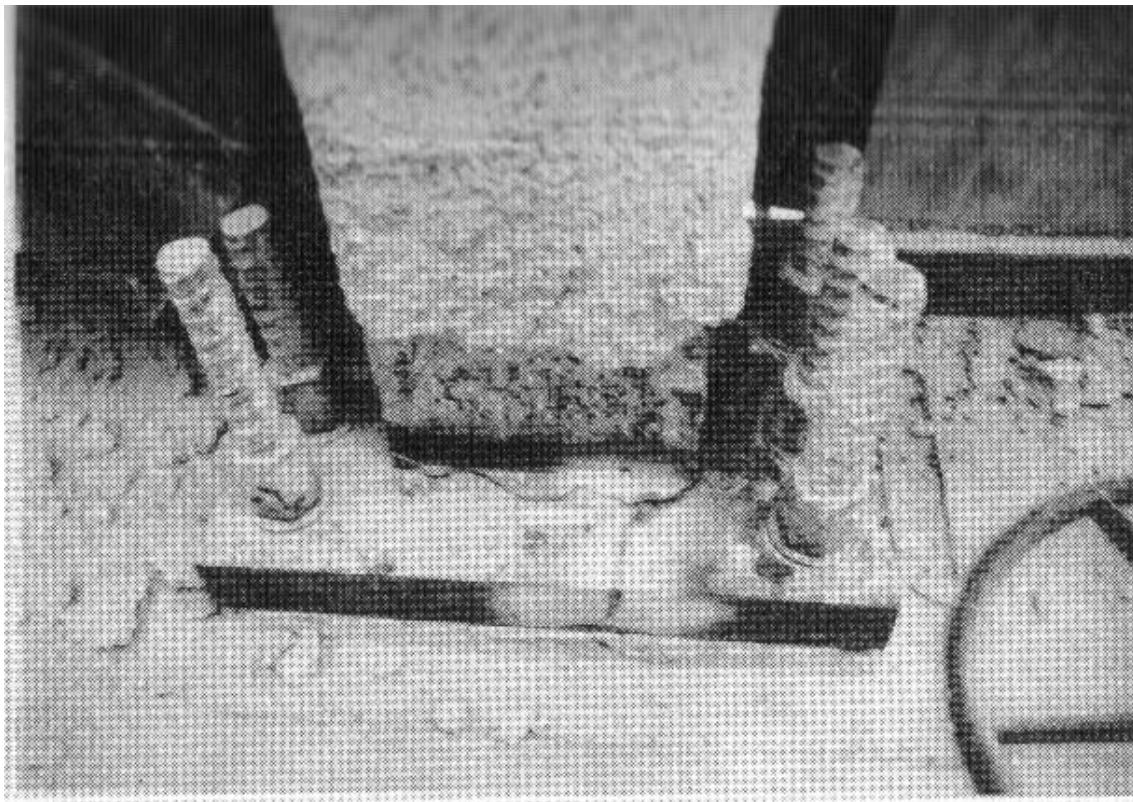


Fig. 1.7 El fisuramiento se inicia en el pie de la columna y posteriormente se extiende por toda el espesor de la plancha. Ref. 5

También se han encontrado fallas en los dados de concreto sobre los cuales es apoya la columna (fig. 1.8), aparentemente antes del fracturamiento de la plancha base ocurre un deslizamiento de las barras de anclaje a través del recubrimiento del concreto. Las barras de anclaje se encuentran empotradas a los dados de concreto, por lo que es muy difícil observar el deslizamiento en la plancha base. También se han presentado daños en los refuerzos mismos del dado de concreto (fig. 1.9), lo que indica que la plancha base ha golpeado contra el concreto, produciéndose un desplazamiento horizontal relativo entre ambos, el cual incrementa los esfuerzos cortantes transmitidos por la plancha al dado de concreto.

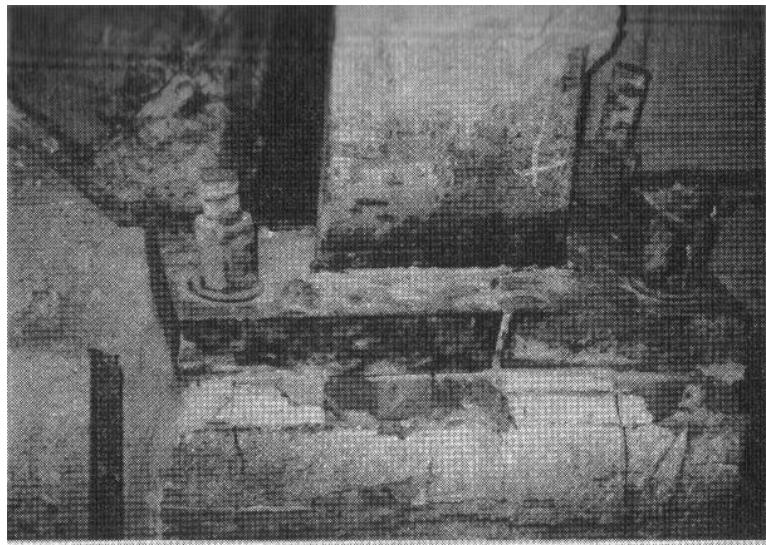


Fig.1.8 Se pueden apreciar el daño causado por el deslizamiento de las barras de anclaje en los dados de concreto. Ref. 5

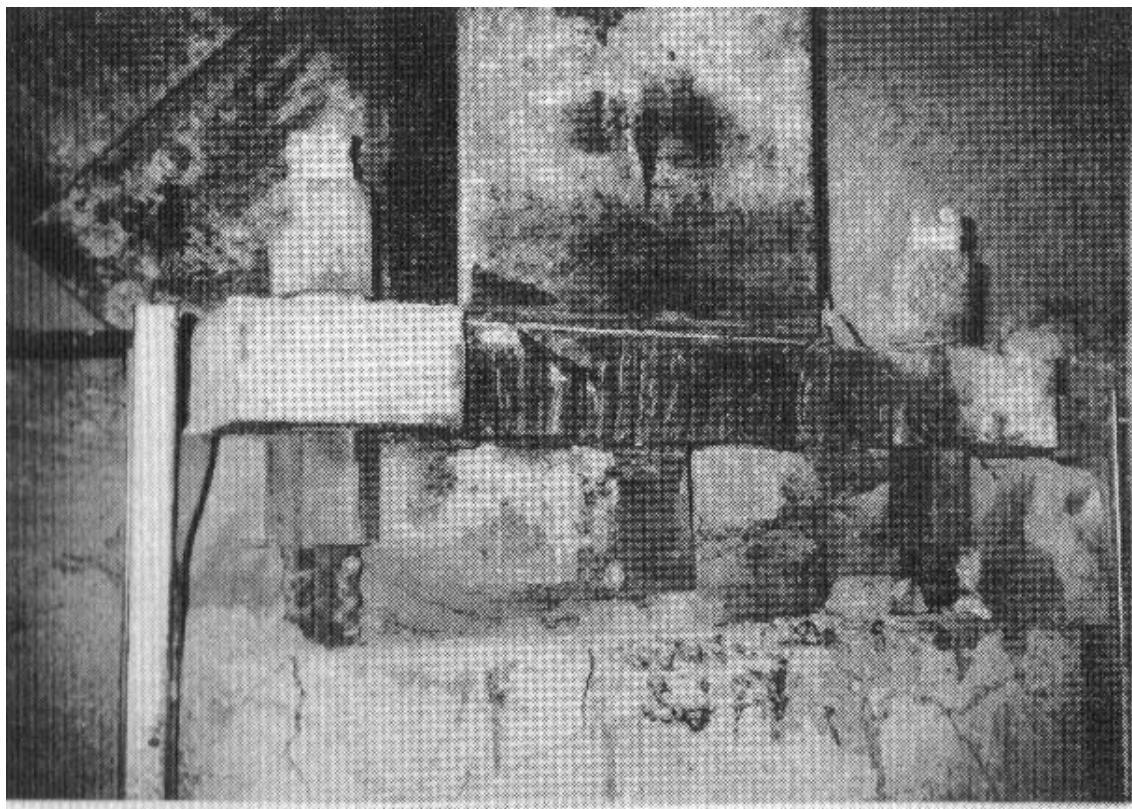


Fig. 1.9 Daño en el refuerzo del dado de concreto debido al impacto contra la plancha base producido por el movimiento sísmico. Ref. 5

El impacto de la plancha base contra el concreto acentúa el efecto de la componente vertical del sismo en la estructura, esto requiere una investigación más profunda. Existe una gran cantidad de posibles razones para que se produzcan estas fracturas. Una de ellas puede ser el incremento de

las tensiones causadas por la contracción de las soldaduras, así como por el sismo mismo. La contracción diferencial de la soldadura se ve amplificada cuando se tienen planchas de gran espesor. En la mayoría de los casos la fractura comienza en la soldadura extendiéndose a través de esta por varias pulgadas y luego cambia a una dirección vertical atravesando todo el espesor de la placa (fig.1.10). Las tensiones ya mencionadas en combinación con las tensiones causadas por los levantamientos de las columnas causan la fractura de las soldaduras. Otra causa de éstas son los grandes esfuerzos creados por la flexión de la plancha base, los cuales incrementan la fractura, la cual se propaga a través del alma de la columna.

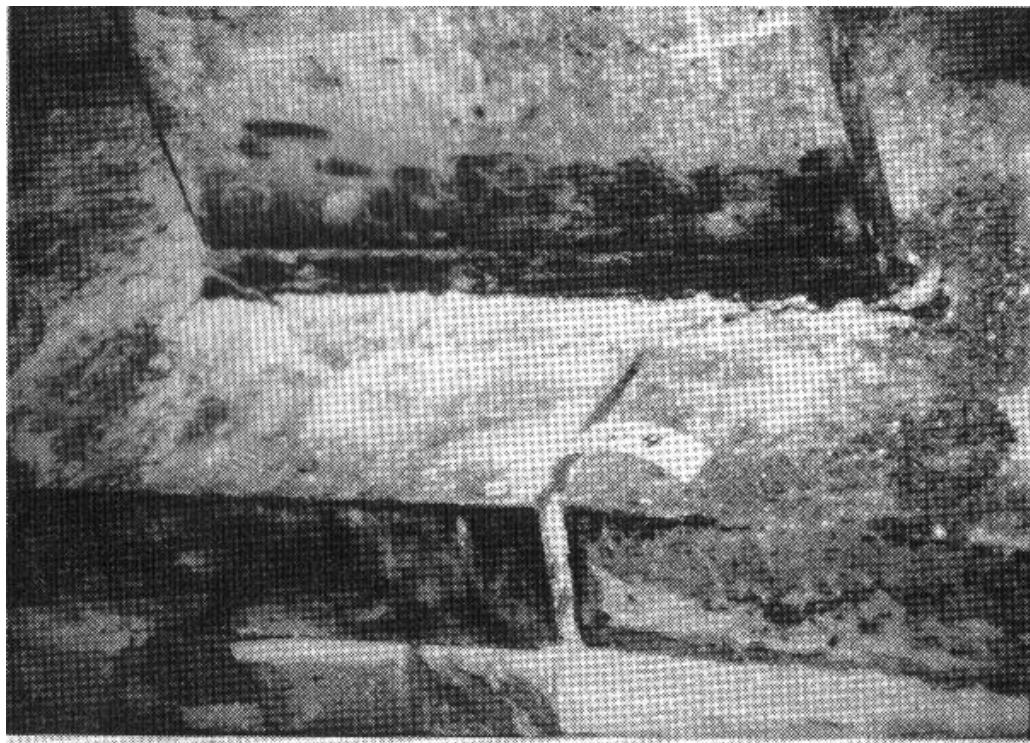


Fig. 1.10---9.5.1.5 Se observa como la fisura se inicia en la conexión soldada, para luego extenderse y finalmente atravesar todo el espesor de la plancha. Ref. 5

1.3.2. Pandeo Global y Local en vigas y columnas:

Este tipo de falla ya se ha observado anteriormente en los miembros de acero. El pandeo global es un modo de deformación aceptable y ha sido observado en diferentes terremotos, así como se ha estudiado experimentalmente en laboratorios. Este se puede apreciar en la fig. 1.11. El problema principal con el pandeo global es que este usualmente terminan en un pandeo local, el cual después de varios ciclos de inversión de deformación produce la fractura del acero.

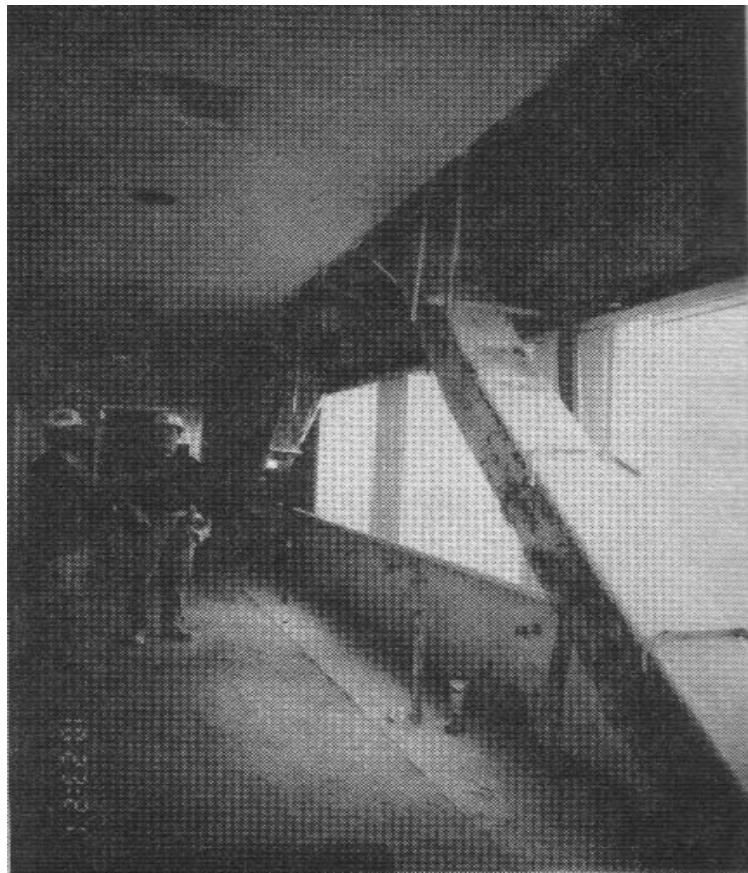


Fig. 1.11--9.5.2.1 Se muestra el pandeo global de una viga de acero, la cual tuvo que ser arriostada para su posterior reparación. Ref. 5

Se ha demostrado experimentalmente y analíticamente que es deseable obtener una relación de ductilidad mayor que 4, con suficiente capacidad de disipación de energía para resistir los efectos del movimiento de un terremoto severo, de alta intensidad y larga duración; por esto es necesario limitar los valores de b/t más bajos a los especificados en las normas actuales. Se ha presentado pandeo local en vigas tipo "I" y columnas de SMRF durante el terremoto de Northridge, en estos casos el pandeo no se desarrollo lo suficiente para causar fallas o para disminuir la resistencia y rigidez de sus miembros, sin embargo estos deben ser reparados para evitar el futuro fisuramiento de las conexiones soldadas. El pandeo local puede servir como parámetro para tener una respuesta controlada de estas estructuras.

Se han observado que se presentan fallas prematuras debido al pandeo local para secciones tubulares rectangulares bajo la acción cargas. Este se ha detectado en al menos 2 edificios modernos. En la figura 1.12 se ilustra este tipo de pandeo.

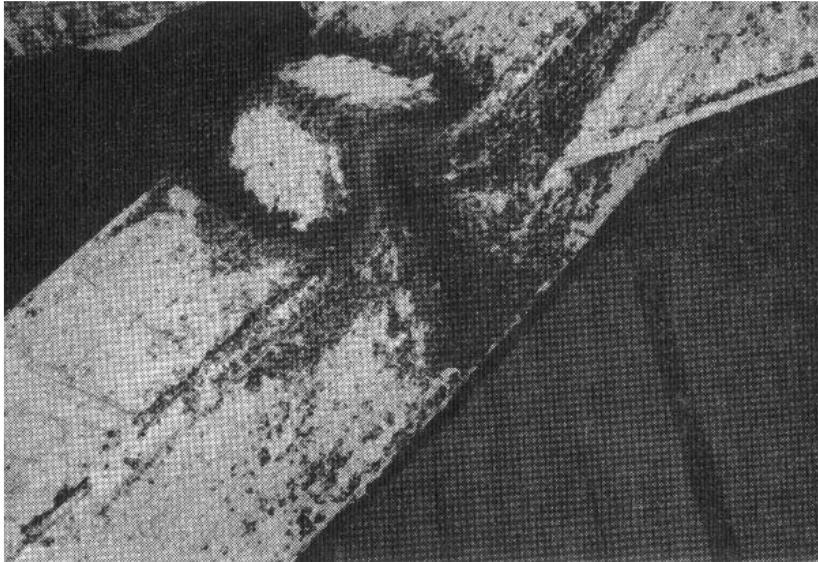


Fig. 1.12 Pandeo local ocurrido en un arriostre de sección tubular rectangular. Ref. 5

El pandeo local se ha observado en varias edificaciones después del sismo, lo cual nos indica claramente que se necesita modificar las Normas Sísmicas actuales para el diseño de estructuras acero. Debe notarse que el pandeo local en sí mismo origina deterioro gradual en el refuerzo. Las consecuencias pueden ser mucho más severas si éste origina grandes fisuras en algunas regiones, los que pueden conducir a fracturas de los arriostres, debido a la acción de esfuerzos inversos cíclicos. Esto se ha detectado en muchos arriostres después del sismo, como se muestra en la figura 1.13.

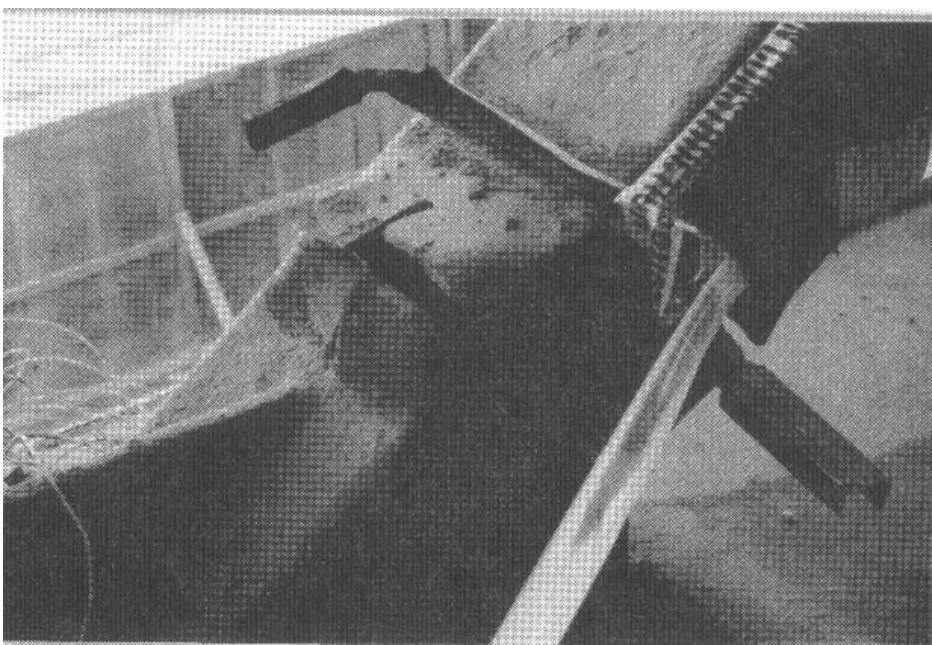


Fig. 1.13 Se aprecia como el pandeo local de una columna ha causado una fractura. Ref. 5

1.3.3. Fallas en conexiones soldadas:

Estas son las principales fallas que se presentaron en las edificaciones de acero durante el sismo. En la mayoría de los casos las fallas han ocurrido en la parte baja de las conexiones de viga-columna, sin embargo también, pero en un número menor se han detectado en la parte superior. Una de las posibles razones para la aparición de este tipo de falla es que la losa del piso tiende a deformarse lo que incrementa los esfuerzos en la parte inferior de la viga. Otra razón puede ser la discontinuidad de la soldadura. Debido a la presencia de la losa es más difícil inspeccionar la parte superior de la soldadura, de manera que algunas fisuras pueden pasar inadvertidas. Algunas fallas alrededor de las conexiones soldadas y en la soldadura misma son mostradas en la figura 1.14.

Es muy probable que las fisuras no se hayan propagado a todo lo largo de la soldadura viga-columna, desafortunadamente estas fisuras pueden no ser detectadas por medio de una inspección visual. En muchos casos la fractura se inicia en la intersección posterior-superior de la viga y la columna, propagándose por todo el miembro (viga o columna). Este tipo de falla se ha observado y estudiado mediante varias pruebas experimentales, así como se ha detectado en muchas de las edificaciones durante la inspección después del sismo. Sin embargo las noticias han denominado a estas fallas como "inesperadas".

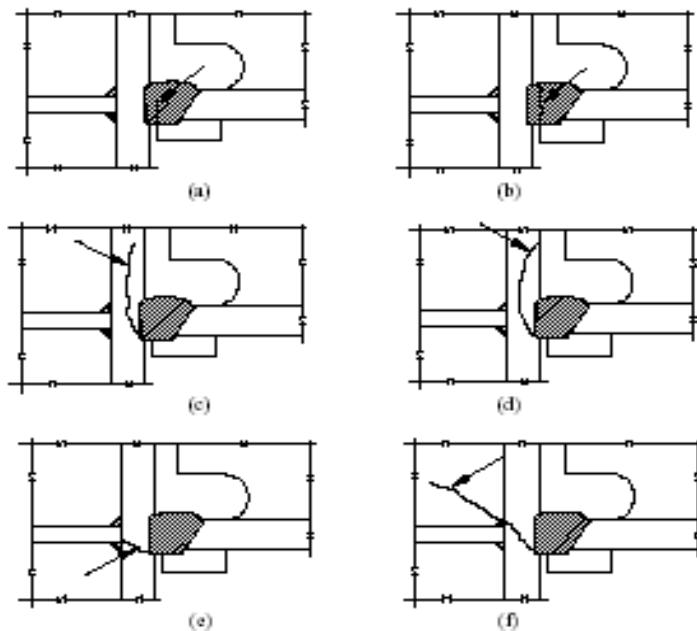


Fig. 1.14 Tipos de fallas que se presentan en una conexión viga-columna de acero. Fuente EERC.

Las figuras 1.14 (a) y 1.14 (b) corresponden a fracturas ocurridas en la soldadura en cercanías de la cara de la aleta de la columna. La fractura mostrada en la figura 1.14 (a) es

possible detectarla visualmente después de retirar la platina de respaldo o mediante ultrasonido. Se cree que en muchos de los casos esta fractura ya existía antes del sismo de Northridge.

Estas fracturas son las más comúnmente observadas.

Otro tipo de daño es el que se muestra en las figura 1.14 (c) y 1.14 (d), que se inician en la soldadura o cerca de ella subiendo a través del ala de la columna. En algunos casos la fractura se detiene en el ala figura 1.14 (c), mientras que en otros, la fractura se sale del ala a una distancia considerable de la parte superior de la soldadura figura 1.14 (d).

Las figura 1.14 (e) y 1.14 (f) muestran fracturas que atraviesan la aleta de la columna y en algunos casos continúan en el alma de ésta figura 1.14 (f).

La aparición de fisuras en el ala de la columna parecen estar relacionadas a la acumulación de esfuerzos en ella y en su conexión, estos se encuentran fuertemente influenciados por el tamaño de la sección, el tipo de acero, el procedimiento de soldadura empleado, así como por el tipo de soldadura empleado (uso de láminas continuas). Sin embargo es la primera vez que este tipo de falla se ha presentado en los EE.UU.

Como ya se menciono anteriormente el principal daño presentado se dio en las conexiones viga-columna, en donde se produjo una falla tipo frágil, debido a la rapidez con la que se presenta la fisura. Esta falla se produce debido a que este tipo de conexión transmite un momento plástico que es incapaz de resistir la columna, creando un comportamiento frágil. La unión típica entre una viga y una columna se puede apreciar en la figura 1.15, así como el detalle de la falla más común que se presenta.

CAPÍTULO 2

REVISIÓN DE NORMAS.

2.1 INTRODUCCIÓN

La filosofía del diseño sismorresistente, contenida en los códigos de construcción, incluida por supuesto la COVENIN 1618-98, es proteger la seguridad pública, es decir, la vida e integridad física. Sin embargo, en los últimos años se ha incluido en la mayoría de normativas sismorresistentes del mundo el objetivo de proteger además el patrimonio, esto es, controlar el daño. Los edificios de pórticos de acero resistentes a momento en Northridge cumplieron con la premisa básica de protección de vidas, sin embargo muchos edificios que experimentaron intensidades moderadas del temblor sufrieron daños estructurales considerables [Ref. 18] no cumpliendo el propósito de control de daños implícito en los códigos.

El estudio de los daños inesperados descubiertos después del sismo de Northridge y de resultados de numerosos ensayos a escala real del tipo de conexión descrito como Pre-Northridge en el **Capítulo 1** condujeron a cambios de emergencia en las normas de construcción Norteamericanas: **Uniform Building Code** (UBC-94), 1994 **NEHRP** en lo concerniente a conexiones resistentes a momento. Estudios posteriores llevados a cabo por **SAC Joint Venture** [Ref. 18] dentro del programa de investigación que sobre este tema se adelanta, revelaron una clara conclusión: el detalle de conexión que venía siendo usado, tal como lo prescribían los códigos en la práctica norteamericana, es inadecuado en zonas de amenaza sísmica alta e intermedia.

Esta conclusión produjo cambios inevitables en las normas de construcción sismorresistente de los Estados Unidos. El tipo de conexión y especificaciones para pórticos de acero resistentes a momento que recomienda la **COVENIN 1618-98 Parte 2, Capítulo 11**, están basados en las **previsiones sísmicas de la AISC de 1992**, que se basaban a su vez en resultados de ensayos realizados en la década del 70 (**Popov, Stephen, 1972**) en los que se encontró que para las características de los miembros ensayados, una conexión en la que las alas de la viga estén soldadas, usando soldadura de penetración completa a la columna y el alma soldada o empernada, podrían desarrollar rotaciones inelásticas en el intervalo de 0,01 a 0,015 rad, lo que se consideró suficiente para el desempeño adecuado de los pórticos. Sin embargo investigaciones posteriores han demostrado que las condiciones actuales de diseño requieren intervalos de deformación inelástica mayores, entre 0,01 y 0,03 rad [Ref. 2].

Las previsiones sísmicas para edificios estructurales de acero de la AISC 1997 consideran tres tipos de pórticos resistentes a momento: **especiales, intermedios** (no incluidos en previsiones anteriores) y **ordinarios**. Igualmente la **COVENIN 1618-98** incluye pórticos resistentes a momento con capacidades de disipación de energía: especial (ND3), moderada (ND2) y mínima (ND1). Sin embargo los cambios realizados en las previsiones sísmicas de la AISC buscan proveer a los pórticos una capacidad de deformación inelástica mayor, que debe

ser justificada mediante ensayos de la conexión. Esto no quiere decir que se requieran ensayos específicos para cada diseño, excepto cuando el diseño es único y no existen publicaciones o resultados de ensayos disponibles que representen adecuadamente las condiciones de la conexión usada.

TABLA 2-1
TIPOS DE PÓRTICOS RESISTENTES A MOMENTO

**Seismic Provisions for Structural
Steel Buildings, AISC 1997**

COVENIN 1618-98

Special Moment Frames (SMF)

NIVEL DE DISEÑO 3 (ND3)

Intermediate Moment Frames (IMF)

NIVEL DE DISEÑO 2 (ND2)

Ordinary Moment Frames (OMF)

NIVEL DE DISEÑO 1 (ND1)

Teniendo en cuenta la importancia de los resultados de las investigaciones adelantadas hasta el momento con especímenes de conexiones en Estados Unidos, y la importancia que vienen cobrando los sistemas estructurales de acero en Venezuela, es importante que nuestra norma se actualice al respecto.

Este trabajo se enfoca en las recomendaciones necesarias para lograr pórticos de acero resistentes a momento que presenten el comportamiento esperado bajo las cargas de servicio y cargas sísmicas de diseño.

2.2 ACTUALIZACIÓN DEL CAPÍTULO 11 DE LA COVENIN 1618-98

A continuación se ilustran los cambios y actualizaciones que, a raíz del sismo de Northridge, se llevaron a cabo por el AISC en el documento Previsiones Sísmicas Para Edificios de Acero Estructural [Ref. 2]. Se actualizó el Capítulo 11, sin embargo, teniendo en cuenta el alcance de este trabajo, la atención se centra en lo correspondiente a las previsiones para conexiones viga a columna en pórticos resistentes a momento (secciones 11.1 hasta 11.4 COVENIN 1618-98) para las cuales se presentan además los comentarios pertinentes.

Para facilitar la lectura de éste Capítulo e identificar fácilmente los cambios que tuvieron lugar en las nuevas previsiones sísmicas, y que deben incluirse en la revisión de la COVENIN 1618-98, se presenta el texto actual de la misma. Las previsiones que deben borrarse de la norma aparecen **tachadas**, las inclusiones **subrayadas**, mientras que el texto que no cambia permanece igual. Adicionalmente todo el texto correspondiente a normas y previsiones aparece desplazado a la derecha, en cursiva y en un tamaño menor.

El texto correspondiente a comentarios, dónde estos son pertinentes, aparece con el formato usado hasta el momento en este trabajo. El siguiente párrafo ilustra las convenciones utilizadas:

Las frases que fueron eliminadas se representaran tachadas de esta forma: Esta frase es representativa

Las frases agregadas se representaran con un subrayado Esta frase es representativa.

Y donde no exista ni tachado ni subrayado no hay modificación.

PARTE 2 SISTEMAS ESTRUCTURALES EN ACERO.

CAPITULO 11 REQUISITOS SISMORESISTENTES PARA PORTICOS DE ACERO.

COVENIN-MINDUR

11.1 ALCANCE.

Este Capítulo contiene los requisitos mínimos de diseño sismorresistente para cada Nivel de Diseño de los pórticos de acero solos o en combinación con pórticos arriostrados que forman parte del sistema resistente a sismos.

11.2 REQUISITOS PARA PORTICOS DE ACERO CON NIVEL DE DISEÑO ND1

Se espera que los miembros, juntas y conexiones de los pórticos de acero proyectados, detallados, inspeccionados y construidos con el Nivel de Diseño ND1 sean capaces de soportar limitadas deformaciones inelásticas cuando sean sometidos a las fuerzas resultantes de los movimientos sísmicos de diseño que actúan conjuntamente con otras acciones, tal como se definió en el Capítulo 9.

Los pórticos con Nivel de Diseño ND1 cumplirán con todos los requisitos de este artículo.

AISC: Seismic provisions

11. PORTICO RESISTENTE A MOMENTO CON CAPACIDAD MINIMA DE DISIPACION DE ENERGIA (OMF).

11.1. Alcance.

“Pórtico resistente a momento con capacidad mínima de disipación de energía (OMF) se espera que resista deformaciones inelásticas mínimas en sus miembros y conexiones cuando estén sujetó a las fuerzas resultantes del sismo de diseño. OMF reunirá los requisitos en esta Sección.”

COVENIN-MINDUR

11.2.1 Conexiones viga-columna.

“Las conexiones viga-columna se harán con pernos de alta resistencia o soldadura. Las conexiones podrán ser conexiones Tipo TR, conexiones rígidas, o Tipo PR, conexiones semirrígidas, que cumplen respectivamente con los requisitos de las secciones 11.2.2 y 11.2.3.”

AISC: Seismic provision

11.2. Conexiones viga-columna.

11.2a. *“Las conexiones viga-columna deberán ser realizadas con soldaduras y/o pernos de alta resistencia. Se permiten conexiones que sean total (FR) o parcialmente restringidas (PR) cumpliendo con lo siguiente.”*

COVENIN-MINDUR

11.2.2 Conexiones rígidas.

“Las conexiones viga-columna que forman parte del sistema resistente a sismo se diseñará para un momento flector M_U igual o mayor que $1.1 R_Y M_P$ el momento de la viga o el máximo momento que puede ser transmitido por el sistema, cualquiera que sea el menor.

En las conexiones con juntas de alas soldadas, se eliminaran las platinas de respaldo y de extensión, y la soldadura se reparará incluyendo el uso de un filete de soldadura como refuerzo, excepto que en el ala superior se permitirá dejar la platina de respaldo si está fijada en su borde inferior al ala de la columna por medio de un filete continuo de soldadura.

No se utilizara soldadura de ranura de penetración parcial o soldaduras de filete para resistir las fuerzas de tracción en las conexiones.

~~Alternativamente, el diseño de todas las juntas viga-columna y las conexiones del~~

sistema resistente a sismos se basara en resultados de ensayos bajo cargas cíclicas, realizados y calificados según el Anexo F, y que hayan demostrado que tienen al menos una capacidad de rotación inelástica de 0.01 radianes. Los resultados experimentales consistirán de al menos dos ensayos bajo cargas cíclicas.”

AISC: Seismic provision

“1. Se diseñarán conexiones FR que sean parte del sistema sismo resistente para una resistencia requerida a flexión M_u que sea el menor entre $1.1R_yM_p$ de la viga o el momento del máximo que pueda alcanzar el sistema. Para las conexiones con alas soldadas, las planchas de respaldo del ala y las planchas de extensión deberán ser removidas excepto que la plancha de respaldo del ala superior si esta conectada al ala de la columna con una soldadura de filete continua en el borde inferior de la soldadura de penetración completa. Después de remover las planchas de respaldo, se deberá reparar la superficie y agregar un cordón de soldadura de filete.

Las planchas de extensión deberán removérse la superficie pulirse y suavizarse. No deberán usarse soldaduras de penetración parcial ni de filete por un solo lado para resistir fuerzas de tensión en las conexiones. La soldadura de penetración parcial y de filete por los dos lados que resisten fuerzas de tensión, las conexiones deberán diseñarse para resistir el esfuerzo requerido de $1.1R_y F_y Ag$ del elemento o parte conectada”

COVENIN-MINDUR

11.2.3 Conexiones semirrígidas.

“Se autorizará el uso de las conexiones semirrígidas descritas en el artículo 3.4, cuando se cumpla los siguientes requisitos:

1. la resistencia minorada de la conexión satisface los requisitos del Artículo 11.2.
2. la resistencia teórica a flexión de la conexión es igual o mayor que la mitad del momento plástico de las vigas o columnas conectadas; cualquier que sea el menor.
3. la conexión ha demostrado en ensayos bajo cargas cíclicas que tiene una adecuada capacidad de rotación para la deriva del entrepiso calculada conforme a los requisitos de la norma venezolana COVENIN – MINDUR 1618-98 *Edificaciones Sismorresistentes*.
4. en el diseño se ha considerado la rigidez y la resistencia de las conexiones semirrígidas, incluyendo los efectos sobre la estabilidad del conjunto de la edificación.”

AISC: Seismic provision

2. “Se permiten conexiones PR momento cuando los requisitos siguientes se reúnen:

- 1. Tales conexiones mantendrán la resistencia de diseño especificada en*

Sección 11.2a.1.

- 2. La resistencia nominal a flexión de la conexión no será menor que el 50% del M_p menor entre la viga o columna conectada.**
- 3. La rigidez y resistencia de las conexiones PR a momento serán consideradas en el diseño, incluyendo los efectos de estabilidad del pórtico.”**

COVENIN-MINDUR

11.2.4 Solicitaciones por fuerza cortante en las conexiones.

“En las conexiones totalmente restringidas viga – columna, Tipo TR, la fuerza cortante mayorada, V_u , se determinará para la combinación de solicitudes 1.2 CP + γ CV mas el corte que resulta del momento mayorado M_u definido en la sección 11.2.2.

En las conexiones parcialmente restringidas, Tipo PR, la fuerza cortante mayorada, V_u , se obtendrá usando la combinación de solicitudes 1.2 CP + γ CV mas el corte que resulta del máximo momento en el extremo de la viga que la conexión semirígida sea capaz de resistir.

El factor γ que afecta a las acciones variables CV corresponde al porcentaje de las mismas utilizando en la determinación del peso total de la edificación, según el Artículo 7.1 de la norma venezolana COVENIN – MINDUR 1618-98.”

AISC: Seismic provision

“11.2b. Para las conexiones FR momento, la resistencia a corte requerida V_u de una conexión viga-columna se determinará usando la carga de combinación $1.2D+0.5L+0.2S$ más la cortante que es el resultado de la aplicación de $1.1Ry F_y Z$ en el sentido opuesto en cada extremo de la viga. Alternativamente, el uso de un valor menor de V_u se permite si está justificado por un análisis racional.”

En las conexiones de PR momento, V_u se determinará de la combinación de carga anterior, mas la cortante resultante del máximo momento del extremo de máxima que las conexiones PR a momento sea capaz de resistir.”

COVENIN-MINDUR

11.2.5 Planchas de Continuidad.

“En las conexiones totalmente restringidas, Tipo TR, ejecutadas por medio de soldadura directa de las alas de las vigas o de las planchas de conexión a las alas de las columnas, se

colocaron planchas de continuidad para transmitir las fuerzas de las alas de las vigas al alma o almas de la columna. El espesor de las planchas de continuidad será como mínimo el espesor del ala de la viga o de la plancha de conexión del ala de la viga. Las juntas de las planchas de continuidad a las alas de la columna se harán con soldadura de ranura de penetración completa, o con soldaduras de ranura de penetración parcial por ambas caras de la plancha combinada con refuerzos de soldadura de filete, o con soldadura de filete en ambas caras de las planchas.

La resistencia minorada de las soldaduras será al menos igual a la resistencia minorada del área de contacto de la plancha con el ala de la columna. La conexión de la plancha de continuidad al alma de la columna tendrá una resistencia minorada al corte igual al menor valor entre los siguientes:

1. La suma de las resistencias minoradas en las conexiones de la plancha a las alas de la columna.
2. La resistencia minorada al corte del área de contacto de la plancha con el alma de la columna.
3. La resistencia minorada de la soldadura requerida para desarrollar la resistencia minorada al corte de la zona del panel de la columna.
4. La fuerza transmitida por las planchas de continuidad.

Las planchas de continuidad podrán ser obviadas únicamente cuando se demuestre experimentalmente que la conexión tiene la capacidad de rotación inelástica exigida en la sección 11.2.2 sin ellas.”

AISC, seismic provision

Planchas de continuidad.

*“Cuando las **conexiones FR a momento** se conecten soldando las alas de la viga o las planchas de conexión de las alas a la viga directamente a las alas de la columna, se deben usar planchas de continuidad para transmitir las fuerzas de las alas de la viga al alma de la columna. Estas deberán tener un espesor mínimo igual al de las alas de la viga o al de las planchas de conexión de las alas de la viga. En las juntas soldadas de la plancha de continuidad a las alas de la columna deberá usarse, soldadura de penetración completa, soldadura de penetración parcial por ambos lados reforzada con soldadura de filete, y deberán tener una resistencia de diseño que sea por lo menos igual a la resistencia de diseño del área de contacto con el ala de la columna.*

Las juntas soldadas de las planchas de continuidad al alma de la columna deberán tener una resistencia de diseño al corte que sea por lo menos igual a la menor de:

- a. La sumatoria de las resistencias de diseño en las conexiones de la plancha de continuidad a las alas de la columna.

-
- b. La resistencia de diseño a cortante del área de contacto de la plancha con el alma de la columna.*
 - c. La resistencia de diseño de la soldadura que desarrolle la resistencia de diseño a cortante de la zona de panel de la columna.*
 - d. La fuerza real transmitida por rigidizador.*

No se requieren planchas de continuidad si las conexiones ensayadas demuestran que la rotación inelástica necesaria puede lograrse sin su uso.”

COVENIN-MINDUR

11.3 REQUISITOS PARA PORTICOS DE ACERO CON NIVEL DE DISEÑO ND2.

“Se espera que los miembros, juntas y conexiones de los pórticos de acero proyectados, detallados, inspeccionados y construidos con el nivel de diseño ND2 sean capaces de soportar deformaciones inelásticas moderadas cuando sean sometidas a las fuerzas resultantes de los movimientos sísmicos de diseño que actúan conjuntamente con otras acciones, tal como se definió en el capítulo 9. Los pórticos que satisfagan los requisitos del presente artículo serán diseñados de manera que las deformaciones inelásticas inducidas por el sismo sean por la cadencia de los miembros del pórtico cuando se usen conexiones de momento, Tipo TR, o por la cadencia de los elementos de las conexiones cuando se utilicen conexiones semirrígidas, Tipo PR.

Los pórticos con nivel de diseño ND2 cumplirán con todos los requisitos establecidos en el artículo 11.4 para el nivel de diseño ND3, excepto las modificaciones que se indican a continuación:”

AISC: Seismic provision.

10. PORTICO RESISTENTE A MOMENTO CON CAPACIDAD MODERADA DE DISIPACION DE ENERGIA (FMI).

10.1. Alcance.

“Pórtico a momento capacidad moderada (FMI) se espera que resista deformación inelástica limitada en sus miembros y conexiones cuando estén sujetos a las fuerzas que son el resultado de los movimientos del sismo de diseño. FMI cumplirán los requisitos de esta sección”.

COVENIN-MINDUR

11.3.1 Relación ancho / espesor.

~~“Las vigas y columnas cumplirán con los valores límites ancho / espesor para secciones compactas, L_p , de la tabla 4.1. Cuando el valor de la fórmula (11-3) sea igual o menor que 1.25, las columnas cumplirán con el valor límite ancho / espesor de las secciones para diseño plástico, L_{pd} , de la Tabla 4.1.~~

11.3.2 Arriostramiento lateral de las vigas

— Las vigas deberán tener ambas alas soportadas lateralmente, bien sea directa o indirectamente. La longitud no arriostrada entre los apoyos laterales no excederá de $0.12(E/F_y)ry$. Adicionalmente se colocarán arriostramientos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, de cambios de sección transversal y donde el análisis indique que se formara una rotula plástica durante las deformaciones inelásticas del pórtico dúctil resistente a momentos.”

10.3. Planchas de continuidad.

“Se proporcionarán planchas de continuidad con la conexión probada.”

11.3.3 Conexiones y juntas viga – columna.

“El diseño de todas las juntas viga- columna y conexiones del sistema resistente a sismos se basara en resultados de ensayos bajo cargas cíclicas, realizados y calificados conforme con el Anexo F y que hayan demostrado que tiene al menos una capacidad de rotación inelástica de 0.02 radianes. Los resultados experimentales consistirán de al menos dos ensayos bajo cargas cíclicas que satisfacen los requisitos del artículo 11.4.

Los resultados experimentales deberán demostrar que la resistencia a flexión de la conexión determinada en la cara de la columna, es al menos igual al momento plástico teórico, M_p , de las vigas ensayadas bajo los requisitos de rotación inelástica (vease al Anexo C), salvo las excepciones que se contemplan a continuación:

1. Cuando el momento resistente de la viga este controlado por el pandeo local de las alas en lugar de por lo limites de cadencia de la misma, o cuando en las conexiones que incorporan vigas con sección reducida, la resistencia mínima a flexión será 0.8 veces el valor de M_p de las vigas ensayadas.
2. Cuando se demuestre mediante un análisis que incluya consideraciones sobre la estabilidad total de la estructura y el efecto P-D, que la deriva adicional debida a las deformaciones en la conexión no perjudican a la estructura, podrán utilizarse conexiones que se acomoden a la demanda de rotación y mantiene la resistencia minorada requerida en el artículo 11.3.”

10.2 Conexiones Viga-Columna.

10.2a. “El diseño de todas las conexiones y juntas viga-columna usadas en el sistema resistente deberá estar basado en resultados de pruebas cíclicas calificadas de acuerdo con el procedimiento Standard de ensayo que demuestra un ángulo de deriva de entrepiso de por lo menos 0.02 radianes. Los resultados calificados de los ensayos cíclicos consistirán en por lo menos dos pruebas cíclicas y cumplirá los requisitos en Sección 9.2^a.”

10.2b. “Los ensayos de las conexiones viga-columna demostrar una resistencia a la

flexión , en la cara de la columna por lo menos igual al momento plástico nominal de la viga M_p cuando se presente la rotación inelástica requerida), exceptúe como sigue:

a. Cuando el pandeo local de la viga gobierne la resistencia a flexión de la misma, o cuando se usen conexiones que incorporen **Secciones de Viga Reducida**, la resistencia a flexión mínima será **0.8Mp** de la viga ensayada.

b. Se permiten conexiones que acoplen las rotaciones requeridas entre los elementos de conexión y mantenga la resistencia de diseño especificada, con tal de que pueda ser demostrado por un análisis racional que demuestre que cualquier deriva adicional debido a la deformación de conexión pueda ser tomado por la estructura. El tal análisis racional incluirá los efectos de estabilidad de todo el pórtico que incluye efectos de segundo orden.

c. La resistencia de corte requerida V_u de la conexión viga-columna se determinara con la carga de combinación **1.2D+0.5L+0.2S** más el corte que es el resultado de la aplicación de un momento de magnitud igual a **1.1Ry Fy Z** en el sentido opuesto en cada extremo de la viga. Como alternativa, V_u se podrá justificar mediante un análisis racional. La resistencia requerida al corte no puede exceder el valor que resulta de aplicar la **Carga de Combinación 4-1.0.**"

11.4 REQUISITOS PARA PORTICOS DE ACERO CON NIVEL DE DISEÑO ND3

“ Los miembros, juntas y conexiones de los pórticos de acero proyectados, desarrollados, inspeccionados y construidos con el Nivel de Diseño ND3 sean capaces de soportar deformaciones inelásticas significativas cuando sean sometidos a las fuerzas resultantes de los movimientos sísmicos de diseño que actúan conjuntamente con otras acciones, tal como se definió en el capítulo 9. Los pórticos con Nivel de Diseño ND3 cumplirán con todos los requisitos de este artículo.”

AISC: Seismic provision

9. PORTICO RESISTENTE A MOMENTO CON CAPACIDAD ESPECIAL DE DISIPACION DE ENERGIA (SMF).

9.1. Alcance.

“ Los pórticos resistentes a momento con capacidad especial de disipación de energía (SMF) se espera que resista deformaciones inelásticas significativas cuando estén sujetos a las fuerzas resultantes de los movimientos del sismo de diseño. SMF reunirá los requisitos de esta sección.”

COVENIN-MINDUR

11.4.1 Relación ancho / espesor.

“Las vigas cumplirán con los valores límites ancho / espesor de las alas para secciones para

diseño plástico, λ_{pd} , y las columnas con los valores límites ancho / espesor para secciones compactas λ_p , establecidas en la tabla 4.1. Cuando el valor de la fórmula (11-3) sea igual o menor que 1.25, las columnas cumplirán con el valor límite ancho / espesor de ala secciones para diseño plástico, λ_{pd} , de la tabla 4-1.”

AISC: Seismic provision

9.4. b. Relaciones ancho espesor: “Las vigas de los pórticos **SMF** obedecerán λ_p establecidos en la **Tabla I-9-1**. Cuando la relación de la **Ecuación 9-3** es menor o igual que $\frac{bf}{2tf} \leq 2$, las columnas deberán cumplir con los λ_p en la **Tabla I-9-1**. De lo contrario, las columnas deberán cumplir con los λ_p en Especificación de LRFD Tabla B5.1.”

Tabla I-9-1.

Relaciones límite ancho-espesor λ_p para elementos a compresión

Descripción de elementos	Relación Ancho-Espesor	Relación límites ancho espesor del elemento λ_p
Alas de perfiles Sección I, vigas hibridas o soldadas y canales sometidos a flexión	$\frac{bf}{2tf}$	$\frac{bf}{2tf} = \frac{436}{\sqrt{F_y}} \quad (\text{MKS})$
Almas sometidas a combinación de flexión y compresión axial	$\frac{h}{tw}$	$\frac{h}{tw} = 0.125$
		$1365\sqrt{\phi_y} \cdot \left(1 - 1.54 \frac{P_u}{\phi_b \cdot P_y}\right)$
Secciones circulares en compresión axial o flexión	$\frac{d}{t}$	$\frac{4361}{\sqrt{F_y}} \cdot 1 - 1.84 \frac{P_u}{0.9\phi_y}$
Secciones tubulares rectangulares compresión axial o flexión	$\frac{d}{t} \text{ o } \frac{hc}{t}$	$\frac{290}{\sqrt{F_y}}$

COVENIN-MINDUR

11.4.2 Área de las alas de las vigas.

“En las regiones de formación de rotulas plásticas no se permitirán cambios abruptos en el área de las vigas. Se permitirá el taladro o recorte de las alas de las vigas cuando experimentalmente se demuestre que la sección resultante puede desarrollar rotulas plásticas estables que satisfacen los requisitos de la subsección 11.4.4.2. Las vigas de sección reducida, tal como se define en el Anexo G, satisfarán los requisitos de capacidad del artículo 11.4.”

AISC: Seismic provision

9.4 Limitaciones a las vigas y a las columnas.

9.4. a. “Área del ala de la viga: No habrá cambios abruptos en las áreas de las alas de la viga en regiones de articulación plástica. El taladrado de agujeros en las alas o el recorte del ancho de las alas de la viga es permitido si se demuestra mediante ensayos que la configuración resultante puede desarrollar articulaciones plásticas estables que reúnan los requisitos en la sección 9.2.b. **La Sección de la Viga Reducida** cumplirá con la resistencia de diseño especificada en la sección 1.)”

COVENIN-MINDUR

11.4.3 Arriostramiento lateral de las vigas.

“Las vigas deberán tener ambas alas soportadas lateralmente, bien sea directa o indirectamente. La longitud no arriostrada entre los apoyos laterales no excederá de 0.084 (E/F_y) ry. Adicionalmente se colocaran arriostramientos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, de cambios de sección transversal y donde el análisis indique que se formara una rotula plástica durante las deformaciones inelásticas del pórtico dúctil resistente a momentos.

En las vigas de sección reducida, la colocación de los arriostramientos laterales será consistente con los usados durante los ensayos realizados según el Anexo F. los arriostramientos laterales adyacentes a la zona de sección reducida cumplirán con los requisitos que se exigen a los arriostramientos de la viga eslabón en la sección 13.2.4.”

AISC: Seismic provision

9.8 Apoyo lateral de Viga.

“Se apoyarán lateralmente directamente o indirectamente ambas alas de la viga. La longitud sin arriostramiento entre los apoyos laterales no excederá 2500ry/ F_y (17500ry/ F_y). Además se pondrán apoyos laterales en los puntos de aplicación de las cargas concentradas, cambios en la sección transversal y otros sitios donde el análisis indique que se formara una rotula plástica durante las deformaciones inelásticas del SMF.

Si se usan miembros con **Secciones de Viga Reducidas en pórticos** SMF, ensayados de acuerdo con el procedimiento Standard del Anexo S, la colocación de soporte lateral para el miembro será consistente con el usado en los ensayos. Cualquier soporte lateral adyacente a la Sección de la Viga Reducida deberá cumplir con los requisitos de la sección 15.5.)”

COVENIN-MINDUR

11.4.4 Conexiones y juntas viga – columna.

11.4.4.1 “El diseño de todas las juntas viga – columna y las conexiones del sistema resistente a sismos se basaran en resultados bajo cargas cíclicas, realizados y

calificados conforme con el Anexo F y que hayan demostrado que tienen al menos una capacidad de rotación inelástica de 0.03 ángulo de deriva de por lo menos 0.04 radianes. Los resultados experimentales calificados consistirán de al menos dos ensayos bajo cargas cíclicas que satisfacen uno de los siguientes requisitos.”

AISC: Seismic provision

9.2. Conexiones viga-columna.

9.2a. “El diseño de todas las conexiones viga-columna usadas en el sistema de resistencia lateral deberá basarse en resultados de pruebas cíclicas de calificación de acuerdo con el procedimiento estándar de ensayo de la **Anexo S** que demuestren un ángulo de deriva de por lo menos 0.04 radianes. Los resultados de las pruebas calificadas consistirán por lo menos de dos pruebas cíclicas y se permitirán ser basado en uno de los requisitos siguientes:

1. *Ensayos realizados específicamente para el proyecto y representativo de las dimensiones de los miembros, resistencia de los materiales, configuraciones de las conexiones, y compatibilidad de los procesos de conexión a ser utilizados en el proyecto.”*

COVENIN-MINDUR

“La Pruebas realizadas en investigaciones o pruebas documentadas para otros proyectos que demuestren en acuerdo con las condiciones del proyecto.).

La interpolación o la extrapolación de los resultados experimentales para miembros de dimensiones diferentes a los ensayos deberán justificarse mediante un análisis que demuestre que la distribución de las tensiones y la magnitud de las tensiones internas son consistentes con la de los especímenes ensayados, y que se han tomado en cuenta los efectos potencialmente adversos de mayor escala, espesor de la soldadura y variación en las propiedades de los materiales. La extrapolación de los resultados experimentales se limitara a combinaciones de miembros de dimensiones similares.”

AISC: continuación Conexiones viga-columna

“ Interpolación o extrapolación de resultados de la prueba para diferentes tamaños de miembro deberán justificarse mediante el análisis racional que demuestren que las distribuciones y magnitudes de esfuerzos internos son consistentes con los modelos ensayados, probadas considerando los efectos negativos de miembros y espesores de soldadura mas grande, así como variaciones en las propiedades del materiales. La extrapolación de resultados de los ensayos deberán basarse en las combinaciones similares de los tamaños de los miembros.”

COVENIN-MINDUR

“ Las conexiones diseñadas con base en los resultados experimentales, se fabricaran y construirán usando los materiales, configuraciones, procesos, y aseguramiento de la calidad lo mas semejantemente posible a los usados en los ensayos. Los controles y métodos de aseguramiento de la calidad cumplirán como mínimo con los requisitos del capítulo 32.

Cuando el valor de la tensión de cedencia mínima especificada, F_y , determinado experimentalmente en las vigas sea inferior en un 15% al valor de la tensión cedente esperada, F_y , no se utilizaran los resultados experimentales para calificar el ensayo. De igual manera no se calificara el ensayo cuando F_y determinado experimentalmente en las columnas y los elementos de conexión presente una variación, por exceso o por defecto, mayor del 15% con respecto al valor de la tensión cedente esperada, F_y .”

AISC: continuación Conexiones viga-columna

“*2. Pruebas realizadas específicamente por el proyecto y que representen adecuadamente los tamaños, resistencias del material, configuraciones de la conexión y el montaje de la misma.*

Las conexiones deberán construirse usando materiales, configuraciones, procesos de montaje, y los métodos de control de calidad que represente lo mas cercanamente posible las condiciones de la conexión ensayada. Como mínimo, los métodos de control de calidad deben cumplir con los requerimientos de la sección 16.

Las columnas y elementos de conexión con una resistencia a la cedencia ensayada que este a más de 15% sobre o debajo de F_y (resistencia a la cedencia esperada) no se usará en pruebas de calificación.”

COVENIN-MINDUR

“**11.4.4.2** Los resultados experimentales deberán demostrar que la resistencia a flexión de la conexión determinada en la cara de la columna, es al menos igual al momento plástico teórico, M_p , de las vigas ensayadas bajo los requisitos de rotación inelástica (ver el Anexo F), salvo las excepciones que se contemplan a continuación:

1. Cuando el momento resistente de la viga este controlado por el pandeo local de las alas en lugar de por los límites de cedencia de la misma, o cuando en las conexiones que incorporen vigas con sección reducida, la resistencia mínima a flexión será 0.8 veces el valor de M_p de las vigas ensayadas.

2. Cuando se demuestre mediante análisis que incluya consideraciones sobre la estabilidad total de la estructura y el efecto P-D, que la deriva adicional debida a las deformaciones en la conexión no perjudican a la estructura, podrán utilizarse las conexiones que se acomodan a la demanda de rotación y mantienen la resistencia minorada requerida en la sección 11.4.”

AISC: Seismic provision

“**9.2b.** Los ensayos de las conexiones viga-columna deben demostrar una resistencia a la flexión, en la cara de la columna, por lo menos igual al momento plástico nominal de la viga M_p cuando se presente la rotación inelástica requerida (vea Anexo S), a excepción de lo siguiente como sigue:

a. Cuando el pandeo local de la viga gobierne la resistencia a flexión de la misma o cuando se usen conexiones que incorporen secciones reducidas de viga, la resistencia mínima a la flexión deberá ser 0.8Mp de la viga ensayada.

b. Se permitirá el uso de conexiones que se adecuen a las rotaciones requeridas entre los elementos conectados y conserven la resistencia de diseño especificada siempre y cuando se demuestre con un análisis racional que cualquier deriva adicional debida a la deformación de la conexión pueda ser tomada por la estructura. El análisis racional incluirá los efectos de estabilidad de todo el pórtico incluyendo efectos de segundo orden.”

COVENIN-MINDUR

“11.4.4.3 Solicitaciones por fuerza cortante en las conexiones.

La fuerza cortante mayorada, Vu, en una conexión viga – columna se determinara usando la combinación de solicitudes 1.2 CP + γ CV mas el corte que resulta de aplicar momentos de sentidos opuestos en los extremos de la viga, iguales a 1.1 Ry Fy Z. El factor γ que afecta a las acciones variables CV corresponden al porcentaje de las mismas utilizado en la determinación del peso total de la edificación, según el artículo 7.1 de la norma venezolana COVENIN-MINDUR 1618-98. Alternativamente, podrá justificarse mediante análisis estructural el uso de un valor menor para Vu. El corte mayorado, Vu, no excederá el corte que resulta de la combinación de solicitudes (10-9)."

AISC: Seismic provision

“9.2c. La resistencia requerida al corte Vu de una conexión viga-columna se determinara con la carga de combinación 1.2D+0.5L+0.2S más el corte que resulta de la aplicación de 1.1RyFyZ en sentido contrario en cada extremo de la viga. Alternativamente, un valor menor de Vu se permite si se justifica por un análisis racional. La resistencia requerida al corte no excederá el valor que resultado de aplicar la Carga de Combinación 4-1.”

COVENIN-MINDUR

11.4.5 “Zona del panel en conexiones viga-columna.

En la zona del panel de las conexiones viga – columna, cuyas respectivas almas son paralelas, se tendrán en cuenta los siguientes requisitos:

(a) Fuerza cortante.

La fuerza cortante mayorada, Vu, en la zona de panel, se calculara aplicando las combinaciones de solicitudes (10-9) y (10-10) a las vigas que se conectan a la columna en el plano del pórtico. Sin embargo, Vu no excederá las fuerzas cortantes calculadas con 0.8 SM*pb de las vigas conectadas a las alas de la columna.”

La resistencia minorada al corte de la zona de panel, Fi Rv, se determinara con $F_{IV}=0.75$ y la formula, según corresponda:

Cuando $N_u <= 0.75 N_y$.

$$\phi R_v = 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_p \cdot \left[1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot d_c \cdot t_p} \right] \quad (20-11).$$

Cuando $U_n > 0.75 N_y$, la resistencia teórica R_v se calculará con la fórmula (20-12):

$$\phi R_v = 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_{wc} \cdot \left[1 + \frac{3b_{fc}t_{fc}^2}{d_v d_c t_p} \right] \cdot \left(1.9 - \frac{1.2P_u}{P_y} \right) \quad (20-12)$$

En estas fórmulas.

F_y = resistencia especificada a la cedencia del acero en la zona de panel.

b_{fc} = ancho del ala de la columna.

d_v = altura total de la viga.

d_c = altura total de la sección transversal de la columna.

t_{fc} = espesor de ala de la columna.

t_p = espesor total de la zona de panel, incluidas las planchas adosadas.

AISC: Seismic provision

“ **9.3a Resistencia al corte:** El espesor requerido de la zona de panel se determinará de acuerdo con el método usado para dimensionar la zona de panel de la conexión ensayada. Como mínimo, la resistencia a cortante requerida V_u de la zona de panel deberá determinarse de la sumatoria de momentos en las caras de la columna partiendo de los momentos esperados en los puntos de rotulas plásticas.

NOTA: En este documento para señalar las dimensiones de los perfiles de vigas la FEMA utiliza como subíndice la letra “v” (viga) y la AISC utiliza la letra “b” (beam)

La resistencia de diseño al corte $F_v * R_v$ de la zona panel se determinará con la siguiente ecuación usando $F_v = 1$. Cuando $P_u <= 0.75 P_y$,

$$V_n = 0.6 * F_y * dC * tP * \{ 1 + (3 * bcf * tcf^2) / (db * dc * tp) \} \quad (9.1).$$

Cuando $P_u > 0.75 P_y$, R_v que usa especificación de LRFD ecuación K1-12 se calculará.

t_p = el espesor total de zona de panel que incluye planchas (doble), inch (mm).

d_c = altura total de la sección transversal de la columna, inch.

b_{cf} = ancho del ala de la columna, inch (mm).

tcf = espesor de ala de la columna, inch (mm).

db = altura total de la viga, inch (mm).

Fy = resistencia especificada mínima a la cedencia, del acero en la zona de panel, ksi (Mpa.).

COVENIN-MINDUR

(b) Espesor de la zona de panel.

El espesor individual de las almas de la columna y de las planchas adosadas, cuando sean utilizadas, deberá satisfacer la condición:

$$t \geq \frac{(d_z + w_z)}{90} \quad (11-1).$$

d_z = La altura de la zona de panel entre las planchas de continuidad (rigidizador de alas).

t = Espesor del alma de la columna o de la plancha adosada.

W_z = El ancho de la zona de panel entre las alas de la columna.

“Alternativamente, cuando se prevenga el pandeo local del alma de la columna y las planchas adosadas por medio de soldaduras de tapón entre ellas, el espesor total de la zona del panel cumplirá con la formula (11-1).”

AISC: Seismic provision

“9.3b. Espesor de zona de panel: *El espesor individual del alma de la columna y las planchas dobles, t deberá cumplir con el requisito siguiente:*

$$t \geq (dt + W_z)/90 \quad (9-2).$$

Donde

t = el espesor del alma de la columna o de la plancha doble, inch (mm).

dt = la altura de la zona de panel entre las planchas de continuidad, inch (mm).

W_z = el ancho de la zona del panel entre las alas de la columna, inch (mm).

“Alternativamente, cuando el pandeo local alma de la columna y la plancha doble se previene con soldaduras del tapón entre ellos, el espesor de zona de panel total satisfará **ecuación 9.2.**”

COVENIN-MINDUR

(c) Planchas adosadas en la zona de panel.

“Las planchas adosadas se soldaran a las alas de la columna mediante soldadura de ranura de penetración completa o soldadura de filete capaces de desarrollar la resistencia minorada a

corte del espesor total de las planchas adosadas. Cuando las planchas adosadas se coloquen contra el alma de la columna, a todo lo ancho de la plancha en sus bordes superior e inferior para desarrollar proporcionalmente el total de las fuerzas transmitidas por la plancha adosada.

Cuando las planchas adosadas se coloquen alejadas del alma de la columna, se colocaran simétricamente en par y soldadas a las planchas de continuidad para desarrollar la porción de la fuerza total que se transmite a las planchas adosadas.”

AISC: Seismic provision

“9.3c. zona de panel con planchas dobles: *Las planchas dobles que se coloquen para aumentar la resistencia de diseño de la zona de panel, o para reducir la relación entre la altura del alma y su espesor, se conectarán a las alas de la columna, bien sea con soldadura al tope o de filete, en tal forma que se desarrollen la resistencia de diseño al corte de la plancha. Cuando las planchas dobles se disponen separadas del alma de la columna, deberán ser colocadas en pares simétricos y soldadas a las planchas de continuidad para desarrollar la parte de la fuerza total que es transmitida a las planchas dobles.”*

COVENIN-MINDUR

11.4.6 Planchas de continuidad.

“ Las planchas de continuidad a usar serán equiparables a las usadas en las conexiones ensayadas”.

AISC: Seismic provision

9.5. Planchas de continuidad.

“Deberán suministrarse planchas de continuidad de acuerdo con las conexiones ensayadas”.

COVENIN-MINDUR

11.4.7 Relación de momentos en los nodos.

“En los nodos de los sistemas resistentes a sismo se cumplirá con la siguiente condición:

$$\frac{\sum M_{pc}^*}{\sum M_{pb}^*} \geq 1.0 \quad (11-2).$$

Donde:

$\sum M_{pc}^*$ = Sumatoria de los momentos en el punto de intersección de los ejes baricentricos de la viga y columna, determinado como la proyección de la suma de la resistencia teórica a flexión plástica de la columna en los extremos superior e inferior de la conexión a momento de la viga, incluyendo las cartelas cuando existan, menos las fuerzas normales de la columna. Se permitirá tomar:

$$\sum M_{pc}^* = \sum Z_c (F_{yc} - \frac{N_{uc}}{A})$$

Donde no coincida los ejes de la viga concurrentes en un mismo plano, se tomara como eje el valor promedio.

$\sum M_{pb}^*$ = Sumatoria de los momentos en el punto de intersección de los ejes baricentricos de las vigas y la columna determinado por la proyección de la suma de las resistencias esperadas a flexión en la rotula plástica sobre el eje de la columna.
Se permitirá tomar:

$$\sum M_{pb}^* = \sum(1.1R_y * M_p + M_v)$$

donde M_v es el momento adicional que se produce al trasladar el cortante en la rotula plástica al centro de la columna.

Alternativamente, se permite tomar $\sum M_{pc}^*$ de los resultados de ensayos que satisfagan los requisitos de la subsección 11.4.4.1 o por análisis basado en los resultados de ensayos.

En las conexiones con vigas de sección reducida, se permitirá tomar $\sum M_{pb}^* = \sum(1.1R_y * M_p + M_v)$, donde Z es el menor modulo de sección plástico de la viga de sección reducida.

En la formula (11-2) las variables tienen el siguiente significado:

A = área de la columna, cm.

F_{yc} = tensión cedente mínima especificada del acero de la columna, kgf/cm².

N_{uc} = solicitud mayorada de compresión normal de la columna (un numero positivo), kgf.

Z_c = modulo de sección plástico de la columna, cm³.

Los requisitos de esta sección no se aplicaran en cualquiera de los casos cubiertos por las subsecciones 11.4.7.1 y 11.4.7.2, siempre que las columnas cumplan con los requisitos de las secciones 11.4.1 y 11.4.2.”

AISC: Seismic provision

“9.6. Relación de momento viga-columna

En cualquier conexión viga-columna deberá cumplirse la siguiente relación:

$$SM^{*pc}/SM^{*pb} > 1.0 \quad (9.3).$$

Donde

SM^{*pc} = La sumatoria de los momentos en la columna por encima y debajo de la junta en la intersección de las líneas centrales de las vigas y columnas. SM^{*pc} se determina sumando los valores estimados de las resistencias nominales a flexión de las columnas por encima y debajo de la línea central de la viga con una reducción que tiene en cuenta la fuerza

axial en la columna. Se permite tomar $SM^{*pc}=SZe(Fyc-Puc/Ag)$.

Cuando las líneas centrales de las vigas contrarias que llegan a un mismo nodo no coincidan, se usaran la línea media (promedio) entre líneas centrales.

SM^{*pb} = La sumatoria de momento(s) en la(s) viga(s) en la intersección de las líneas centrales de viga y columna.

SM^{*pb} se determina sumando los valores de las resistencias esperadas a flexión de la viga en los puntos de rotulas plásticas en la línea central de la columna.

Se permitía tomar $SM^{*pb}=S(1.1RyMp+Mv)$, donde Mv es el momento adicional debido a la amplificación por cortante desde el punto de rotula plástica hasta la línea central de la columna. Como alternativa, se permite determinar SM^{*pb} de los resultados de la prueba como requirió en sección 9.2.a o por medio de análisis racional basado en ensayos. Cuando se usan conexiones con Secciones de Viga Reducidas, se permite tomar:

$$SM^{*pb} = S(1.1RyFyZ+Mv)$$

donde Z es módulo plástico mínimo en la Sección de la Viga Reducida.

Ag = el área gruesa o bruta de columna, inch² (mm²).

Fyc = resistencia mínima especificada a la cedencia de la columna, ksi (Mpa).

Puc = resistencia axial requerida en la columna (compresión), kips (un número positivo).

Zc = módulo plástico de sección de la columna, inch³(mm³).

Cuando las columnas satisfacen los requisitos de la sección 9.4, estos requisitos no aplican en los casos de las secciones 9.6.a y 9.6.b

COVENIN-MINDUR

11.4.7.1 “Columnas sometidas a $N_{uc} < 0.3A^*F_{yc}$ para todas las combinaciones de solicitudes diferentes a las (10-9) y (10-10) que se encuentren en las siguientes situaciones:

1. Columnas de edificaciones de un piso o del último entrepiso de una estructura de múltiples entrepisos.
2. Columnas donde :
 - (1) La suma de las resistencias minoradas de corte de todas las columnas exentas sea menos del 20% de la demanda por corte en el entropiso; y
 - (2) La suma de las resistencias minoradas a corte de todas las columnas exentas en cada una de las líneas de columnas dentro de ese entropiso sea menor

que el 33 % de las solicitudes mayoradas de corte en esa línea de columna. Para los propósitos de esta excepción, se define línea de columnas como una sola línea de columnas o líneas de columnas paralelas comprendidas dentro del 10 % de la dimensión en planta perpendicular a la línea de columnas.”

AISC: Seismic provision

“9.6a. Columnas con $P_{uc} < 0.3F_{yc}A_g$ para todas las combinaciones de carga diferente a las especificadas en las **Combinaciones de Carga 4-1 y 4-2**, que cumplan cualquiera de los siguientes requerimientos:

1. Columnas usadas en edificios de un nivel o en el último nivel de un edificio de varios pisos.

2. Columnas donde: (1) la suma de los esfuerzos cortante de diseño de todas las columnas exenta en el piso sea menor del 20% del esfuerzo cortante de piso requerida; y (2) la suma de los esfuerzos cortante de diseño de todas las columnas exentas en cada línea de columna en el piso sea menor que el 33% del esfuerzo cortante requerido en la línea de columna de piso. Para el propósito de esta excepción, una línea de columna se define como una sola línea de columnas o línea paralela de columnas localizada dentro de 10% de la dimensión perpendicular a la línea de columnas.”

COVENIN-MINDUR

11.4.7.2 “En cualquier entrepiso donde la relación resistencia minorada / solicitudes mayoradas de corte sea mayor que el 50 % del entrepiso superior contiguo.”

AISC: Seismic provision

“9.6b. Columnas en cualquier piso con una relación entre la resistencia de diseño al corte y la resistencia requerida al corte 50% mayor que la del piso inmediatamente superior.”

CAPÍTULO 3

PROCEDIMIENTOS DE DISEÑO.

INTRODUCCION.

Como criterio general para aplicar en las diferentes conexiones cual sea el caso se revisara la capacidad de los elementos estructurales (pandeo local del ala y alma, resistencia a la cedencia y cedencia), resistencia al corte y momento, revisión de la soldadura (longitud y tamaño), y revisión de pernos (diámetro, longitud y resistencia).

3.1-Criterios de la FEMA.

3.1.1 Detalle de la soldadura:

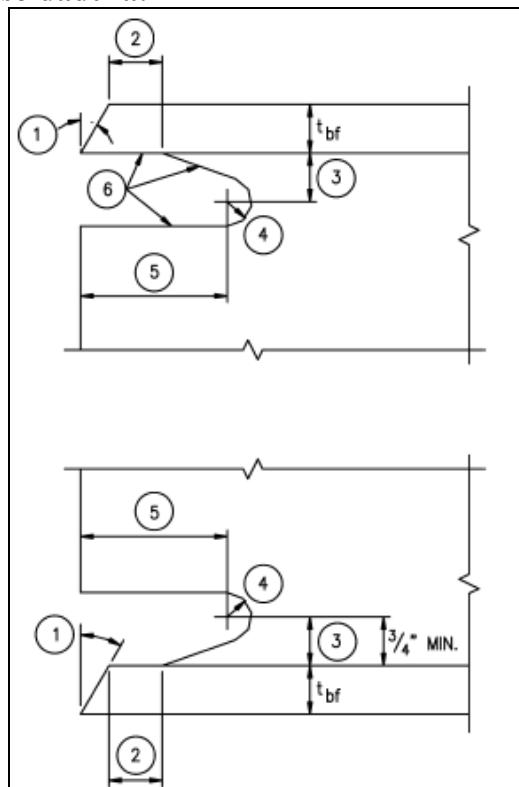


Figura 3-1.

Detalles del cuadro superior.

1. Biselado como es requerido por AWS D1.1 para el procedimiento de soldadura de ranura seleccionada.

2. El mas largo entre t_{bf} o $1/2''$. (más $1/2$ t_{bf} , o menos $1/4$ t_{bf})

-
3. 3/4 tbf a tbf, $\frac{3}{4}$ " mínimo ($\pm \frac{1}{4}$ ")
 4. Radio mínimo 3/8".
 5. 3 tbf ($\pm \frac{1}{2}$ ").
 6. Ver FEMA-353, Las Especificaciones recomendadas y Convicción de Calidad Guidelines para la construcción de Momen-marco de acero para las aplicaciones sísmicas. *Las Especificaciones recomendadas y Control de Calidad para la construcción de Momen-marco de acero para las aplicaciones sísmicas.*

3.1.1.2 Como determinar las rotulas plásticas.

Determinación de momento plástico M_{pr} en las rotulas plásticas. Para conexiones totalmente restringidas el desarrollo del momento plástico M_{pr} probable de las rotulas plásticas en vigas o planchas, se determinara como:

$$M_{pr} = C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_e \cdot F_y$$

M_{pr} = momento plástico probable en la rotula plástica.

C_{pr} = un factor de para maximizar la resistencia que incluye rigidez, restricción local, refuerzo adicional y otras condiciones de la conexión. Para mayoría de los tipos de conexiones, C_{pr} es dado por la formula :

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y}$$

Un valor de 1.2 puede ser usado para todos los casos, excepto donde es notado que en el diseño de la conexión incluido con precalificaciones dada mas adelante en estos criterios recomendados.

R_y = coeficiente, aplicado a la viga o al material de la viga, obtenido de la previsiones sísmicas de la AISC 1997.

Z_e = El modulo plástico efectivo de la sección (o conexión) localizado en la rotula plástica.

Para conexiones que no desarrollan una rotula plástica en la viga, la resistencia de la rotula plástica debe ser calculada, por el mecanismo de flexión de la viga como es confirmado por pruebas, considerando la variación de propiedades de materiales del elemento flexible

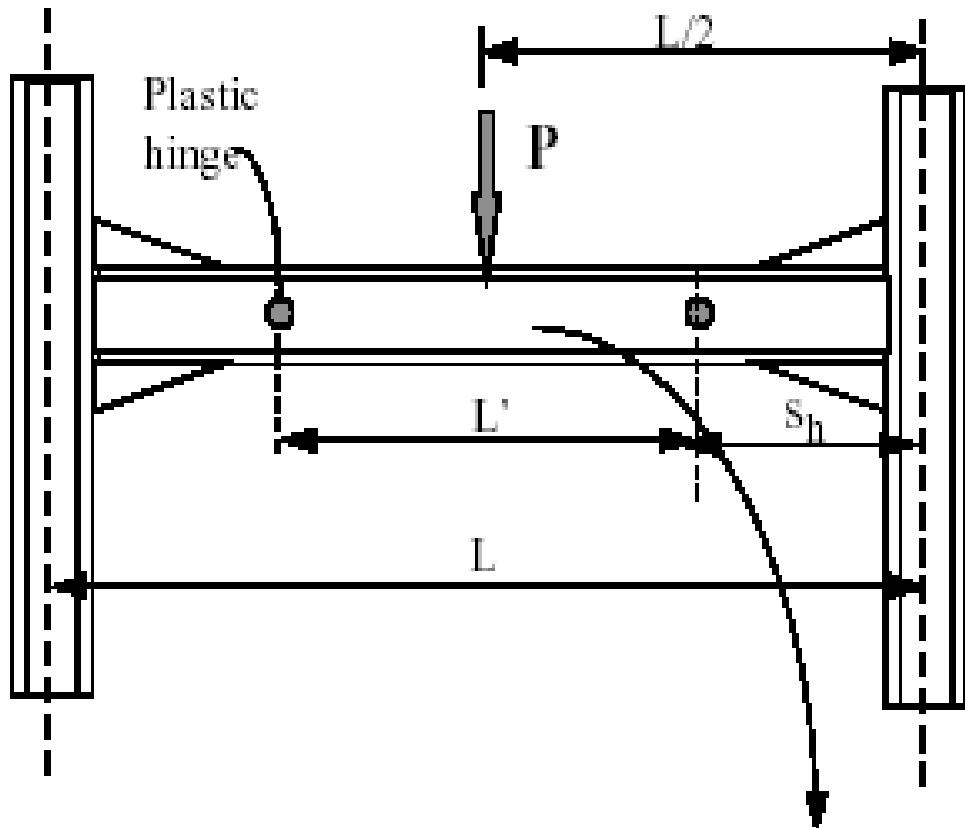


Figura 3-2

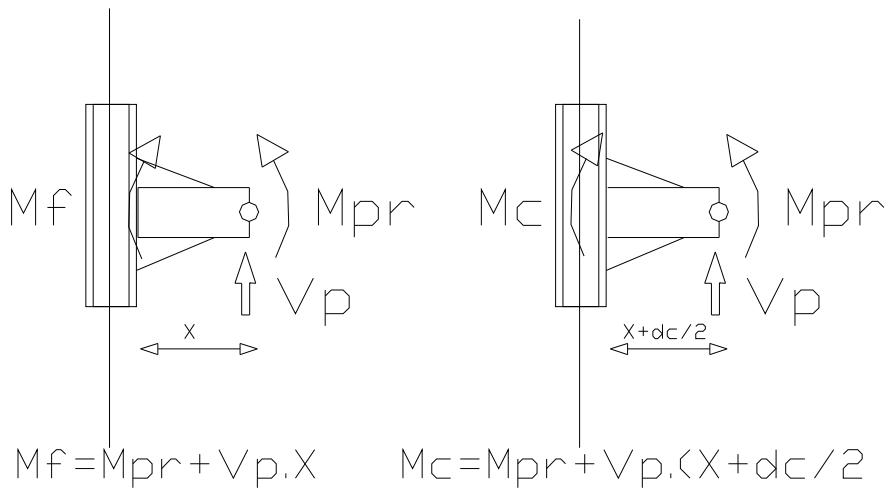


Figura 3-3 (Solicitudes actuantes en la conexión viga –columna)

Detallado de plancha de corte, rigidizadores y soldadura:

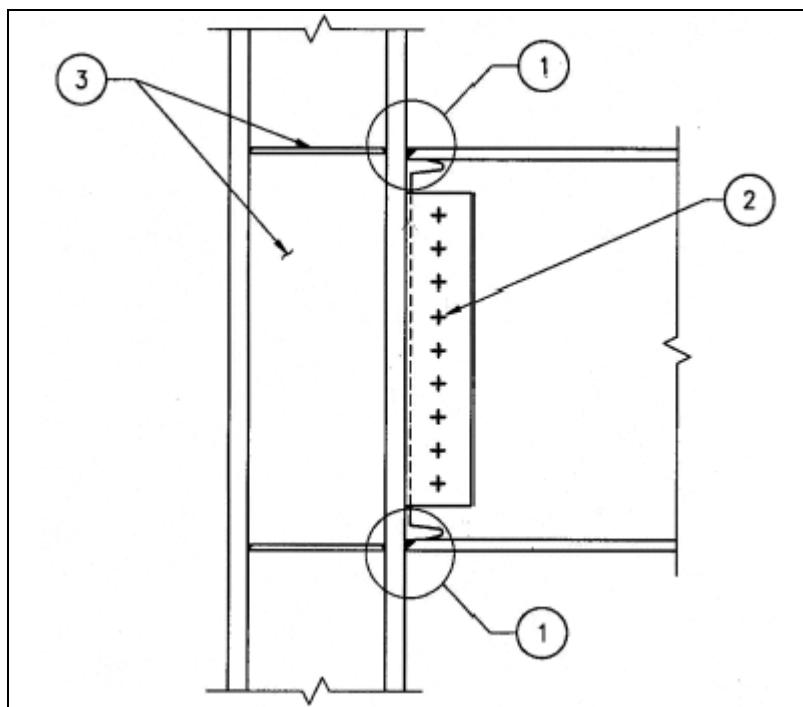


Figura 3-4. (Detallado de soldadura, plancha de corte y rigidizadores)

1. Hueco de ratón para permitir realizar la soldadura entre la viga y columna.
2. Pernos de unión de la viga a la plancha de corte.
3. Rigidizadores de ala y alma.

Notas:

Ver Figura 3-4

1. Requisitos de soldadura abajo y arriba del ala. Categoría de QC/QA AH/T.
Refiérase para detalle del agujero de acceso para la soldadura Figura 3-1.
2. Perno a corte. Use pernos de pretensión A325 o A490. Soldadura al ala de la columna con soldadura del filete ambos lados, o con CJP, para desarrollar la resistencia total al corte de la plancha. Soldadura Categoría de QC/QA BL/T.
3. Ver Figura 3-6 para los requisitos de plancha dobles de alma (rigidizador de alma en la columna) y planchas de continuidad (rigidizador de ala de la viga).

3.1.2 Conexión viga/columna con plancha de ala (Cover Plate).

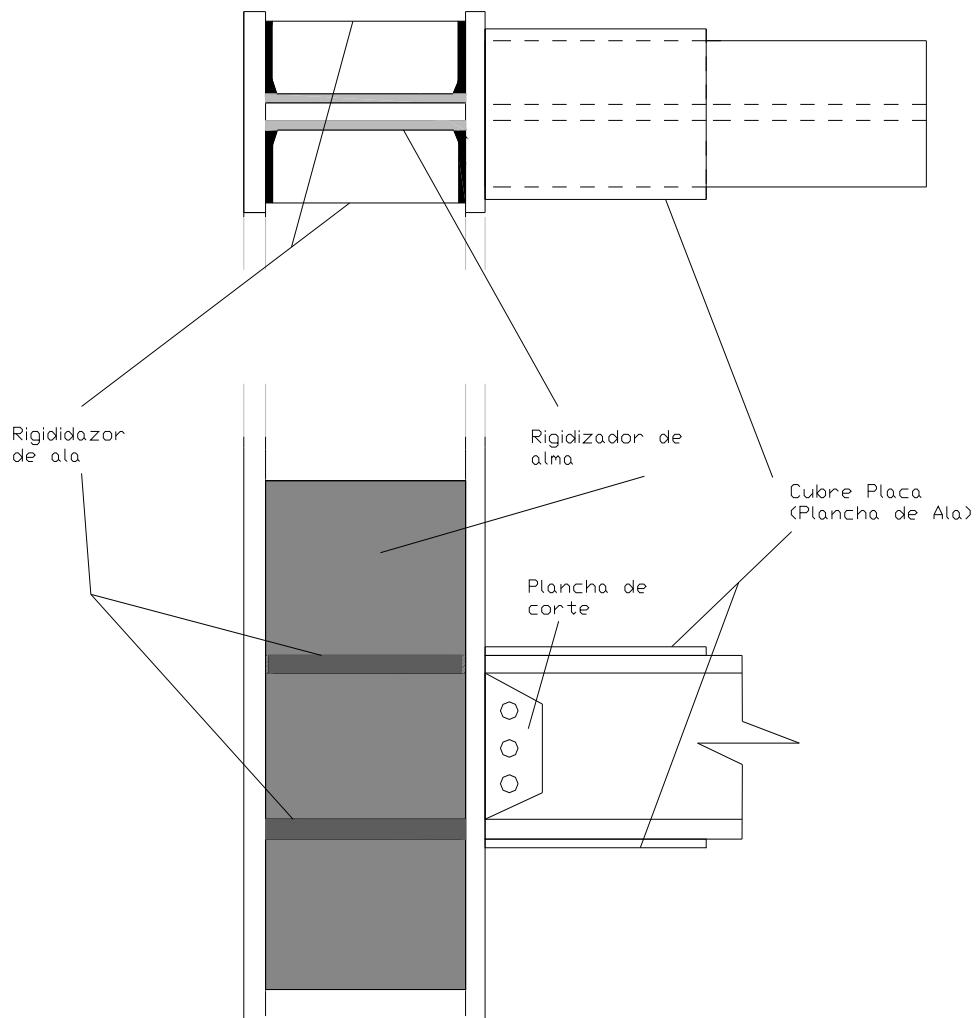


Figura 3-5 (Cubre placa o plancha de ala)

Esta sección provee una guía de diseño para conexiones de plancha de ala soldada totalmente restringida (WFP). Estas conexiones utilizan planchas conectadas del ala de la viga al ala de la columna.

La junta de la plancha al ala de la columna se hará con soldadura ranurada de penetración completa (groove weld), sobre el ala de la viga se usará soldadura de filete por encima y debajo de la plancha y ala respectivamente ver figura 3-5 donde se muestra el detalle típico de conexión.

Procedimiento de diseño.

Paso 1: Seleccionar una longitud de plancha de ala previa.

Paso 2: Decidir el ancho de plancha de ala basado en el ancho de ala de la viga.

Paso 3: Calcular M_{pr} , M_c , y M_{yf} según la sección 3.1.2 y la figura 3-3.

Paso 4: Cálculo basado en la ecuación:

$$tp = \frac{M_{yf}}{R_y \cdot F_y \cdot b_p \cdot (d_b + \frac{tpl_{bot} + tpl_{top}}{2})}$$

Donde:

b_p = ancho de la plancha de ala en la cara de la columna. Las planchas agujereadas deberán ser revisadas por sección crítica y los espesores de las planchas de ala superior e inferior respectivamente.

$tpl_{bot} \text{ and } top$ = espesor de la plancha de ala superior e inferior, respectivamente.

d_b = altura de la viga.

M_f = momento en la cara de la columna.

Paso 5: Cálculo de la longitud y espesor de la soldadura de la plancha de ala a la viga:

$$l_w \cdot t_w = \frac{M_f}{0.707 \cdot F_w}$$

l_w = longitud total de la soldadura (Fig. 3-5)

F_w = Resistencia de diseño nominal de soldadura de *AISC-LRFD* = $0.60F_{EXX}$

$$t_{w_{(max)}} = t_p - \frac{1}{16}in$$

Si las dimensiones de la plancha no permiten suficiente soldadura, regresar al paso 1 y seleccionar una nueva longitud de plancha.

Paso 6: Determine el espesor requerido de la zona de panel. Para este cálculo

sustituir $d_b + (t_{plt} + t_{plb})$ por d_b y $d_b + \frac{t_{plt} + t_{plb}}{2}$ por $d_b - tfb$

$$t = \frac{C_y * M_c * \frac{h - db}{h}}{0.9 * 0.6 * F_y * R_y * d_c * (db - tfb)}$$

Si "t" calculado es mayor que el espesor del alma de la columna, proveer doble plancha o incrementar el tamaño de la columna con un espesor de alma adecuado.

Paso 7: Determine la plancha de continuidad requerida según:

$$t_{cf} < 0.4 \cdot \sqrt{1.8 \cdot bf \cdot tf \cdot \frac{F_y b \cdot R_y b}{F_y c \cdot R_y c}}$$

$$t_{cf} < \frac{bf}{6}$$

Si las planchas de continuidad (rigidizadores de alas) son requeridas, estas deben ser calculadas según las especificaciones de la AISC-LRFD

Paso 8: Detalle de la conexión como se muestra en la Figura 3-5.

3.1.3 Viga de sección reducida (VSR).

Esta sección provee los procedimientos para el diseño de conexiones totalmente restringidas para vigas de sección reducida (VSR = RBS). Esta conexión utiliza radio circular cortando ambos lados del ala tanto en la parte superior como inferior de la viga lo cual reduce el área del ala sobre la longitud cerca del extremo de la viga.

La soldadura del ala de la viga a la columna se hará con penetración completa (groove welds), conociendo los requerimientos de la FEMA-353, las Especificaciones recomendadas y Calidad para la construcción de pórticos a Momento de Acero con Aplicaciones Sísmicas. En este tipo de conexión no reforzada es usado metal de soldadura para la unión de las alas de la viga a la columna. Las uniones de alma pueden ser soldadura ranurada de penetración completa o con planchas de corte empernadas o soldada. La figura 3-6 muestra detalles típicos para este tipo de conexión. Este tipo de conexión es precalificada para pórticos de nivel de diseño 1 y 3 (OMF y SMF).

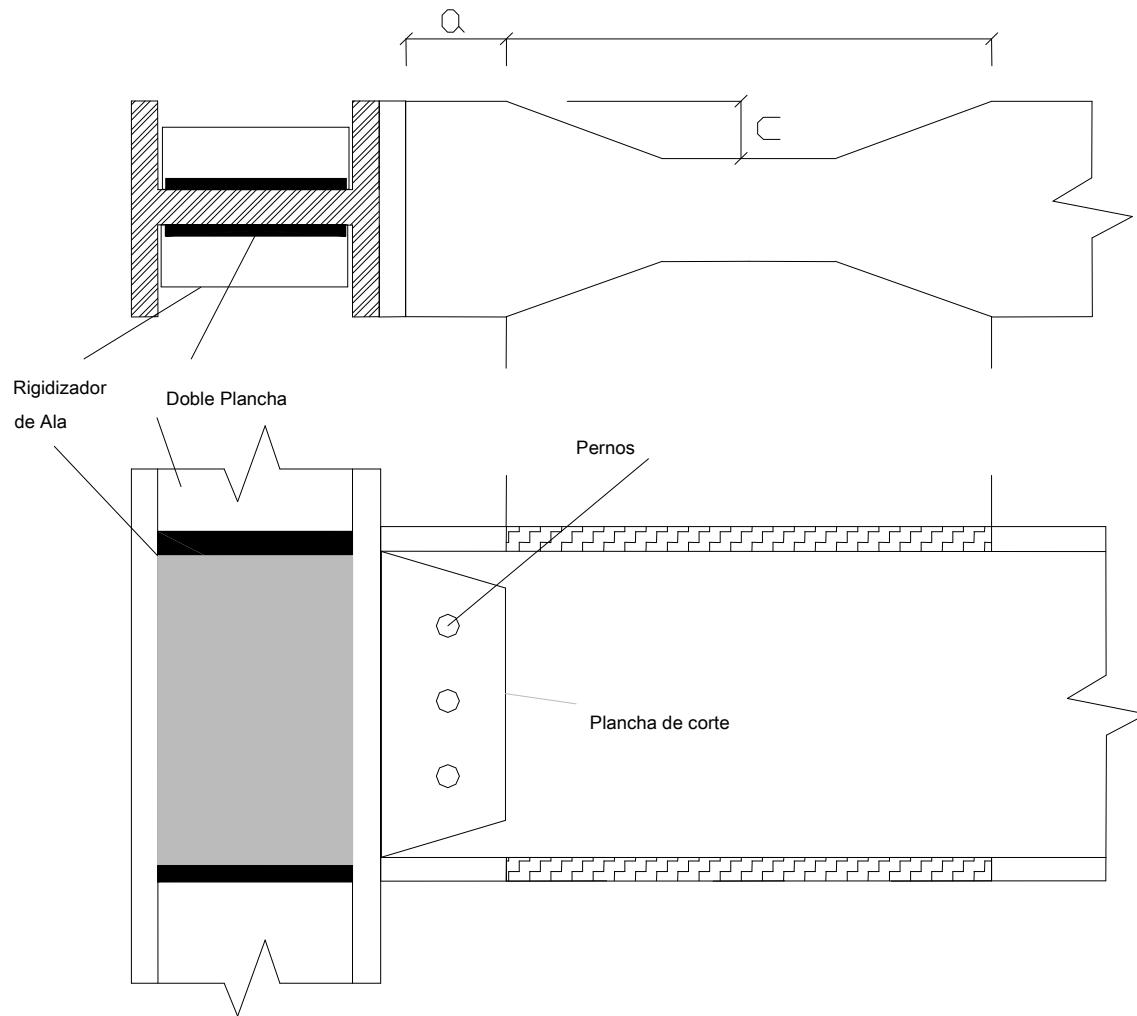


Figura 3-6. Conexión viga de sección reducida (VSR)

Procedimiento de diseño.

Paso 1: Determine la longitud y reducción del ala de la viga basado en lo siguiente:

$$a \cong (0.5 \ a \ 0.75)b_f \quad (3-15).$$

$$b \cong (0.65 \ a \ 0.85)d_b \quad (3-16).$$

donde a y b son como muestra la Figura 3-6, b_f y d_b son el ancho y altura de la viga respectivamente.

Paso 2: Determine la profundidad c del ala reducida de acuerdo a lo siguiente:

- a) Asumir $c = 0.20bf$.
- b) Calcular el modulo de sección de la viga reducida Z_{rbs} .
- c) Calcular M_f según la Figura 3-3 usando $C_{pr} = 1.15$.
- d) Si $M_{pr} < C_{pr} R_y Z_b F_y$ el diseño es aceptable. Si M_f es mayor que el límite, se incrementara el tamaño del perfil.
- e). El valor de C no deberá exceder 0.25 bf.

Paso 3: Calcular M_f y M_c Basado en la figura 3-3.

Paso 4: Calcular el corte en la cara de la columna según la ecuación:

$$V_f = 2 \frac{M_f}{L - d_c}$$

Paso 5: Diseño de la conexión a corte de la viga - columna. Si se usa soldadura no se requiere grandes cálculos. Si se usa planchas de corte empernadas, la plancha y los pernos deberán ser diseñados para el corte calculado en el paso 4.

Los pernos deberán ser diseñados para presión usando el factor F_y de resistencia igual a la unidad.

Paso 6: Diseño de la zona de panel, diseño de rigidizadores de alma, (con el mismo procedimiento del ejemplo de la cubre placa)

Paso 7: Revisión de la plancha de continuidad requerida, (con el mismo procedimiento del ejemplo de la cubre placa).

Paso 8: Detalle de la conexión como se muestra en la figura 3-6

3.1.4. Conexión de plancha extrema empernada no rigidizada.

La plancha extrema empernada no rigidizada es hecha en taller soldando la plancha en el extremo de la viga usando soldadura de penetración completa para el ala de la viga y la plancha (1) para la plancha de corte en el alma de la viga se usara soldadura de filete (2). En campo se empernaría a la columna la plancha.

Este tipo de conexión puede ser usada en pórticos de nivel de diseño 1 y 3 (OMF y SMF) ver figura 3-7 ref. FEMA 350.

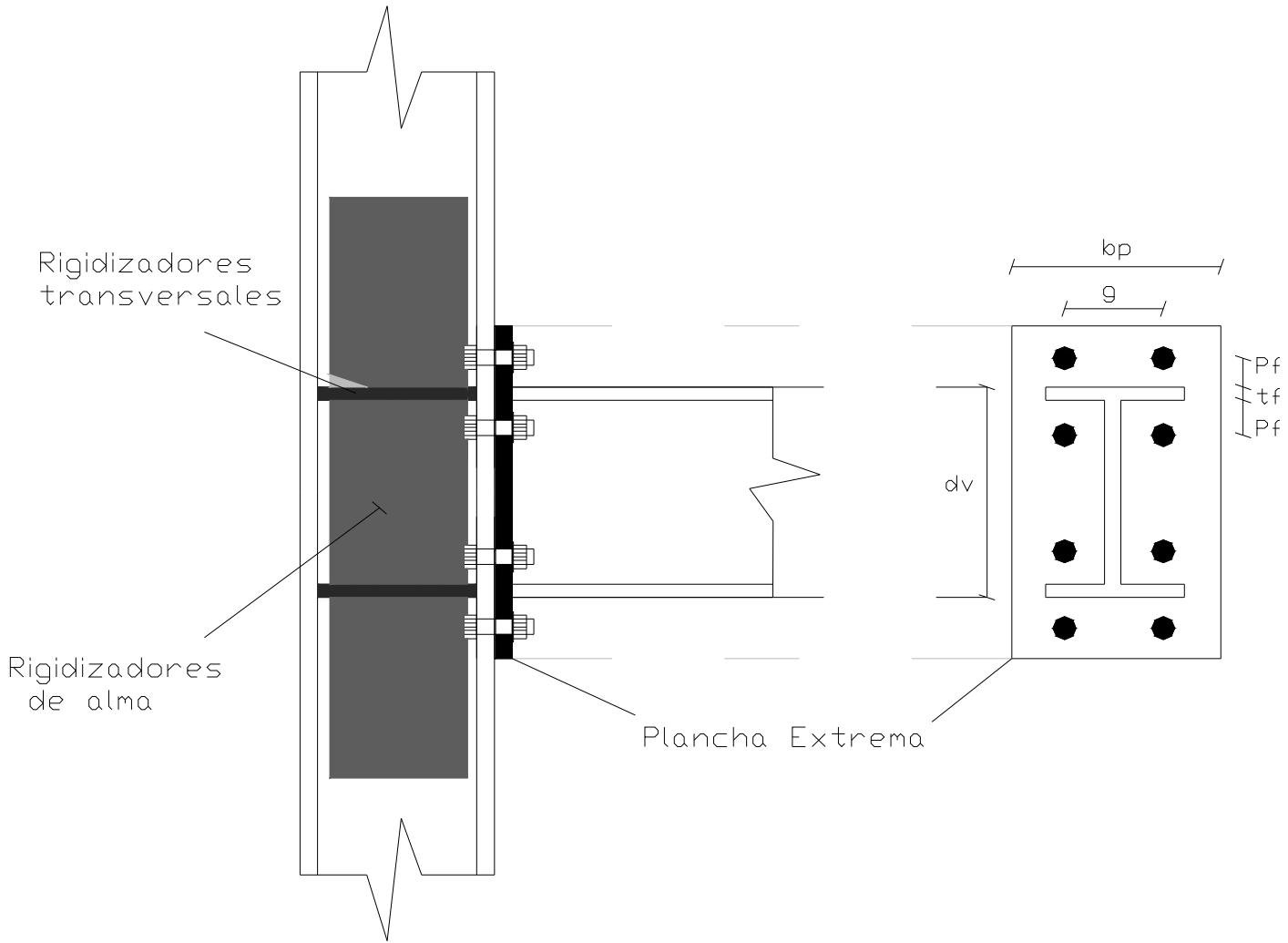


Figura 3-7 Conexión con Plancha Extrema

Procedimiento de diseño.

La conexión se diseñará para que la cedencia ocurra como una combinación de flexión de la viga y la cedencia en la zona de panel o como flexión de la viga exclusivamente.

Los pernos y soldaduras en la plancha extrema deben diseñarse para que la cedencia no ocurra en estos elementos.

El diseño deberá cumplir con los pasos debajo indicados. Se definen varios de los parámetros usados en las ecuaciones en la Figura 3-3 y en AISC-LRFD.

Paso 1: Calculo de M_{fy} y M_c de acuerdo con el método de la 3.1.2 y la figura 3-3

Paso 2: Seleccione el tamaño de los pernos resolviendo la siguiente ecuación para el Tub y seleccione el tipo y área de perno requerida:

$$Mf < 2T_{ub} \cdot (d_o + d_i)$$

donde:

Tub= pernos 90A para A325

= pernos 113 para A490

Paso 3: Verifique la suficiencia del tamaño del perno seleccionado para evitar la falla al corte, asegurando que el área Ab del perno satisface la fórmula:

$$A_b \geq \frac{\frac{2Mf}{L - dc} + Vg}{3Fv}$$

Paso 4: Determine el espesor mínimo de la plancha extrema tp para evitar el pandeo de la plancha de la ecuación:

$$tp = \sqrt{\frac{Mf}{0.8Fyp \left((db - pt) \left(\frac{bp}{2} \left(\frac{1}{pf} + \frac{1}{S} \right) + (pf + S) \frac{2}{g} \right) + \frac{bp}{2} \left(\frac{db}{pf} + \frac{1}{2} \right) \right)}}$$

donde:

$$S = \sqrt{bp \cdot g}$$

g = esta definido en la figura 3-7

Paso 5: Determine el espesor mínimo requerido de la plancha extrema para evitar la cedencia al corte de la ecuación:

$$tp = \frac{Mf}{1.1F_{yb}b_p(d_b - t_{bf})}$$

Paso 6: Determine el mínimo espesor del ala de la columna requerido para resistir la tensión

$$\text{del ala de la viga de la ecuación: } t_{fc} = \sqrt{\frac{\frac{Mf}{d_b - t_{fb}} C_l}{2F_{yc}c}} \quad \text{donde: } C_l = \frac{g}{2} - k_l$$

k_l = es la distancia desde el center line del alma de la columna al tobillo del ala de filete como

se define en el manual de la AISC. Si el espesor del ala de la columna es menor que el requerido, se requerirá plancha de continuidad, calculada como es indicada anteriormente.

Paso 7: si son requerida planchas continua, el espesor del ala de la columna debe ser

adicionalmente chequeado para mediante las siguiente ecuaciones:

$$t_{fc} > \sqrt{\frac{M_f}{\frac{2(d_b - t_{fb})}{0.8F_{yc}Y_c}}}$$

donde $Y_c = \left(\frac{c}{2} + s\right) \left(\frac{1}{C_2} + \frac{1}{C_1}\right) + (C_2 + C_1) \left(\frac{4}{c} + \frac{2}{s}\right)$

$$C_1 = \frac{g}{2} - k_1 \quad C_2 = \frac{b_{fc} - g}{2} \quad s = \sqrt{\frac{C_1 C_2}{C_2 + C_1} (2b_{fc} 4k_1)}$$

Si t_c es menor que el valor calculado, se debe seleccionar una columna con un perfil de mayor espesor de ala.

Paso 8: Chequeo de del espesor del ala de la columna para resistencia a la compresión de acuerdo a lo siguiente: $t_{fc} > \frac{M_f}{(d_b - t_{fb})(6k + 2t_{pl} + t_{bf})F_{yc}}$ donde k es la distancia indicada en el manual de la AISC. Si t_{fc} que el dado por esta ecuación se requieren rigidizadores de ala.

Paso 9: Chequeo de la capacidad de corte en la zona del panel . Para esto d_b puede ser tomado como la distancia desde un borde de la plancha extrema al centro del ala de la viga en el ala apuesta.

Paso 10: Detallado de la conexión mostrada en la figura 3-7.

3.2- Criterios de la AISC.

3.2.1 – CONEXIONES TIPO CUBREPLACA (COVER PLATE)

En este tipo de conexión se agregan planchas de refuerzo a las alas de la viga. Estas planchas se sueldan mediante soldaduras de filete proporcionadas para transmitir las fuerzas de la plancha a las alas (ver Fig. 3-8). La plancha de refuerzo inferior se suelda a la columna en el taller y el ala inferior de la viga se suelda en campo a la columna y a la plancha de refuerzo. El ala de la viga y plancha de refuerzo superiores se sueldan en campo a el ala de la columna. El funcionamiento deseado en esta conexión consiste en desplazar la rotación de las rótulas plásticas mediante el refuerzo tanto de la viga, por intermedio de las planchas, como de la junta soldada en la cara de la columna. La conexión del alma puede hacerse usando soldadura o pernos de alta resistencia. Este tipo de conexión se convirtió en la más usada inmediatamente después del sismo de Northridge debido a que fue una de las primeras ensayadas que alcanzó nivel de rotación plástica aceptable. Uno de los factores críticos que debe tenerse en cuenta en el diseño de este tipo de conexiones es el espesor total del ala de la viga y la plancha de refuerzo.

Durante el diseño se debe tratar de minimizar éste espesor porque de esta forma se reducirá el tamaño de la soldadura de penetración completa entre estos elementos y la columna. Aunque no existe una especificación por parte de la AWS o la AISC una recomendación aproximada consiste en limitar el espesor total a la menor dimensión entre: dos veces el espesor del ala de la viga, y el espesor total de la columna. [Ref. 18].

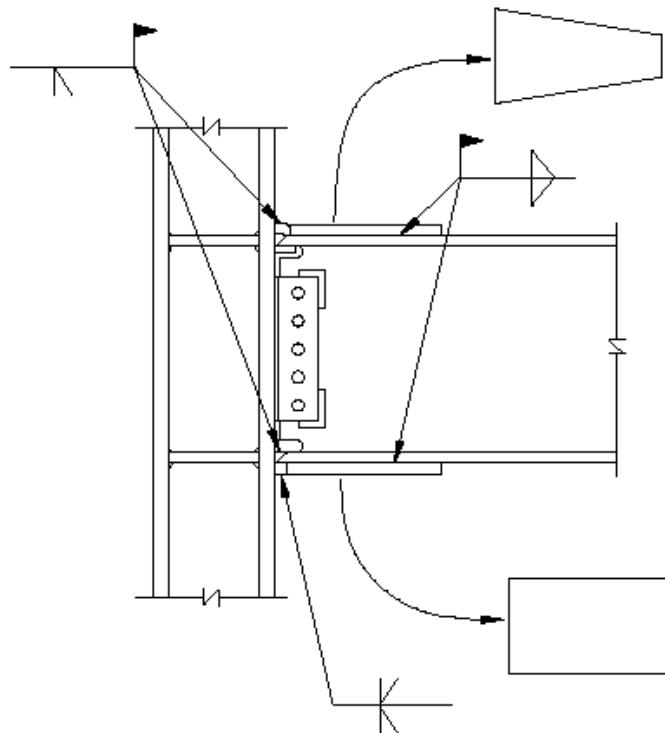


Figura 3-8 Detallado de Cubre placa y plancha de corte

3.2.2-CONEXIÓN CON SECCIÓN DE VIGA REDUCIDA (RBS: REDUCED BEAM SECTION).

En este sistema de conexión se reduce la sección de la viga en un segmento determinado, con el fin de localizar, dentro del mismo segmento, la rótula plástica, alejada de la cara de la columna, y disminuir las tensiones máximas promedio en la cara de la columna. Existen varias maneras de reducir la sección de la viga, una de ellas consiste en remover una porción del ala de la viga de manera simétrica alrededor del eje de la misma, lo que se ha denominado como el perfil “hueso de perro” (dog bone); otro método consiste en taladrar una serie de agujeros en el ala de la viga.

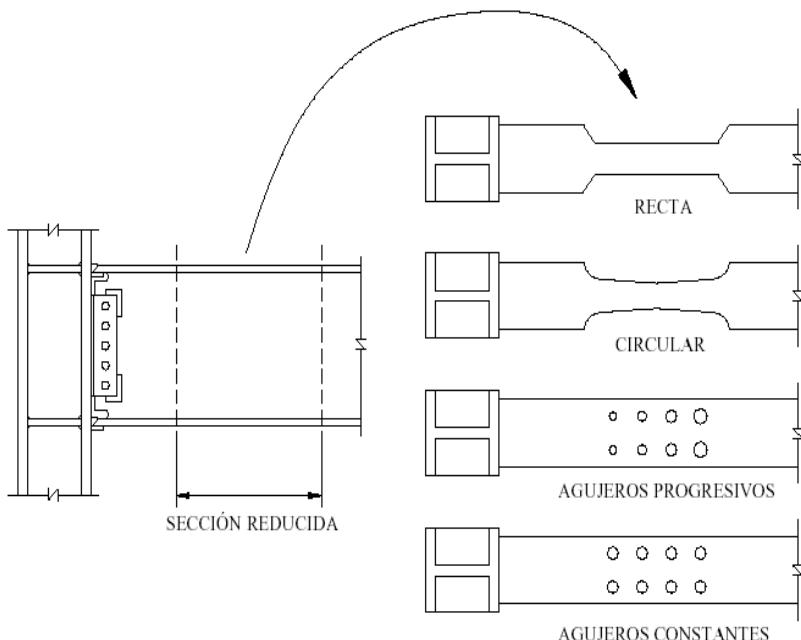


Figura 3-9 (Conexiones VSR)

El tipo de conexión con sección reducida ha sido ensayado exitosamente y ha mostrado un comportamiento plástico satisfactorio [Ref. 13] en numerosos ensayos, sin embargo es necesario tener especial cuidado con la forma utilizada para hacer las reducciones de sección, estas deben ser transiciones suaves para evitar efectos de concentración de tensiones. El comportamiento de esta conexión es directamente dependiente de la calidad de las soldaduras de penetración completa entre las alas de la viga y columna y del comportamiento transversal de las alas de la columna. Una de las principales desventajas de este tipo de conexión es que requiere el uso de vigas más grandes para mantener la resistencia requerida en la sección reducida, con una cantidad adicional de material. En países como Estados Unidos, en los que la mano de obra es más costosa, el sobre costo por el incremento en material puede compensarse por el ahorro generado por el uso de una conexión sencilla entre viga y columna. Sin embargo en países, en el que los costos de la mano de obra son baratos, comparados con los costos del acero, el uso de esta solución puede ser inadecuada desde el punto de vista económico.

3.2.3- CONEXIONES DE PLANCHA EXTREMA (END-PLATE)

Este tipo de conexión consiste en una plancha que se suelda, en el taller, al extremo de la viga, que posteriormente se emperna en campo al ala de la columna (ver figura 3-10). Existen variaciones de esta conexión según el número de pernos usados.

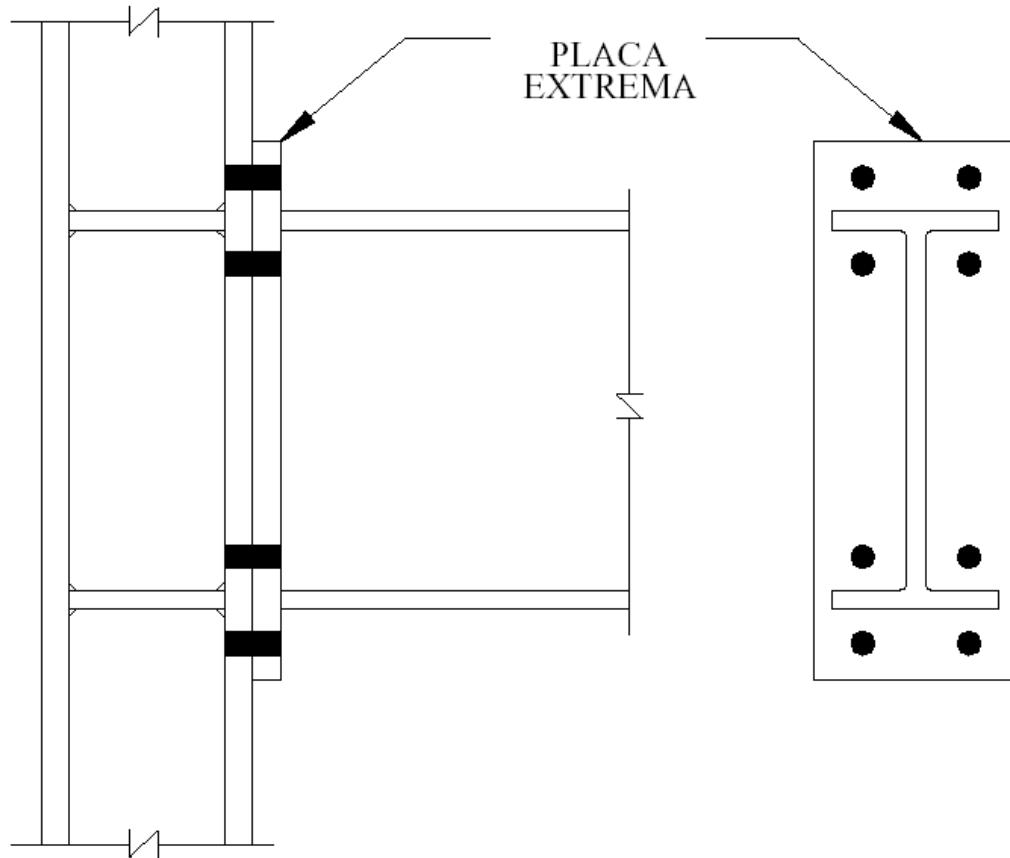


Figura 3-10. (Conexión Plancha Extrema)

Las conexiones de plancha o placa extrema han sido ampliamente ensayadas demostrando un comportamiento satisfactorio [Ref. 11, 12] en la construcción de edificios de acero en Estados Unidos después del sismo de Northridge. La principal ventaja de este tipo de conexión consiste en ser una conexión que utiliza soldadura hecha en el taller y se emperna en el campo. La fuerza transmitida por las alas de la viga se distribuye en un área mayor del ala de la columna que en el caso de las conexiones Pre-Northridge.

El uso de este tipo de conexión presenta algunas dificultades de tipo constructivo debido a la exactitud necesaria en cuanto a la longitud de la viga, y la escuadra de las planchas y la columna; sin embargo estas dificultades son superables sin mayor incidencia económica.

Conclusiones

Este trabajo de grado contiene la actualización de las normas de la AISC y su equivalente en las normas COVENIN, en lo concerniente al diseño de conexiones viga-columna para estructuras de acero ante efectos sísmicos. Hemos podido presentar lo que fue modificado y eliminado de las normas AISC para las conexiones de acero.

Por otro lado, se presentaron los procedimientos de diseño de la FEMA 350 a si como los de la AISC, para los tres tipos de conexiones estudiadas en este trabajo de grado. Para que junto con las tablas de la geometría de los perfiles, la tabla de resistencia al corte en la zona del panel y las tablas de resistencia al pandeo local del alma y el ala en la columna, se puedan aplicar.

Por ultimo, se presentaron ejemplos de ayuda para el usuario de manera de facilitar la aplicación de los procedimientos de diseño y de los cuales se puede apreciar que la FEMA 350 es un poco mas exigente en lo concerniente a la rigidez de la zona del panel.

Recomendaciones

Los criterios y procedimientos presentados en este trabajo de grado, se pueden utilizar como guía para extender a otro tipo de conexión no incluida en este; tipificando las conexiones con los materiales usados en el país.

Las tablas que determinan la resistencia de diseño de la columna, se generaron considerando un Fy específico de 50 Ksi o 3500 Kgf/cm² aproximadamente, esto implica que de usar un Fy distinto se deberá generar otra tablas. Por lo tanto se recomienda la programación de las ecuaciones que generan estas tablas, considerando la variación del Fy.

Referencias

1. AISC LRFD, *Manual of Steel Construction- Load and Resistance Factor Design*, third Ed; American Institute of Steel Construction, Chicago, IL.
2. AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings*, American Institute of Steel Construction, Chicago, IL; 146 pp.
3. AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Supplement N°1*, February 15, 1999; 12 pp.
4. AISC, *Seismic Provisions for Structural Steel Buildings Supplement N°2*, November 10, 2000; 37 pp.
5. AISC, STEEL DESIGN GUIDE 13; *Stiffening of Wide Flange Columns at Moment Connections: Wind and Seismic Applications*; American Institute of Steel Construction, Chicago, IL 2001; 100 pp.
6. AISC, STEEL DESIGN GUIDE 16; *Flush and Extended Multiple-Row Moment End-Plate Connections*. American Institute of Steel Construction, Chicago, IL 2002; 65 pp.
7. COVENIN 1618-98;*ESTRUCTURAS DE ACERO PARA EDIFICACIONES. METODO DE LOS ESTADOS LIMITES*; capitulo 11, 1998.
8. FEMA 350, *Federal Emergency Management Agency*.
9. MOORE K, MALLEY J, y ENGELHARDT M, *STEEL TIPS Structural Steel Educational Council, Design of Reduced Beam Section (RBS) Moment Frame Connections*.
10. ENGELHARDT, Michael; SABOL Thomas. *Lessons Learned From the Northridge Earthquakes; Steel Moment Frame Performance*.

-
11. MURRAY, Thomas M; MENG, Ronald L. *Seismic Performance of bolted End-Plate Moment Connections.* AISC 1997
12. MURRAY, Thomas M; SUMMER, Emmett A. *Testing and Design of Extended Moment End-Plate connections for Seismic Loading.*
13. POPOV, Egor P; BALAN, Toader A; YANG, Tzong-Shuoh. *Post-Northridge Earthquake Seismic Steel Moment Connections.*
14. POPOV, Egor P; B BLONDET, Marcial; STEPANOV, Lev. *Experimental Studies on The Cyclic Response of Full-Scale Steel Bean-Column Connections.* Post-Northridge Earthquake Seismic Steel Moment Connections. XXI World Conference on Earthquake Engineering 2000.
15. AISC home page <<http://www.aisc.org>> (Mayo 2000).
16. UANG, C. M; BONDAD, D. M. *Dynamic Testing of Full-Scale Steel Moment Connections.* XI World Conference on Earthquake Engineering 1996.
17. SAC. *Interim Guidelines Advisory No2 Suplement to FEMA-267 Interim Guidelines: Evaluation, Repair, Modification and Welded Steel Moment Frames Structures.* Report No SAC-99-01.
18. SAC. *Guidelines: Evaluation, Repair, Modification and Desing of Steel Moment Frames.* Report No SAC-95-02. Sacramento, California. 1995
19. YU, Qui-Song; UANG, Chia-Ming. *Cyclic Performance and Retrofit Desing of Pre-Northridge Steel Moment Connection With Welded Haunch.* XII World Conference on Earthquake Engineering 2000.

Anexos:

**Anexo A.1 Tabla de geometría de los perfiles Americanos W
(Sistema Inglés).**

**Anexo A.2 Tabla de geometría de los perfiles Americanos W
(Sistema MKS).**

**Anexo B.1 Tabla de resistencia al corte en la zona del panel
(Sistema Inglés)**

**Anexo B.2 Tabla de resistencia al corte en la zona del panel
(Sistema MKS)**

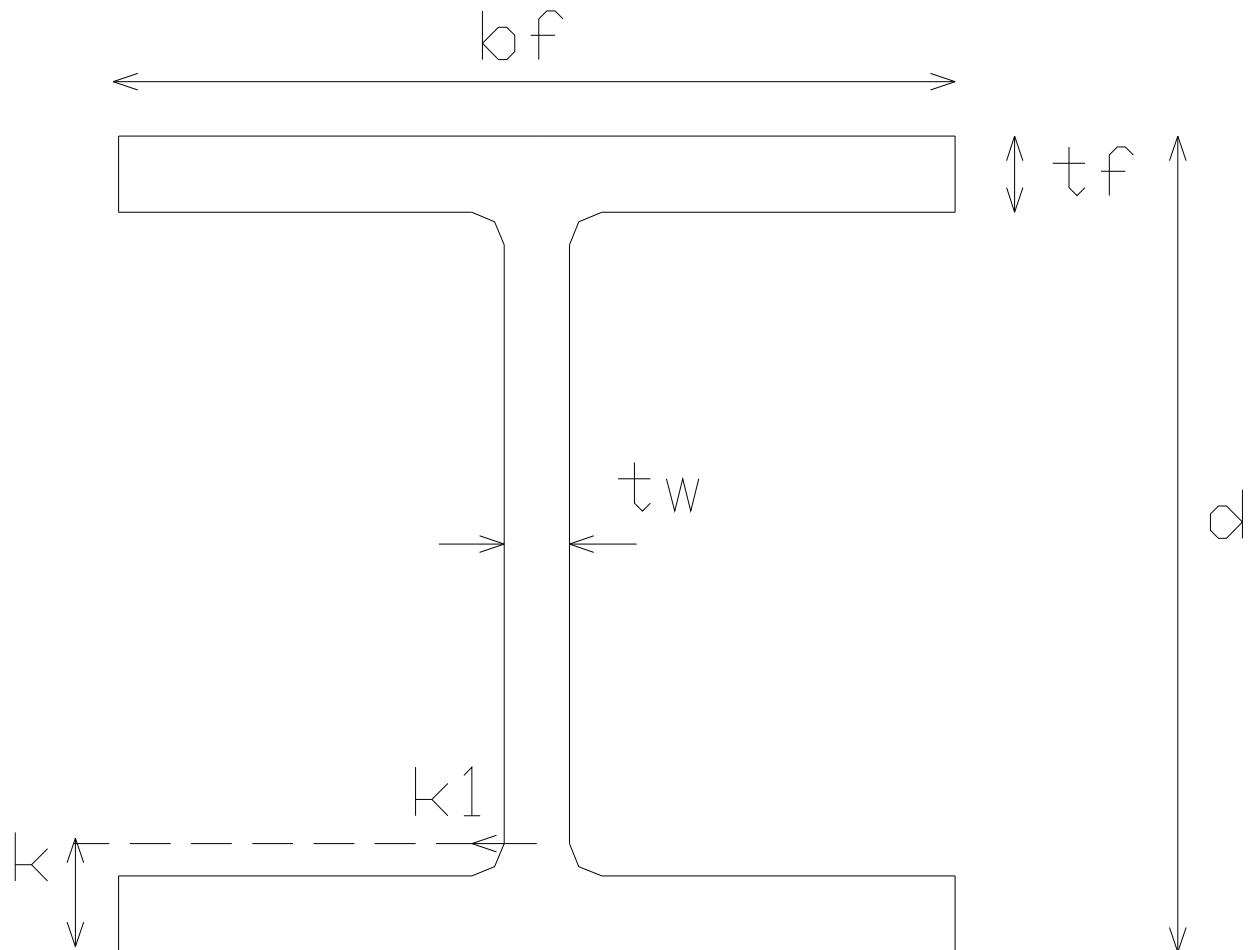
**Anexo C.1 Tabla de resistencia al pandeo local del alma y ala en
la columna (Sistema Inglés)**

**Anexo C.2 Tabla de resistencia al pandeo local del alma y ala en
la columna (Sistema MKS)**

Ejemplos

Anexo A.1:

Tabla de geometría de perfiles Americanos (Sistema Inglés)



**A.1 TABLA DE GEOMETRIA DE PERFILES W
SISTEMA INGLES**

Area A	altura d	alma				ala		EJE X				EJE Y				Fy=	50	ksi	Ry=	1,1
		espesor		ancho	grosor	t _w	t _w /2									k	Mpr			
		pulg ²	pulg	pulg		pulg		pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg	pulg ³	pulg	kip·pulg		
		pulg ²		pulg		pulg		pulg ⁴		pulg ³		pulg ⁴		pulg ³		pulg ⁴		pulg ³		
W44X335	98,3	44,0	1,0	0,51	16,0	1,8		31100	1410	17,8	162	1200	151	3,5	236	2,56	8910			
x290	85,8	43,6	0,9	0,44	15,8	1,6		27100	1240	17,8	1420	1050	132	3,49	206	2,37	78100			
x262	77,2	43,3	0,8	0,40	15,8	1,4		24200	1120	17,7	1270	927	118	3,46	183	2,21	69850			
x230	67,7	42,9	0,7	0,36	15,8	1,2		20800	971	17,5	1100	796	101	3,43	157	2,01	60500			
W40X593	174,0	43,0	1,8	0,90	16,7	3,2		50400	2340	17	2760	2520	302	3,8	481	4,41	2E+05			
x503	148,0	42,1	1,5	0,77	16,4	2,8		41700	1980	16,8	2320	2050	250	3,72	395	3,94	1E+05			
x431	127,0	41,3	1,3	0,67	16,2	2,4		34800	1690	16,6	1960	1690	208	3,65	328	3,54	1E+05			
x397	117,0	41,0	1,2	0,61	16,1	2,2		32000	1560	16,6	1800	1540	191	3,64	300	3,38	99000			
x372	109,0	40,6	1,2	0,58	16,1	2,1		29600	1460	16,5	1680	1420	177	3,6	278	3,23	92400			
x362	107,0	40,6	1,1	0,56	16,0	2,0		28900	1420	16,5	1640	1380	173	3,6	270	3,19	90200			
x324	95,3	40,2	1,0	0,50	15,9	1,8		25600	1280	16,4	1460	1220	153	3,58	239	2,99	80300			
x297	87,4	39,8	0,9	0,47	15,8	1,7		23200	1170	16,3	1330	1090	138	3,54	215	2,83	73150			
x277	81,4	39,7	0,8	0,42	15,8	1,6		21900	1100	16,4	1250	1040	132	3,58	204	2,76	68750			
x249	73,3	39,4	0,8	0,38	15,8	1,4		19600	993	16,3	1120	926	118	3,55	182	2,6	61600			
x215	63,3	39,0	0,7	0,33	15,8	1,2		16700	859	16,2	964	796	101	3,54	156	2,4	53020			
x199	58,5	38,7	0,7	0,33	15,8	1,1		14900	770	16	869	695	88	3,45	137	2,25	47795			
x392	115,0	41,6	1,4	0,71	12,4	2,5		29900	1440	16,1	1710	803	130	2,64	212	3,7	94050			
x331	97,5	40,8	1,2	0,61	12,2	2,1		24700	1210	15,9	1430	644	106	2,57	172	3,31	78650			
x327	96,0	40,8	1,2	0,59	12,1	2,1		24500	1200	16	1410	640	105	2,58	170	3,31	77550			
x278	81,8	40,2	1,0	0,51	12,0	1,8		20500	1020	15,8	1190	521	87	2,52	140	2,99	65450			
x264	77,6	40,0	1,0	0,48	11,9	1,7		19400	971	15,8	1130	493	83	2,52	132	2,91	62150			
x235	69,0	39,7	0,8	0,42	11,9	1,6		17400	875	15,9	1010	444	75	2,54	118	2,76	55550			
x211	62,0	39,4	0,8	0,38	11,8	1,4		15500	786	15,8	906	390	66	2,51	105	2,6	49830			
x183	53,8	39,0	0,7	0,33	11,8	1,2		13300	683	15,7	783	336	57	2,5	90	2,4	43065			
x167	49,2	38,6	0,7	0,33	11,8	1,0		11600	600	15,3	693	283	48	2,4	76	2,21	38115			
x149	43,8	38,2	0,6	0,32	11,8	0,8		9800	513	15	598	229	39	2,29	62	2,01	32890			
x798	235,0	42,00	2,38	1,19	18,00	4,29		62600	2980	16,3	3580	4200	467	4,23	743	5,24	2E+05			
x650	191,0	40,50	1,97	0,99	17,60	3,54		48900	2420	16	2860	3230	367	4,11	580	4,49	2E+05			
x798	235,0	42,00	2,38	1,19	18,00	4,29		62600	2980	16,3	3580	4200	467	4,23	743	5,24	2E+05			
x650	191,0	40,50	1,97	0,99	17,60	3,54		48900	2420	16	2860	3230	367	4,11	580	4,49	2E+05			
W36x527	155,0	39,20	1,61	0,81	17,20	2,91		38300	1950	15,7	2280	2490	289	4,01	454	3,86	1E+05			
x439	129,0	38,30	1,36	0,68	17,00	2,44		31000	1620	15,5	1870	1990	235	3,93	367	3,39	1E+05			
x393	116,0	37,80	1,22	0,61	16,80	2,20		27500	1450	15,4	1670	1750	208	3,9	325	3,15	91850			
x359	105,0	37,40	1,12	0,56	16,70	2,01		24800	1320	15,3	1510	1570	188	3,66	292	2,96	83050			
x328	96,4	37,10	1,02	0,51	16,60	1,85		22500	1210	15,3	1380	1420	171	3,84	265	2,8	75900			
x300	88,3	36,70	0,95	0,47	16,70	1,68		20300	1110	15,2	1260	1300	156	3,83	241	2,63	69300			
x280	82,4	36,50	0,89	0,44	16,60	1,57		18900	1030	15,1	1170	1200	144	3,81	223	2,52	64350			
x260	76,5	36,30	0,84	0,42	16,60	1,44		17300	953	15	1080	1090	132	3,78	204	2,39	59400			
x245	72,1	36,10	0,80	0,40	16,50	1,35		16100	895	15	1010	1010	123	3,75	190	2,3	55550			
x230	67,6	35,90	0,76	0,38	16,50	1,26		15000	837	14,9	943	940	114	3,73	176	2,21	51865			
X256	75,4	37,40	0,96	0,48	12,20	1,73		16800	895	14,9	1040	528	87	2,65	137	2,48	57200			
x232	68,1	37,10	0,87	0,44	12,10	1,57		15000	809	14,8	936	468	77	2,62	122	2,32	51480			
x210	61,8	36,70	0,83	0,42	12,20	1,36		13200	719	14,6	833	411	68	2,58	107	2,11	45815			
x194	57,0	36,50	0,77	0,38	12,10	1,26		12100	664	14,6	767	375	62	2,56	97,7	2,01	42185			
x182	53,6	36,30	0,73	0,36	12,10	1,18		11300	623	14,5	718	347	58	2,55	90,7	1,93	39490			
x170	50,1	36,20	0,68	0,34	12,00	1,10		10500	581	14,5	668	320	53	2,53	83,8	1,85	36740			
x160	47,0	36,00	0,65	0,33	12,00	1,02		9760	542	14,4	624	295	49	2,5	77,3	1,77	34320			
x150	44,2	35,90	0,63	0,31	12,00	0,94		9040	504	14,3	581	270	45	2,47	70,9	1,69	31955			
x135	39,7	35,60	0,60	0,30	12,00	0,79		7800	439	14	509	225	38	2,38	59,7	1,54	27995			
W33x387	114,0	36,00	1,26	0,63	16,20	2,28		24300	1350	14,6	1620	1620	200	3,77	312	3,07	89100			
X354	104,0	35,60	1,16	0,58	16,10	2,09		22000	1240	14,5	1460	1460	181	3,74	282	2,88	80300			
x318	93,6	35,20	1,04	0,52	16,00	1,89		19500	1110	14,5	1290	1290	161	3,71	250	2,68	70950			
x291	85,7	34,80	0,96	0,48	15,90	1,73		17700	1020	14,4	1160	1160	146	3,68	226	2,52	63800			
x263	77,5	34,5	0,9	0,4	15,8	1,6		15900	919	14,3	1040	1040	131	3,66	202	2,36	57200			
x241	71,0	34,2	0,8	0,4	15,9	1,4		14200	831	14,1	933	933	118	3,62	182	2,19	51315			
x221	65,2	33,9	0,8	0,4	15,8	1,3		12900	759	14,1	840	840	106	3,59	164	2,06	46200			

A.1 CONTINUACION PERFILES W

SISTEMA INGLES

Area A	altura d	alma		ala		EJE X				EJE Y				Fy=	50	ksi	Ry=	1,1
		espesor	ancho	groso										t _w	t _w /2	bf	tf	k
		pulg ²	pulg	pulg	pulg		pulg	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg	kip*pulg	
		pulg ²	pulg	pulg	pulg		pulg	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg	kip*pulg	
W33X201	59,2	33,7	0,7	0,4	15,7	1,2	11600	686	14,0	749	749	95	3,56	147	1,94	41195		
X169	49,5	33,8	0,7	0,3	11,5	1,2	9290	549	13,7	310	310	54	2,5	84	1,92	17050		
x152	44,8	33,5	0,6	0,3	11,6	1,1	8160	487	13,5	273	273	47	2,47	74	1,76	15015		
x141	41,6	33,3	0,6	0,3	11,5	1,0	7450	448	13,4	246	246	43	2,43	67	1,66	13530		
x130	38,3	33,1	0,5	0,3	11,5	0,9	6710	406	13,2	218	218	38	2,39	60	1,56	11990		
x118	34,7	32,9	0,6	0,3	11,5	0,7	5900	359	13,0	187	187	33	2,32	51	1,44	10285		
x391	115,0	33,2	1,4	0,7	15,6	2,4	20700	1250	13,4	1450	1550	198	3,67	310	3,23	79750		
x357	105,0	32,8	1,2	0,6	15,5	2,2	18700	1140	13,3	1320	1390	179	3,64	279	3,03	72600		
x326	95,8	32,4	1,1	0,6	15,4	2,1	16800	1040	13,2	1190	1240	162	3,6	252	2,84	65450		
W30x292	85,9	32,0	1,0	0,5	15,3	1,9	14900	930	13,2	1060	1100	144	3,58	223	2,64	58300		
x261	76,9	31,6	0,9	0,5	15,2	1,7	13100	829	13,1	943	959	127	3,53	196	2,44	51865		
x235	69,2	31,3	0,8	0,4	15,1	1,5	11700	748	13,0	847	855	114	3,51	175	2,29	46585		
x211	62,2	30,9	0,8	0,4	15,1	1,3	10300	665	12,9	751	757	100	3,49	155	2,10	41305		
x191	56,3	30,7	0,7	0,4	15,0	1,2	9200	600	12,8	675	673	90	3,46	138	1,97	37125		
x173	51,0	30,4	0,7	0,3	15,0	1,1	8230	541	12,7	607	598	80	3,42	123	1,85	33385		
X148	43,5	30,7	0,7	0,3	10,5	1,2	6680	436	12,4	500	227	43	2,28	68	1,83	27500		
x132	38,9	30,3	0,6	0,3	10,5	1,0	5770	380	12,2	437	196	37	2,25	58	1,65	24035		
x124	36,5	30,2	0,6	0,3	10,5	0,9	5360	355	12,1	408	181	34	2,23	54	1,58	22440		
x116	34,2	30,0	0,6	0,3	10,5	0,9	4930	329	12,0	378	164	31	2,19	49	1,50	20790		
x108	31,7	29,8	0,5	0,3	10,5	0,8	4470	299	11,9	346	146	28	2,15	44	1,41	19030		
x99	29,1	29,7	0,5	0,3	10,5	0,7	3990	269	11,7	312	128	25	2,10	39	1,32	17160		
x90	26,4	29,5	0,5	0,2	10,4	0,6	3610	245	11,7	283	115	22	2,09	35	1,26	15565		
W27X539	159,0	32,5	2,0	1,0	15,3	3,5	25600	1570	12,7	1890	2110	277	3,65	437	4,33	103950		
x368	108,0	30,4	1,4	0,7	14,7	2,5	16200	1060	12,2	1240	1310	179	3,48	279	3,27	68200		
x307	90,4	29,6	1,2	0,6	14,4	2,1	13100	887	12,00	1030	1050	146	3,41	227	2,88	56650		
x281	82,9	29,3	1,1	0,5	14,4	1,9	11900	814	12,00	936	953	133	3,39	206	2,72	51480		
x258	76,0	29,0	1,0	0,5	14,3	1,8	10800	745	11,90	852	859	120	3,36	187	2,56	46860		
x235	69,4	28,7	0,9	0,5	14,2	1,6	9700	677	11,80	772	769	108	3,33	168	2,4	42460		
x217	64,0	28,4	0,8	0,4	14,1	1,5	8910	627	11,80	711	704	100	3,32	154	2,29	39105		
x194	57,2	28,1	0,8	0,4	14,0	1,3	7860	559	11,70	631	619	88	3,29	136	2,13	34705		
x178	52,5	27,8	0,7	0,4	14,1	1,2	7020	505	11,60	570	555	79	3,25	122	1,98	31350		
x161	47,6	27,6	0,7	0,3	14,0	1,1	6310	458	11,50	515	497	71	3,23	109	1,87	28325		
x146	43,1	27,4	0,6	0,3	14,0	1,0	5660	414	11,50	464	443	64	3,20	98	1,76	25520		
X129	37,8	27,6	0,6	0,3	10,0	1,1	4760	345	11,20	395	184	37	2,21	58	1,7	21725		
x114	33,5	27,3	0,6	0,3	10,1	0,9	4080	299	11,00	343	159	32	2,18	49	1,53	18865		
x102	30,0	27,1	0,5	0,3	10,0	0,8	3620	267	11,00	305	139	28	2,15	43	1,43	16775		
x94	27,7	26,9	0,5	0,2	10,0	0,7	3270	243	10,90	278	124	25	2,12	39	1,34	15290		
x84	24,8	26,7	0,5	0,2	10,0	0,6	2850	213	10,70	244	106	21	2,07	33	1,24	13420		
x370	109,0	28,0	1,5	0,8	13,7	2,7	13400	957	11,10	1130	1160	170	3,27	267	3,22	62150		
x335	98,4	27,5	1,4	0,7	13,5	2,5	11900	864	11,00	1020	1030	152	3,23	238	2,98	56100		
x306	89,8	27,1	1,3	0,6	13,4	2,5	10700	789	10,90	922	919	137	3,20	214	2,78	50710		
W24x279	82,0	26,7	1,2	0,6	13,3	2,1	9600	718	10,80	835	823	124	3,17	193	2,59	45925		
x250	73,5	26,3	1,0	0,5	13,2	1,9	8490	644	10,70	744	724	110	3,14	171	2,39	40920		
x229	67,2	26,0	1,0	0,5	13,1	1,7	7650	588	10,70	675	651	99	3,11	154	2,23	37125		
x207	60,7	25,7	0,9	0,4	13,0	1,6	6820	531	10,60	606	578	89	3,08	137	2,07	33330		
x192	56,3	25,5	0,8	0,4	13,0	1,5	6260	491	10,50	559	530	82	3,07	126	1,96	30745		
x176	51,7	25,2	0,8	0,4	12,9	1,3	5680	450	10,50	511	479	74	3,04	115	1,84	28105		
x162	47,7	25,0	0,7	0,4	13,0	1,2	5170	414	10,40	468	443	68	3,05	105	1,72	25740		
x146	43,0	24,7	0,7	0,3	12,9	1,1	4580	371	10,30	418	391	61	3,01	93	1,59	22990		
x131	38,5	24,5	0,6	0,3	12,9	1,0	4020	329	10,20	370	340	53	2,97	82	1,46	20350		
x117	34,4	24,3	0,6	0,3	12,8	0,9	3540	291	10,10	327	297	47	2,94	71	1,35	17985		
x104	30,6	24,1	0,5	0,3	12,8	0,8	3100	258	10,10	289	259	41	2,91	62	1,25	15895		
W24X103	30,3	24,5	0,6	0,3	9,0	0,98	3000	245	9,96	280	119	27	1,99	42	1,48	15400		
x94	27,7	24,3	0,5	0,3	9,1	0,88	2700	222	9,87	254	109	24	1,98	38	1,38	13970		

A.1 CONTINUACION PERFILES W
SISTEMA INGLES

Fy= 50 ksi Ry= 1,1

	Area pulg ²	altura d pulg	alma		ala		EJE X				EJE Y				k kip*pulg	
			espesor t _w pulg	ancho t _{w/2} pulg	b _f pulg	t _f pulg										
							I _x pulg ⁴	S _x pulg ³	r _x pulg	Z _x pulg ³	I _y pulg ⁴	S _y pulg ³	r _y pulg	Z _y pulg ³		
W24x84	24,7	24,1	0,5	0,2	9,0	0,77	2370	196	9,79	224	94,4	21	1,95	33	1,27	12320
x76	22,4	23,9	0,4	0,2	9,0	0,68	2100	176	9,69	200	82,5	18	1,92	29	1,18	11000
x68	20,1	23,7	0,4	0,2	9,0	0,59	1830	154	9,55	177	70,4	16	1,87	25	1,09	9735
X62	18,3	23,7	0,4	0,2	7,0	0,59	1560	132	9,24	154	34,5	10	1,37	16	1,19	8470
x55	16,3	23,6	0,4	0,2	7,0	0,51	1360	115	9,13	135	29,1	8	1,34	13	1,11	7425
W21X201	59,2	23,0	0,9	0,5	12,6	1,63	5310	461	9,47	530	542	86	3,02	133	2,13	29150
x182	53,6	22,7	0,8	0,4	12,5	1,48	4730	417	9,40	476	483	77	3,00	119	1,98	26180
x166	48,8	22,5	0,8	0,4	12,4	1,36	4280	380	9,36	432	435	70	2,99	108	1,86	23760
x147	43,2	22,1	0,7	0,4	12,5	1,15	3630	329	9,17	373	376	60	2,95	93	1,65	20515
x132	38,8	21,8	0,7	0,3	12,4	1,03	3220	295	9,12	333	333	54	2,93	82	1,54	18315
x122	35,9	21,7	0,6	0,3	12,4	0,96	2960	273	9,09	307	305	49	2,92	76	1,46	16885
x111	32,7	21,5	0,6	0,3	12,3	0,88	2670	249	9,05	279	274	45	2,90	68	1,38	15345
x101	29,8	21,4	0,5	0,3	12,3	0,80	2420	227	9,02	253	248	40	2,89	62	1,3	13915
x93	27,9	21,6	0,6	0,3	8,4	0,93	2070	192	8,70	221	92,9	22	1,84	35	1,43	12155
x83	24,3	21,4	0,5	0,3	8,4	0,84	1830	171	8,67	196	81,4	20	1,83	31	1,34	10780
x73	21,5	21,2	0,5	0,2	8,3	0,74	1600	151	8,64	172	70,6	17	1,81	27	1,24	9460
x68	20,0	21,1	0,4	0,2	8,3	0,69	1480	140	8,60	160	64,7	16	1,80	24	1,19	8800
x62	18,3	21,0	0,4	0,2	8,2	0,62	1330	127	8,54	144	57,5	14	1,77	22	1,12	7920
x55	16,2	20,8	0,4	0,2	8,2	0,52	1140	110	8,40	126	48,4	12	1,73	18	1,02	6930
x48	14,1	20,6	0,4	0,2	8,1	0,43	959	93	8,24	107	38,7	10	1,66	15	0,93	5885
X57	16,7	21,1	0,4	0,2	6,6	0,65	1170	111	8,36	129	30,6	9	1,35	15	1,15	7095
x50	14,7	20,8	0,4	0,2	6,5	0,54	984	94,5	8,18	110	24,9	7	1,30	12	1,04	6050
x44	13,0	20,7	0,4	0,2	6,5	0,45	843	81,6	8,06	95	20,7	6	1,26	10	0,95	5247
W18x175	51,3	20,0	0,9	0,4	11,4	1,59	3450	344	8,20	398	391	69	2,76	106	1,99	21890
x158	46,3	19,7	0,8	0,4	11,3	1,44	3060	310	8,12	356	347	61	2,74	95	1,84	19580
x143	42,1	19,5	0,7	0,4	11,2	1,32	2750	282	8,09	322	311	56	2,72	85	1,72	17710
x130	38,2	19,3	0,67	0,34	11,2	1,20	2460	256	8,03	290	278	50	2,70	77	1,6	15950
W18	35,1	19,0	0,66	0,33	11,3	1,06	2190	231	7,90	262	253	45	2,69	69	1,46	14410
x106	31,1	18,7	0,59	0,30	11,2	0,94	1910	204	7,84	230	220	39	2,66	61	1,34	12650
x97	28,5	18,6	0,54	0,27	11,1	0,87	1750	188	7,82	211	201	36	2,65	55	1,27	11605
x86	25,3	18,4	0,48	0,24	11,1	0,77	1530	166	7,77	186	175	32	2,63	48	1,17	10230
x76	22,3	18,2	0,43	0,21	11,0	0,68	1330	146	7,73	163	152	28	2,61	42	1,08	8965
X71	20,8	18,5	0,50	0,25	7,6	0,81	1170	127	7,50	146	60,3	16	1,7	25	1,21	8030
x65	19,1	18,4	0,45	0,23	7,6	0,75	1070	117	7,49	133	54,8	14	1,69	23	1,15	7315
x60	17,6	18,2	0,42	0,21	7,6	0,70	984	108	7,47	123	50,1	13	1,68	21	1,1	6765
x55	16,2	18,1	0,39	0,20	7,5	0,63	890	98	7,41	112	44,9	12	1,67	19	1,03	6160
x50	14,7	18,0	0,36	0,18	7,5	0,57	800	89	7,38	101	40,1	11	1,65	17	0,97	5555
x46	13,5	18,1	0,36	0,18	6,1	0,61	712	79	7,25	91	22,5	7	1,29	12	1,01	4988,5
x40	11,8	17,9	0,32	0,16	6,0	0,53	612	68	7,21	78	19,1	6	1,27	10	0,93	4312
x35	10,3	17,7	0,30	0,15	6,0	0,43	510	58	7,04	67	15,3	5	1,22	8	0,83	3657,5
W16X100	29,7	17,0	0,59	0,29	10,4	0,99	1500	177	7,10	200	186	36	2,50	55	1,69	11000
x89	26,4	16,8	0,53	0,26	10,4	0,88	1310	157	7,05	177	163	31	2,48	48	1,58	9735
x77	22,9	16,5	0,46	0,23	10,3	0,76	1120	136	7,00	152	138	27	2,46	41	1,47	8360
x67	20,0	16,3	0,40	0,20	10,2	0,67	970	119	6,97	132	119	23	2,44	36	1,37	7260
X57	16,8	16,4	0,43	0,22	7,1	0,72	758	92	6,72	105	43,1	12	1,60	19	1,12	5775
x50	14,7	16,3	0,38	0,19	7,1	0,63	659	81	6,68	92	37,2	11	1,59	16	1,03	5060
x45	13,3	16,1	0,35	0,17	7,0	0,57	586	73	6,65	82	32,8	9	1,57	15	0,97	4526,5
x40	11,8	16,0	0,31	0,15	7,0	0,51	518	65	6,63	73	28,9	8	1,57	13	0,91	4015
x36	10,6	15,9	0,30	0,15	7,0	0,43	448	57	6,51	64	24,5	7	1,52	11	0,83	3520
X31	9,1	15,9	0,28	0,14	5,5	0,44	375	47	6,41	54	12,4	4	1,17	7	0,84	2970
x26	7,7	15,7	0,25	0,13	5,5	0,35	301	38	6,26	44	9,59	3	1,12	5	0,75	2431
W14x808	237,0	22,8	3,74	1,87	18,6	5,12	16000	1400	8,20	1830	5510	594	4,82	927	5,72	100650
x730	215,0	22,4	3,07	1,54	17,9	4,91	14300	1280	8,17	1660	4720	527	4,69	816	5,51	91300
x665	196,0	21,6	2,83	1,42	17,7	4,52	12400	1150	7,98	1480	4170	472	4,62	730	5,12	81400
x43	12,6	14	0,31	0,15	8,00	0,53	428	63	5,82	70	45,2	11	1,89	17	1,12	3828
x38	11,2	14	0,31	0,16	6,77	0,52	385	55	5,87	62	26,7	8	1,55	12	0,92	3383
x34	10,0	14	0,29	0,14	6,75	0,46	340	49	5,83	55	23,3	7	1,53	11	0,86	3003

A.1 CONTINUACION PERFILES W

SISTEMA INGLES

Area A	altura d	alma				ala		EJE X				EJE Y				Fy=	50	ksi	Ry=	1,1
		espesor		ancho	grosor	t _w	t _w /2													
		pulg ²	pulg	pulg		pulg		pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg	kip*pulg			
		pulg	pulg																	
W14x30	8,9	14	0,27	0,14	6,73	0,39	291	42	5,73	47	19,6	6	1,49	9	0,79	2602				
x26	7,7	14	0,26	0,13	5,03	0,42	245	35	5,65	40	8,9	4	1,08	6	0,82	2211				
x22	6,5	14	0,23	0,12	5,00	0,34	199	29	5,54	33	7,0	3	1,04	4	0,74	1826				
W12x336	98,8	17	1,78	0,89	13,40	2,96	4060	483	6,41	603	1190,0	177	3,47	274	3,55	33165				
x305	89,6	16	1,63	0,82	13,20	2,71	3550	435	6,29	537	1050,0	159	3,42	244	3,30	29535				
x279	81,9	16	1,53	0,77	13,10	2,47	3110	393	6,16	481	937,0	143	3,38	220	3,07	26455				
x252	74,0	15	1,40	0,70	13,00	2,25	2720	353	6,06	428	828,0	127	3,34	196	2,85	23540				
x230	67,7	15	1,29	0,65	12,90	2,07	2420	321	5,97	386	742,0	115	3,31	177	2,67	21230				
x210	61,8	15	1,18	0,59	12,80	1,90	2140	292	5,89	348	664,0	104	3,28	159	2,50	19140				
x190	55,8	14	1,06	0,53	12,70	1,74	1890	263	5,82	311	589,0	93	3,25	143	2,33	17105				
x170	50,0	14	0,96	0,48	12,60	1,56	1650	235	5,74	275	517,0	82	3,22	126	2,16	15125				
x152	44,7	14	0,87	0,44	12,50	1,40	1430	209	5,66	243	454,0	73	3,19	111	2,00	13365				
x136	39,9	13	0,79	0,40	12,40	1,25	1240	186	5,58	214	398,0	64	3,16	98	1,85	11770				
x120	35,3	13	0,71	0,36	12,30	1,11	1070	163	5,51	186	345,0	56	3,13	85	1,70	10230				
x106	31,2	13	0,61	0,31	12,20	0,99	933	145	5,47	164	301,0	49	3,11	75	1,59	9020				
x96	28,2	13	0,55	0,28	12,20	0,90	833	131	5,44	147	270,0	44	3,09	68	1,50	8085				
x87	25,6	13	0,52	0,26	12,10	0,81	740	118	5,38	132	241,0	40	3,07	60	1,41	7260				
x79	23,2	12	0,47	0,24	12,10	0,74	662	107	5,34	119	216,0	36	3,05	54	1,33	6545				
x72	21,1	12	0,43	0,22	12,00	0,67	597	97	5,31	108	195,0	32	3,04	49	1,27	5940				
x65	19,1	12	0,39	0,20	12,00	0,61	533	88	5,28	97	174,0	29	3,02	44	1,20	5324				
x58	17,0	12	0,36	0,18	10,00	0,64	475	78	5,28	86	107,0	21	2,51	33	1,24	4752				
x53	15,6	12	0,35	0,17	9,99	0,58	425	71	5,23	78	95,8	19	2,48	29	1,17	4285				
x50	14,6	12	0,37	0,19	8,08	0,64	391	64	5,18	72	56,3	14	1,96	21	1,14	3955				
x45	13,1	12	0,34	0,17	8,05	0,58	348	58	5,15	64	50,0	12	1,95	19	1,08	3531				
x40	11,7	12	0,30	0,15	8,01	0,52	307	52	5,13	57	44,1	11	1,94	17	1,02	3135				
x35	10,3	12,5	0,30	0,15	6,56	0,52	285	46	5,25	51	24,5	7	1,54	12	0,82	2816				
x30	8,8	12,3	0,26	0,13	6,52	0,44	238	39	5,21	43	20,3	6	1,52	10	0,74	2371				
x26	7,7	12,2	0,23	0,12	6,49	0,38	204	33	5,17	37	17,3	5	1,51	8	0,68	2046				
x22	6,5	12,3	0,26	0,13	4,03	0,43	156	25	4,91	29	4,66	2	0,85	4	0,73	1612				
x19	5,6	12,2	0,24	0,12	4,01	0,35	130	21	4,82	25	3,76	2	0,82	3	0,65	1359				
x16	4,7	12,0	0,22	0,11	3,99	0,27	103	17	4,67	20	2,82	1	0,77	2	0,57	1106				
x14	4,2	11,9	0,20	0,10	3,97	0,23	88,6	15	4,62	17	2,36	1	0,75	2	0,53	957				
W10x112	32,9	11,4	0,76	0,38	10,40	1,25	716	126	4,66	147	236	45	2,68	69	1,75	8085				
x100	29,4	11,1	0,68	0,34	10,30	1,12	623	112	4,60	130	207	40	2,65	61	1,62	7150				
x88	25,9	10,8	0,61	0,30	10,30	0,99	534	99	4,54	113	179	35	2,63	53	1,49	6215				
x77	22,6	10,6	0,53	0,27	10,20	0,87	455	86	4,49	98	154	30	2,6	46	1,37	5368				
x68	20,0	10,4	0,47	0,24	10,10	0,77	394	76	4,44	85	134	26	2,59	40	1,27	4692				
x60	17,6	10,2	0,42	0,21	10,10	0,68	341	67	4,39	75	116	23	2,57	35	1,18	4103				
x54	15,8	10,1	0,37	0,19	10,00	0,62	303	60	4,37	67	103	21	2,56	31	1,12	3663				
x49	14,4	10,0	0,34	0,17	10,00	0,56	272	55	4,35	60	93,4	19	2,54	28	1,06	3322				
x45	13,3	10,1	0,35	0,18	8,02	0,62	248	49	4,32	55	53,4	13	2,01	20	1,12	3020				
x39	11,5	9,9	0,32	0,16	7,99	0,53	209	42	4,27	47	45	11	1,98	17	1,03	2574				
x33	9,7	9,7	0,29	0,15	7,96	0,44	171	35	4,19	39	36,6	9	1,94	14	0,94	2134				
x30	8,8	10,5	0,30	0,15	5,81	0,51	170	32	4,38	37	16,7	6	1,37	9	0,81	2013				
x26	7,6	10,3	0,26	0,13	5,77	0,44	144	28	4,35	31	14,1	5	1,36	8	0,74	1722				
x22	6,5	10,2	0,24	0,12	5,75	0,36	118	23	4,27	26	11,4	4	1,33	6	0,66	1430				
x19	5,6	10,2	0,25	0,13	4,02	0,40	96,3	19	4,14	22	4,29	2	0,87	3	0,70	1188				
x17	5,0	10,1	0,24	0,12	4,01	0,33	81,9	16	4,05	19	3,56	2	0,85	3	0,63	1029				
x15	4,4	10,0	0,23	0,12	4,00	0,27	68,9	14	3,95	16	2,89	1	0,81	2	0,57	880				
x12	3,5	9,9	0,19	0,10	3,96	0,21	53,8	11	3,90	13	2,18	1	0,79	2	0,51	693				
W8x67	19,7	9,0	0,57	0,29	8,28	0,94	272	60	3,72	70	88,6	21	2,12	33	1,33	3856				
x58	17,1	8,8	0,51	0,26	8,22	0,81	228	52	3,65	60	75,1	18	2,1	28	1,20	3289				
x48	14,1	8,5	0,40	0,20	8,11	0,69	184	43	3,61	49	60,9	15	2,08	23	1,08	2695				
x40	11,7	8,3	0,36	0,18	8,07	0,56	146,0	36	3,53	40	49,1	12	2,04	19	0,95	2189				
x35	10,3	8,1	0,31	0,16	8,02	0,50	127,0	31	3,51	35	42,6	11	2,03	16	0,89	1909				
x31	9,1	8,0	0,29	0,14	8,00	0,44	110,0	28	3,47	30	37,1	9	2,02	14	0,83	1672				
x28	8,2	8,1	0,29	0,14	6,54	0,47	98,0	24	3,45	27	21,7	7	1,62	10	0,86	1496				
x24	7,1	7,9	0,25	0,12	6,50	0,40	82,7	21	3,42	23	18,3	6	1,61	9	0,79	1271				
x21	6,2	8,3	0,25	0,13	5,27	0,40	75,3	18	3,49	20	9,77	4	1,26	6	0,70	1122				

**A.1 CONTINUACION PERFILES W
SISTEMA INGLES**

Fy= 50 ksi Ry= 1,1

Area A	altura d	alma		ala		EJE X				EJE Y				k	Mpr kip*pulg	
		espesor t _w	t _w /2	ancho bf	grosor tf											
		pulg ²	pulg	pulg	pulg	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³			
W8x18	5,3	8,1	0,23	0,12	5,25	0,33	61,9	15	3,43	17	7,97	3	1,23	5	0,63	935
x15	4,4	8,1	0,25	0,12	4,01	0,32	48,0	12	3,29	14	3,41	2	0,88	3	0,62	748
x13	3,8	8,0	0,23	0,12	4,00	0,26	39,6	10	3,21	11	2,73	1	0,84	2	0,56	627
x10	3,0	7,9	0,17	0,09	3,94	0,21	30,8	8	3,22	9	2,09	1	0,84	2	0,51	488
W6x25	7,4	6,4	0,32	0,16	6,08	0,46	53,6	17	2,70	19	17,1	6	1,52	9	0,75	1045
x20	5,9	6,2	0,26	0,13	6,02	0,37	41,5	13	2,66	15	13,3	4	1,50	7	0,66	825
x15	4,5	6,0	0,23	0,12	5,99	0,26	29,3	10	2,56	11	9,32	3	1,45	5	0,56	594
x16	4,7	6,3	0,26	0,13	4,03	0,41	32,1	10	2,60	12	4,43	2	0,97	3	0,66	644
x12	3,6	6,0	0,23	0,12	4,00	0,28	22,1	7	2,49	8	2,99	2	0,92	2	0,53	457
x9	2,7	5,9	0,17	0,09	3,94	0,22	16,4	6	2,47	6	2,2	1	0,91	2	0,47	343
x8.5	2,5	5,8	0,17	0,09	3,94	0,19	14,8	5	2,43	6	1,98	1	0,89	2	0,44	314
W5x19	5,6	5,2	0,27	0,14	5,03	0,43	26,3	10	2,17	12	9,13	4	1,28	6	0,73	638
x16	4,7	5,0	0,24	0,12	5,00	0,36	21,4	9	2,13	10	7,51	3	1,26	5	0,66	530
W4x13	3,8	4,2	0,28	0,14	4,06	0,35	11,3	5	1,72	6	3,86	2	1,00	3	0,56	345

Anexo A.2 Geometría de perfiles en sistema MKS

A.2 TABLA DE GEOMETRIA DE PERFILES W
SISTEMA INTERNACIONAL

Fy= 3515 kgf/cm² **Ry= 1,1**

Area A cm ²	altura d cm	alma				ala				EJE X				EJE Y				k cm	Mpr ton·m
		espesor		ancho	grosor	bf		tf	I _x	S _x	r _x	Z _x	I _y	S _y	r _y	Z _y			
		t _w	t _{/2}	cm	cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³			
W44X335	634	112	2,59	1,30	40,64	4,50	1294480	23106	45,21	2655	49948	2474	8,89	3867	6,50	103			
x290	554	111	2,21	1,10	40,13	4,01	1127987	20320	45,21	23270	43704	2163	8,86	3376	6,02	900			
x262	498	110	2,01	1,00	40,13	3,61	1007280	18354	44,96	20812	38585	1934	8,79	2999	5,61	805			
x230	437	109	1,80	0,90	40,13	3,10	865761	15912	44,45	18026	33132	1655	8,71	2573	5,11	697			
W40X593	1123	109	4,55	2,27	42,42	8,20	2097806	38346	43,18	45228	104890	4949	9,65	7882	11,20	1749			
x503	955	107	3,91	1,96	41,66	7,01	1735685	32446	42,67	38018	85327	4097	9,45	6473	10,01	1470			
x431	819	105	3,40	1,70	41,15	5,99	1448485	27694	42,16	32119	70343	3409	9,27	5375	8,99	1242			
x397	755	104	3,10	1,55	40,89	5,59	1331941	25564	42,16	29497	64100	3130	9,25	4916	8,59	1141			
x372	703	103	2,95	1,47	40,89	5,21	1232045	23925	41,91	27530	59105	2901	9,14	4556	8,20	1065			
x362	690	103	2,84	1,42	40,64	5,11	1202909	23270	41,91	26875	57440	2835	9,14	4425	8,10	1039			
x324	615	102	2,54	1,27	40,39	4,60	1065552	20975	41,66	23925	50780	2507	9,09	3917	7,59	925			
x297	564	101	2,36	1,18	40,13	4,19	965657	19173	41,40	21795	45369	2261	8,99	3523	7,19	843			
x277	525	101	2,11	1,05	40,13	4,01	911547	18026	41,66	20484	43288	2163	9,09	3343	7,01	792			
x249	473	100	1,91	0,95	40,13	3,61	815814	16272	41,40	18354	38543	1934	9,02	2982	6,60	710			
x215	408	99	1,65	0,83	40,13	3,10	695106	14076	41,15	15797	33132	1655	8,99	2556	6,10	611			
x199	377	98	1,65	0,83	40,13	2,72	620185	12618	40,64	14240	28928	1445	8,76	2245	5,72	551			
x392	742	106	3,61	1,80	31,50	6,40	1244532	23597	40,89	28022	33423	2130	6,71	3474	9,40	1084			
x331	629	104	3,10	1,55	30,99	5,41	1028092	19828	40,39	23434	26805	1737	6,53	2819	8,41	906			
x327	619	104	3,00	1,50	30,73	5,41	1019767	19664	40,64	23106	26639	1721	6,55	2786	8,41	893			
x278	528	102	2,59	1,30	30,48	4,60	853274	16715	40,13	19501	21686	1427	6,40	2294	7,59	754			
x264	501	102	2,44	1,22	30,23	4,39	807489	15912	40,13	18517	20520	1354	6,40	2163	7,39	716			
x235	445	101	2,11	1,05	30,23	4,01	724243	14339	40,39	16551	18481	1222	6,45	1934	7,01	640			
x211	400	100	1,91	0,95	29,97	3,61	645159	12880	40,13	14847	16233	1083	6,38	1721	6,60	574			
x183	347	99	1,65	0,83	29,97	3,10	553588	11192	39,88	12831	13985	932	6,35	1468	6,10	496			
x167	317	98	1,65	0,83	29,97	2,59	482828	9832	38,86	11356	11779	785	6,10	1245	5,61	439			
x149	283	97	1,60	0,80	29,97	2,11	407907	8407	38,10	9799	9532	636	5,82	1019	5,11	379			
x798	1516	107	6,05	3,02	45,72	10,90	2605609	48833	41,40	58666	174817	7653	10,74	12176	13,31	2269			
x650	1232	103	5,00	2,50	44,70	8,99	2035372	39657	40,64	46867	134443	6014	10,44	9504	11,40	1812			
W36x527	1000	100	4,09	2,04	43,69	7,39	1594166	31955	39,88	37363	103642	4736	10,19	7440	9,80	1445			
x439	832	97	3,45	1,73	43,18	6,20	1290317	26547	39,37	30644	82830	3851	9,98	6014	8,61	1185			
x393	748	96	3,10	1,55	42,67	5,59	1144636	23761	39,12	27366	72840	3409	9,91	5326	8,00	1058			
x359	677	95	2,84	1,42	42,42	5,11	1032254	21631	38,86	24744	65348	3081	9,30	4785	7,52	957			
x328	622	94	2,59	1,30	42,16	4,70	936521	19828	38,86	22614	59105	2802	9,75	4343	7,11	874			
x300	570	93	2,40	1,20	42,42	4,27	844950	18190	38,61	20648	54110	2556	9,73	3949	6,68	798			
x280	532	93	2,25	1,12	42,16	3,99	786677	16879	38,35	19173	49948	2360	9,68	3654	6,40	741			
x260	494	92	2,13	1,07	42,16	3,66	720080	15617	38,10	17698	45369	2163	9,60	3343	6,07	684			
x245	465	92	2,03	1,02	41,91	3,43	670133	14666	38,10	16551	42039	2016	9,53	3114	5,84	640			
x230	436	91	1,93	0,97	41,91	3,20	624347	13716	37,85	15453	39126	1868	9,47	2884	5,61	598			
X256	486	95	2,44	1,22	30,99	4,39	699269	14666	37,85	17043	21977	1417	6,73	2245	6,30	659			
x232	439	94	2,21	1,10	30,73	3,99	624347	13257	37,59	15338	19480	1265	6,65	1999	5,89	593			
x210	399	93	2,11	1,05	30,99	3,45	549425	11782	37,08	13650	17107	1106	6,55	1753	5,36	528			
x194	368	93	1,94	0,97	30,73	3,20	503640	10881	37,08	12569	15609	1014	6,50	1601	5,11	486			
x182	346	92	1,84	0,92	30,73	3,00	470342	10209	36,83	11766	14443	944	6,48	1486	4,90	455			
x170	323	92	1,73	0,86	30,48	2,79	437043	9521	36,83	10947	13319	872	6,43	1373	4,70	423			
x160	303	91	1,65	0,83	30,48	2,59	406242	8882	36,58	10226	12279	805	6,35	1267	4,50	395			
x150	285	91	1,59	0,79	30,48	2,39	376273	8259	36,32	9521	11238	739	6,27	1162	4,29	368			
x135	256	90	1,52	0,76	30,48	2,01	324661	7194	35,56	8341	9365	618	6,05	978	3,91	323			
W33x387	735	91	3,20	1,60	41,15	5,79	1011442	22123	37,08	26547	67429	3277	9,58	5113	7,80	1027			
X354	671	90	2,95	1,47	40,89	5,31	915709	20320	36,83	23925	60770	2966	9,50	4621	7,32	925			
x318	604	89	2,64	1,32	40,64	4,80	811651	18190	36,83	21139	53694	2638	9,42	4097	6,81	817			
x291	553	88	2,44	1,22	40,39	4,39	736730	16715	36,58	19009	48283	2393	9,35	3703	6,40	735			

A.2 TABLA DE GEOMETRÍA DE PERFILES W
SISTEMA INTERNACIONAL

Fy= 3515 kgf/cm² Ry= 1,1

Area A cm ²	altura d cm	alma				ala				EJE X				EJE Y											
		espesor		ancho		grosor		I _x		S _x		r _x		Z _x		I _y		S _y		r _y		Z _y		k	M _{pr}
		t _w	t _w /2	bf	tf	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	cm	ton·m			
W33x263	500	88	2,21	1,10	40,13	3,99	661808	15060	36,32	17043	43288	2147	9,30	3310	5,99	659									
x241	458	87	2,11	1,05	40,39	3,56	591049	13618	35,81	15289	38834	1934	9,19	2982	5,56	591									
x221	421	86	1,97	0,98	40,13	3,23	536939	12438	35,81	13765	34963	1737	9,12	2687	5,23	532									
x201	382	86	1,82	0,91	39,88	2,92	482828	11242	35,56	12274	31176	1560	9,04	2409	4,93	475									
X169	319	86	1,70	0,85	29,21	3,10	386679	8996	34,80	5080	12903	883	6,35	1383	4,88	196									
x152	289	85	1,61	0,81	29,46	2,69	339645	7981	34,29	4474	11363	773	6,27	1211	4,47	173									
x141	268	85	1,54	0,77	29,21	2,44	310092	7341	34,04	4031	10239	700	6,17	1096	4,22	156									
x130	247	84	1,29	0,65	29,21	2,17	279291	6653	33,53	3572	9074	621	6,07	975	3,96	138									
x118	224	84	1,40	0,70	29,21	1,88	245577	5883	33,02	3064	7784	534	5,89	841	3,66	118									
x391	742	84	3,45	1,73	39,62	6,20	861599	20484	34,04	23761	64516	3245	9,32	5080	8,20	919									
x357	677	83	3,15	1,57	39,37	5,69	778353	18681	33,78	21631	57856	2933	9,25	4572	7,70	836									
x326	618	82	2,90	1,45	39,12	5,21	699269	17043	33,53	19501	51613	2655	9,14	4130	7,21	754									
W30x292	554	81	2,59	1,30	38,86	4,70	620185	15240	33,53	17370	45785	2360	9,09	3654	6,71	672									
x261	496	80	2,36	1,18	38,61	4,19	545263	13585	33,27	15453	39917	2081	8,97	3212	6,20	598									
x235	446	80	2,11	1,05	38,35	3,81	486991	12258	33,02	13880	35588	1868	8,92	2868	5,82	537									
x211	401	78	1,97	0,98	38,35	3,35	428718	10897	32,77	12307	31509	1639	8,86	2540	5,33	476									
x191	363	78	1,80	0,90	38,10	3,02	382933	9832	32,51	11061	28012	1467	8,79	2261	5,00	428									
x173	329	77	1,66	0,83	38,10	2,72	342558	8865	32,26	9947	24891	1308	8,69	2016	4,70	385									
X148	281	78	1,65	0,83	26,67	3,00	278043	7145	31,50	8194	9448	710	5,79	1114	4,65	317									
x132	251	77	1,56	0,78	26,67	2,54	240166	6227	30,99	7161	8158	610	5,72	957	4,19	277									
x124	235	77	1,49	0,74	26,67	2,36	223100	5817	30,73	6686	7534	564	5,66	885	4,01	259									
x116	221	76	1,44	0,72	26,67	2,16	205202	5391	30,48	6194	6826	513	5,56	806	3,81	240									
x108	205	76	1,38	0,69	26,67	1,93	186055	4900	30,23	5670	6077	457	5,46	719	3,58	219									
x99	188	75	1,32	0,66	26,67	1,70	166076	4408	29,72	5113	5328	401	5,33	633	3,35	198									
x90	170	75	1,19	0,60	26,42	1,55	150260	4015	29,72	4638	4787	362	5,31	569	3,20	179									
W27x539	1026	83	5,00	2,50	38,86	8,99	1065552	25728	32,26	30972	87825	4539	9,27	7161	11,00	1198									
x368	697	77	3,51	1,75	37,34	6,30	674295	17370	30,99	20320	54526	2933	8,84	4572	8,31	786									
x307	583	75	2,95	1,47	36,58	5,31	545263	14535	30,48	16879	43704	2393	8,66	3719,9	7,32	653									
x281	535	74	2,69	1,35	36,58	4,90	495315	13339	30,48	15338	39667	2179	8,61	3375,7	6,91	593									
x258	490	74	2,49	1,24	36,32	4,50	449530	12208	30,23	13962	35754	1966	8,53	3064,4	6,50	540									
x235	448	73	2,31	1,16	36,07	4,09	403744	11094	29,97	12651	32008	1770	8,46	2753,0	6,10	489									
x217	413	72	2,11	1,05	35,81	3,81	370862	10275	29,97	11651	29303	1635	8,43	2523,6	5,82	451									
x194	369	71	1,91	0,95	35,56	3,40	327158	9160	29,72	10340	25765	1444	8,36	2228,6	5,41	400									
x178	339	71	1,84	0,92	35,81	3,02	292194	8275	29,46	9341	23101	1291	8,26	1999,2	5,03	361									
x161	307	70	1,68	0,84	35,56	2,74	262642	7505	29,21	8439	20687	1162	8,20	1786,2	4,75	326									
x146	278	70	1,54	0,77	35,56	2,48	235587	6784	29,21	7604	18439	1041	8,13	1601,0	4,47	294									
X129	244	70	1,55	0,77	25,40	2,79	198126	5654	28,45	6473	7659	603	5,61	943,9	4,32	250									
x114	216	69	1,45	0,72	25,65	2,36	169822	4900	27,94	5621	6618	516	5,54	807,9	3,89	217									
x102	194	69	1,31	0,65	25,40	2,11	150676	4375	27,94	4998	5786	456	5,46	711,2	3,63	193									
x94	179	68	1,24	0,62	25,37	1,89	136108	3982	27,69	4556	5161	406	5,38	635,8	3,40	176									
x84	160	68	1,17	0,58	25,30	1,63	118626	3490	27,18	3998	4412	347	5,26	544,1	3,15	155									
x370	703	71	3,86	1,93	34,80	6,91	557750	15682	28,19	18517	48283	2786	8,31	4375,3	8,18	716									
x335	635	70	3,51	1,75	34,29	6,30	495315	14158	27,94	16715	42872	2491	8,20	3900,1	7,57	646									
x306	579	69	3,20	1,60	34,04	6,30	445368	12929	27,69	15109	38252	2245	8,13	3506,8	7,06	584									
W24x279	529	68	2,95	1,47	33,78	5,31	399582	11766	27,43	13683	34256	2032	8,05	3162,7	6,58	529									
x250	474	67	2,64	1,32	33,53	4,80	353380	10553	27,18	12192	30135	1803	7,98	2802,2	6,07	471									
x229	434	66	2,44	1,22	33,27	4,39	318417	9636	27,18	11061	27097	1629	7,90	2523,6	5,66	428									
x207	392	65	2,21	1,10	33,02	3,99	283870	8702	26,92	9931	24058	1455	7,82	2245,0	5,26	384									
x192	363	65	2,06	1,03	33,02	3,71	260561	8046	26,67	9160	22060	1340	7,80	2064,8	4,98	354									
x176	334	64	1,91	0,95	32,77	3,40	236419	7374	26,67	8374	19937	1218	7,72	1884,5	4,67	324									
x162	308	64	1,79	0,90	33,02	3,10	215192	6784	26,42	7669	18439	1121	7,75	1720,6	4,37	297									
x146	277	63	1,65	0,83	32,77	2,77	190634	6080	26,16	6850	16275	991	7,65	1527,3	4,04	265									
x131	248	62	1,54	0,77	3																				

**A.2 TABLA DE GEOMETRÍA DE PERFILES W
SISTEMA INTERNACIONAL**

Fy= 3515 kgf/cm² Ry= 1,1

Area A cm ²	altura d cm	alma			ala		EJE X				EJE Y				k	Mpr ton·m
		espesor		ancho	grosor											
		t _w	t _w /2	bf	tf	I _x	S _x	r _x	Z _x	I _y	S _y	r _y	Z _y			
		cm	cm	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	ton·m	
W24x117	222	61,722	1,397	0,6985	32,512	2,159	147346	4769	25,65	5358,57	12362,073	761,998	7,47	1170,04	3,43	207,21
x104	197	61,214	1,27	0,635	32,512	1,905	129032	4228	25,65	4735,86	10780,394	666,954	7,39	1022,55	3,18	183,13
X103	195	62	1,40	0,70	22,9	2,49	124869	4015	25,30	4588	4953	434	5,05	680,1	3,76	177
x94	179	62	1,31	0,65	23,0	2,22	112382	3638	25,07	4162	4537	393	5,03	614,5	3,51	161
x84	159	61	1,19	0,60	22,9	1,96	98647	3212	24,87	3671	3929	342	4,95	534	3,23	142
x76	145	61	1,12	0,56	22,8	1,73	87409	2884	24,61	3277	3434	302	4,88	469	3,00	127
x68	130	60	1,05	0,53	22,8	1,49	76170	2524	24,26	2901	2930	257	4,75	401	2,77	112
X62	118	60	1,09	0,55	17,9	1,50	64932	2163	23,47	2524	1436	161	3,48	259	3,02	98
x55	105	60	1,00	0,50	17,8	1,28	56607	1885	23,19	2212	1211	136	3,40	220	2,82	86
W21X201	382	58	2,31	1,16	32,0	4,14	221019	7554	24,05	8685	22560	1411	7,67	2179	5,41	336
x182	346	58	2,11	1,05	31,8	3,76	196877	6833	23,88	7800	20104	1265	7,62	1950	5,03	302
x166	315	57	1,91	0,95	31,5	3,45	178147	6227	23,77	7079	18106	1147	7,59	1770	4,72	274
x147	279	56	1,83	0,91	31,8	2,92	151092	5391	23,29	6112	15650	985	7,49	1517	4,19	236
x132	250	55	1,65	0,83	31,5	2,62	134027	4834	23,16	5457	13861	877	7,44	1349	3,91	211
x122	232	55	1,52	0,76	31,5	2,44	123205	4474	23,09	5031	12695	806	7,42	1239	3,71	195
x111	211	55	1,40	0,70	31,2	2,22	111134	4080	22,99	4572	11405	729	7,37	1118	3,51	177
x101	192	54	1,27	0,64	31,2	2,03	100728	3720	22,91	4146	10323	660	7,34	1011	3,30	160
x93	180	55	1,47	0,74	21,4	2,36	86160	3146	22,10	3622	3867	362	4,67	569	3,63	140
x83	157	54	1,31	0,65	21,2	2,12	76170	2802	22,02	3212	3388	320	4,65	500	3,40	124
x73	139	54	1,16	0,58	21,1	1,88	66597	2474	21,95	2819	2939	279	4,60	436	3,15	109
x68	129	54	1,09	0,55	21,0	1,74	61602	2294	21,84	2622	2693	257	4,57	400	3,02	101
x62	118	53	1,02	0,51	20,9	1,56	55359	2081	21,69	2360	2393	229	4,50	356	2,84	91
x55	105	53	0,95	0,48	20,9	1,33	47450	1803	21,34	2065	2015	193	4,39	302	2,59	80
x48	91	52	0,89	0,44	20,7	1,09	39917	1524	20,93	1753	1611	156	4,22	244	2,36	68
X57	108	54	1,03	0,51	16,7	1,65	48699	1819	21,23	2114	1274	153	3,43	243	2,92	82
x50	95	53	0,97	0,48	16,6	1,36	40957	1549	20,78	1803	1036	120	3,30	200	2,64	70
x44	84	53	0,89	0,44	16,5	1,14	35088	1337	20,47	1563	862	104	3,20	167	2,41	60
W18x175	331	51	2,26	1,13	29,0	4,04	143600	5637	20,83	6522	16275	1127	7,01	1737	5,05	252
x158	299	50	2,06	1,03	28,7	3,66	127367	5080	20,62	5834	14443	1006	6,96	1553	4,67	226
x143	272	50	1,85	0,93	28,4	3,35	114464	4621	20,55	5277	12945	909	6,91	1399	4,37	204
x130	246	49	1,70	0,85	28,4	3,05	102393	4195	20,40	4752	11571	818	6,86	1257	4,06	184
x119	226	48	1,66	0,83	28,7	2,69	91155	3785	20,07	4293	10531	736	6,83	1132	3,71	166
x106	201	47	1,50	0,75	28,4	2,39	79500	3343	19,91	3769	9157	646	6,76	991	3,40	146
x97	184	47	1,36	0,68	28,2	2,21	72840	3081	19,86	3458	8366	592	6,73	906	3,23	134
x86	163	47	1,22	0,61	28,2	1,96	63683	2720	19,74	3048	7284	518	6,68	793	2,97	118
x76	144	46	1,08	0,54	27,9	1,73	55359	2393	19,63	2671	6327	452	6,63	692	2,74	103
X71	134	47	1,26	0,63	19,4	2,06	48699	2081	19,05	2393	2510	259	4,32	405	3,07	93
x65	123	47	1,14	0,57	19,3	1,91	44537	1917	19,02	2179	2281	236	4,29	369	2,92	84
x60	114	46	1,05	0,53	19,2	1,77	40957	1770	18,97	2016	2085	218	4,27	338	2,79	78
x55	105	46	0,99	0,50	19,1	1,60	37045	1611	18,82	1835	1869	195	4,24	303	2,62	71
x50	95	46	0,90	0,45	19,1	1,45	33299	1457	18,75	1655	1669	175	4,19	272	2,47	64
x46	87	46	0,91	0,46	15,4	1,54	29636	1291	18,42	1486	937	122	3,28	192	2,57	57
x40	76	45	0,80	0,40	15,3	1,33	25473	1121	18,31	1285	795	104	3,23	163	2,35	50
x35	66	45	0,76	0,38	15,2	1,08	21228	944	17,88	1090	637	84	3,10	132	2,10	42
W16X100	192	43	1,49	0,74	26,4	2,50	62435	2901	18,03	3277	7742	585	6,35	901	4,29	127
x89	170	43	1,33	0,67	26,4	2,22	54526	2573	17,91	2901	6785	515	6,30	790	4,01	112
x77	148	42	1,16	0,58	26,2	1,93	46618	2229	17,78	2491	5744	441	6,25	675	3,73	96
x67	129	41	1,00	0,50	25,9	1,69	40374	1950	17,70	2163	4953	380	6,20	583	3,48	84
X57	108	42	1,09	0,55	18,1	1,82	31550	1511	17,07	1721	1794	198	4,06	310	2,84	67
x50	95	41	0,97	0,48	18,0	1,60	27430	1327	16,97	1508	1548	172	4,04	267	2,62	58
x45	86	41	0,88	0,44	17,9	1,44	24391	1191	16,89	1349	1365	153	3,99	238	2,46	52
x40	76	41	0,77	0,39	17,8	1,28	21561	1060	16,84	1196	1203	135	3,99	208	2,30	46
x36	68	40	0,75	0,37	17,8	1,09	18647	926	16,54	1049	1020	115	3,86	177	2,11	41
X31	59	40	0,70	0,35	14,0	1,12	15609	773	16,28	885	516	74	2,97	115	2,14	34
x26	50	40	0,64	0,32	14,0	0,88	12529	629	15,90	724	399	57	2,84	90	1,90	28
W14x808	1529	58	9,50	4,75	47,2	13,00	665970	22942	20,83	29988	229344	9734	12,24	15191	14,53	1160
x730	1387	57	7,80	3,90	45,5	12,47	595211	20975	20,75	27203	196461	8636	11,91	13372	14,00	1052
x665	1265	55	7,19	3,59	45,0	11,48	516127	18845	20,27	24253	173569	7735	11,73	11963	13,00	938
x605	1148	53	6,60	3,30	44,2	10,57	449530	17043	19,81	21631	153173	6932	11,56	10684	12,09	836
x550	1045	51	6,05	3,02	43,7	9,70	392506	15256	19,38	19337	135275	6194	11,40	9554	11,23	748
x500	948	50	5,56	2,78	43,2	8,89	341726	13732	19,00	17206	119875	5555	11,25	8554	10,41	665
x455	865	48	5,13	2,57	42,7	8,15	299270	12389	18,62	15338	106555	4982	11,13	7669	9,68	593
x455	865	48	5,13	2,57	42,7	8,15	299270	12389	18,62	15338	106555	4982	11,13	7669	9,68	593
x426	806	47	4,78	2,39	42,4	7,72	274713	11569	18,44	14240	98231	4638	11,02	7112	9,22	551
x398	755	46	4,50	2,25	42,2	7,24	249739	10750	18,19	13126	90322	4293	10,95	6588	8,	

A.2 TABLA DE GEOMETRÍA DE PERFILES W
SISTEMA INTERNACIONAL

Area A cm ²	altura d cm	alma				ala				EJE X				EJE Y				Fy= 3515 kgf/cm ²	Ry= 1,1
		espesor		ancho		grosor													
		t _w cm	t _w /2 cm	bf	tf	cm	cm	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm ⁴	cm ³	cm	cm ³	cm	cm ³	k	Mpr
		cm	cm															cm	ton·m
W14x311	590	43,434	3,5814	1,7907	41,148	5,7404	180228	8292	17,48	9881,4	67013,26	3261,03	10,67	4981,67	7,26	382,10			
x283	537	42,418	3,2766	1,6383	40,894	5,2578	159833	7522	17,25	8881,79	59937,325	2933,28	10,59	4490,06	6,78	343,45			
x257	488	41,656	2,9972	1,4986	40,64	4,8006	141519	6801	17,04	7980,5	53693,854	2638,32	10,49	4031,22	6,32	308,60			
x233	442	40,64	2,7178	1,3589	40,386	4,3688	125286	6145	16,84	7144,76	47866,614	2376,12	10,41	3621,54	5,89	276,28			
x211	400	39,878	2,4892	1,2446	40,132	3,9624	110718	5539	16,64	6390,95	42871,837	2130,32	10,34	3244,64	5,49	247,13			
x193	366	39,37	2,2606	1,1303	39,878	3,6576	99896	5080	16,51	5817,41	38751,146	1950,06	10,29	2949,67	5,18	224,95			
x176	334	38,608	2,1082	1,0541	39,878	3,3274	89074	4605	16,33	5243,86	34880,193	1753,42	10,21	2671,09	4,85	202,77			
x159	301	38,1	1,8923	0,94615	39,624	3,0226	79084	4162	16,21	4703,09	31314,111	1576,44	10,16	2392,51	4,55	181,86			
x145	275	37,592	1,7272	0,8636	39,37	2,7686	71176	3802	16,08	4260,64	28178,868	1430,59	10,11	2179,48	4,29	164,75			
x132	250	37,338	1,6383	0,81915	37,338	2,6162	63683	3425	15,95	3834,57	22809,482	1220,84	9,55	1851,74	4,14	148,28			
x120	228	36,83	1,4986	0,7493	37,338	2,3876	57440	3114	15,85	3474,06	20603,456	1106,13	9,50	1671,48	3,91	134,34			
x109	206	36,322	1,3335	0,66675	37,084	2,1844	51613	2835	15,80	3146,32	18605,545	1002,89	9,47	1519,08	3,71	121,66			
x99	188	36,068	1,2319	0,61595	37,084	1,9812	46202	2573	15,67	2834,96	16732,503	904,566	9,42	1369,96	3,51	109,62			
x90	171	35,56	1,1176	0,5588	36,83	1,8034	41582	2343	15,60	2572,77	15067,578	817,714	9,40	1238,86	3,33	99,49			
x82	155	36,322	1,2954	0,6477	25,654	2,1717	36670	2016	15,37	2277,8	6160,2251	480,141	6,30	734,14	3,68	88,08			
x74	141	36,068	1,143	0,5715	25,654	1,9939	33090	1835	15,34	2064,77	5577,5011	435,896	6,30	663,68	3,51	79,84			
x68	129	35,56	1,0541	0,52705	25,4	1,8288	30052	1688	15,27	1884,51	5036,4002	396,567	6,25	604,68	3,33	72,87			
x61	115	35,306	0,9525	0,47625	25,3746	1,6383	26639	1509	15,19	1671,48	4453,6763	352,322	6,22	537,50	3,15	64,63			
x53	101	35,306	0,9398	0,4699	20,4724	1,6764	22518	1275	14,96	1427,31	2401,6553	234,335	4,88	360,52	3,18	55,19			
x48	91	35,052	0,8636	0,4318	20,3962	1,5113	20146	1150	14,86	1284,75	2139,4295	209,754	4,85	321,19	3,02	49,68			
x43	81	34,798	0,7747	0,38735	20,32	1,3462	17815	1026	14,78	1140,54	1881,366	185,174	4,80	283,50	2,84	44,10			
x38	72	35,814	0,7874	0,3937	17,1958	1,3081	16025	895	14,91	1007,8	1111,3379	129,13	3,94	198,28	2,32	38,97			
x34	65	35,56	0,7239	0,36195	17,145	1,1557	14152	796	14,81	894,734	969,81922	113,235	3,89	173,70	2,17	34,60			
x30	57	35,052	0,6858	0,3429	17,0942	0,9779	12112	688	14,55	775,108	815,81359	95,3727	3,78	147,32	1,99	29,97			
x26	50	35,306	0,6477	0,32385	12,7762	1,0668	10198	578	14,35	658,76	370,8622	58,1741	2,74	90,78	2,08	25,47			
x22	42	34,798	0,5842	0,2921	12,7	0,8509	8283	475	14,07	544,051	291,362	45,8838	2,64	71,94	1,87	21,04			
W12x336	637	42,672	4,5212	2,2606	34,036	7,5184	168990	7915	16,28	9881,4	49531,54	2900,51	8,81	4490,06	9,02	382,10			
x305	578	41,402	4,1402	2,0701	33,528	6,8834	147762	7128	15,98	8799,85	43704,3	2605,54	8,69	3998,44	8,38	340,28			
x279	528	40,386	3,8862	1,9431	33,274	6,2738	129448	6440	15,65	7882,18	39000,885	2343,35	8,59	3605,15	7,80	304,79			
x252	477	39,116	3,556	1,778	33,02	5,715	113215	5785	15,39	7013,66	34463,962	2081,16	8,48	3211,86	7,24	271,21			
x230	437	38,354	3,2766	1,6383	32,766	5,2578	100728	5260	15,16	6325,41	30884,372	1884,51	8,41	2900,51	6,78	244,60			
x210	399	37,338	2,9972	1,4986	32,512	4,826	89074	4785	14,96	5702,7	27637,767	1704,25	8,33	2605,54	6,35	220,52			
x190	360	36,576	2,6924	1,3462	32,258	4,4196	78686	4310	14,78	5096,38	24516,031	1524	8,26	2343,35	5,92	197,07			
x170	323	35,56	2,4384	1,2192	32,004	3,9624	68678	3851	14,58	4506,44	21519,165	1348,66	8,18	2064,77	5,49	174,26			
x152	288	34,798	2,2098	1,1049	31,75	3,556	59521	3425	14,38	3982,06	18896,907	1192,98	8,10	1818,96	5,08	153,98			
x136	257	34,036	2,0066	1,0033	31,496	3,175	51613	3048	14,17	3506,83	16566,011	1052,05	8,03	1605,93	4,70	135,61			
x120	228	33,274	1,8034	0,9017	31,242	2,8194	44537	2671	14,00	3047,99	14359,984	917,676	7,95	1399,46	4,32	117,86			
x106	201	32,766	1,5494	0,7747	30,988	2,5146	38834	2376	13,89	2687,48	12528,566	807,882	7,90	1230,67	4,04	103,92			
x96	182	32,258	1,397	0,6985	30,988	2,286	34672	2147	13,82	2408,9	11238,248	727,586	7,85	1106,13	3,81	93,15			
x87	165	31,75	1,3081	0,65405	30,734	2,0574	30801	1934	13,67	2163,09	10031,177	650,566	7,80	989,78	3,58	83,64			
x79	150	31,496	1,1938	0,5969	30,734	1,8669	27555	1753	13,56	1950,06	8990,5988	586,657	7,75	889,82	3,38	75,41			
x72	136	31,242	1,0922	0,5461	30,48	1,7018	24849	1596	13,49	1769,8	8116,5128	530,941	7,72	806,24	3,23	68,44			
x65	123	30,734	0,9906	0,4953	30,48	1,5367	22185	1440	13,41	1586,27	7242,4268	476,864	7,67	722,67	3,05	61,34			
x58	110	30,988	0,9144	0,4572	25,4	1,6256	19771	1278	13,41	1415,84	4453,6763	350,683	6,38	532,58	3,15	54,75			
x53	101	30,734	0,8763	0,43815	25,3746	1,4605	17690	1157	13,28	1276,55	3987,4971	314,632	6,30	476,86	2,97	49,36			
x50	94	30,988	0,9398	0,4699	20,5232	1,6256	16275	1052	13,16	1178,23	2343,3829	227,78	4,98	349,04	2,90	45,56			
x45	85	30,734	0,8509	0,42545	20,447	1,4605	14485	946	13,08	1052,05	2081,1571	203,2	4,95	311,35	2,74	40,68			
x40	75	30,226	0,7493	0,37465	20,3454	1,3081	12778	844	13,03	934,063	1835,5806	180,258	4,93	275,30	2,59	36,12			
x35	66	31,75	0,762	0,381	16,6624	1,3208	11863	747	13,34	839,018	1019,767	122,411	3,91	188,45	2,08	32,44			
x30	57	31,242	0,6604	0,3302	16,5608	1,1176	9906	633	13,23	706,282	844,94979	102,255	3,86	156,66	1,88	27,31			
x26	49	30,988	0,5842	0,2921	16,4846	0,9652	8491	547	13,13	609,599	720,08037	87,5069	3,84	133,88	1,73	23,57			
x22	42	31,242	0,6604	0,3302	10,2362	1,0795	6493	416	12,47	480,141	193,96384	37,8541	2,15	59,98	1,84	18,57			
x19	36	30,988	0,5969	0,29845	10,1854	0,889	5411	349	12,24	404,76	156,50302								

**A.1 CONTINUACION PERFILES W
SISTEMA INGLES**

Fy= 50 ksi Ry= 1,1

Area A pulg ²	altura d pulg	alma			ala		EJE X				EJE Y				k pulg	Mpr kip*pulg
		espesor t _w	t _w /2	b _f	t _f	I _x	S _x	r _x	Z _x	I _y	S _y	r _y	Z _y			
		pulg	pulg	pulg		pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³	pulg ⁴	pulg ³	pulg	pulg ³			
		t _w	t _w /2	b _f	t _f											
W10x26	7,6	10,3	0,26	0,13	5,77	0,44	144	27,9	4,35	31,3	14,1	4,89	1,36	7,5	0,74	53,3665
x22	6,5	10,2	0,24	0,12	5,75	0,36	118	23,2	4,27	26	11,4	3,97	1,33	6,1	0,66	44,33
x19	5,6	10,2	0,25	0,125	4,02	0,395	96,3	18,8	4,14	21,6	4,29	2,14	0,874	3,35	0,695	36,828
x17	5,0	10,1	0,24	0,12	4,01	0,33	81,9	16,2	4,05	18,7	3,56	1,78	0,845	2,8	0,63	31,8835
x15	4,4	9,99	0,23	0,115	4	0,27	68,9	13,8	3,95	16	2,89	1,45	0,81	2,3	0,57	27,28
x12	3,5	9,87	0,19	0,095	3,96	0,21	53,8	10,9	3,9	12,6	2,18	1,1	0,785	1,74	0,51	21,483
W8x67	19,7	9	0,57	0,285	8,28	0,935	272	60,4	3,72	70,1	88,6	21,4	2,12	32,7	1,33	119,5205
x58	17,1	8,75	0,51	0,255	8,22	0,81	228	52	3,65	59,8	75,1	18,3	2,1	27,9	1,2	101,959
x48	14,1	8,5	0,4	0,2	8,11	0,685	184	43,2	3,61	49	60,9	15	2,08	22,9	1,08	83,545
x40	11,7	8,3	0,36	0,18	8,07	0,56	146,0	36	3,53	40	49,1	12	2,04	19	0,95	2189
x35	10,3	8,1	0,31	0,16	8,02	0,50	127,0	31	3,51	35	42,6	11	2,03	16	0,89	1909
x31	9,1	8,0	0,29	0,14	8,00	0,44	110,0	28	3,47	30	37,1	9	2,02	14	0,83	1672
x28	8,2	8,1	0,29	0,14	6,54	0,47	98,0	24	3,45	27	21,7	7	1,62	10	0,86	1496
x24	7,1	7,9	0,25	0,12	6,50	0,40	82,7	21	3,42	23	18,3	6	1,61	9	0,79	1271
x21	6,2	8,3	0,25	0,13	5,27	0,40	75,3	18	3,49	20	9,77	4	1,26	6	0,70	1122
x18	5,3	8,1	0,23	0,12	5,25	0,33	61,9	15	3,43	17	7,97	3	1,23	5	0,63	935
x15	4,4	8,1	0,25	0,12	4,01	0,32	48,0	12	3,29	14	3,41	2	0,88	3	0,62	748
x13	3,8	8,0	0,23	0,12	4,00	0,26	39,6	10	3,21	11	2,73	1	0,84	2	0,56	627
x10	3,0	7,9	0,17	0,09	3,94	0,21	30,8	8	3,22	9	2,09	1	0,84	2	0,51	488
W6x25	7,4	6,4	0,32	0,16	6,08	0,46	53,6	17	2,70	19	17,1	6	1,52	9	0,75	1045
x20	5,9	6,2	0,26	0,13	6,02	0,37	41,5	13	2,66	15	13,3	4	1,50	7	0,66	825
x15	4,5	6,0	0,23	0,12	5,99	0,26	29,3	10	2,56	11	9,32	3	1,45	5	0,56	594
x16	4,7	6,3	0,26	0,13	4,03	0,41	32,1	10	2,60	12	4,43	2	0,97	3	0,66	644
x12	3,6	6,0	0,23	0,12	4,00	0,28	22,1	7	2,49	8	2,99	2	0,92	2	0,53	457
x9	2,7	5,9	0,17	0,09	3,94	0,22	16,4	6	2,47	6	2,2	1	0,91	2	0,47	343
x8.5	2,5	5,8	0,17	0,09	3,94	0,19	14,8	5	2,43	6	1,98	1	0,89	2	0,44	314
W5x19	5,6	5,2	0,27	0,14	5,03	0,43	26,3	10	2,17	12	9,13	4	1,28	6	0,73	638
x16	4,7	5,0	0,24	0,12	5,00	0,36	21,4	9	2,13	10	7,51	3	1,26	5	0,66	530
W4x13	3,8	4,2	0,28	0,14	4,06	0,35	11,3	5	1,72	6	3,86	2	1,00	3	0,56	345

Anexo B.1:

Tabla de resistencia al corte en la zona del panel (Sistema Inglés)

Para la aplicación del viento y sismos de baja intensidad. La Tabla A-1 ayudara en la determinación de la resistencia al corte en el alma de la columna en la zona de panel en conexiones de alas soldadas directamente, plancha de ala, y plancha extrema extendida.

Para las aplicaciones sísmicas altas, vea AISC (1997a). Todos los valores se dan en tres figuras significantes.

Para los perfiles W, en la tabla se entra con los valores de $P_u / (F_y \cdot A_g)$ para determinar la resistencia de diseño al corte en el alma de la columna. Los valores tabulados son para el material con $F_y = 50$ ksi (3515 kgf/cm 2).

Para valores de $P_u / (F_y \cdot A_g)$ que son menor igual a 0.4 la resistencia de diseño al corte tabulado se determinara con la ecuación especificada en la LRFD K1-9, donde:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w$$

Para los valores de $P_u / (F_y \cdot A_g)$ que son mayor que 0.4, la resistencia de diseño al corte tabulado es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-10, donde:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w \cdot \left(1.4 - \frac{P_u}{F_y \cdot A_g}\right)$$

Los valores intermedio de la resistencia de diseño de $P_u / (F_y \cdot A_g)$ puede ser determinado por interpolación lineal, de las ecuaciones anteriores,

P_u = fuerza axial factorizada de la columna, kips (kgf).

F_y = resistencia mínima a la cedencia específica de la columna, ksi (kgf/cm 2).

A_g = área gruesa de la columna, in 2 (cm 2).

d_c = altura de la columna, in (cm).

t_w = el espesor del alma de la columna, in (cm).

Las resistencia de diseño tabuladas son basado en la " primera cedencia " la resistencia aprovisiona en la Especificación de la LRFD Sección K1-7(a) y será conservadora para la " post-cedencia" resistencia aprovisiona en las Especificación de la LRFD Sección K1-7(b). Alternativamente, la resistencia de diseño más alta puede ser determinada por cálculo con las últimas previsiones.

Para el propósito de esta guía de diseño, en las aplicaciones de sismos (altos y bajos) y viento se definen como sigue. El viento y las aplicaciones sísmicas bajas son aquéllos para los que la estructura se diseña para reunir los requisitos en la Especificación de la LRFD sin detalle sísmico especial. Esto incluye todas las aplicaciones para las que se piensa que la respuesta estructural permanece nominalmente en el rango elástico y el factor de modificación de respuesta R usado en la determinación de fuerzas sísmicas, no es mayor que 3.

Las aplicaciones sísmicas altas son aquéllos para los que se espera conducta inelástica en las vigas o zonas de panel como un medio de disipar la energía inducidos durante los movimientos sísmicos fuertes. Se diseñan tales edificios para reunir los requisitos en las Especificaciones de LRFD y AISC las previsiones sísmicas y el factor de modificación de respuesta R apropiado para el nivel de detalle requerido en el sistema de pórtico a momento seleccionado se usa en la determinación de fuerzas sísmicas. Adicionalmente, las conexiones del momento usadas en aplicaciones sísmicas altas tienen detallado sísmico especial.

TABLA B-1

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W44X335	1212	1151	1091	1030	969	909	848	788	727	666	606	545	485
x290	1024	973	922	871	819	768	717	666	614	563	512	461	410
x262	924	877	831	785	739	693	647	600	554	508	462	416	369
x230	822	781	740	699	658	617	576	535	493	452	411	370	329
W40X593	2078	1974	1870	1766	1663	1559	1455	1351	1247	1143	1039	935	831
x503	1751	1663	1575	1488	1400	1313	1225	1138	1050	963	875	788	700
x431	1494	1420	1345	1270	1195	1121	1046	971	897	822	747	672	598
x397	1351	1283	1215	1148	1080	1013	945	878	810	743	675	608	540
x372	1272	1208	1144	1081	1017	954	890	827	763	699	636	572	509
x362	1228	1166	1105	1044	982	921	859	798	737	675	614	552	491
x324	1085	1031	977	923	868	814	760	706	651	597	543	488	434
x297	999	949	899	849	800	750	700	650	600	550	500	450	400
x277	890	845	801	756	712	667	623	578	534	489	445	400	356
x249	798	758	718	678	638	598	558	519	479	439	399	359	319
x215	684	650	616	582	548	513	479	445	411	376	342	308	274
x199	679	645	611	577	543	509	475	441	408	374	340	306	272
x392	1595	1515	1435	1356	1276	1196	1116	1037	957	877	797	718	638
x331	1344	1277	1210	1142	1075	1008	941	874	806	739	672	605	538
x327	1300	1235	1170	1105	1040	975	910	845	780	715	650	585	520
x278	1107	1052	996	941	886	830	775	720	664	609	554	498	443
x264	1037	985	933	881	829	778	726	674	622	570	518	467	415
x235	890	845	801	756	712	667	623	578	534	489	445	400	356
x211	798	758	718	678	638	598	558	519	479	439	399	359	319
x183	684	650	616	582	548	513	479	445	411	376	342	308	274
x167	677	644	610	576	542	508	474	440	406	373	339	305	271
x149	650	617	585	552	520	487	455	422	390	357	325	292	260
x798	2699	2564	2429	2294	2159	2024	1889	1754	1619	1484	1349	1215	1080
x650	2154	2046	1939	1831	1723	1616	1508	1400	1293	1185	1077	969	862
W36x527	1704	1619	1534	1448	1363	1278	1193	1108	1022	937	852	767	682
x439	1406	1336	1266	1195	1125	1055	984	914	844	774	703	633	563
x393	1245	1183	1121	1058	996	934	872	809	747	685	623	560	498
x359	1131	1074	1018	961	905	848	792	735	679	622	565	509	452
x328	1022	971	920	868	817	766	715	664	613	562	511	460	409
x300	936	890	843	796	749	702	655	609	562	515	468	421	375
x280	872	829	785	741	698	654	611	567	523	480	436	392	349
x260	823	782	741	700	659	617	576	535	494	453	412	370	329
x245	780	741	702	663	624	585	546	507	468	429	390	351	312
x230	737	700	663	626	589	553	516	479	442	405	368	332	295
X256	969	921	872	824	776	727	679	630	582	533	485	436	388
x232	871	828	784	741	697	654	610	566	523	479	436	392	349
x210	822	781	740	699	658	617	576	535	493	452	411	370	329
x194	754	716	679	641	603	565	528	490	452	415	377	339	302
x182	711	675	640	604	568	533	497	462	426	391	355	320	284
x170	665	631	598	565	532	498	465	432	399	366	332	299	266
x160	632	600	569	537	505	474	442	411	379	347	316	284	253
x150	606	576	545	515	485	454	424	394	363	333	303	273	242
x135	577	548	519	490	461	433	404	375	346	317	288	260	231
W33x387	1225	1163	1102	1041	980	919	857	796	735	674	612	551	490
X354	1115	1059	1003	948	892	836	780	725	669	613	557	502	446
x318	988	939	890	840	791	741	692	642	593	544	494	445	395
x291	902	857	812	767	722	677	631	586	541	496	451	406	361
x263	810	770	729	689	648	608	567	527	486	446	405	365	324
x241	766	728	690	651	613	575	536	498	460	422	383	345	307
x221	709	674	638	603	567	532	497	461	426	390	355	319	284

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuacion)												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
x201	651	618	586	553	520	488	455	423	390	358	325	293	260
W33X169	611	581	550	520	489	459	428	397	367	336	306	275	245
x152	574	546	517	488	459	431	402	373	345	316	287	258	230
x141	544	517	490	462	435	408	381	354	326	299	272	245	218
x130	454	431	409	386	363	340	318	295	272	250	227	204	182
x118	489	464	440	415	391	366	342	318	293	269	244	220	195
x391	1219	1158	1097	1036	975	914	853	792	731	671	610	549	488
x357	1098	1043	988	933	879	824	769	714	659	604	549	494	439
x326	997	947	898	848	798	748	698	648	598	548	499	449	399
W30x292	881	837	793	749	705	661	617	573	529	485	441	397	353
x261	793	754	714	674	635	595	555	516	476	436	397	357	317
x235	701	666	631	596	561	526	491	456	421	386	351	316	281
x211	647	614	582	550	517	485	453	420	388	356	323	291	259
x191	589	559	530	500	471	441	412	383	353	324	294	265	235
x173	538	511	484	457	430	403	376	349	323	296	269	242	215
W30X148	539	512	485	458	431	404	377	350	323	296	269	242	216
x132	503	478	453	428	403	377	352	327	302	277	252	226	201
x124	477	453	429	405	382	358	334	310	286	262	239	215	191
x116	458	435	412	389	366	343	320	297	275	252	229	206	183
x108	439	417	395	373	351	329	307	285	263	241	219	197	175
x99	417	396	375	354	334	313	292	271	250	229	208	188	167
x90	374	356	337	318	299	281	262	243	225	206	187	168	150
W27X539	1729	1642	1556	1469	1383	1297	1210	1124	1037	951	864	778	691
x368	1133	1076	1019	963	906	850	793	736	680	623	566	510	453
x307	927	881	834	788	742	695	649	603	556	510	464	417	371
x281	839	797	755	713	671	629	587	545	503	461	419	377	335
x258	767	729	691	652	614	576	537	499	460	422	384	345	307
x235	705	670	635	599	564	529	494	458	423	388	353	317	282
x217	636	605	573	541	509	477	446	414	382	350	318	286	255
x194	569	541	512	484	455	427	398	370	341	313	285	256	228
x178	544	517	490	463	435	408	381	354	327	299	272	245	218
x161	492	467	443	418	393	369	344	320	295	271	246	221	197
x146	448	425	403	380	358	336	313	291	269	246	224	201	179
W27X129	455	432	409	386	364	341	318	295	273	250	227	205	182
x114	420	399	378	357	336	315	294	273	252	231	210	189	168
x102	377	358	339	320	301	283	264	245	226	207	188	170	151
x94	356	338	320	303	285	267	249	231	214	196	178	160	142
x84	332	315	298	282	265	249	232	216	199	182	166	149	133
x370	1149	1092	1034	977	919	862	804	747	689	632	575	517	460
x335	1025	973	922	871	820	768	717	666	615	564	512	461	410
x306	922	876	830	784	738	691	645	599	553	507	461	415	369
W24x279	836	794	753	711	669	627	585	544	502	460	418	376	334
x250	739	702	665	628	591	554	517	480	443	406	369	332	295
x229	674	640	607	573	539	505	472	438	404	371	337	303	270
x207	604	574	543	513	483	453	423	392	362	332	302	272	241
x192	558	530	502	474	446	418	390	362	335	307	279	251	223
x176	510	485	459	434	408	383	357	332	306	281	255	230	204
x162	476	452	428	404	381	357	333	309	286	262	238	214	190
x146	433	412	390	368	347	325	303	282	260	238	217	195	173
x131	400	380	360	340	320	300	280	260	240	220	200	180	160
x117	361	343	325	307	289	271	253	235	217	198	180	162	144
x104	325	309	293	277	260	244	228	211	195	179	163	146	130
W24X103	364	346	327	309	291	273	255	236	218	200	182	164	146
x94	338	321	304	287	270	253	237	220	203	186	169	152	135

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuacion)												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W24x84	306	291	275	260	245	229	214	199	183	168	153	138	122
x76	284	270	256	241	227	213	199	185	170	156	142	128	114
x68	266	252	239	226	212	199	186	173	159	146	133	120	106
X62	275	261	248	234	220	206	193	179	165	151	138	124	110
x55	252	239	227	214	201	189	176	164	151	138	126	113	101
W21X201	565	537	509	480	452	424	396	367	339	311	283	254	226
x182	509	483	458	432	407	382	356	331	305	280	254	229	203
x166	456	433	410	387	365	342	319	296	273	251	228	205	182
x147	430	408	387	365	344	322	301	279	258	236	215	193	172
x132	383	363	344	325	306	287	268	249	230	210	191	172	153
x122	352	334	316	299	281	264	246	229	211	193	176	158	141
x111	319	303	287	271	255	239	223	208	192	176	160	144	128
x101	289	274	260	246	231	217	202	188	173	159	144	130	116
x93	338	321	304	288	271	254	237	220	203	186	169	152	135
x83	298	283	268	253	238	223	208	193	179	164	149	134	119
x73	260	247	234	221	208	195	182	169	156	143	130	117	104
x68	245	233	220	208	196	184	171	159	147	135	122	110	98
x62	227	215	204	193	181	170	159	147	136	125	113	102	91
x55	211	200	190	179	168	158	147	137	126	116	105	95	84
x48	195	185	175	165	156	146	136	127	117	107	97	88	78
X57	231	219	208	196	185	173	162	150	138	127	115	104	92
x50	213	203	192	181	171	160	149	139	128	117	107	96	85
x44	196	186	176	166	156	147	137	127	117	108	98	88	78
W18x175	481	457	433	409	384	360	336	312	288	264	240	216	192
x158	431	409	388	366	345	323	302	280	259	237	215	194	172
x143	384	365	346	327	307	288	269	250	231	211	192	173	154
x130	349	332	314	297	279	262	244	227	209	192	175	157	140
x119	336	319	302	286	269	252	235	218	202	185	168	151	134
x106	298	283	268	253	238	223	209	194	179	164	149	134	119
x97	269	255	242	228	215	202	188	175	161	148	134	121	107
x86	238	227	215	203	191	179	167	155	143	131	119	107	95
x76	209	198	188	178	167	157	146	136	125	115	104	94	84
X71	247	235	223	210	198	185	173	161	148	136	124	111	99
x65	224	212	201	190	179	168	156	145	134	123	112	101	89
x60	204	194	184	173	163	153	143	133	122	112	102	92	82
x55	191	181	172	162	152	143	133	124	114	105	95	86	76
x50	173	164	155	147	138	129	121	112	104	95	86	78	69
x46	176	167	158	150	141	132	123	114	106	97	88	79	70
x40	152	145	137	129	122	114	107	99	91	84	76	69	61
x35	143	136	129	122	115	108	100	93	86	79	72	65	57
W16X100	269	255	242	228	215	201	188	175	161	148	134	121	107
x89	238	226	214	202	191	179	167	155	143	131	119	107	95
x77	203	193	182	172	162	152	142	132	122	111	101	91	81
x67	174	165	156	148	139	130	122	113	104	96	87	78	70
X57	190	181	171	162	152	143	133	124	114	105	95	86	76
x50	167	159	151	142	134	125	117	109	100	92	84	75	67
x45	150	142	135	127	120	112	105	97	90	82	75	67	60
x40	132	125	119	112	105	99	92	86	79	72	66	59	53
x36	127	120	114	108	101	95	89	82	76	70	63	57	51
X31	118	112	106	100	94	89	83	77	71	65	59	53	47
x26	106	101	95	90	85	79	74	69	64	58	53	48	42
W14x808	2302	2187	2072	1957	1842	1727	1612	1497	1381	1266	1151	1036	921
x730	1857	1764	1671	1578	1485	1393	1300	1207	1114	1021	928	836	743

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuacion)												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W14x665	1650	1568	1485	1403	1320	1238	1155	1073	990	908	825	743	660
x605	1467	1394	1320	1247	1174	1100	1027	954	880	807	734	660	587
x550	1298	1233	1168	1103	1038	974	909	844	779	714	649	584	519
x500	1159	1101	1043	985	927	869	811	753	695	637	579	522	464
x455	1036	984	933	881	829	777	725	674	622	570	518	466	415
x426	949	902	854	807	759	712	664	617	570	522	475	427	380
x398	875	831	787	743	700	656	612	568	525	481	437	394	350
x370	802	762	722	682	642	602	562	521	481	441	401	361	321
x342	728	691	655	619	582	546	509	473	437	400	364	327	291
x311	651	618	586	553	521	488	456	423	391	358	325	293	260
x283	582	553	523	494	465	436	407	378	349	320	291	262	233
x257	523	496	470	444	418	392	366	340	314	287	261	235	209
x233	462	439	416	393	370	347	324	300	277	254	231	208	185
x211	415	395	374	353	332	312	291	270	249	228	208	187	166
x193	372	354	335	317	298	279	261	242	223	205	186	168	149
x176	341	324	307	290	273	255	238	221	204	187	170	153	136
x159	302	287	272	256	241	226	211	196	181	166	151	136	121
x145	272	258	245	231	217	204	190	177	163	149	136	122	109
x132	256	243	230	218	205	192	179	166	154	141	128	115	102
x120	231	219	208	196	185	173	162	150	139	127	115	104	92
x109	203	193	182	172	162	152	142	132	122	111	101	91	81
x99	186	177	167	158	149	139	130	121	112	102	93	84	74
x90	166	158	150	141	133	125	116	108	100	91	83	75	67
x82	197	187	177	167	158	148	138	128	118	108	98	89	79
x74	173	164	155	147	138	129	121	112	104	95	86	78	69
x68	157	149	141	133	125	118	110	102	94	86	78	71	63
x61	141	134	127	120	113	106	99	91	84	77	70	63	56
x53	139	132	125	118	111	104	97	90	83	76	69	62	56
x48	127	120	114	108	101	95	89	82	76	70	63	57	51
x43	113	107	102	96	90	85	79	73	68	62	56	51	45
x38	118	112	106	100	94	89	83	77	71	65	59	53	47
x34	108	102	97	92	86	81	75	70	65	59	54	48	43
x30	101	96	91	86	80	75	70	65	60	55	50	45	40
x26	96	91	86	81	77	72	67	62	57	53	48	43	38
x22	85	81	77	72	68	64	60	55	51	47	43	38	34
W12x336	807	767	727	686	646	606	565	525	484	444	404	363	323
x305	717	681	646	610	574	538	502	466	430	395	359	323	287
x279	657	624	591	558	525	493	460	427	394	361	328	296	263
x252	582	553	524	495	466	437	407	378	349	320	291	262	233
x230	526	500	473	447	421	394	368	342	316	289	263	237	210
x210	468	445	422	398	375	351	328	304	281	258	234	211	187
x190	412	392	371	350	330	309	288	268	247	227	206	185	165
x170	363	345	327	308	290	272	254	236	218	200	181	163	145
x152	322	306	290	274	257	241	225	209	193	177	161	145	129
x136	286	272	257	243	229	214	200	186	171	157	143	129	114
x120	251	239	226	213	201	188	176	163	151	138	126	113	100
x106	212	202	191	181	170	159	149	138	127	117	106	96	85
x96	189	179	170	160	151	141	132	123	113	104	94	85	75
x87	174	165	156	148	139	130	122	113	104	96	87	78	70
x79	157	149	142	134	126	118	110	102	94	87	79	71	63
x72	143	136	129	121	114	107	100	93	86	79	71	64	57
x65	127	121	115	108	102	96	89	83	76	70	64	57	51
x58	119	113	107	101	95	89	83	77	71	65	59	53	47
x53	113	107	101	96	90	85	79	73	68	62	56	51	45
x50	122	116	110	104	98	91	85	79	73	67	61	55	49

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kips (continuacion)												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W12x45	109	104	99	93	88	82	77	71	66	60	55	49	44
x40	95	90	85	81	76	71	66	62	57	52	47	43	38
x35	101	96	91	86	81	76	71	66	61	56	51	46	41
x30	86	82	78	73	69	65	60	56	52	47	43	39	35
x26	76	72	68	64	61	57	53	49	45	42	38	34	30
x22	86	82	78	73	69	65	60	56	52	47	43	39	35
x19	77	74	70	66	62	58	54	50	46	43	39	35	31
x16	71	68	64	61	57	53	50	46	43	39	36	32	29
x14	64	61	58	55	51	48	45	42	39	35	32	29	26
W10x112	232	221	209	198	186	174	163	151	139	128	116	105	93
x100	204	194	183	173	163	153	143	132	122	112	102	92	82
x88	176	168	159	150	141	132	123	115	106	97	88	79	71
x77	152	144	137	129	121	114	106	99	91	83	76	68	61
x68	132	125	119	112	106	99	92	86	79	73	66	59	53
x60	116	110	104	98	93	87	81	75	69	64	58	52	46
x54	101	96	91	86	81	76	71	66	61	55	50	45	40
x49	92	87	82	78	73	69	64	60	55	50	46	41	37
x45	95	91	86	81	76	72	67	62	57	52	48	43	38
x39	84	80	76	72	67	63	59	55	51	46	42	38	34
x33	76	72	69	65	61	57	53	50	46	42	38	34	30
x30	85	81	77	72	68	64	60	55	51	47	43	38	34
x26	72	69	65	61	58	54	51	47	43	40	36	33	29
x22	66	63	59	56	53	50	46	43	40	37	33	30	26
x19	69	65	62	59	55	52	48	45	41	38	34	31	28
x17	65	62	59	56	52	49	46	43	39	36	33	29	26
x15	62	59	56	53	50	47	43	40	37	34	31	28	25
x12	51	48	46	43	41	38	35	33	30	28	25	23	20
W8x67	139	132	125	118	111	104	97	90	83	76	69	62	55
x58	120	114	108	102	96	90	84	78	72	66	60	54	48
x48	92	87	83	78	73	69	64	60	55	50	46	41	37
x40	80	76	72	68	64	60	56	52	48	44	40	36	32
x35	68	65	61	58	54	51	48	44	41	37	34	31	27
x31	62	58	55	52	49	46	43	40	37	34	31	28	25
W8x28	62	59	56	53	50	47	43	40	37	34	31	28	25
x24	52	50	47	45	42	39	37	34	31	29	26	24	21
x21	56	53	50	48	45	42	39	36	34	31	28	25	22
x18	51	48	45	43	40	38	35	33	30	28	25	23	20
x15	54	51	48	46	43	40	38	35	32	30	27	24	21
x13	50	47	45	42	40	37	35	32	30	27	25	22	20
x10	36	34	33	31	29	27	25	24	22	20	18	16	14
W6x25	55	52	50	47	44	41	39	36	33	30	28	25	22
x20	44	41	39	37	35	33	30	28	26	24	22	20	17
x15	37	35	33	32	30	28	26	24	22	20	19	17	15
x16	44	42	40	37	35	33	31	29	26	24	22	20	18
x12	37	36	34	32	30	28	26	24	22	21	19	17	15
x9	27	26	24	23	22	20	19	18	16	15	14	12	11
x8.5	27	25	24	23	21	20	19	17	16	15	13	12	11
W5x19	38	36	34	32	30	28	26	24	23	21	19	17	15
x16	32	31	29	28	26	24	23	21	19	18	16	15	13
W4x13	31	30	28	27	25	24	22	20	19	17	16	14	13

Anexo B.2

TABLA B-2

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kgf												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W44X335	549645	522163	494681	467198	439716	412234	384752	357269	329787	302305	274283	247340	219858
x290	464553	441325	418098	394870	371642	348415	325187	301959	278732	255504	232276	209049	185821
x262	418933	397986	377040	356093	335146	314200	293253	272306	251360	230413	209466	188520	167573
x230	373031	354380	335728	317077	298425	279773	261122	242470	223819	205167	186516	167864	149212
W40X593	942651	895519	848386	801253	754121	706988	659856	612723	565591	518458	471326	424193	377060
x503	794022	754321	714619	674918	635217	595516	555815	516114	476413	436712	397011	357310	317609
x431	677773	643884	609996	576107	542219	508330	474441	440553	406664	372775	338887	304998	271109
x397	612595	581965	551335	520705	490076	459446	428816	398187	367557	336927	306297	275668	245038
x372	576784	547945	519106	490267	461428	432588	403749	374910	346071	317231	288392	259553	230714
x362	556895	529051	501206	473361	445516	417671	389827	361982	334137	306292	278448	250603	222758
x324	492329	467713	443096	418480	393863	369247	344630	320014	295397	270781	246165	221548	196932
x297	453310	430645	407979	385314	362648	339983	317317	294652	271986	249321	226655	203990	181324
x277	403551	383373	363196	343018	322841	302663	282485	262308	242130	221953	201775	181598	161420
x249	361899	343804	325709	307614	289519	271424	253329	235234	217139	199044	180949	162854	144759
x215	310461	294938	279415	263892	248369	232846	217323	201800	186277	170754	155231	139708	124185
x199	308073	292669	277266	261862	246459	231055	215651	200248	184844	169440	154037	138633	123229
x392	723454	687282	651109	614936	578764	542591	506418	470245	434073	397900	361727	325554	289382
x331	609606	579126	548646	518165	487685	457205	426724	396244	365764	335284	304803	274323	243843
x327	589619	560138	530657	501176	471695	442214	412733	383253	353772	324291	294810	265329	235848
x278	502176	477067	451958	426849	401741	376632	351523	326414	301305	276197	251088	225979	200870
x264	470285	446770	423256	399742	376228	352713	329199	305685	282171	258657	235142	211628	188114
x235	403551	383373	363196	343018	322841	302663	282485	262308	242130	221953	201775	181598	161420
x211	361899	343804	325709	307614	289519	271424	253329	235234	217139	199044	180949	162854	144759
x183	310461	294938	279415	263892	248369	232846	217323	201800	186277	170754	155231	139708	124185
x167	307277	291913	276549	261186	245822	230458	215094	199730	184366	169002	153639	138275	122911
x149	294736	279999	265263	250526	235789	221052	206315	191579	176842	162105	147368	132631	117894
x798	1224210	1162999	1101789	1040578	979368	918157	856947	795736	734526	673315	612105	550894	489684
x650	977126	928270	879414	830557	781701	732845	683988	635132	586276	537420	488563	439707	390851
W36x527	77932	734286	695639	656992	618346	579699	541053	502406	463759	425113	386466	347820	309173
x439	637921	606025	574129	542233	510337	478441	446545	414649	382753	350857	318961	287065	255169
x393	564782	536543	508304	480065	451826	423587	395348	367109	338869	310630	282391	254152	225913
x359	513002	487352	461702	436052	410402	384752	359101	333451	307801	282151	256501	230851	205201
x328	463451	440278	417106	393933	370761	347588	324416	301243	278070	254898	231725	208553	185380
x300	424744	403507	382270	361033	339795	318558	297321	276084	254846	233609	212372	191135	169898
x280	395609	375828	356048	336267	316487	296706	276926	257146	237365	217585	197804	178024	158243
x260	373435	354764	336092	317420	298748	280077	261405	242733	202589	186718	168046	149374	
x245	353693	336009	318324	300639	282955	265270	247585	229901	212216	194531	176847	159162	141477
x230	334147	317440	300732	284025	267318	250610	233903	217196	200488	183781	167073	150366	133659
X256	439716	417730	395744	373759	351773	329787	307801	285815	263830	241844	219858	197872	175886
x232	395296	375531	355677	336002	316237	296472	276707	256943	237178	217413	197648	177883	158118
x210	373056	354403	335750	317097	298445	279792	261139	242486	223833	205181	186528	167875	149222
x194	314967	324868	307700	290672	273573	256475	239377	222278	205180	188082	170983	153885	136787
x182	322310	306195	290079	273964	257848	241733	225617	209502	193386	177271	161155	145040	128924
x170	301472	286398	271325	256251	241178	226104	211030	195957	180883	165810	150736	135662	120589
x160	286580	272251	257922	243593	229264	214935	200606	186277	171948	157619	143290	128961	114632
x150	274792	261052	247313	233573	219834	206094	192354	178615	164875	151136	137396	123656	109917
x135	261596	248516	235436	222356	209277	196197	183117	170037	156957	143878	130798	117718	104638
W33x387	555524	527747	499971	472195	444419	416643	388867	361090	333314	305538	277762	249986	222209
X354	505752	480464	455177	429889	404601	379314	354026	328739	303451	278164	252876	227588	202301
x318	448338	425921	403504	381087	358670	336253	313837	291420	269003	246586	224169	201752	179335
x291	409148	388690	368233	347775	327318	306861	286403	265946	245489	225031	204574	184116	163659
x263	367594	349214	330834	312454	294075	275695	257315	238936	220556	202176	183797	165417	147037
x241	347643	330261	312879	295497	278115	260732	243530	225968	208586	191204	173822	156439	139057
x221	321759	305671	289583	273495	257407	241319	225231	209143	193055	176968	160880	144792	128704
x201	295097	280343	265588	250833	236078	221323	206568	191813	177058	162304	147549	132794	118039
X169	277345	263478	249611	235744	221876	208009	194142	180275	166407	152540	138673	124805	110938
x152	260524	247498	234472	221446	208419	195393	182367	169341	156315	143288	130262	117236	104210
x141	246734	234397	222061	209724	197387	185051	172714	160377	148040	135704	123367	111030	98694
x130	205931	195634	185338	175041	164745	154448	144152	133855	123558	113262	102965	92669	82372
x118	221609	210529	199448	188368	177287	166207	155127	144046	132966	121885	110805	99724	88644
x391	552976	525327	497679	470030	442381	414732	387083	359435	331786	304137	276488	248839	221191
x357	498110	473204	448299	423393	398488	373582	348677	323771	298866	273960	249055	224149	199244
x326	452355	429737	407119	384502	361884	339266	316648	294031	271413	248795	226177	203560	180942
W30x292	399742	379755	359781	339781	319794	299806	279819	259832	239845	219858	199871	179884	159897
x261	359915	341919	323923	305927	287932	269936	251940	233945	215949	197953	179957	161962	143966
x235	318165	302256	286348	270440	254532	238623	222715	206807	190899	174991	159082	143174	127266

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kgf (continuación)												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W30x211	293285	278621	263956	249292	234628	219964	205299	190635	175971	161307	146642	131978	117314
x191	266948	253600	240253	226906	213558	200211	186863	173516	160169	146821	133474	120126	106779
x173	243862	231669	219476	207283	195090	182897	170704	158510	146317	134124	121931	109738	97545
X148	244369	232169	219950	207730	195511	183292	171072	158853	146633	134414	122194	109975	97756
x132	228217	216806	205395	193984	182573	171162	159752	148341	136930	125519	114108	102697	91287
x124	216368	205549	194731	183912	173094	162276	151457	140639	129821	119002	108184	97365	86547
x116	207587	197207	186828	176449	166069	155690	145311	134931	124552	114173	103793	93414	83035
x108	198903	188958	179013	169068	159123	149178	139232	129287	119342	109397	99452	89507	79561
x99	189143	179685	170228	160771	151314	141857	132400	122943	113486	104028	94571	85114	75657
x90	169805	161314	152824	144334	135844	127353	118863	110373	101883	93393	84902	76412	67922
W27X539	784114	744908	705702	666497	627291	588085	509674	470468	431263	392057	352851	313646	
x368	513786	488097	462407	436718	411029	385339	359650	333961	308272	282582	256893	231204	205514
x307	420513	399487	378462	357436	336410	315385	294359	273333	252308	231282	210256	189231	168205
x281	380367	361349	342330	323312	304294	285275	266257	247239	228220	209202	190184	171165	152147
x258	348060	330657	313254	295851	278448	261045	243642	226239	208836	191433	174030	156627	139224
x235	319855	303862	287869	271877	255884	239891	223898	207906	191913	175920	159927	143935	127942
x217	288686	274252	259818	245383	230949	216515	202080	187646	173212	158777	144343	129909	115474
x194	258105	245200	232295	219390	206484	193579	180674	167769	154863	141958	129053	116147	103242
x178	246838	234496	222154	209812	197471	185129	172787	160445	148103	135761	123419	111077	98735
x161	223091	211937	200782	189628	178473	167318	156164	145009	133855	122700	111546	100391	89236
x146	203018	192867	182717	172566	162415	152264	142113	131962	121811	111660	101509	91358	81207
X129	206190	195881	185571	175262	164952	154643	144333	134024	123714	113405	103095	92786	82476
x114	190575	181047	171518	161989	152460	142932	133403	123874	114345	104817	95288	85759	76230
x102	170925	162379	153833	145286	136740	128194	119648	111101	102555	94009	85463	76916	68370
x94	161428	153356	145285	137213	129142	121071	112999	104928	96857	88785	80714	72642	64571
x84	150418	142897	135376	127855	120334	112813	105292	97771	90251	82730	75209	67688	60167
x370	521232	495170	469109	443047	416986	390924	364862	338801	312739	286678	260616	234554	208493
x335	464773	441535	418296	395057	371819	348580	325341	302103	278864	255625	232387	209148	185909
x306	418186	397277	376367	355458	334549	313639	292730	271821	250912	230002	209093	188184	167274
W24x279	379314	360348	341383	322417	303451	284485	265520	246554	227588	208623	189657	170691	151726
x250	334980	318231	301482	284733	267984	251235	234486	217737	200988	184239	167490	150741	133992
x229	305685	290401	275116	259832	244548	229264	213979	198695	183411	168127	152842	137558	122274
x207	273831	260139	246447	232756	219064	205373	191681	177990	164298	150607	136915	123224	109532
x192	252962	240314	227665	215017	202369	189721	177073	164425	151777	139129	126481	113833	101185
x176	231468	219895	208321	196748	185175	173601	162028	150454	138881	127308	115734	104161	92587
x162	215853	205061	194268	183475	172683	161890	151097	140305	129512	118719	107927	97134	86341
x146	196625	186794	176963	167132	157300	147469	137638	127807	117975	108144	98313	88481	78650
x131	181531	172455	163378	154301	145225	136148	127072	117995	108919	99842	90766	81689	72612
x117	163681	155497	147313	139129	130945	122761	114577	106393	98209	90025	81841	73656	65472
x104	147576	140197	132819	125440	118061	110682	103303	95925	88546	81167	73788	66409	59031
X103	165028	156777	148525	140274	132023	123771	115520	107268	99017	90766	82514	74263	66011
x94	153265	145602	137939	130275	122612	114949	107286	99622	91959	84296	76633	68969	61306
x76	128789	122350	115910	109471	103032	96592	90153	83713	77274	70834	64395	57955	51516
x68	120455	114433	108410	102387	96364	90341	84319	78296	72273	66250	60228	54205	48182
X62	124809	118569	112328	106088	99847	93607	87366	81126	74885	68645	62405	56164	49924
x55	114166	108458	102750	97042	91333	85625	79917	74208	68500	62792	57083	51375	45667
W21X201	245313	230697	217880	205064	192247	179431	166614	153798	140981	128165	115348	102532	
x182	230746	219208	207671	196134	184596	173059	161522	149985	138447	126910	115373	103836	92298
x166	206668	196335	186001	175668	165334	155001	144668	134334	124001	113667	103334	93001	82667
x147	194874	185130	175387	165643	155899	146156	136412	126668	116925	107181	97437	87693	77950
x132	173540	164863	156186	147509	138832	130155	121478	112801	104124	95447	86770	78093	69416
x122	159456	151483	143510	135537	127565	115952	111619	103646	95674	87701	79728	71755	63782
x111	144821	137580	130339	123098	115857	108616	101374	94133	86892	79651	72410	65169	57928
x101	131043	124491	117939	111386	104834	98282	91730	85178	78626	72074	65521	58969	52417
x93	153430	145759	138087	130416	122744	115073	107401	99730	92058	84387	76715	69044	61372
x83	134974	128225	121477	114728	107979	101231	94482	87733	80984	74236	67487	60738	53990
x73	118135	112228	106321	100414	94508	88601	82694	76787	70881	64974	59067	53161	47254
x68	111117	105561	100005	94449	88894	83338	77782	72226	66670	61114	55558	50003	44447
x62	102875	97731	92587	87444	82300	77156	72012	66869	61725	56581	51437	46294	41150
x55	95527	90750	85974	81198	76421	71645	66869	62092	57316	52540	47763	42987	38211
x48	88301	83886	79471	75056	70641	66226	61811	57396	52980	48565	44150	39735	35320
X57	104657	99424	94191	88958	83725	78493	73260	68027	62794	57561	52328	47096	41863
x50	96800	91960	87120	82280	77440	72600	67760	62920	58080	53240	48400	43560	38720
x44	88729	84293	79857	75420	70984	66547	62111	57674	53238	48801	44365	39928	35492

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kgf (continuación)												
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1
W18x175	217996	207097	196197	185297	174397	163497	152598	141698	130798	119898	108998	98098	87199
x158	195425	185654	175883	166111	156340	146569	136798	127026	117255	107484	97713	87941	78170
x143	174336	165619	156902	148186	139469	130752	122035	113318	104602	95885	87168	78451	69734
x130	158366	150448	142529	134611	126693	118774	110856	102938	95020	87101	79183	71265	63346
x119	152414	144793	137172	129552	121931	114310	106690	99069	91448	83828	76207	68586	60966
x106	135121	128365	121609	114853	108097	101341	94585	87829	81073	74317	67561	60804	54048
x97	121870	115776	109683	103589	97496	91402	85309	79215	73122	67028	60935	54841	48748
x86	108165	102757	97349	91941	86532	81124	75716	70308	64899	59491	54083	48674	43266
x76	94730	89994	85257	80521	75784	71048	66311	61575	56838	52102	47365	42629	37892
X71	112152	106544	100937	95329	89721	84114	78506	72899	67291	61684	56076	50468	44861
x65	101405	96335	91265	86194	81124	76054	70984	65913	60843	55773	50703	45632	40562
x60	92502	87876	83251	78626	74001	69376	64751	60126	55501	50876	46251	41626	37001
x55	86452	82129	77806	73484	69161	64839	60516	56193	51871	47548	43226	38903	34581
x50	78258	74345	70432	66520	62607	58694	54781	50868	46955	43042	39129	35216	31303
x46	79801	75811	71821	67831	63841	59851	55861	51871	47881	43891	39901	35911	31921
x40	69055	65602	62149	58696	55244	51791	48338	44886	41433	37980	34527	31075	27622
x35	65032	61780	58528	55277	52025	48774	45522	42270	39019	35767	32516	29264	26013
W16X100	121796	115707	109617	103527	97437	91347	85257	79168	73078	66988	60898	54808	48719
x89	108018	102618	97217	91816	86415	81014	75613	70212	64811	59410	54009	48608	43207
x77	91944	87347	82750	78153	73555	68958	64361	59764	55167	50569	45972	41375	36778
x67	78852	74910	70967	67024	63082	59139	55197	51254	47311	43369	39426	35484	31541
X57	86366	82048	77729	73411	69093	64774	60456	56138	51819	47501	43183	38865	34546
x50	75858	72065	68272	64479	60686	56893	53101	49308	45515	41722	37929	34136	30343
x45	68026	64625	61223	57822	54421	51019	47618	44217	40816	37414	34013	30612	27210
x40	59765	56777	53789	50801	47812	44824	41836	38847	35859	32871	29883	26894	23906
x36	57445	54572	51700	48828	45956	43083	40211	37339	34467	31594	28722	25850	22978
X31	53550	50872	48195	45517	42840	40162	37485	34807	32130	29452	26775	24097	21420
x26	48069	45666	43263	40859	38456	36052	33649	31245	28842	26438	24035	21631	19228
W14x808	1044326	992109	939893	887677	835461	783244	731028	678812	626595	574379	522163	469947	417730
x730	842201	800091	757981	715871	673761	631651	589541	547431	505321	463211	421101	378991	336881
x665	748634	711203	673771	636339	598907	561476	524044	486612	449181	411749	374317	336885	299454
x605	665502	632227	598951	565676	532401	499126	465851	432576	399301	366026	332751	299476	266201
x550	588786	559347	529908	500469	471029	441590	412151	382711	353272	323833	294393	264954	235515
x500	525690	499405	473121	446836	420552	394267	367983	341698	315414	289129	262845	236560	210276
x455	470040	446538	423036	399534	376032	352530	329028	305526	282024	258522	235020	211518	188016
x426	430555	409028	387500	365972	344444	322916	301389	279861	258333	236805	215278	193750	172222
x398	396692	376858	357023	337189	317354	297519	277685	257850	238015	218181	198346	178512	158677
x370	363907	345712	327516	309321	291126	272930	254735	236540	218344	200149	181954	163758	145563
x342	330056	313554	297051	280548	264045	247542	231040	214537	198034	181531	165028	148525	132023
x311	295287	280523	265759	250994	236230	221465	206701	191937	177172	162408	147644	132879	118115
x283	263837	250645	237453	224261	211070	197878	184686	171494	158302	145110	131918	118727	105535
x257	237004	225154	213303	201453	189603	177753	165903	154052	142202	130352	118502	106652	94802
x233	209669	199185	188702	178218	167735	157251	146768	136285	125801	115318	104834	94351	83867
x211	188432	179011	169589	160167	150746	141324	131903	122481	113059	103638	94216	84795	75373
x193	168947	160500	152053	143605	135158	126710	118263	109816	101368	92921	84474	76026	67579
x176	154508	146783	139057	131332	123606	115881	108156	100430	92705	84979	77254	69529	61803
x159	136860	130017	123174	116331	109488	102645	95802	88959	82116	75273	68430	61587	54744
x145	123254	117091	110928	104766	98603	92440	86278	80115	73952	67790	61627	55464	49301
x132	116120	110314	104508	98702	92896	87090	81284	75478	69672	63866	58060	52254	46448
x120	104773	99534	94296	89057	83818	78580	73341	68102	62864	57625	52387	47148	41909
x109	91944	87347	82750	78153	73555	68958	64361	59764	55167	50569	45972	41375	36778
x99	84345	80128	75911	71693	67476	63259	59042	54824	50607	46390	42173	37955	33738
x90	75441	71669	67897	64125	60353	56581	52809	49037	45265	41493	37721	33949	30177
x82	89317	84851	80386	75920	71454	66988	62522	58056	53590	49125	44659	40193	35727
x74	78258	74345	70432	66520	62607	58694	54781	50868	46955	43042	39129	35216	31303
x68	71155	67597	64040	60482	56924	53366	49809	46251	42693	39135	35578	32020	28462
x61	63837	60646	57454	54262	51070	47878	44686	41494	38302	35111	31919	28727	25535
x53	62986	59837	56688	53538	50389	47240	44090	40941	37792	34642	31493	28344	25195
x48	57463	54590	51717	48843	45970	43097	40224	37351	34478	31605	28731	25858	22985
x43	51174	48615	46057	43498	40939	38381	35822	33263	30704	28146	25587	23028	20470
x38	53532	50855	48178	45502	42825	40149	37472	34796	32119	29442	26766	24089	21413
x34	48866	46422	43979	41536	39092	36649	34206	31763	29319	26876	24433	21989	19546
x30	45632	43351	41069	38787	36506	34224	31943	29661	27379	25098	22816	20535	18253
x26	43409	41239	39069	36898	34728	32557	30387	28216	26046	23875	21705	19534	17364
x22	38590	36661	34731	32802	30872	28943	27013	25084	23154	21225	19295	17366	15436

PERFIL	Resistencia al corte en la zona de panel, Kgf (continuación)													
	=0,4	0,45	0,5	0,55	0,6	0,65	0,7	0,75	0,8	0,85	0,9	0,95	1	
W12x336	366234	347922	329611	311299	292987	274676	256364	238052	219740	201429	183117	164805	146494	
x305	325390	309121	292851	276582	260312	244043	227773	211504	195234	178965	162695	146426	130156	
x279	297933	283036	268139	253243	238346	223449	208553	193656	178760	163863	148966	134070	119173	
x252	264045	250843	237641	224438	211236	198034	184832	171629	158427	145225	132023	118820	105618	
x230	238559	226631	214703	202775	190847	178919	166991	155063	143136	131208	119280	107352	95424	
x210	212436	201815	191193	180571	169949	159327	148705	138084	127462	116840	106218	95596	84975	
x190	186938	177591	168244	158897	149550	140204	130857	121510	112163	102816	93469	84122	74775	
x170	164600	156370	148140	139910	131680	123450	115220	106990	98760	90530	82300	74070	65840	
x152	145972	138673	131375	124076	116778	109479	102180	94882	87583	80285	72986	65687	58389	
x136	129647	123164	116682	110200	103717	97235	90753	84270	77788	71306	64823	58341	51859	
x120	113909	108214	102518	96823	91127	85432	79737	74041	68346	62650	56955	51259	45564	
x106	96372	91553	86734	81916	77097	72279	67460	62642	57823	53004	48186	43367	38549	
x96	85545	81268	76991	72713	68436	64159	59882	55604	51327	47050	42773	38495	34218	
x87	78840	74898	70956	67014	63072	59130	55188	51246	47304	43362	39420	35478	31536	
x79	71375	67807	64238	60669	57100	53532	49963	46394	42825	39257	35688	32119	28550	
x72	64774	61536	58297	55058	51819	48581	45342	42103	38865	35626	32387	29148	25910	
x65	57794	54904	52014	49125	46235	43345	40455	37566	34676	31786	28897	26007	23117	
x58	53789	51099	48410	45720	43031	40342	37652	34963	32273	29584	26894	24205	21516	
x53	51125	48569	46013	43456	40900	38344	35788	32321	30675	28119	25563	23006	20450	
x50	55283	52519	49755	46990	44226	41462	38698	35934	33170	30406	27641	24877	22113	
x45	49643	47161	44679	42197	39715	37232	34750	32268	29786	27304	24822	22339	19857	
x40	42993	40843	38694	36544	34394	32245	30095	27945	25796	23646	21497	19347	17197	
x35	45926	43630	41334	39037	36741	34445	32148	29852	27556	25259	22963	20667	18370	
x30	39166	37208	35249	33291	31333	29374	27416	25458	23500	21541	19583	17625	15666	
x26	34365	32647	30929	29210	27492	25774	24056	22337	20619	18901	17183	15464	13746	
x22	39166	37208	35249	33291	31333	29374	27416	25458	23500	21541	19583	17625	15666	
x19	35112	33357	31601	29845	28090	26334	24578	22823	21067	19312	17556	15800	14045	
x16	32332	30715	29099	27482	25866	24249	22632	21016	19399	17783	16166	14549	12933	
x14	29148	27690	26233	24776	23318	21861	20403	18946	17489	16031	14574	13117	11659	
W10x112	105410	100139	94869	89598	84328	79057	73787	68516	63246	57975	52705	47434	42164	
x100	92440	87818	83196	78574	73952	69330	64708	60086	55464	50842	46220	41598	36976	
x88	80022	76021	72020	68019	64017	60016	56015	52014	48013	44012	40011	36010	32009	
x77	68804	65363	61923	58483	55043	51603	48163	44722	41282	37842	34402	30962	27521	
x68	59863	56870	53877	50884	47891	44897	41904	38911	35918	32925	29932	26938	23945	
x60	52466	49843	47220	44596	41973	39350	36726	34103	31480	28856	26233	23610	20986	
x54	45767	43479	41190	38902	36614	34325	32037	29749	27460	25172	22884	20595	18307	
x49	41557	39479	37401	35323	33245	31167	29090	27012	24934	22856	20778	18700	16623	
x45	43293	41128	38964	36799	34634	32470	30305	28141	25976	23811	21647	19482	17317	
x39	38269	36356	34442	32529	30616	28702	26789	24875	22962	21048	19135	17221	15308	
x33	34557	32829	31102	29374	27646	25918	24190	22462	20734	19007	17279	15551	13823	
x30	38578	36649	34720	32791	30862	28934	27005	25076	23147	21218	19289	17360	15431	
x26	32797	31158	29518	27878	26238	24598	22958	21318	19678	18039	16399	14759	13119	
x22	29981	28482	26983	25484	23985	22485	20986	19487	17988	16489	14990	13491	11992	
x19	31230	29668	28107	26545	24984	23422	21861	20299	18738	17176	15615	14053	12492	
x17	29687	28202	26718	25234	23749	22265	20781	19296	17812	16328	14843	13359	11875	
x15	28140	26733	25326	23919	22512	21105	19698	18291	16884	15477	14070	12663	11256	
x12	22967	21818	20670	19522	18373	17225	16077	14928	13780	12632	11483	10335	9187	
W8x67	62827	59686	56544	53403	50262	47120	43979	40838	37696	34555	31414	28272	25131	
x58	54652	51920	49187	46454	43722	40989	38257	35524	32791	30059	27326	24593	21861	
x48	41640	39558	37476	35394	33312	31230	29148	27066	24984	22902	20820	18738	16656	
x40	36374	34555	32736	30918	29099	27280	25462	23643	21824	20005	18187	16368	14549	
x35	30828	29287	27745	26204	24663	23121	21580	20038	18497	16955	15414	13873	12331	
x31	27923	26527	25131	23735	22339	20942	19546	18150	16754	15358	13962	12565	11169	
x28	28133	26726	25319	23913	22506	21099	19693	18286	16880	15473	14066	12660	11253	
x24	23794	22604	21415	20225	19035	17846	16656	15466	14276	13087	11897	10707	9518	
x21	25351	24084	22816	21549	20281	19013	17746	16478	15211	13943	12676	11408	10141	
x18	22929	21782	20636	19489	18343	17197	16050	14904	13757	12611	11464	10318	9172	
x15	24334	23117	21901	20684	19467	18251	17034	15817	14600	13384	12167	10950	9734	
x13	22506	21381	20256	19130	18005	16880	15754	14629	13504	12378	11253	10128	9003	
x10	16427	15606	14784	13963	13142	12320	11499	10677	9856	9035	8213	7392	6571	
W6x25	25003	23753	22503	21253	20003	18753	17502	16252	15002	13752	12502	11252	10001	
x20	19742	18755	17768	16781	15794	14807	13820	12832	11845	10858	9871	8884	7897	
x15	16873	16029	15185	14342	13498	12655	11811	10967	10124	9280	8436	7593	6749	
x16	19997	18997	17997	16997	15998	14998	13998	12998	11998	10998	9998	8999	7999	
x12	16985	16136	15287	14438	13588	12739	11890	11040	10191	9342	8493	7643	6794	
x9	12284	11670	11055	10441	9827	9213	8599	7984	7370	6756	6142	5528	4913	
x8.5	12138	11531	10924	10317	9710	9103	8497	7890	7283	6676	6069	5462	4855	
W5x19	17029	16178	15327	14475	13624	12772	11921	11069	10218	9366	8515	7663	6812	
x16	14726	13989	13253	12517	11781	11044	10308	9572	8835	8099	7363	6627	5890	
W4x13	14265	13552	12839	12126	11412	10699	9986	9272	8559	7846	7133	6419	5706	

Anexo C.1:

Tabla de resistencia al pandeo local del alma y ala en la columna (Sistema Inglés)

FUERZAS DE TENSION EN EL ALA.

La fuerza locales de la columna tabulada es determinada como el menor valor del estado límite del pandeo local del ala y el alma. Para un perfil W, en la tabla se entra con los valores de N y la resistencia de diseño buscada a la tensión correspondiente (T) de la columna.

Para los estados límite el pandeo local del ala, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD con la Ecuación K1-1, donde:

$$\phi R_n = 0.9 \cdot 6.25 \cdot t_f^2 F_y$$

Para el estado límite del pandeo local del alma, la resistencia de diseño se determina de la Especificación LRFD Ecuación K1-2, donde:

$$\phi R_n = 1.0 \cdot (5 \cdot k + N) F_y \cdot t_w$$

La resistencia de diseño de los valores intermedio de N puede ser determinada por las ecuaciones anteriores.

t_f = el espesor del ala de la columna, pulgada. (cm)

d_c = la profundidad de la columna, pulgada. (cm)

N = el espesor de ala de la viga o plancha de ala que entregan la fuerza concentrada, pulgada.

F_y = resistencia mínima específica del acero de la columna, ksi. (Kgf / cm^2)

k = la distancia de la cara exterior del ala al radio de curvatura en el alma, pulgada.(cm)

t_w = el espesor de alma de columna, pulgada. (cm)

FUERZA DE COMPRESION EN EL ALA.

La resistencia de pandeo local del alma por compresión tabulada será el menor valor del estado límite del pandeo local del alma y abollamiento. Para un perfil W, en la tabla se entra con el valor de N y la resistencia de diseño es determinado de la columna correspondiente (C). Cuando se diseña para dos fuerzas de compresión opuesta la resistencia de diseño será el menor valor de los estados límites de la cedencia local del alma, web crippling, y pandeo por compresión del alma. Para los estados límite del pandeo local del alma, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-2, donde:

$$\phi R_n = 1.0 \cdot (5k + N) F_y \cdot t_w$$

Para el estado límite del pandeo local del alma, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-4, donde:

$$\phi R_n = 0.75 \cdot 1132 \cdot t_w^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{dc} \right) \left(\frac{t_w}{t_f} \right)^{1.5} \right] \sqrt{\frac{F_y \cdot t_f}{t_w}}$$

Para el estado del límite de pandeo local del alma, la resistencia de diseño es determinada de la Especificación de LRFD Ecuación K1-8, donde:

$$\phi R_n = 0.90 \cdot \frac{326326 \cdot t_w^3 \sqrt{F_y}}{h}$$

La resistencia de diseño en valores intermedio de N puede ser determinada por interpolación del lineal. En la discusión anterior y ecuaciones.

t_f = el espesor del ala de la columna, pulgada.(cm)

dc = la profundidad de la columna, pulgada. .(cm)

N = el espesor de ala de la viga o plancha de ala que entregan la fuerza concentrada, pulgada. .(cm)

F_y = Resistencia mínima específica del acero de la columna. ksi. (Kgf / cm^2)

k = la distancia de la cara exterior del ala al radio de curvatura en el alma, pulgada.(cm)

t_w = el espesor de alma de columna, pulgada. .(cm)

$h = dc - 2k$, pulgada. .(cm)

Tabla C Resistencia local para columna con un Fy=50 ksi, para viento y sismos bajos															Pandeo en compresión del alma ØRn, kips		
Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. kips																	
N pulgadas (in)																	
1/4		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		1 3/4		2			
T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C		
W44X335	666	666	678	678	691	691	704	704	717	717	729	729	742	742	755	755	712
x290	526	526	537	537	548	548	559	559	570	570	581	581	592	592	602	602	442
x262	446	446	456	456	466	466	476	476	486	486	496	496	506	506	515	515	331
x230	366	366	375	375	383	383	392	392	401	401	410	410	419	419	428	428	240
W40X593	1996	1996	2018	2018	2041	2041	2063	2063	2085	2085	2108	2108	2130	2130	2152	2152	4378
x503	1536	1536	1555	1555	1575	1575	1594	1594	1613	1613	1632	1632	1652	1652	1671	1671	2785
x431	1203	1203	1219	1219	1236	1236	1253	1253	1270	1270	1286	1286	1303	1303	1320	1320	1835
x397	1046	1046	1061	1061	1077	1077	1092	1092	1107	1107	1122	1122	1138	1138	1153	1153	1384
x372	951	951	966	966	980	980	995	995	1009	1009	1024	1024	1038	1038	1053	1053	1193
x362	907	907	921	921	935	935	949	949	963	963	977	977	991	991	1005	1005	1071
x324	760	760	773	773	785	785	798	798	810	810	823	823	835	835	848	848	762
x297	670	670	681	681	693	693	704	704	716	716	728	728	739	739	751	751	615
x277	583	583	593	593	604	604	614	614	625	625	635	635	645	645	656	656	436
x249	497	497	506	506	516	516	525	525	534	534	544	544	553	553	563	563	322
x215	398	398	406	406	414	414	419	423	419	430	419	433	419	436	419	439	210
x199	322	374	322	382	322	390	398	322	406	322	409	322	413,03	322	417	210	
x392	1331	1331	1349	1349	1367	1367	1385	1385	1402	1402	1420	1420	1438	1438	1456	1456	2184
x331	1025	1025	1040	1040	1055	1055	1071	1071	1086	1086	1101	1101	1116	1116	1132	1132	1386
x327	991	991	1006	1006	1021	1021	1035	1035	1050	1050	1065	1065	1080	1080	1094	1094	1254
x278	775	775	788	788	801	801	813	813	826	826	839	839	852	852	864	864	809
x264	710	710	722	722	734	734	746	746	758	758	770	770	782	782	794	794	675
x235	583	583	593	593	604	604	614	614	625	625	635	635	645	645	656	656	436
x211	497	497	506	506	516	516	525	525	534	534	544	544	553	553	563	563	322
x183	398	398	406	406	414	414	419	423	419	430	419	433	419	436	419	439	210
x167	293	367	293	375	293	384	293	392	293	398	293	401	293	405	293	409	210
x149	194	324	194	332	194	339	194	343	194	347	194	352	194	356	194	360	191
x798	3148	3148	3177	3177	3207	3207	3237	3237	3267	3267	3296	3296	3326	3326	3356	3356	11160
x650	2236	2236	2261	2261	2285	2285	2310	2310	2334	2334	2359	2359	2384	2384	2408	2408	6329
W36x527	1574	1574	1594	1594	1614	1614	1634	1634	1654	1654	1674	1674	1695	1695	1715	1715	3459
x439	1170	1170	1187	1187	1204	1204	1221	1221	1238	1238	1255	1255	1272	1272	1289	1289	2082
x393	976	976	991	991	1007	1007	1022	1022	1037	1037	1052	1052	1068	1068	1083	1083	1504
x359	843	843	857	857	871	871	885	885	899	899	913	913	927	927	941	941	1164
x328	727	727	740	740	752	752	765	765	778	778	791	791	803	803	816	816	879
x300	633	633	645	645	657	657	669	669	680	680	692	692	704	704	716	716	700
x280	569	569	580	580	591	591	602	602	613	613	624	624	635	635	646	646	575
x260	512	512	523	523	533	533	544	544	554	554	565	565	575	575	583	583	491
x245	470	470	480	480	490	490	500	500	510	510	513	513	530	530	540	540	424
x230	429	429	439	439	447	447	448	447	458	458	467	467	477	477	486	486	364
X256	607	607	619	619	631	631	643	643	655	655	667	667	679	679	691	691	712
x232	515	515	526	526	537	537	548	548	559	559	570	570	581	581	592	592	529
x210	448	448	459	459	469	469	479	479	490	490	500	500	510	510	520	520	459
x194	394	394	404	404	413	413	423	423	432	432	442	442	451	451	447	461	360
x182	359	359	368	368	377	377	386	386	392	395	392	404	392	413	392	422	307
x170	323	323	332	332	340	340	349	349	357	357	340	366	340	374	340	383	252
x160	293	296	293	304	293	312	293	320	293	328	293	336	293	345	293	353	221
x150	249	272	249	280	249	288	249	295	249	293	303	311	249	319	249	327	196
x135	176	239	176	246	176	254	176	261	176	269	176	276	176	284	176	291	173
W33x387	983	983	999	999	1014	1014	1030	1030	1046	1046	1062	1062	1077	1077	1093	1093	1748
X354	850	850	864	864	879	879	893	893	908	908	922	922	937	937	951	951	1365
x318	710	710	723	723	736	736	749	749	762	762	775	775	788	788	801	801	984
x291	617	617	629	629	641	641	653	653	665	665	677	677	689	689	701	701	776
x263	524	524	535	535	546	546	557	557	568	568	579	579	589	589	600	600	577
x241	465	465	475	475	486	486	496	496	506	506	517	517	527	527	537	537	500
x221	409	409	419	419	428	428	438	438	448	448	454	454	457	457	467	454	408
x201	356	356	365	365	372	372	374	372	383	372	391	372	400	372	409	372	418
X169	330	330	338	338	347	347	355	355	363	363	372	372	380	380	389	389	262
x152	287	287	295	295	303	303	303	311	311	316	319	327	327	335	335	343	223
x141	259	259	266	266	274	274	279	281	289	289	296	295	304	304	259	312	193
x130	204	204	206	211	206	217	206	224	206	230	206	236	206	243	206	249	114
x118	154	205	154	212	154	219	154	226	154	232	154	239	154	246	154	253	145
x391	1115	1115	1132	1132	1149	1149	1166	1166	1183	1183	1200	1200	1217	1217	1234	1234	2455
x357	955	955	970	970	986	986	1001	1001	1017	1017	1032	1032	1048	1048	1063	1063	1860
x326	824	824	838	838	852	852	866	866	881	881	895	895	909	909	923	923	1447
W30x292	686	686	699	699	711	711	724	724	737	737	750	750	762	762	775	775	1036
x261	579	579	591	591	602	602	614	614	625	625	637	637	649	649	660	660	785
x235	486	486	496	496	506	506	517	517	527	527	537	537	548	548	558	558	558
x211	417	417	426	426	436	436	446	446	455								

Tabla C Resistencia local para columna con un Fy=50 ksi, para viento y sismos bajos														Pandeo en compresion del alma φRn, kips			
Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. kips																	
N pulgadas (in)																	
1/4			1/2			3/4			1			1 1/4		1 1/2			
T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C		
x116	203	219	203	226	203	233	203	240	203	247	203	254	203	261	203	268	174
x108	162	199	162	206	162	213	162	219	162	226	162	233	162	240	162	247	157
x99	126	178	126	185	126	191	126	198	126	204	126	211	126	217	126	224	136
x90	105	154	105	160	105	166	105	172	105	177	105	183	105	189	105	195	100
W27X539	2157	2157	2182	2182	2206	2206	2231	2231	2256	2256	2280	2280	2305	2305	2330	2330	8368
x368	1145	1145	1163	1163	1180	1180	1197	1197	1214	1214	1232	1232	1249	1249	1266	1266	2874
x307	850	850	864	864	879	879	893	893	908	908	922	922	937	937	951	951	1708
x281	734	734	747	747	761	761	774	774	787	787	800	800	814	814	827	827	1302
x258	639	639	652	652	664	664	676	676	688	688	701	701	713	713	725	725	1028
x235	557	557	569	569	580	580	592	592	603	603	614	614	626	626	637	637	823
x217	486	486	496	496	506	506	517	517	527	527	537	537	548	548	558	558	626
x194	409	409	418	418	428	428	437	437	446	446	456	456	465	465	474	474	462
x176	368	368	377	377	386	386	395	395	398	398	404	404	413	413	422	422	417
x161	317	317	325	325	328	333	328	342	328	350	328	358	328	366	328	375	314
x146	267	274	267	281	267	289	267	296	267	304	267	312	267	319	267	327	242
W27X129	267	267	275	275	282	282	290	290	297	297	305	305	313	313	320	320	245
x114	225	225	232	232	239	239	243	243	247	247	254	254	261	261	243	243	275
x102	191	191	194	197	194	203	194	210	194	216	194	223	194	229	194	236	147
x94	156	170	156	176	156	183	156	189	156	195	156	201	156	207	156	213	127
x84	115	148	115	154	115	160	115	166	115	171	115	177	115	183	115	189	105
x370	1243	1243	1262	1262	1281	1281	1300	1300	1319	1319	1338	1338	1357	1357	1376	1376	4250
x335	1045	1045	1063	1063	1080	1080	1097	1097	1114	1114	1132	1132	1149	1149	1166	1166	3183
x306	891	891	907	907	923	923	939	939	954	954	970	970	986	986	1002	1002	2423
W24x279	766	766	780	780	795	795	809	809	824	824	838	838	853	853	867	867	1893
x250	634	634	647	647	660	660	673	673	686	686	699	699	712	712	725	725	1364
x229	547	547	559	559	571	571	583	583	595	595	607	607	619	619	631	631	1072
x207	461	461	472	472	483	483	494	494	505	505	515	515	526	526	537	537	797
x192	407	407	417	417	427	427	437	437	448	448	458	458	468	468	478	478	643
x176	354	354	364	364	373	373	383	383	392	392	401	401	411	411	420	420	512
x162	312	312	321	321	330	330	338	338	347	347	356	356	365	365	374	374	424
x146	267	267	275	275	283	283	291	291	299	299	307	307	315	315	323	323	333
x131	228	228	236	236	244	244	251	251	259	259	266	266	274	274	281	281	268
x117	193	193	199	199	203	206	203	213	203	220	203	227	203	234	203	241	201
x104	158	163	158	169	158	175	158	181	158	188	158	194	158	200	158	206	151
W24X103	210	210	217	217	224	224	231	231	238	238	245	245	252	252	259	259	202
x94	184	184	191	191	197	197	203	203	210	210	216	216	223	223	229	229	165
x84	155	155	161	161	167	167	173	173	176	176	184	184	190	190	196	196	126
x76	130	135	130	141	130	146	130	152	130	157	130	163	130	168	130	174	103
x68	96	118	96	123	96	129	96	134	96	139	96	144	96	149	96	155	87
W24X62	98	133	98	139	98	144	98	149	98	155	98	160	98	166	98	171	97
x55	72	115	72	119	72	124	72	129	72	134	72	139	72	144	72	149	75
W21X201	496	496	507	507	519	519	530	530	541	541	553	553	564	564	576	576	1049
x182	421	421	432	432	442	442	452	452	463	463	473	473	483	483	494	494	796
x166	358	358	368	368	377	377	386	386	396	396	405	405	414	414	424	424	586
x147	306	306	315	315	324	324	333	333	342	342	351	351	360	360	369	369	518
x132	258	258	267	267	275	275	283	283	291	291	298	298	307	307	315	315	383
x122	227	227	234	234	242	242	249	249	257	257	259	259	264	264	272	272	300
x111	197	197	204	204	210	210	215	217	215	224	215	231	215	238	215	245	232
x101	169	169	175	175	180	181	180	188	180	194	180	200	180	206	180	213	173
W21x93	215	215	222	222	229	229	236	236	243	244	243	251	243	258	243	265	272
x83	179	179	185	185	192	192	196	198	196	205	196	211	196	218	196	224	190
x73	147	147	152	152	154	158	154	164	154	169	154	175	154	181	154	187	131
x68	132	133	132	139	132	144	132	149	132	155	132	160	132	166	132	171	111
x62	106	117	106	122	106	127	106	132	106	137	106	142	106	147	106	152	89
x55	77	100	77	105	77	110	77	114	77	119	77	124	77	128	77	133	73
x48	52	86	52	90	52	95	52	99	52	103	52	108	52	112	52	116	60
W21X57	119	122	119	127	119	132	119	137	119	142	119	147	119	152	119	157	92
W21x50	81	104	81	108	81	113	81	118	81	123	81	127	81	132	81	137	76
W21x44	57	88	57	92	57	96	57	101	57	105	57	109	57	114	57	118	60

Tabla C Resistencia local para columna con un Fy=50 ksi, para viento y sismos bajos Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. kips															Pandeo en compresión del alma øRn, kips		
N pulgadas (in)																	
	1/4		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		1 3/4		2		
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	T	
W18x50	91	91	91	95	91	100	91	104	91	108	91	113	91	117	91	122	73
x46	95	95	100	100	103	104	103	109	103	113	103	118	103	122	103	127	76
x40	77	77	78	81	78	85	78	89	78	93	78	97	78	101	78	105	51
x35	51	66	51	70	51	73	51	77	51	81	51	85	51	88	51	92	44
W16x100	254	254	262	262	269	269	273	276	273	284	273	291	273	298	273	306	384
x89	214	214	215	221	215	227	215	234	215	240	215	247	215	253	215	260	277
x77	162	173	162	179	162	184	162	190	162	196	162	201	162	207	162	213	181
x67	124	140	124	145	124	150	124	155	124	160	124	163	124	166	124	169	119
X57	126	126	131	131	137	137	142	142	144	147	144	153	144	158	144	163	147
x50	103	103	107	107	112	112	112	117	112	122	112	126	112	131	112	136	101
x45	88	88	90	92	90	96	90	101	90	105	90	109	90	114	90	118	76
x40	72	73	72	77	72	81	72	84	72	88	72	92	72	96	72	100	52
x36	52	65	52	69	52	72	52	76	52	80	52	83	52	87	52	91	47
X31	54	61	54	65	54	68	54	72	54	75	54	78	54	80	54	81	38
x26	33	50	33	53	33	56	33	59	33	60	33	62	33	63	33	65	29
W14x808	5395	5395	5442	5442	5488	5488	5535	5535	5582	5582	5629	5629	5675	5675	5722	5722	120157
x730	4267	4267	4306	4306	4344	4344	4382	4382	4421	4421	4459	4459	4498	4498	4536	4536	66341
x665	3658	3658	3693	3693	3729	3729	3764	3764	3799	3799	3835	3835	3870	3870	3905	3905	52059
x605	3127	3127	3159	3159	3192	3192	3224	3224	3257	3257	3289	3289	3322	3322	3354	3354	40299
x550	2660	2660	2689	2689	2719	2719	2749	2749	2779	2779	2808	2808	2838	2838	2868	2868	30964
x500	2272	2272	2300	2300	2327	2327	2354	2354	2382	2382	2409	2409	2436	2436	2464	2464	24040
x455	1949	1949	1975	1975	2000	2000	2025	2025	2050	2050	2076	2076	2101	2101	2126	2126	18898
x426	1730	1730	1753	1753	1777	1777	1800	1800	1824	1824	1847	1847	1871	1871	1894	1894	15155
x398	1544	1544	1566	1566	1589	1589	1611	1611	1633	1633	1655	1655	1677	1677	1699	1699	12670
x370	1374	1374	1394	1394	1415	1415	1436	1436	1457	1457	1477	1477	1498	1498	1519	1519	10488
x342	1201	1201	1220	1220	1240	1240	1259	1259	1278	1278	1297	1297	1317	1317	1336	1336	8389
x311	1026	1026	1043	1043	1061	1061	1079	1079	1096	1096	1114	1114	1132	1132	1149	1149	6427
x283	877	877	893	893	909	909	926	926	942	942	958	958	974	974	990	990	4931
x257	749	749	764	764	779	779	794	794	808	808	823	823	838	838	853	853	3754
x233	634	634	647	647	661	661	674	674	687	687	701	701	714	714	728	728	2814
x211	541	541	554	554	566	566	578	578	590	590	603	603	615	615	627	627	2158
x193	465	465	476	476	487	487	498	498	510	510	521	521	532	532	543	543	1611
x176	407	407	417	417	427	427	438	438	448	448	459	459	469	469	479	479	1311
x159	343	343	352	352	361	361	371	371	380	380	389	389	398	398	408	408	945
x145	296	296	304	304	313	313	321	321	330	330	334	334	347	347	355	355	718
x132	271	271	279	279	287	287	295	295	298	298	311	311	319	319	327	327	612
x120	235	235	242	242	249	249	249	249	264	264	271	271	279	279	286	286	469
x109	198	198	205	205	208	211	208	218	208	224	208	231	208	238	208	244	332
x99	171	173	171	179	171	186	171	192	171	198	171	204	171	210	171	216	260
x90	142	150	142	155	142	161	142	166	142	172	142	177	142	183	142	188	195
x82	191	191	198	198	204	204	206	206	210	210	217	217	206	206	230	236	304
x74	161	161	167	167	172	172	173	178	173	183	173	189	173	195	173	200	208
x68	141	141	146	146	146	151	146	157	146	162	146	167	146	172	146	177	164
x61	117	121	117	126	117	130	117	135	117	140	117	144	117	149	117	154	120
x53	120	120	123	125	123	130	123	134	123	139	123	143	123	148	123	153	116
x48	100	105	100	110	100	114	100	118	100	122	100	125	100	127	100	130	90
x43	79	89	79	1116	79	94	79	96	79	98	79	100	79	102	79	105	65
x38	75	75	75	79	75	83	75	86	75	90	75	94	75	98	75	102	63
x34	58	64	58	68	58	72	58	75	58	79	58	82	58	86	58	89	49
x30	42	56	42	60	42	63	42	66	42	70	42	73	42	76	42	78	42
x26	50	55	50	59	50	62	50	65	50	67	50	69	50	70	50	72	35
x22	32	45	32	48	32	50	32	51	32	53	32	54	32	56	32	57	26
W12x336	1602	1602	1624	1624	1647	1647	1669	1669	1691	1691	1713	1713	1736	1736	1758	1758	15170
x305	1365	1365	1386	1386	1406	1406	1426	1426	1447	1447	1467	1467	1487	1487	1508	1508	11649
x279	1193	1193	1213	1213	1232	1232	1251	1251	1270	1270	1289	1289	1308	1308	1327	1327	9575
x252	1015	1015	1033	1033	1050	1050	1068	1068	1085	1085	1103	1103	1120	1120	1138	1138	7381
x230	877	877	893	893	909	909	926	926	942	942	958	958	974	974	990	990	5739
x210	752	752	767	767	782	782	797	797	811	811	826	826	841	841	856	856	4420
x190	631	631	644	644	657	657	670	670	684	684	697	697	710	710	723	723	3191
x170	530	530	542	542	554	554	566	566	578	578	590	590	602	602	614	614	2385
x152	446	446	457	457	468	468	479	479	499	499	500	500	511	511	522	522	1771
x136	375	375	385	385	395	395	405	405	415	415	425	425	435	435	444	444	1326
x120	311	311	320	320	328	328	337	337	346	346	347	347	355	355	373	373	963
x106	250	250	258	258	265	265	273	273	276	276	281	281	288	288	296	296	609
x96	213	213	220	220	227	227	228	228	234	234	241	241	248	248	254	254	261
x87	185	188	185	194	185	201	185	207	185	214	185	220	185	227	185	233	368
x79	152	162	152	168	152	174	152	180	152	186	152	192	152	197	152	203	278
x72	126	142	126	147	126	153	126	158	126	163	126	169	126	174	126	180	213

Tabla C Resistencia local para columna con un Fy=50 ksi, para viento y sismos bajos																	Pandeo en compresion del alma øRn, kips		
Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. kips																		Pandeo en compresion del alma øRn, kips	
N pulgadas (in)																		Pandeo en compresion del alma øRn, kips	
1/4		1/2		3/4		1		1 1/4		1 1/2		1 3/4		2					
x65	103	122	103	127	103	132	103	137	103	141	103	146	103	151	103	156	160		
x58	115	116	115	121	115	125	115	130	115	134	115	139	115	143	115	148	125		
x53	93	105	93	110	93	114	93	118	93	122	93	127	93	131	93	135	110		
x50	110	110	115	115	115	119	115	124	115	129	115	133	115	138	115	142	133		
x45	93	95	93	99	93	103	93	107	93	111	93	116	93	120	93	124	99		
x40	75	79	75	83	75	86	75	90	75	94	75	96	75	98	75	100	68		
x35	65	65	69	69	73	73	76	77	76	80	76	84	76	88	76	92	65		
x30	51	51	54	55	54	58	54	61	54	64	54	68	54	71	54	74	42		
x26	41	42	41	45	41	48	41	51	41	53	41	56	41	59	41	60	29		
x22	50	50	51	54	51	57	51	60	51	63	51	67	51	70	51	73	42		
x19	34	41	34	44	34	47	34	50	34	53	34	56	34	59	34	61	31		
x16	20	34	20	37	20	39	20	42	20	45	20	48	20	50	20	52	26		
x14	14	29	14	31	14	34	14	36	14	38	14	40	14	42	14	43	19		
W10x112	340	340	349	349	359	359	368	368	378	378	387	387	396	396	406	406	1421		
x100	284	284	292	292	301	301	309	309	318	318	326	326	335	335	343	343	1044		
x88	233	233	240	240	248	248	256	256	263	263	271	271	276	276	286	286	739		
x77	188	188	195	195	201	201	208	208	213	215	213	221	213	228	213	235	494		
x68	155	155	161	161	167	167	173	173	179	179	184	184	190	190	167	196	345		
x60	129	129	130	134	130	140	130	145	130	150	130	155	130	161	130	166	247		
x54	106	108	106	113	106	117	106	122	106	127	106	131	106	136	106	141	168		
x49	88	94	88	99	88	103	88	107	88	111	88	116	88	120	88	124	130		
x45	102	102	107	107	108	111	108	116	108	120	108	124	108	129	108	133	142		
x39	79	85	79	89	79	93	79	97	79	101	79	105	79	109	79	113	104		
x33	53	71	53	75	53	79	53	82	53	86	53	90	53	93	53	97	81		
x30	65	65	68	68	72	72	73	76	73	80	73	83	73	87	73	91	79		
x26	51	51	54	55	54	58	54	61	54	64	54	68	54	71	54	74	52		
x22	36	43	36	46	36	49	36	52	36	55	36	58	36	61	36	64	41		
x19	44	47	44	50	44	53	44	56	44	59	44	62	44	65	44	68	46		
x17	31	41	31	44	31	47	31	50	31	53	31	56	31	59	31	62	41		
x15	21	36	21	39	21	41	21	44	21	47	21	50	21	53	21	56	36		
x12	12	27	12	29	12	31	12	34	12	36	12	38	12	40	12	41	20		
W8x67	197	197	204	204	211	211	218	218	225	225	232	232	239	239	246	247	762		
x58	159	159	166	166	172	172	179	179	185	185	185	191	185	198	185	204	545		
x48	113	113	118	118	123	123	128	128	132	133	132	138	132	143	132	148	263		
x40	88	90	88	95	88	99	88	104	88	108	88	113	88	117	88	122	192		
x35	69	73	69	77	69	81	69	84	69	88	69	92	69	96	69	100	123		
x31	53	63	53	66	53	70	53	73	53	77	53	80	53	84	53	88	95		
x28	61	65	61	68	61	72	61	75	61	79	61	83	61	86	61	90	95		
x24	45	52	45	55	45	58	45	61	45	64	45	67	45	70	45	73	61		
x21	45	47	45	50	45	53	45	56	45	59	45	63	45	66	45	69	59		
x18	31	39	31	42	31	45	31	48	31	51	31	53	31	56	31	59	46		
x15	28	41	28	44	28	47	28	50	28	53	28	56	28	59	28	62	56		
x13	18	35	18	38	18	41	18	43	18	46	18	49	18	52	18	55	46		
x10	12	24	12	26	12	28	12	29	12	31	12	33	12	34	12	36	19		
W6x25	58	64	58	68	58	72	58	76	58	80	58	84	58	88	58	92	175		
x20	37	46	37	50	37	53	37	56	37	59	37	63	37	66	37	69	94		
x15	19	35	19	38	19	41	19	44	19	47	19	49	19	52	19	55	65		
x16	46	46	46	49	46	52	46	56	46	59	46	62	46	65	46	69	92		
x12	22	33	22	36	22	39	22	42	22	45	22	48	22	51	22	53	64		
x9	13	22	13	24	13	26	13	28	13	30	13	33	13	35	13	37	26		
x8.5	11	21	11	23	11	25	11	27	11	29	11	32	11	34	11	36	26		
W5x19	52	53	52	56	52	59	52	63	52	66	52	70	52	73	52	76	139		
x16	36	43	36	46	36	49	36	52	36	55	36	58	36	61	36	64	98		
W4x13	33	43	33	46	33	50	33	53	33	57	33	60	33	64	33	67	188		

Anexo C.2:

Tabla C.2 Resistencia local para columna con un Fy=3515 kgf/cm², para viento y sismos bajos

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																		Pandeo en compresión del alma øRn, ton	
	N (cm)																			
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		c			
T	c	T	c	T	c	T	c	T	c	T	c	T	c	T	c	T	c	c		
W44X335	298	298	36	36	303	303	305	305	307	307	310	310	312	312	314	314	323			
x290	236	236	35	35	240	240	242	242	244	244	245	245	247	247	249	249	201			
x262	200	200	35	35	203	203	205	205	207	207	209	209	210	210	212	212	150			
x230	163	163	35	35	167	167	168	168	170	170	171	171	173	173	175	175	109			
W40X593	899	899	37	37	907	907	911	911	915	915	919	919	923	923	927	927	1986			
x503	691	691	37	37	698	698	702	702	705	705	709	709	712	712	716	716	1263			
x431	541	541	36	36	547	547	550	550	553	553	556	556	559	559	562	562	832			
x397	470	470	36	36	476	476	479	479	481	481	484	484	487	487	489	489	628			
x372	427	427	36	36	433	433	435	435	438	438	440	440	443	443	446	446	541			
x362	408	408	36	36	413	413	415	415	418	418	420	420	423	423	425	425	486			
x324	341	341	35	35	346	346	348	348	350	350	352	352	355	355	357	357	346			
x297	301	301	35	35	305	305	307	307	309	309	311	311	313	313	315	315	279			
x277	262	262	35	35	265	265	267	267	269	269	271	271	273	273	275	275	198			
x249	223	223	35	35	226	226	228	228	229	229	231	231	233	233	235	235	146			
x215	178	178	35	35	181	181	183	183	184	184	186	186	187	187	189	189	95			
x199	146	167	35	35	146	170	146	172	146	173	146	175	146	176	146	177	95			
x392	599	599	28	28	605	605	608	608	612	612	615	615	618	618	621	621	991			
x331	461	461	27	27	466	466	469	469	472	472	474	474	477	477	480	480	629			
x327	446	446	27	27	451	451	453	453	456	456	459	459	461	461	464	464	569			
x278	348	348	27	27	353	353	355	355	357	357	360	360	362	362	364	364	367			
x264	319	319	27	27	323	323	325	325	328	328	330	330	332	332	334	334	306			
x235	262	262	27	27	265	265	267	267	269	269	271	271	273	273	275	275	198			
x211	223	223	26	26	226	226	228	228	229	229	231	231	233	233	235	235	146			
x183	178	178	26	26	181	181	183	183	184	184	186	186	187	187	189	189	95			
x167	133	164	26	26	133	167	133	169	133	170	133	172	133	173	133	175	95			
x149	88	145	26	26	88	148	88	149	88	149	88	152	88	18	88	154	87			
x798	1420	1420	40	40	1430	1430	1435	1435	1441	1441	1446	1446	1451	1451	1457	1457	5062			
x650	1007	1007	39	39	1016	1016	1021	1021	1025	1025	1029	1029	1034	1034	1038	1038	2871			
W36x527	708	708	38	38	716	716	719	719	723	723	726	726	730	730	733	733	1569			
x439	526	526	38	38	532	532	535	535	538	538	541	541	544	544	547	547	945			
x393	439	439	38	38	444	444	447	447	449	449	452	452	455	455	458	458	682			
x359	378	378	37	37	383	383	386	386	388	388	391	391	393	393	396	396	528			
x328	326	326	37	37	331	331	333	333	335	335	338	338	340	340	342	342	399			
x300	284	284	37	37	288	288	290	290	292	292	294	294	297	297	299	299	318			
x280	255	255	37	37	259	259	261	261	263	263	265	265	267	267	269	269	261			
x260	230	230	37	37	233	233	235	235	237	237	239	239	241	241	243	243	223			
x245	210	210	37	37	214	214	216	216	218	218	219	219	221	221	223	223	192			
x230	192	192	37	37	196	196	197	197	199	199	201	201	202	202	203	204	165			
X256	272	272	27	27	276	276	279	279	281	281	283	283	285	285	287	287	323			
x232	231	231	27	27	235	235	237	237	239	239	241	241	242	242	244	244	240			
x210	200	200	27	27	204	204	206	206	208	208	210	210	212	212	213	213	208			
x194	176	176	27	27	179	179	181	181	183	183	185	185	186	186	188	188	163			
x182	160	160	27	27	164	164	165	165	167	167	168	168	170	170	172	172	139			
x170	144	144	27	27	147	147	149	149	150	150	152	152	153	153	154	155	115			
x160	132	132	27	27	133	135	133	136	133	138	133	139	133	141	133	142	100			
x150	113	121	27	27	113	124	113	125	113	127	113	128	113	130	113	131	89			
x135	80	106	27	27	80	109	80	110	80	111	80	114	80	114	80	115	79			
W33x387	441	441	36	36	447	447	450	450	453	453	456	456	458	458	461	461	793			
X354	381	381	36	36	387	387	389	389	392	392	394	394	397	397	400	400	619			
x318	318	318	36	36	323	323	325	325	328	328	330	330	332	332	335	335	446			
x291	276	276	35	35	281	281	283	283	285	285	287	287	289	289	291	291	352			
x263	235	235	35	35	239	239	241	241	243	243	244	244	246	246	248	248	262			
x241	208	208	35	35	212	212	214	214	215	215	217	217	219	219	221	221	227			
x221	183	183	35	35	186	186	188	188	190	190	191	191	193	193	195	195	185			

PROFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																				Pandeo en compresion del alma øRn, ton				
	N (cm)																								
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		T	C	T	C	T	C	T	C	P
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C			
W33x201	159	159	35	35	162	162	164	164	165	165	167	167	168	168	169	170							145		
X169	147	147	26	26	150	150	152	152	153	153	155	155	156	156	158	158							119		
x152	128	128	26	26	131	131	132	132	134	134	135	135	137	137	138	138							101		
x141	115	115	26	26	118	118	118	119	118	121	118	122	118	123	118	125							87		
x130	91	91	26	26	93	93	93	94	93	96	93	97	93	98	93	99							52		
x118	70	91	26	26	70	93	70	95	70	96	70	97	70	98	70	100							66		
x391	501	501	35	35	507	507	510	510	513	513	516	516	519	519	522	522							1113		
x357	429	429	35	35	434	434	437	437	440	440	443	443	445	445	448	448							844		
x326	370	370	34	34	375	375	377	377	380	380	382	382	385	385	387	387							656		
W30x292	308	308	34	34	312	312	314	314	317	317	319	319	321	321	324	324							470		
x261	259	259	34	34	264	264	266	266	268	268	270	270	272	272	274	274							356		
x235	217	217	34	34	221	221	223	223	225	225	227	227	229	229	230	230							253		
x211	186	186	34	34	190	190	191	191	193	193	195	195	197	197	198	198							206		
x191	160	160	33	33	163	163	165	165	167	167	168	168	170	170	171	171							158		
x173	139	139	33	33	142	142	143	143	145	145	146	146	148	148	149	149							125		
X148	136	136	23	23	139	139	141	141	142	142	144	144	145	145	146	146							120		
x132	116	116	23	23	119	119	121	121	122	122	123	123	125	125	126	126							102		
x124	106	106	23	23	109	109	110	110	110	110	111	110	113	110	114	110							88		
x116	92	97	23	23	92	100	92	101	92	102	92	104	92	105	92	106							79		
x108	74	88	23	23	74	91	74	92	74	93	74	94	74	96	74	97							71		
x99	57	79	23	23	57	81	57	82	57	84	57	85	57	86	57	87							61		
x90	47	68	23	23	47	70	47	71	47	72	47	73	47	74	47	76							46		
W27X539	972	972	34	34	980	980	985	985	989	989	994	994	998	998	1002	1002							3796		
x368	515	515	33	33	521	521	524	524	527	527	530	530	533	533	536	536							1304		
x307	381	381	32	32	387	387	389	389	392	392	394	394	397	397	400	400							775		
x281	329	329	32	32	334	334	336	336	339	339	341	341	344	344	346	346							591		
x258	287	287	32	32	291	291	293	293	295	295	298	298	300	300	302	302							466		
x235	250	250	32	32	254	254	256	256	258	258	260	260	262	262	264	264							373		
x217	217	217	31	31	221	221	223	223	225	225	227	227	229	229	230	230							284		
x194	183	183	31	31	186	186	188	188	190	190	191	191	193	193	195	195							209		
x178	164	164	31	31	168	168	169	169	171	171	172	172	174	174	176	176							189		
x161	141	141	31	31	144	144	146	146	147	147	149	149	150	150	152	152							143		
x146	121	122	31	31	121	125	121	126	121	127	121	129	121	130	121	132							110		
X129	119	119	22	22	122	122	123	123	124	124	126	126	127	127	128	128							111		
x114	100	100	23	23	103	103	104	104	105	105	107	107	108	108	109	109							90		
x102	85	85	22	22	87	87	88	88	88	88	89	88	90	88	92	88							67		
x94	71	76	22	22	71	78	71	79	71	80	71	81	71	82	71	83							57		
x84	52	66	22	22	52	68	52	69	52	70	52	71	52	72	52	73							48		
x370	558	558	31	31	565	565	569	569	572	572	575	575	579	579	582	582							1928		
x335	469	469	30	30	476	476	479	479	482	482	485	485	488	488	491	491							1444		
x306	400	400	30	30	406	406	408	408	411	411	414	414	417	417	420	420							1099		
W24x279	343	343	30	30	348	348	351	351	354	354	356	356	359	359	361	361							858		
x250	284	284	29	29	289	289	291	291	293	293	296	296	298	298	300	300							619		
x229	245	245	29	29	249	249	251	251	253	253	256	256	258	258	260	260							486		
x207	206	206	29	29	210	210	212	212	214	214	216	216	218	218	220	220							361		
x192	182	182	29	29	185	185	187	187	189	189	191	191	193	193	194	194							291		
x176	158	158	29	29	162	162	163	163	165	165	167	167	168	168	170	170							232		
W24x162	139	139	29	29	142	142	144	144	145	145	147	147	149	149	150	150							192		
x146	119	119	29	29	122	122	123	123	124	124	126	126	127	127	129	129							151		
x131	102	102	29	29	104	104	106	106	107	107	108	108	110	110	111	111							121		
x117	85	85	29	29	88	88	89	89	90	90	92	92	93	93	94	94							91		
x104	72	72	29	29	72	74	72	75	72	76	72	78	72	79	72	80							68		
X103	94	94	20	20	96	96	97	97	98	98	100	100	101	101	102	102							91		
x94	82	82	20	20	84	84	85	85	86	86	87	87	89	89	90	90							75		

Tabla C.2 Resistencia local para columna con un Fy=3515 kgf/cm², para viento y sismos bajos

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																Pandeo en compresión del alma øRn, ton		
	N (cm)																		
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2				
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C			
W24x84	69	69	20	20	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	57		
x76	59	60	20	20	59	62	59	63	59	64	59	65	59	66	59	67	47		
x68	44	52	20	20	44	54	44	55	44	56	44	57	44	58	44	59	39		
X62	44	59	16	16	44	61	44	62	44	63	44	64	44	65	44	66	44		
x55	33	51	16	16	33	52	33	53	33	54	33	55	33	56	33	57	34		
W21x201	222	222	28	28	226	226	228	228	230	230	232	232	234	234	236	236	476		
x182	188	188	28	28	192	192	194	194	196	196	197	197	199	199	201	201	361		
x166	160	160	28	28	163	163	165	165	167	167	168	168	170	170	172	172	266		
x147	136	136	28	28	140	140	141	141	143	143	144	144	146	146	148	148	235		
x132	115	115	28	28	118	118	119	119	121	121	122	122	124	124	125	125	174		
x122	101	101	28	28	103	103	105	105	106	106	107	107	109	109	110	110	136		
x111	87	87	27	27	90	90	91	91	92	92	93	93	95	95	96	96	105		
x101	75	75	27	27	77	77	78	78	79	79	80	80	82	82	83	83	79		
x93	95	95	19	19	98	98	99	99	101	101	102	102	103	103	104	104	123		
x83	79	79	19	19	82	82	83	83	84	84	85	85	86	86	87	87	86		
x73	65	65	19	19	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	60		
x68	59	59	18	18	60	61	60	62	60	63	60	64	60	65	60	66	50		
x62	48	52	18	18	48	53	48	54	48	55	48	56	48	57	48	58	40		
x55	35	44	18	18	35	46	35	47	35	48	35	48	35	49	35	50	33		
x48	24	38	18	18	24	39	24	40	24	41	24	42	24	42	24	43	27		
X57	54	54	15	15	54	56	54	56	54	57	54	58	54	59	54	60	42		
x50	37	46	15	15	37	47	37	48	37	49	37	50	37	51	37	52	35		
x44	26	38	15	15	26	40	26	41	26	42	26	42	26	43	26	44	27		
W18x175	203	203	25	25	207	207	209	209	211	211	213	213	215	215	217	217	521		
x158	171	171	25	25	174	174	176	176	178	178	180	180	182	182	183	183	393		
x143	144	144	25	25	147	147	149	149	151	151	152	152	154	154	155	155	287		
x130	123	123	25	25	126	126	128	128	129	129	131	131	132	132	134	134	221		
x119	110	110	25	25	113	113	114	114	116	116	117	117	119	119	120	120	207		
x106	91	91	25	25	94	94	95	95	96	96	98	98	99	99	100	100	152		
x97	78	78	25	25	81	81	82	82	83	83	84	84	85	85	87	87	113		
x86	65	65	25	25	67	67	68	68	69	69	70	70	71	71	72	72	81		
x76	53	53	25	25	55	55	56	56	57	57	58	58	59	59	60	60	57		
X71	69	69	17	17	71	71	72	72	73	73	75	75	76	76	77	77	89		
x65	60	60	17	17	62	62	63	63	64	64	65	65	66	66	67	67	67		
x60	53	53	17	17	55	55	55	56	56	56	57	57	58	58	59	59	53		
x55	46	46	17	17	48	48	49	49	50	50	51	51	52	52	53	53	44		
x50	40	40	17	17	41	42	41	42	41	43	41	44	41	45	41	45	33		
x46	42	42	14	14	44	44	44	44	45	45	46	46	47	47	48	48	34		
x40	34	34	13	13	35	35	36	36	35	37	35	37	38	38	35	39	23		
x35	23	29	13	13	23	30	23	31	23	31	23	32	23	33	23	33	20		
W16x100	113	113	23	23	116	116	117	117	119	119	120	120	121	121	123	123	174		
x89	95	95	23	23	98	98	98	99	98	100	98	101	98	102	98	103	126		
x77	74	77	23	23	74	79	74	80	74	81	74	82	74	83	74	84	82		
x67	56	62	23	23	56	64	56	65	56	66	56	67	56	68	56	68	54		
X57	56	56	16	16	57	57	58	58	59	59	60	60	61	61	62	62	66		
x50	45	45	16	16	47	47	48	48	49	49	49	49	50	50	51	51	46		
x45	39	39	16	16	40	40	41	41	41	42	41	42	41	43	41	44	34		
x40	32	32	16	16	33	33	33	34	33	35	33	35	33	36	33	37	24		
x36	24	28	16	16	24	30	24	30	24	31	24	32	24	32	24	33	21		
X31	25	27	12	12	25	28	25	29	25	29	25	30	25	31	25	31	17		
x26	15	22	12	12	15	23	15	23	15	24	15	25	15	25	15	26	13		
W14x808	2434	2434	42	42	2451	2451	2459	2459	2468	2468	2476	2476	2484	2484	2493	2493	54502		
x730	1925	1925	40	40	1939	1939	1946	1946	1946	1952	1952	1959	1959	1966	1966	1973	1973	30092	
x665	1649	1649	40	40	1662	1662	1668	1668	1675	1675	1681	1681	1687	1687	1694	1694	23613		

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																		Pandeo en compresión del alma øRn, ton		
	N (cm)																				
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		T C T C T C T C T C T C T C T C T C				
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	c		
W14x605	1409	1409	39	39	1421	1421	1427	1427	1432	1432	1438	1438	1444	1444	1450	1450	1450	1450	18279		
x550	1198	1198	38	38	1209	1209	1214	1214	1219	1219	1225	1225	1230	1230	1235	1235	1235	1235	14045		
x500	1023	1023	38	38	1033	1033	1038	1038	1043	1043	1048	1048	1052	1052	1057	1057	1057	1057	10904		
x455	877	877	38	38	886	886	891	891	895	895	900	900	904	904	909	909	909	909	8572		
x426	778	778	37	37	786	786	791	791	795	795	799	799	803	803	807	807	807	807	6874		
x398	694	694	37	37	702	702	706	706	710	710	714	714	718	718	722	722	722	722	5747		
x370	617	617	37	37	625	625	628	628	632	632	636	636	640	640	643	643	643	643	4757		
x342	540	540	37	37	546	546	550	550	553	553	557	557	560	560	564	564	564	564	3805		
x311	460	460	36	36	467	467	470	470	473	473	476	476	479	479	482	482	482	482	2915		
x283	393	393	36	36	399	399	402	402	405	405	408	408	411	411	414	414	414	414	2236		
x257	336	336	36	36	341	341	344	344	346	346	349	349	352	352	354	354	354	354	1703		
x233	284	284	35	35	289	289	291	291	293	293	296	296	298	298	301	301	301	301	1276		
x211	242	242	35	35	247	247	249	249	251	251	253	253	255	255	258	258	258	258	979		
x193	208	208	35	35	212	212	214	214	216	216	218	218	220	220	222	222	222	222	731		
x176	182	182	35	35	185	185	187	187	189	189	191	191	193	193	195	195	195	195	595		
x159	153	153	35	35	156	156	158	158	160	160	161	161	163	163	165	165	165	165	429		
x145	132	132	35	35	135	135	136	136	138	138	139	139	141	141	142	142	142	142	326		
x132	121	121	33	33	124	124	125	125	126	126	128	128	129	129	131	131	131	131	278		
x120	104	104	33	33	107	107	108	108	110	110	111	111	112	112	113	113	114	114	213		
x109	88	88	33	33	90	90	92	92	93	93	94	94	94	94	95	94	96	96	150		
x99	77	77	33	33	78	79	78	80	78	81	78	82	78	83	78	85	85	118			
x90	64	66	32	32	64	68	64	69	64	70	64	71	64	72	64	73	73	89			
x82	85	85	23	23	87	87	88	88	90	90	91	91	92	92	93	93	93	93	138		
x74	71	71	23	23	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	78	78	78	78	94		
x68	63	63	22	22	64	64	65	65	66	66	66	66	67	66	68	66	69	74			
x61	53	54	22	22	53	55	53	56	53	57	53	58	53	59	53	59	55	55			
x53	53	53	18	18	55	55	56	56	56	57	56	57	56	58	56	59	59	53			
x48	45	47	18	18	45	48	45	49	45	50	45	50	45	51	45	52	41				
x43	36	39	18	18	36	41	36	41	36	40	36	42	36	5	36	43	29				
x38	33	33	15	15	34	34	34	35	34	36	34	36	34	37	34	38	29				
x34	26	28	15	15	26	30	26	30	26	31	26	31	26	32	26	33	22				
x30	19	25	15	15	19	26	19	26	19	27	19	28	19	28	19	29	19				
x26	23	24	11	11	23	25	23	26	23	27	23	27	23	28	23	28	16				
x22	14	20	11	11	14	21	14	21	14	21	14	22	14	3	14	23	12				
W12x336	721	721	30	30	728	728	732	732	736	736	740	740	744	744	748	748	6881				
x305	614	614	29	29	621	621	625	625	628	628	632	632	635	635	639	639	5284				
x279	536	536	29	29	543	543	546	546	550	550	553	553	557	557	560	560	4343				
x252	456	456	29	29	462	462	465	465	468	468	471	471	474	474	477	477	3348				
x230	393	393	29	29	399	399	402	402	405	405	408	408	411	411	414	414	2603				
x210	337	337	29	29	342	342	345	345	348	348	350	350	353	353	356	356	2005				
x190	282	282	28	28	287	287	290	290	292	292	294	294	297	297	299	299	1447				
x170	237	237	28	28	242	242	244	244	246	246	248	248	250	250	252	252	1082				
x152	199	199	28	28	203	203	205	205	207	207	209	209	211	211	213	213	803				
x136	167	167	28	28	171	171	173	173	175	175	176	176	178	178	180	180	602				
x120	138	138	27	27	142	142	143	143	145	145	146	146	148	148	150	150	437				
x106	111	111	27	27	114	114	115	115	117	117	118	118	120	120	121	121	276				
x96	95	95	27	27	97	97	98	98	100	100	101	101	102	102	103	103	203				
x87	83	83	27	27	84	86	84	87	84	88	84	89	84	90	84	92	167				
x79	69	72	27	27	69	74	69	75	69	76	69	77	69	78	69	79	126				
x72	57	63	27	27	57	65	57	66	57	67	57	68	57	69	57	70	96				
x65	47	54	27	27	47	56	47	57	47	57	47	58	47	59	47	60	72				
x58	51	51	22	22	52	53	52	54	52	55	52	55	52	56	52	57	57				
x53	42	47	22	22	42	48	42	49	42	50	42	50	42	51	42	52	50				
x50	49	49	18	18	50	50	51	51	52	52	52	53	52	54	52	54	60				

PERFILES	Menor resistencia de diseño para el pandeo local del ala, alma y web crippling. Ton																			Pandeo en compresión del alma øRn, ton	
	N (cm)																				
	0,25		0,5		0,75		1		1,25		1,5		1,75		2		T	C	T	C	
	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	T	C	
W12x45	42	42	18	18	42	43	42	44	42	45	42	46	42	46	42	47	42	47	45	45	
x40	34	35	18	18	34	36	34	37	34	37	34	38	34	39	34	39	34	39	31	31	
x35	29	29	15	15	30	30	31	31	31	31	32	32	33	33	33	33	33	33	33	29	
x30	22	22	15	15	24	24	24	24	25	25	25	25	25	25	26	25	25	26	26	19	
x26	18	18	14	14	18	19	18	20	18	20	18	21	18	21	18	22	18	22	13	13	
x22	22	22	9	9	23	23	23	24	23	24	23	25	23	25	23	26	23	26	19	19	
x19	16	18	9	9	16	19	16	19	16	20	16	20	16	21	16	22	16	22	14	14	
x16	9	15	9	9	9	16	9	16	9	17	9	17	9	18	9	18	9	18	12	12	
x14	6	12	9	9	6	13	6	14	6	14	6	15	6	15	6	15	6	15	9	9	
W10x112	152	152	23	23	155	155	157	157	158	158	160	160	162	162	163	163	163	163	163	645	
x100	126	126	23	23	129	129	131	131	133	133	134	134	136	136	137	137	137	137	137	473	
x88	104	104	23	23	106	106	108	108	109	109	110	110	112	112	113	113	113	113	113	335	
x77	84	84	23	23	86	86	87	87	88	88	89	89	91	91	92	92	92	92	92	224	
x68	69	69	23	23	71	71	72	72	73	73	74	74	75	75	76	76	76	76	156		
x60	57	57	23	23	59	59	59	60	59	61	59	62	59	63	59	64	64	64	112		
x54	48	48	22	22	48	49	48	50	48	51	48	52	48	53	48	54	54	54	76		
x49	40	42	22	22	40	43	40	44	40	45	40	45	40	46	40	47	47	47	59		
x45	45	45	18	18	47	47	48	48	48	48	49	49	49	50	49	51	51	51	65		
x39	36	37	18	18	36	39	36	40	36	40	36	41	36	42	36	42	42	42	47		
x33	24	31	18	18	24	33	24	33	24	34	24	35	24	35	24	36	36	37	37		
x30	28	28	13	13	30	30	30	30	31	31	32	32	32	32	33	33	33	33	36		
x26	22	22	13	13	24	24	24	25	25	25	25	25	25	26	25	26	26	26	24		
x22	17	18	13	13	17	20	17	20	17	21	17	21	17	22	17	22	17	22	18		
x19	20	20	9	9	20	21	20	22	20	22	20	23	20	24	20	24	20	24	21		
x17	14	18	9	9	14	19	14	19	14	20	14	20	14	21	14	21	19	19	19		
x15	9	15	9	9	9	16	9	17	9	17	9	18	9	18	9	19	19	16	16		
x12	6	11	9	9	6	12	6	13	6	13	6	14	6	14	6	14	6	14	9		
W8x67	87	87	18	18	90	90	91	91	92	92	94	94	95	95	96	96	96	96	346		
x58	71	71	18	18	73	73	74	74	75	75	76	76	77	77	79	79	79	79	247		
x48	50	50	18	18	52	52	53	53	53	53	54	54	55	55	56	56	56	56	119		
x40	40	40	18	18	40	41	40	42	40	43	40	44	40	45	40	45	40	45	87		
x35	31	32	18	18	31	33	31	34	31	35	31	35	31	36	31	37	36	37	56		
x31	24	27	18	18	24	29	24	29	24	30	24	31	24	31	24	32	32	32	43		
x28	28	28	15	15	28	30	28	30	28	31	28	32	28	32	28	33	33	33	43		
x24	20	23	15	15	20	24	20	24	20	25	20	25	20	26	20	26	20	26	27		
x21	20	20	12	12	20	22	20	22	20	23	20	23	20	24	20	24	20	24	27		
x18	14	17	12	12	14	18	14	18	14	19	14	20	14	20	14	21	21	21	21		
x15	13	18	9	9	13	19	13	19	13	20	13	20	13	21	13	21	21	21	25		
x13	8	15	9	9	8	16	8	17	8	17	8	18	8	18	8	19	8	19	21		
x10	5	10	9	9	5	11	5	11	5	11	5	12	5	1	5	13	5	12	8		
W6x25	26	28	14	14	26	30	26	30	26	31	26	32	26	32	26	33	26	33	80		
x20	17	20	13	13	17	21	17	22	17	22	17	23	17	24	17	24	17	24	43		
x15	9	15	13	13	9	16	9	17	9	17	9	18	9	18	9	19	9	19	30		
x16	20	20	9	9	21	21	21	22	21	22	21	23	21	23	21	24	21	24	42		
x12	10	14	9	9	10	15	10	16	10	16	10	17	10	17	10	18	10	18	29		
x9	6	9	9	9	6	10	6	10	6	11	6	11	6	12	6	12	6	12	12		
x8,5	5	9	9	9	5	10	5	10	5	10	5	11	5	11	5	12	5	12	12		
W5x19	23	23	11	11	24	24	24	25	24	25	24	26	24	27	24	27	24	27	63		
x16	17	18	11	11	17	20	17	20	17	21	17	21	17	22	17	22	17	22	44		
W4x13	15	18	9	9	15	20	15	20	15	21	15	22	15	22	15	23	15	23	85		

Ejemplos

Ejemplos según la FEMA 350

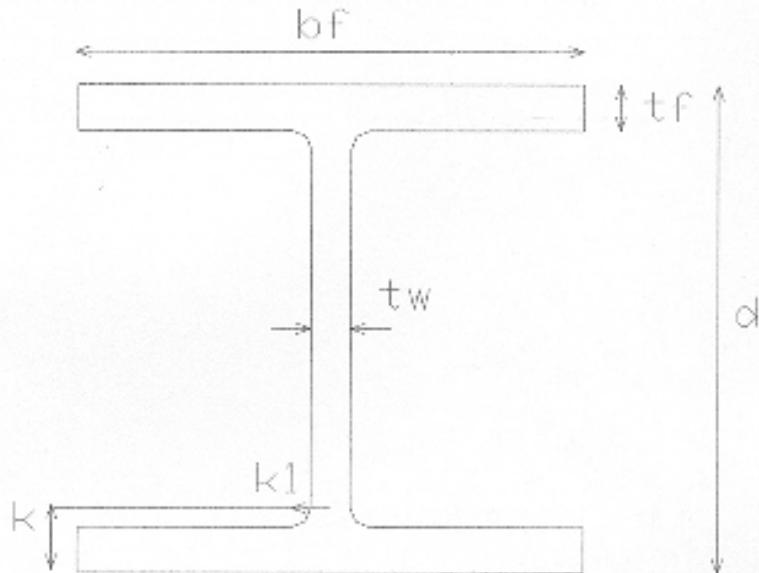
Los siguientes ejemplos son resueltos mediante los procedimientos de la FEMA 350 para el diseño de los tres tipos de conexiones tratadas en este manual.

Estos ejemplos contienen gráficos de ayuda de las conexiones para facilitar la visualización de cada uno de los pasos.

Diseño de la conexión a momento viga-columna de la plancha de ala empalmada a la viga W18x50 y conectada al ala de la columna W14x99, para los miembros estructurales viga y columna el $F_y = 3500 \text{ kgf/cm}^2$ y un $F_u = 4500 \text{ kgf/cm}^2$. Para el material de conexión $F_{yp} = 2500 \text{ kgf/cm}^2$ y $F_{up} = 4000 \text{ kgf/cm}^2$. Se usará pernos ASTM A325-N de diámetro 7/8 pulgada y electrodos FEXX70 (4900 kgf/cm^2)

según la FEMA 350

1. PROPIEDADES Y GEOMETRÍA DE LOS PERFILES, PERNOS, Y SOLICITACIONES.



Viga W18x50

$$dv := 45.72 \text{ cm}$$

$$twv := 0.9017 \text{ cm}$$

$$bfv := 19.05 \text{ cm}$$

$$tfv := 1.4478 \text{ cm}$$

$$Z_{xv} := 1655.093 \text{ cm}^3$$

$$ryv := 4.064 \text{ cm}$$

$$Av := 94.839 \text{ cm}^2$$

$$S_{xv} := 1456.81 \text{ cm}^3$$

Columna 14x99

$$dc := 36.068 \text{ cm}$$

$$tvc := 1.2319 \text{ cm}$$

$$bfc := 37.084 \text{ cm}$$

$$tfc := 1.9812 \text{ cm}$$

$$Z_{xc} := 2834.962 \text{ cm}^3$$

$$Tc := 25.4 \text{ cm}$$

$$Ac := 187.742 \text{ cm}^2$$

$$kc := 5.239 \text{ cm}$$

Propiedades de los elementos Estructurales:

$$F_y := 3515.348 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad F_u := 4569.952 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Propiedades de los elementos Conectores:

$$F_{ycon} := 2531.05 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad F_{ucon} := 4077.804 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad E := 2038901.781 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

PERNOS:



$$\text{Diametro: } \phi_p := \frac{7}{8} \text{ - in}$$

$$\text{Area: } A_p := 3.877 \text{ cm}^2$$

$$F_{yp} := 4218.417 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi F_{vp} := 0.75 F_{yp}$$

$$\phi F_{vp} = 3.164 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Solicitudes:

$$M_u := 34563.739 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$R_u := 20411.657 \cdot \text{kgf}$$

$$R_y := 1.1$$

Luz de Vano:

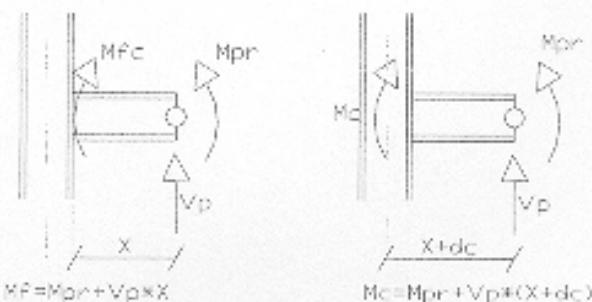
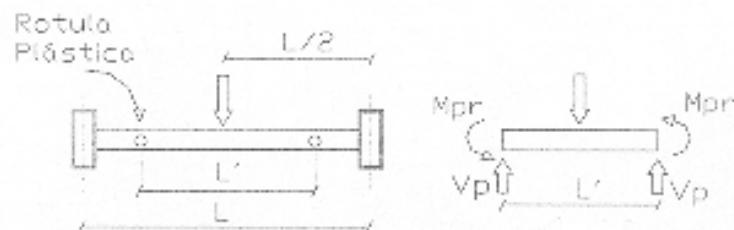
$$L := 9 \text{ m}$$

Altura de entre piso:

$$h := 3 \text{ m}$$

1.1 Cubre Placa empernada:

Paso 1:



$$C_{pr} := \frac{F_y + F_u}{2F_y}$$

$$C_{pr} = 1.15$$

$$M_{pr} := C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_{cv} \cdot F_y$$

$$M_{pr} = 7.36 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$L_p := 1.76 \cdot r_{cv} \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}}$$

$$L_p = 1.723 \text{ m}$$

$$V_{pr} := \frac{(2 \cdot M_{pr})}{L - 2 \cdot \left(L_p + \frac{dc}{2} \right)}$$

$$V_{pr} = 2.834 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$M_f := M_{pr} + V_{pr} \cdot L_p$$

$$M_f = 1.224 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c := M_{pr} + V_{pr} \cdot \left(L_p + \frac{dc}{2} \right)$$

$$M_c = 1.275 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$C_y := \frac{1}{C_{pr} \cdot \frac{Z_{xv}}{S_{xv}}}$$

$$C_y = 0.765$$

Paso 2:

$$M_{yf} := C_y \cdot M_f \quad M_{yf} = 9.37 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Paso 3:

Espesor requerido en la zona del panel

$$t_{req} := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - dv}{h}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot dc \cdot (dv + tfv)} \quad t_{req} = 2.329 \text{ cm}$$

$t_{wc} < t_{req}$ Se requiere doble plancha en el alma (rigidizadores de alma)

Espesor de los rigidizadores de alma: (AISC)

$$tp \geq \frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot dc}$$

$$\frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot dc} = 0.575 \text{ cm}$$

Asumiendo: $tp := 0.8 \text{ cm}$

$$t := 2 \cdot tp + t_{wc} \quad t = 2.832 \text{ cm}$$

$t > t_{req}$ OK

Paso 4:

Ancho de la plancha

$$Leh := \left(1 + \frac{1}{2} \right) \text{in}$$

$$b_{pl} := bfv + 2 \cdot Leh \quad b_{pl} = 26.67 \text{ cm}$$

Paso 5:

Espesor mínimo de las planchas de ala:

$$t_{pl\min} := \frac{dv - \sqrt{dv^2 - \frac{4.4Myf}{F_y \cdot b_{pl}}}}{2}$$

$$t_{pl\min} = 2.546 \text{ cm} \quad t_{pl} := 2.6 \text{ cm}$$

Paso 6:

$$P_{uf} := \frac{Mu}{dv} \quad P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

1. en la viga

$$\phi_{env} := 9.798 \cdot 10^3 \text{ kgf} \quad \text{por perno}$$

$$N^{\circ} \text{ Pernos} := \frac{P_{uf}}{\phi_{env}}$$

$$N^{\circ} \text{ Pernos} = 7.716 \quad N^{\circ} \text{pernosv} := 8$$

2. en la plancha

$$\phi_{cnp} := 26353.717 \cdot \text{kgf}$$

$$N^{\circ} \text{Pernos} := \frac{P_{uf}}{\phi_{cnp}} \quad N^{\circ} \text{Pernos} = 2.869 \quad N^{\circ} := 3$$

$$\text{Se usara 8 pernos} \quad N^{\circ} := 8$$

$$N := 4$$

Paso 7:

Momento en la cara de la columna para la falla de los pernos por corte

$$S1 := 1.5\text{in} \quad S1 = 3.81\text{ cm}$$

$$S2 := 3\text{in} \quad S2 = 7.62\text{ cm}$$

$$S3 := (N - 1) \cdot S2 \quad S3 = 22.86\text{ cm}$$

relación de transferencia de momento:

$$\frac{L - dc}{L - dc - 2S1 - S3} \quad Ltfl = 1.037 \quad S4 := 3.81\text{cm}$$

$$c := bpl - 2 \cdot Leh \quad c = 19.05\text{ cm}$$

$$Fvp := 0.75Fyp \quad Fvp = 3,164 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Nº (numero de pernos)

$$N^o := 8$$

$$Mfalla := 2 \cdot N^o \cdot Ap \cdot Fvp \cdot dv \cdot Ltfl$$

$$Mfalla = 9,301 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2Myf = 1.124 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

1.2 Myf > Mfalla **No cumple**

Aumentando el numero de pernos:

$$N^o_{pviga} := 10$$

$$N := 5$$

$$S3 := (N - 1) \cdot S2 \quad S3 = 30.48\text{ cm}$$

relación de transferencia de momento:

$$\frac{L - dc}{L - dc - 2S1 - S3} \quad Ltfl = 1.046 \quad S4 := 3.81\text{cm}$$

$$M_{falla} := 2 \cdot N^e p_{viga} \cdot A_p \cdot F_{vp} \cdot d_v \cdot L_{tf1}$$

$$M_{falla} = 1.173 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2 M_{yf} = 1.124 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2 M_{yf} < M_{falla}$$

OK

Paso 8:

Momento en la cara de la columna para la falla de la sección neta de la plancha

$$dph := \phi_p + \frac{7}{8} \text{ in} \quad dph = 4.445 \text{ cm} \quad (\text{diametro del hueco del perno})$$

$$L_{tf2} := \frac{L - dc}{L - dc - 2S1} \quad L_{tf2} = 1.009$$

$$M_{falla} := 0.85 \cdot F_{ucon} \cdot [b_{pl} - 2 \cdot (dph + 0.062 \cdot in)] \cdot t_{pl} \cdot (d_v + t_{pl}) \cdot L_{tf2}$$

$$M_{falla} = 7.673 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2 M_{yf} > M_{falla} \quad \textbf{No cumple}$$

Aumentando el espesor de la plancha :

$$t_{pl} := 3.75 \text{ cm}$$

$$M_{falla} := 0.85 \cdot F_{ucon} \cdot [b_{pl} - 2 \cdot (dph + 0.062 \cdot in)] \cdot t_{pl} \cdot (d_v + t_{pl}) \cdot L_{tf2}$$

$$M_{falla} = 1.133 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$1.2 M_{yf} < M_{falla} \quad \textbf{OK}$$

Paso 9:

Momento en la cara de la columna para la falla de la sección neta del ala de la viga

$$L_{tf3} := \frac{L - dc}{L - dc - 2 \cdot (S1 + S3)} \quad L_{tf3} = 1.086$$

$$M_{falla} := F_u \cdot [Z_{xv} - 2(dph + 0.062in) t_{fv} \cdot (d_v - t_{fv})] \cdot L_{tf3}$$

$$1.2 M_{yf} < M_{falla} \quad \textbf{OK}$$

Paso 10:

Momento en la cara de la columna para la elongación de los agujeros de los pernos

$$c = 19.05 \text{ cm}$$

$$S4 = 3.81 \text{ cm}$$

$$Tn1 := 2.4 \cdot \phi F_{vp} \cdot (S3 + S1 - c) \cdot t_{fv} \quad Tn1 = 1.675 \times 10^5 \text{ kgf} \quad \text{El menor valor}$$

$$Tn2 := 2.4 F_{ucon} \cdot (S3 + S4) \cdot t_{pl} \quad Tn2 = 1.258 \times 10^6 \text{ kgf} \quad Tn2 > Tn1$$

$$Tn := Tn1$$

$$M_{fulla} := Tn \cdot (d_v + t_{pl}) \cdot L_{tf1}$$

$$1.2 M_{vf} < M_{fulla} \quad \text{OK}$$

Paso 11:

Bloque de corte de la plancha de ala:

- Área gruesa al corte de la plancha de ala

$$A_{gvala} := t_{pl} \cdot \left[S2 \cdot \left[\left(\frac{N}{2} \right) - 1 \right] + L_{eh} \right] \quad A_{gvala} = 57.15 \text{ cm}^2$$

Paso 12:

Plancha de alma:

1. Plancha

$$\phi r_{np} := 12972.742 \cdot \text{kgf}$$

$$N_{pernos} := \frac{R_u}{\phi r_{np}} \quad N_{pernos} = 1.573 \quad N := 2$$

2. Viga

$$\phi r_{nv} = 9.798 \times 10^3 \text{ kgf}$$

$$N^*_{pernos} := \frac{R_u}{\phi r_{nv}} \quad N^*_{pernos} = 2.083 \quad N := 3$$

Se usarán 3 pernos $N := 3$

Paso 13:

$$0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv} = 2.818 \text{ cm}$$

$$\frac{bfv}{6} = 3.175 \text{ cm}$$

$$tfv < 0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv}$$

$$tfv < \frac{bfv}{6}$$

$$tpz := twv + 2tp$$

Ancho:

$$bs(\min) := \frac{bfv}{3} - \frac{tpz}{2} \quad bs(\min) = 5.099 \text{ cm}$$

$$bs := 5.2 \text{ cm}$$

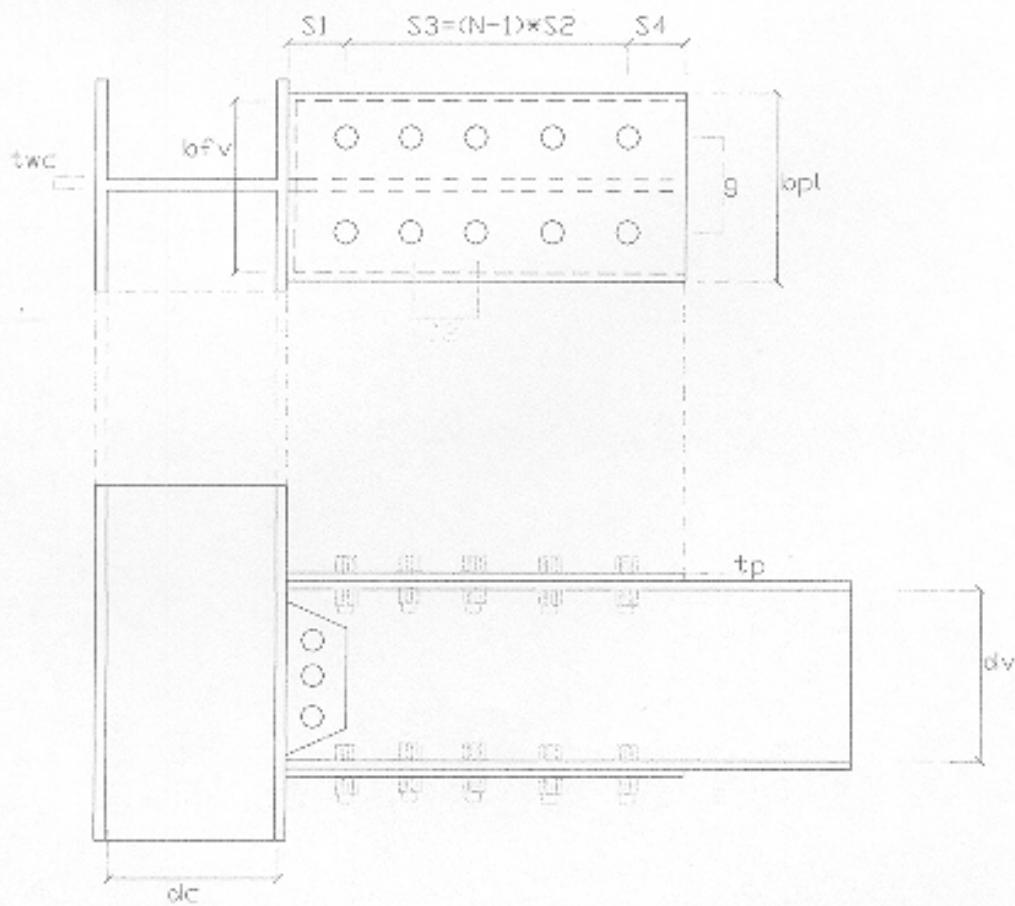
$$\text{Una esquina del clip de diagonal } 3/4^{\circ} \quad \text{clip} := \frac{3}{4} \text{ in}$$

Espezo minimo del rigidizador:

$$ts(\min) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\min) = 0.724 \text{ cm} \quad \frac{bs \cdot \sqrt{F_y}}{95} = 0.4 \text{ cm}$$

$$ts(\min) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{F_y}}{95} \quad \text{OK} \quad ts := 1 \text{ cm}$$

Paso 14:



1.2 Cubre placa soldada

Paso 1:

Asumiendo una longitud de plancha de

$$L_{pl} := 30\text{cm}$$

Paso 2:

Asumiendo un ancho de la plancha de:

$$b_{pl} = 26.67\text{ cm}$$

Paso 3:

$$M_{pr} = 7.36 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c = 1.275 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{yf} = 9.37 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Paso 4:

$$t_{plt} := t_{pl} \quad t_{plb} := t_{plt}$$

$$t_p := \frac{M_{yf}}{F_{yp} \cdot b_{pl} \cdot \left(d_v + \frac{t_{plb} + t_{plt}}{2} \right)} \quad t_p = 0.017\text{ m}$$

Paso 5:

La conexión de la plancha se hace con soldadura de filete

Usando electrodos FEXX 70 $F_{EXX} := 4921.487 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$

$$F_w := 0.6F_{EXX} \quad F_w = 2.953 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$t_w(\max) := t_p - \frac{1}{16} \cdot i_n \quad t_w(\max) = 1.525\text{ cm}$$

$$t_w := 1.5\text{cm}$$

$$l_w := \frac{M_f}{t_w \cdot 0.707 F_w L_{pl}} \quad l_w = 130.307\text{ cm} \quad \text{Segun las dimensiones de la plancha:}$$

$$l_{wdim} := 2L_{pl} + b_{fv} - 2i_n \quad l_{wdim} = 73.97\text{ cm}$$

$$l_w > l_{wdim} \quad \text{No Cumple}$$

Seleccionando una plancha con mayor longitud:

$$L_{pl} := 41 \text{ cm}$$

$$l_w := \frac{M_f}{t_w - 0.707 F_w L_{pl}} \quad l_w = 95.346 \text{ cm}$$

Segun las dimensiones de la plancha:

$$l_{wdim} := 2L_{pl} + b_{fv} \sim 2\text{in} \quad l_{wdim} \approx 95.97 \text{ cm}$$

$$l_w < l_{wdim} \quad \text{OK}$$

Paso 6:

Espesor de la zona del panel:

$$t := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - [d_v + (t_{plt} + t_{plb})]}{h}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot d_c \cdot \left(d_v - \frac{t_{plt} + t_{plb}}{2} \right)} \quad t = 2.54 \text{ cm}$$

$t_{wc} < t$ requiere doble plancha en el alma (rigidizadores de alma)

Espesor de los rigidizadores de alma: (AISC)

$$t_p \geq \frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c}$$

$$\frac{V_{pr}}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c} = 0.414 \text{ cm} \quad t_p (\min)$$

Asumiendo : $t_p := 0.7 \text{ cm}$

$$t := 2 \cdot t_p + t_{wc} \quad t = 2.632 \text{ cm}$$

$$t > t_{req} \quad \text{OK}$$

Paso 7:

$$0.4 \sqrt{1.8 b_{fv} \cdot t_{fv}} = 2.818 \text{ cm}$$

$$\frac{b_{fv}}{6} = 3.175 \text{ cm}$$

$$t_{fc} < 0.4 \sqrt{1.8 b_{fv} \cdot t_{fv}}$$

$$t_{fc} < \frac{b_{fv}}{6}$$

Se requiere rigidizadores de ala (transversales)

Cálculo de rigidizadores:

$$tpz := twv + 2tp$$

Ancho:

$$bs(\min) := \frac{bfv}{3} - \frac{tpz}{2} \quad bs(\min) = 5.199 \text{ cm}$$

$$bs := 5.5 \text{ cm}$$

Una esquina del clip de diagonal 3/4"
clip := $\frac{3}{4}$ in

Espejor mínimo del rigidizador:

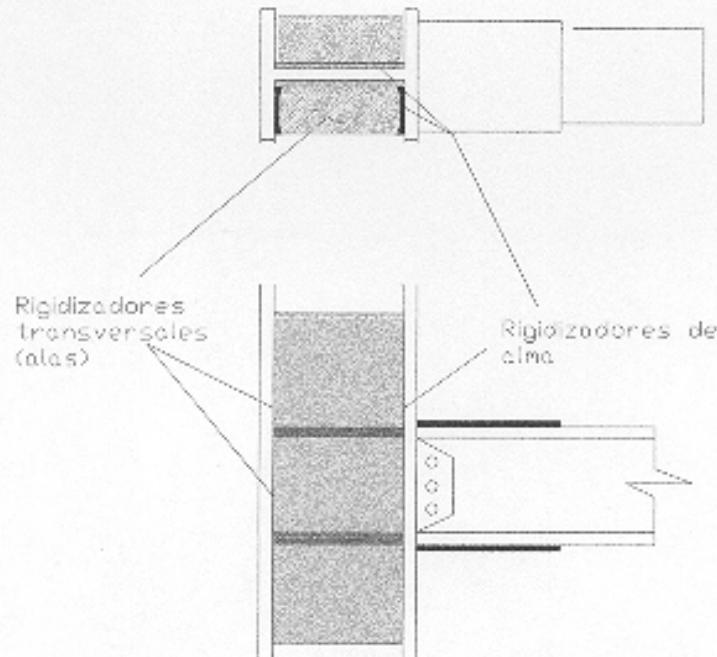
$$ts(\min) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\min) = 0.724 \text{ cm} \quad \frac{bs \cdot \sqrt{F_y}}{95} = 0.4 \text{ cm}$$

$$ts(\min) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{F_y}}{95} \quad \text{OK} \quad ts := 1 \text{ cm}$$

Paso 8:

La plancha de alma de la viga para resistir el corte
es la misma que la calculada en el ejemplo anterior.

Detalle de la conexión



2. Plancha extrema

Para el ejemplo se tomaran los mismos perfiles, los mismos pernos y se aplicaran las mismas solicitudes que el ejemplo anterior. Hasta que se indique lo contrario.

Paso 1:

Calculos ya hechos en el ejemplo anterior:

$$M_{pr} := 5.188 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{pr} := 1.286 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$M_f := 5.556 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_c := 1.699 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Paso 2:

Tabla 7-14 AISC para pernos ASTM

$$\phi F_t := 4745.72 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Pernos ASTM

diametro $\phi_p := 1 \text{ in}$

Area perno $A_p := 0.785 \text{ in}^2$

$L_{min} := 3.175 \text{ cm}$

distancia minima de los pernos al borde de la plancha según
especificaciones de la AISC (parametros de diseño)

Asumiremos $L_e := 1.5 \text{ in}$ $L_e = 3.81 \text{ cm}$

$g := 13.978 \text{ cm}$ (parametros de diseño)

Paso 3:

Chequeo del tamaño de pemo seleccionado para evitar la falla por corte:

$$A_p = 5.065 \text{ cm}^2$$

$$\frac{\frac{2M_f}{L-de}}{3 \cdot F_{vp}} = 1.355 \text{ cm}^2$$

$$A_p > \frac{\frac{2M_f}{L-de}}{3 \cdot F_{vp}}$$
OK

Paso 4:

Espesor mínimo requerido de la plancha extrema para evitar su pandeo.

$$P_f := 4.45 \text{ cm} \quad (\text{Parametros de diseño})$$

$$P_t := \pi \phi_p \cdot 2^2 \cdot \frac{0.75}{0.75 \cdot 4} \quad P_t := 3.206 \cdot 10^4 \text{ kgf} \quad (\text{Fuerza del pemo})$$

$$b_p := 2L_c + g \quad b_p = 21.598 \text{ cm} \quad (\text{Ancho de la plancha extrema})$$

$$s := \sqrt{b_p \cdot g} \quad s = 17.375 \text{ cm}$$

$$t_{pmin} := \sqrt{\frac{M_f}{0.8 \cdot F_y \cdot \left[(d_v - P_f) \cdot \left[\frac{b_p}{2} \cdot \left(\frac{1}{P_f} + \frac{1}{s} \right) + (P_f + s) \cdot \frac{2}{g} \right] + \frac{b_p}{2} \cdot \left(\frac{d_v}{P_f} + \frac{1}{2} \right) \right]}}$$

$$t_{pmin} = 2.308 \text{ cm}$$

Paso 5:

Espesor mínimo de la plancha extrema requerido para evitar cizallado por flexión

$$t_{pmin} := \frac{M_f}{1.1 \cdot F_y \cdot b_p \cdot (d_v - t_{fv})} \quad t_{pmin} = 1.503 \text{ cm}$$

Paso 6:

Mínimo espesor requerido del ala de la columna para resistir la tensión del ala de la viga

$$\text{Asumiendo } k_1 := 1.44 \text{ in}$$

$$C_1 := \frac{g}{2} - k_1 \quad C_1 = 3.331 \text{ cm}$$

$$c := 2 \cdot P_f + t_{fv}$$

Distancia desde la linea central del alma de la columna

$$tfc(\min) := \sqrt{\frac{\frac{Mf}{dv - tfv} \cdot C1}{2 \cdot Fy \cdot c}} \quad tfc(\min) = 2.397 \text{ cm}$$

$tfc < tfc(\min)$ Se requiere rigidizadores de alas (rigidizadores transversales)

Ancho mínimo del rigidizador transversal (completo):

$$tpz := twv$$

$$bs\min := \frac{bfv}{3} - \frac{tpz}{2} \quad bs\min = 5.899 \text{ cm}$$

$$bs := 7 \text{ cm}$$

Espesor mínimo del rigidizador transversal:

$$ts(\min) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\min) = 0.724 \text{ cm} \quad ts(\min) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{Fy}}{95} \quad \text{OK}$$

$$ts(\min) := 4.24 \text{ cm} \quad ts := 4.3 \text{ cm}$$

Paso 7:

$$C2 := \frac{bfv - g}{2} \quad C2 = 11.553 \text{ cm}$$

$$s := \sqrt{(2bfv \cdot 4kl) \cdot \frac{C1 + C2}{C2 + 2C1}} \quad s = 29.777 \text{ cm}$$

$$Yc := \left(s + \frac{c}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{C2} + \frac{2}{C1} \right) + (C2 + C1) \cdot \left(\frac{4}{c} + \frac{2}{s} \right) \quad Yc = 30.761$$

$$\sqrt{\frac{\frac{Mf}{2(dv - tfv)}}{0.8 \cdot Fy \cdot Yc}} = 0.852 \text{ cm} \quad tfc > 0.852 \quad \text{OK}$$

Paso 8:

Chequeo del espesor adecuado del ala de la columna por compresión del ala de la viga

W14x99 $k := 3.51\text{cm}$

$t_p := 2.3\text{cm}$

$$\frac{M_f}{(d_v - t_{fv}) \cdot (6k + 2t_p + t_{fv}) \cdot F_y} = 1.317\text{ cm}$$

$t_{fc} > 1.317\text{cm}$ OK

Paso 9:

Chequeo de la zona del panel

$h := 3\text{m}$

$$C_y := \frac{1}{C_{pr} \cdot \frac{Z_{xv}}{S_{xv}}}$$

$$t_{panel} := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - d_v}{h}}{(0.9) \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot d_c \cdot (d_v - t_{fv})} \quad t_{panel} = 3.306\text{ cm}$$

$t_{panel} > t_{wc}$ Requiere doble plancha en el alma de la columna (rigidizador de alma)

Calculo de la doble plancha según la AISC:

Longitud mínima de la plancha:

Planchas extendidas hasta los rigidizadores de alas.

Espesor mínimo de la plancha:

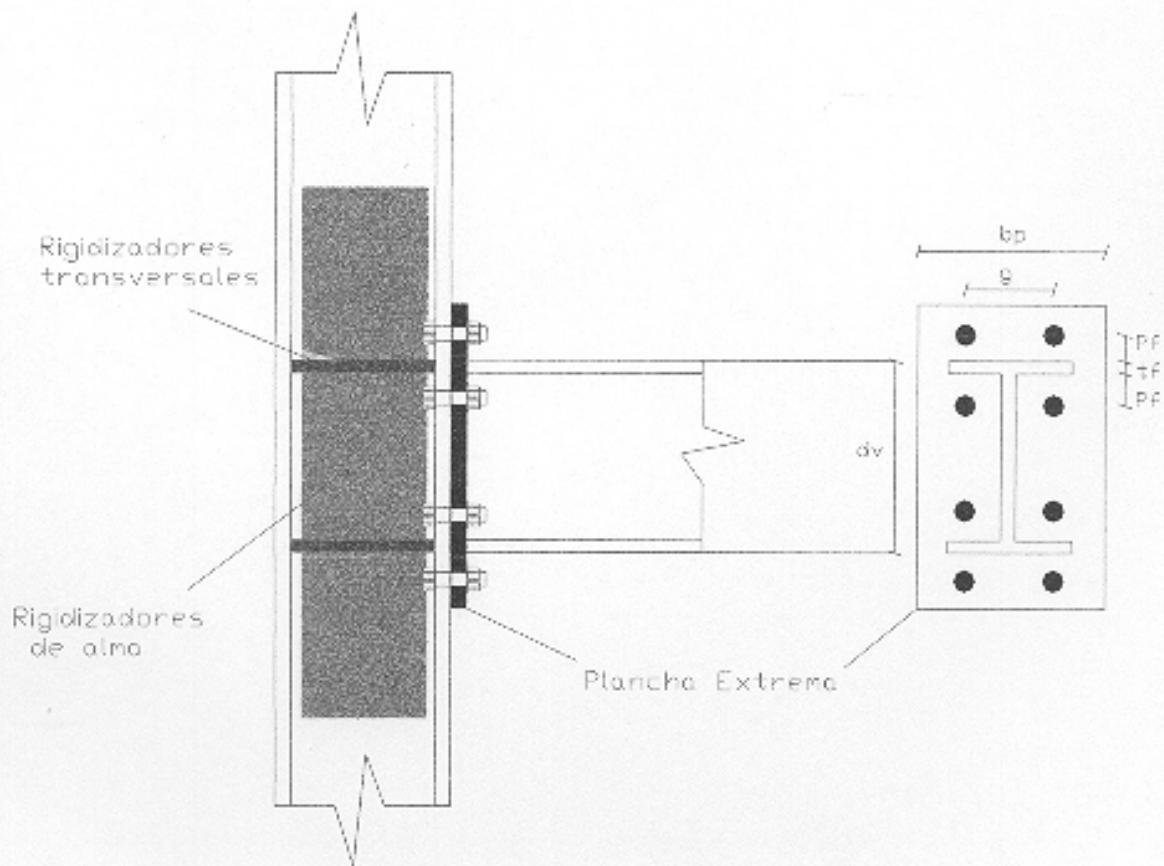
$$c_{lp} := \sqrt{2 \cdot t_s^2} \quad c_{lp} = 6.081\text{ cm}$$

$$l := d_c - 2t_{fv}$$

$$t_{pl\min} := \frac{2R_u}{0,9 \cdot 0,6 \cdot F_{ycon} \cdot (1 - 2\text{clip}) \cdot 4} \quad t_{pl\min} = 0,355 \text{ cm}$$

$$t_{pl} \approx 0,5 \text{ cm}$$

Paso 10: Detallado de la conexión



Viga de Sección Reducida

Paso 1

Determinación de la longitud y localización de la reducción del ala

$$0.5bf < a < 0.75bfv$$

$$a := 0.60bfv$$

$$a = 11.43 \text{ cm}$$

$$0.65dv < b < 0.85dv$$

$$b := 0.75dv$$

$$b = 34.29 \text{ cm}$$

Paso 2

Determinación de la profundidad de la reducción del ala de la viga

1. Asumiendo

$$c := 0.25bfv$$

$$c = 4.763 \text{ cm}$$

$$R_y := 1.1$$

$$C_{pr} := \frac{F_y + F_u}{2 \cdot F_y}$$

$$C_{pr} = 1.15$$

2. $Z_{vsr} := Z_{xv} - 2 \cdot c \cdot tfv \cdot (dv - tfv)$ $Z_{vsr} = 1.045 \times 10^3 \text{ cm}^3$

3. $x := a + \frac{b}{2}$ $x = 28.575 \text{ cm}$

Momento en la rotula plástica

$$M_{pr} := C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_{vsr} \cdot F_y$$

$$M_{pr} = 4.645 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{pr} := \frac{2M_{pr}}{L - 2\left(x + \frac{dc}{2}\right)}$$

$$V_{pr} = 1.152 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$M_f := M_{pr} + V_{pr} \cdot x$$

$$M_f = 4.974 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

4. $C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_{xv} \cdot F_y = 7.36 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$

$$M_f < C_{pr} \cdot R_y \cdot Z_{xv} \cdot F_y$$

OK

Paso 3:

Calculo del momento en el centro de la columna y momento de cedencia.

$$M_c := M_{pr} + V_{pr} \cdot \left(L + \frac{dc}{2} \right) \quad M_c = 1.522 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$M_{yf} := C_y \cdot M_f \quad M_{yf} = 3.807 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

Paso 4:

Corte en la cara de la columna

$$V_f := 2 \cdot \frac{M_f}{L - dc} \quad V_f = 1.152 \times 10^4 \text{ kgf}$$

Paso 5:

$$\phi V_f := 0.75 \cdot V_f \quad \phi V_f = 8.636 \times 10^3 \text{ kgf}$$

$$N := \frac{R_u}{\phi V_f} \quad N = 2.363 \quad N^{\circ} \text{ pernos} := 3$$

Paso 6:

$$C_y := \frac{1}{C_{pr} \cdot \frac{Z_{xv}}{S_{xv}}} \quad C_y = 0.765$$

$$t := \frac{C_y \cdot M_c \cdot \frac{h - dv}{h}}{(0.9) \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot R_y \cdot dc \cdot (dv - tfv)} \quad t = 2.961 \text{ cm}$$

$t > t_{wc}$ Se requiere doble plancha

Diseño de la doble plancha:

Espesor mínimo de la plancha:

$$clip := \sqrt{2 \cdot t_s^2} \quad clip = 6.081 \text{ cm}$$

$$l := dc - 2tfv$$

$$t_{plmin} := \frac{2R_u}{0.9 \cdot 0.6 \cdot F_{ycon} \cdot (l - 2clip) \cdot 4} \quad t_{plmin} = 0.355 \text{ cm}$$

Paso 7:

$$0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv} = 2.818 \text{ cm}$$

$$\frac{bfv}{6} = 3.175 \text{ cm}$$

$$tfv < 0.4\sqrt{1.8bfv \cdot tfv}$$

$$tfv < \frac{bfv}{6}$$

Requiere Rigidizadores transversales

Ancho mínimo del rigidizador:

$$tpz := twv$$

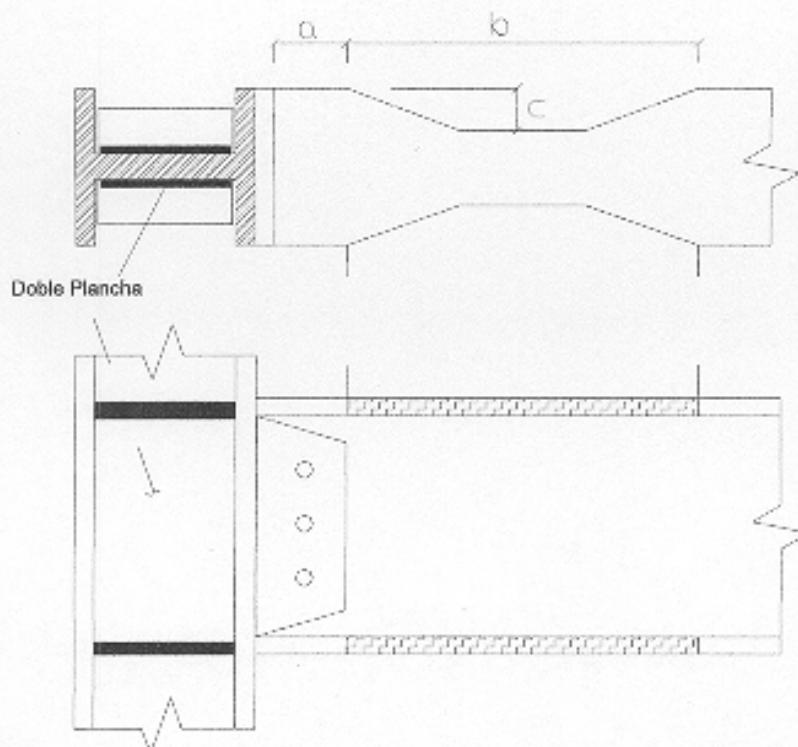
$$bs(\min) := \frac{bfv}{3} + \frac{tpz}{2} \quad bs(\min) = 6.801 \text{ cm} \quad bs := bs(\min)$$

Espezoz minimo del rigidizador:

$$ts(\min) := \frac{tfv}{2} \quad ts(\min) = 0.724 \text{ cm} \quad ts(\min) \geq \frac{bs \cdot \sqrt{F_y}}{95}$$

$$ts(\min) := 4.24 \text{ cm} \quad ts := ts(\min)$$

Paso 8:



Ejemplos según la AISC .

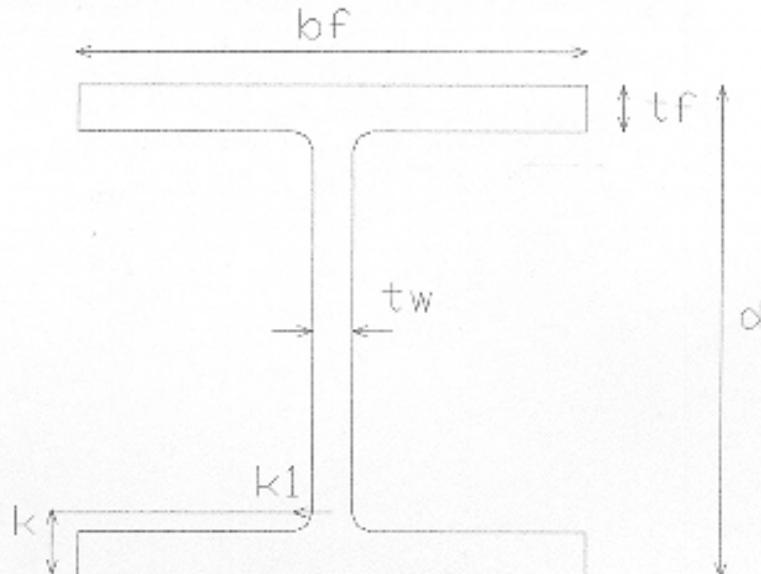
Para estos ejemplos se utilizaron los mismos perfiles utilizados anteriormente para los ejemplos de la FEMA 350 para el diseño de los tres tipos de conexiones tratadas en este manual.

Al igual que los ejemplos anteriores, estos ejemplos contienen gráficos de ayuda pero con la diferencia que el procedimiento de la AISC no es descrito con un serie de pasos enumerados como lo hace la FEMA, sino que presenta el diseño de las conexiones sin ningún esquema estricto y verificando que cumpla con lo requerimientos exigidos.

Diseño de la conexión a momento viga-columna de la plancha de ala empalmada a la viga W18x50 y conectada al ala de la columna W14x99, para los miembros estructurales viga y columna el Fy=50Ksi y Fup= 58 Ksi, y un Fu= 65 Ksi. Para el material de conexión Fyp= 36Ksi y Fup= 58Ksi. Se usará pernos ASTM A325-N de diámetro 7/8 pulgada y electrodos FEXX70 (70 Ksi)

según la AISC LRFD

1.PROPIEDADES Y GEOMETRÍA DE LOS PERFILES, PERNOS, Y SOLICITACIONES.



Viga W18x50

$$dv := 45.72 \text{ cm}$$

$$twv := 0.9017 \text{ cm}$$

$$bfv := 19.05 \text{ cm}$$

$$tfv := 1.4478 \text{ cm}$$

$$Z_{xv} := 1655.093 \text{ cm}^3$$

$$ryv := 4.064 \text{ cm}$$

$$Av := 94.839 \text{ cm}^2$$

$$S_{xv} := 1456.81 \text{ cm}^3$$

Columna 14x99

$$dc := 36.068 \text{ cm}$$

$$tvc := 1.2319 \text{ cm}$$

$$bfc := 37.084 \text{ cm}$$

$$tfc := 1.9812 \text{ cm}$$

$$Z_{xc} := 2834.962 \text{ cm}^3$$

$$Tc := 25.4 \text{ cm}$$

$$Ac := 187.742 \text{ cm}^2$$

$$kc := 5.239 \text{ cm}$$

Propiedades de los elementos Estructurales:

$$F_y := 3515.348 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_u := 4569.952 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

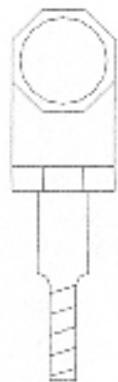
Propiedades de los elementos Conectores:

$$F_{ycon} := 2531.05 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$F_{ucon} := 4077.804 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$E := 2038901.781 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

PERNOS:



$$\text{Diametro: } \phi_p := \frac{7}{8} \text{ - in}$$

$$\text{Area: } A_p := 3.877 \text{ cm}^2$$

$$F_{yp} := 4218.417 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi F_{vp} := 0.75 F_{yp}$$

$$\phi F_{vp} = 3.164 \times 10^3 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

Solicitaciones:

$$M_u := 34563.739 \cdot \text{kgf} \cdot \text{m}$$

$$R_u := 20411.657 \cdot \text{kgf}$$

$$R_y := 1.1$$

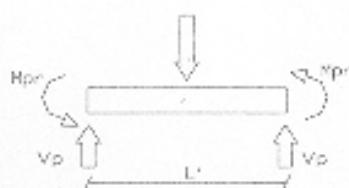
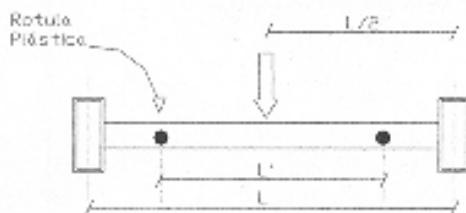
Luz de Vano:

$$L := 9 \text{ m}$$

Altura de entre piso:

$$h := 3 \text{ m}$$

2.Cálculo de los momentos plásticos



2.1 Momento plástico en la viga (rotula plástica)

$$L_p := 1.76 \cdot r_y \cdot \sqrt{\frac{E}{F_y}} \quad L_p = 1.723 \text{ m} \quad \text{AISC(FI - 4)}$$

$$a := \left(\frac{dc}{2} \right) + L_p \quad a = 1.903 \text{ m}$$

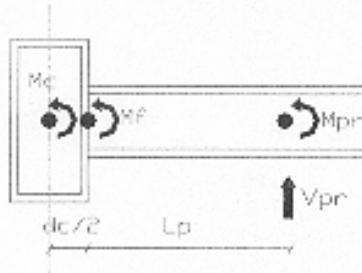
$$L' := L - 2a \quad L' = 5.194 \text{ m}$$

$$M_{pr} := 1.1 \cdot R_y \cdot Z_{xx} \cdot F_y \quad M_{pr} = 7.04 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_{pr} := \frac{2 \cdot M_{pr}}{L'} \quad V_{pr} = 2.711 \times 10^4 \text{ kgf}$$

2.2 Momento en la cara de la columna:

$$M_f := M_{pr} + V_{pr} \cdot \left(a - \frac{dc}{2} \right) \quad M_f = 1.171 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$



2.3 Momento en la columna:

$$V_{fc} := V_{pr}$$

$$M_c := M_f + V_{fc} \cdot \frac{dc}{2} \quad M_c = 1.22 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$V_c := V_{fc}$$

3. Revisión de la capacidad a flexión de la viga

3.1 Revisión del pandeo local del ala y alma de la viga

Si la sumatoria de M_{pc} entre la sumatoria de M_{pv} < 2 deberá cumplir con los valores de la tabla 9-1 de las previsiones sísmicas, en caso contrario cumplirá con la tabla B5.1 de las especificaciones de la LRFD

$$P_u := R_u \quad P_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y := A_v \cdot F_y \quad P_y = 3.334 \times 10^5 \text{ kgf}$$

$$\frac{P_u}{0.9 \cdot P_y} = 0.068 \quad \text{de la tabla I-9-1}$$

Ala:

$$\frac{b_{fv}}{2 \cdot t_{fv}} = 6.579$$

$$\frac{P_u}{0.9 \cdot F_y} < 0.125$$

$$\frac{\left(436 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} = 7.354$$

$$h/t_w = 45.2$$

$$\frac{b_{fv}}{2t_{fv}} < \frac{\left(436 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} \quad \text{OK}$$

$$\frac{\left(4361 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} \cdot \left(1 - 1.54 \cdot \frac{P_u}{0.9P_y}\right) = 65.848$$

$$\frac{h}{t_w} \leq \frac{\left(4361 \cdot \frac{\sqrt{\text{kgf}}}{\text{cm}}\right)}{\sqrt{F_y}} \cdot \left(1 - 1.54 \cdot \frac{P_u}{0.9P_y}\right)$$

3.2 Modulo plástico requerido en la viga:

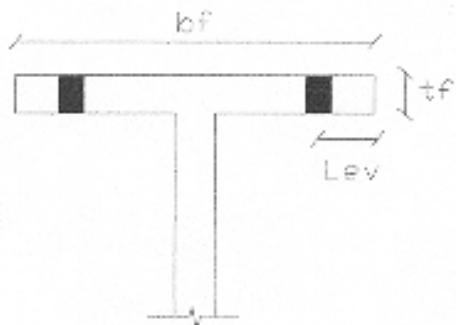
$$Z_{req} := \frac{M_u}{0.9 \cdot F_y} \quad Z_{req} = 1.092 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{xv} = 1.655 \times 10^{-3} \text{ m}^3$$

$$Z_{req} < Z_{xv} \quad \text{OK}$$

3.3 Revisión de la viga (modulo de sección efectivo):

Asumiendo que se usaran dos filas de pernos en el ala



Área gruesa del ala (A_{fg})

$$A_{fg} := b_{fv} \cdot t_{fv} \quad A_{fg} = 27.581 \text{ cm}^2$$

Área neta del ala (A_{fn})

$$A_{fn} := A_{fg} - 2 \left(\phi_p + \frac{1}{8} \cdot i_{in} \right) \cdot t_{fv} \quad A_{fn} = 20.226 \text{ cm}^2$$

como: $0.75 \cdot F_u \cdot A_{fn} < 0.9 \cdot F_y \cdot A_{fg}$

entonces:

$$A_{fe} := \left(\frac{5}{6} \right) \cdot \left(\frac{F_u}{F_y} \right) \cdot A_{fn} \quad A_{fe} = 21.911 \text{ cm}^2$$

% de reducción del área gruesa (%R)

$$\%R := 100 - \left(\frac{A_{fe}}{A_{fg}} \right) \cdot 100 \quad \%R = 20.556$$

Modulo de sección efectivo

$$Z_e := Z_{xv} - 2 \cdot \left(\frac{\%R}{100} \right) A_{fg} \cdot \frac{d_v}{2} \quad Z_e = 1.396 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{req} = 1.092 \times 10^3 \text{ cm}^3 \quad Z_{req} < Z_e \quad \text{OK}$$

Revisión del corte del alma de la viga:

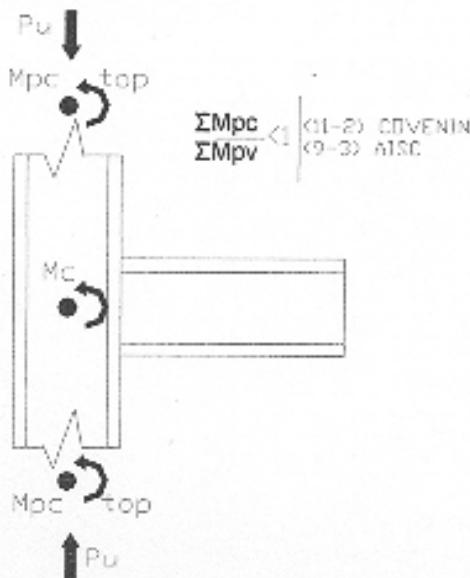
$$h/t_w = 45.2 \quad 2.45 \sqrt{\left(\frac{E}{F_y} \right)} = 59.004$$

$$\frac{h}{t_w} \leq 2.45 \sqrt{\left(\frac{E}{F_y} \right)} \quad \text{Entonces:} \quad \phi V_n := 0.6 \cdot F_y \cdot d_v \cdot t_w \quad \phi V_n = 8.695 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$R_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi V_n > R_u \quad \text{OK}$$

3.4 Relación de momento



$$\Sigma M_{pc} := 2Z_{xc} \cdot \left(F_y - \frac{P_u}{A_c} \right)$$

$$\Sigma M_{pc} = 1.932 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_{pv} := M_c$$

$$\Sigma M_{pv} = 1.22 \times 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\frac{\Sigma M_{pc}}{\Sigma M_{pv}} = 1.583 > 1$$

4. Pernos

4.1 Plancha del alma

Viga

$$\phi_{mv} := 9797.595 \cdot \text{kgf por perno}$$

se obtiene de la tabla 7-10 LRFD (ϕ_m)

$$R_n := R_u \quad R_n = 2,041 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$N_{perno1} := \frac{R_n}{\phi_{mv}} \quad N_{perno1} = 2.083 \quad N_{pernov} := 3$$

Plancha

$$\phi_{mp} := 12972.742 \text{ kgf}$$

se obtiene de la tabla 7-12 LRFD

$$N_{perno2} := \frac{R_n}{\phi_{mp}} \quad N_{perno2} = 1.573 \quad N_{pernop} := 2$$

El numero de pernos que manda es el de la viga, por lo tanto se usaran 3 pernos $N_{perno} := 3$

Se asumirán las siguientes dimensiones de la plancha:

$$tp := \frac{5}{16} \text{ in} \quad Leh := \left(1 + \frac{1}{2}\right) \text{ in}$$

$$Ip := 9 \text{ in} \quad Lev := Leh$$

$$S := 3 \text{ in}$$

Revisión cedencia, ruptura y bloque de corte en la plancha de alma.

Cedencia al corte de la plancha de alma:

$$A_{gp} := tp \cdot Ip \quad A_{gp} = 18.145 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{np} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \text{con} \cdot A_{gp} \quad \phi R_{np} = 2.067 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$R_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{np} > R_u \quad \text{OK}$$

Ruptura al corte de la plancha de alma

$$A_{np} := A_{gp} - N_{perno} \cdot \left[\phi p + \left(\frac{1}{8} \right) \text{in} \right] tp \quad A_{np} = 12.097 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{nr} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_u \text{con} \cdot A_{np} \quad \phi R_{nr} = 2.22 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$R_u = 2.041 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nr} > R_u \quad \text{OK}$$

Bloque de corte en la plancha del alma

*area gruesa al corte (Agv) de la plancha

$$A_{gv} := Ip \cdot [S \cdot (N_{perno} - 1) + Leh] \quad A_{gv} = 435.483 \text{ cm}^2$$

*area neta al corte (Anv) de la plancha

$$A_{nv} := \left[S \cdot (N_{perno} - 1) + Leh - \left[\left[N_{perno} - \left(\frac{1}{2} \right) \right] \cdot \left[\phi p + \left(\frac{1}{8} \right) \text{in} \right] \right] \right] \cdot tp$$

$$A_{nv} = 10.081 \text{ cm}^2$$

*area gruesa a la tracción (Agt) de la plancha:

$$Agt := tp \cdot Lev \quad Agt = 3.024 \text{ cm}^2$$

*area neta a la tracción (Ant) de la plancha

$$Ant := Agt - \left[Lev - 0.5 \left[\phi_p + \left(\frac{1}{8} \right) in \right] \right] \cdot tp$$

$$Ant = 1.008 \text{ cm}^2$$

$$\text{Como } F_{up} * Ant < 0.6 * F_{up} * A_{nv}$$

$$\phi R_n = 0.75 \cdot (0.6 \cdot F_{ucon} \cdot A_{nv} + F_{ycon} \cdot Agt) \quad \phi R_n = 2.424 \times 10^4 \text{ kgf}$$

Longitud de la soldadura de filete requerida para soportar el ala de la viga en la columna.
Se usara electrodos FEXX70

$$FEXX := 4921.487 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

usando la siguiente ecuación de la AISC LRFD para determinar la longitud de la soldadura

$$\phi R_{nsold} := R_u$$

$$D_{min} := \frac{\phi R_{nsold}}{0.75 \cdot 0.6 \cdot FEXX \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{16} \right) \cdot I_p \cdot 2} \quad D_{min} = 4.561 \text{ cm}$$

comparando la soldadura mínima dada por la tabla J2-4 AISC LRFD para el espesor de plancha dado

$$Sold_{min} := 0.794 \text{ cm}$$

la soldadura de filete con doble vuelta a usar será:

$$dsold := 5 \text{ cm}$$

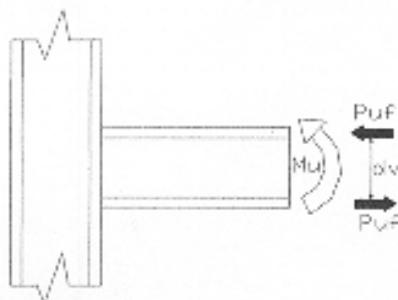
Revisión de la zona del panel

$$P_{uf} := \frac{M_u}{dv} \quad P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y := F_y \cdot A_c \quad P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf}$$

como $P_{uf} < 0.75 P_y$, entonces $\phi R_{n,p} = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w \cdot (1 + (3b_f \cdot t_f) / (d_c \cdot d_v \cdot t_w))$

$$\phi R_{nzp} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w \cdot \left[1 + \frac{(3 \cdot b_f c \cdot t_f c^2)}{d_v \cdot d_c \cdot t_w} \right] \quad \phi R_{nzp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf}$$



4.2 Plancha del ala

Viga

$$\phi m_v = 9.798 \times 10^3 \text{ kgf} \quad \text{por perno}$$

$$n_{pernov1} := \frac{P_{uf}}{\phi m_v} \quad n_{pernov1} = 7.716 \quad n_{pernov} := 8$$

Plancha

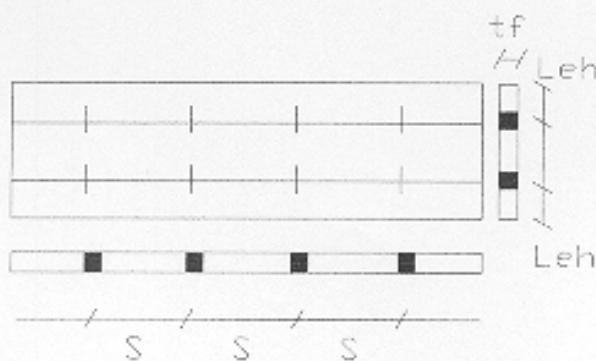
$$\phi m_p := 26353.717 \text{ kgf} \quad \text{por perno}$$

este valor se obtiene de la tabla 7-12 AISC LRFD

$$n_{pernop1} := \frac{P_{uf}}{\phi m_p} \quad n_{pernop1} = 2.869 \quad n_{pernop} := 3$$

Plancha de ala

Se usara 8 pernos



dimensiones de la plancha de ala

$$tpala := 1.905 \text{ cm} \quad Lev = 3.81 \text{ cm}$$

$$Ipala := 18.415 \text{ cm} \quad S = 7.62 \text{ cm}$$

$$Leh = 3.81 \text{ cm}$$

Revisión a la cedencia, ruptura y bloque de corte en la plancha de ala.

Cedencia a la tensión de la plancha de ala

$$Agala := tpala \cdot Ipala \quad Agala = 35.081 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{nc} := 0.9 \cdot Fycon \cdot Agala \quad \phi R_{nc} = 7.991 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_n > R_u \quad \text{OK}$$

Ruptura a la tensión de la plancha de alma

$$Anala := Agala - 2 \left[\phi p + \left(\frac{1}{8} \right) in \right] tpala \quad Anala = 25.403 \text{ cm}^2$$

$$\phi R_{nr} := 0.75 \cdot Fucon \cdot Anala \quad \phi R_{nr} = 7.769 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_n > P_{uf} \quad \text{OK}$$

Bloque de corte en la plancha de ala

*área gruesa al corte (Agvala) de la plancha de ala

$$Agvala := tpala \cdot \left[S \cdot \left[\left(\frac{npermov}{2} \right) - 1 \right] + Leh \right] \quad Agvala = 50.806 \text{ cm}^2$$

Planos de corte son 4

*área neta al corte (Anvala) de la plancha de ala

$$Anvala := \left[S \cdot \left(\frac{npermov}{2} - 1 \right) + Leh - \left(\frac{npermov}{2} - 0.5 \right) \cdot \left[\phi p + \left(\frac{1}{8} \right) in \right] \right] \cdot tpala$$

$$Anvala = 33.871 \text{ cm}^2$$

Planos de corte son 4

*area gruesa a la tensión (Agtala) de la plancha de ala

$$Agtala := tpala \cdot Lev$$

$$Agtala = 7.258 \text{ cm}^2$$

Planos de corte son 4

$$4 \cdot Agtala = 29.032 \text{ cm}^2$$

*area neta a la tensión de la plancha (Antala) de la plancha de ala

$$Antala := Agtala - \left[Lev - 0.5 \left[\phi p + \left(\frac{1}{8} \right) in \right] \right] \cdot tpala$$

$$Antala = 2.419 \text{ cm}^2$$

Planos de corte son 4

como $Fucon \cdot Antala < 0.6 \cdot Fucon \cdot Anvala \cdot \phi Rnala = \phi (0.6 \cdot Fucon \cdot Anvala + Fycon \cdot Agtala)$

$$\phi Rnala := 0.75 \cdot (0.6 \cdot Fucon \cdot Anvala + Fycon \cdot Agtala)$$

$$\phi Rnala \cdot 2 = 1.519 \times 10^5 \text{ kgf}$$

Longitud de soldadura de filete
necesaria para soportar el ala en la columna.



$$Dala := \frac{Puf}{0.75 \cdot 0.6 \cdot 1.5 \cdot FEXX \cdot \left(\frac{\sqrt{2}}{2} \right) \cdot \left(\frac{1}{16} \right) \cdot Ipala \cdot 2} \quad Dala = 13.981 \text{ cm}$$

el tamaño mínimo de soldadura de filete de la tabla J2-4 AISC LRFD para un espesor de 3/4 pulg es de 5/16, el tamaño de soldadura a usar será de:

$$d := \left(\frac{15}{16} \right) in \quad \text{en dos vueltas}$$

Revisión a la compresión de la plancha de ala

Se asumirá:

$$\text{Inercia (I)} \quad I := \frac{(t_{\text{pala}} \cdot t_{\text{pala}}^3)}{12} \quad I = 10.609 \text{ cm}^4$$

$$k := 0.65 \quad \left(\frac{\phi_p + \frac{1}{8} \text{ in}}{2} \right)$$

$$L := L_{\text{ef}} + \frac{\left(\phi_p + \frac{1}{8} \text{ in} \right)}{2} \quad \text{Area (A)} \quad A := t_{\text{pala}} \cdot t_{\text{pala}} \quad A = 35.081 \text{ cm}^2$$

$$L = 5.08 \text{ cm}$$

RADIO DE GIRO (r)

$$r := \sqrt{\frac{I}{A}} \quad r = 0.55 \text{ cm}$$

entonces:

$$\frac{k \cdot L}{r} = 6.004$$

de la tabla 3-36 de la AISC LRFD se obtiene:

$$\phi F_{cr} := 2147.174 \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

la resistencia a compresión de la plancha de ala será:

$$\phi R_{ncomp} := \phi F_{cr} \cdot A \quad \phi R_{ncomp} = 7.532 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \quad P_{uff} := \phi R_{ncomp} \quad \text{OK}$$

$$100\% + \left(\frac{P_{uf}}{\phi R_{ncomp}} \right) \% = 1.01$$

la diferencia es menor al 10% por lo tanto se tomará como aceptable

5.- Capacidad de la columna

5.1 Revisión de la resistencia a la tensión del ala y alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga

Pandeo local del ala ϕR_{nLFB} (local flange bending Eq K1-1 AISC LRFD)

$$\phi R_{nLWY} := (5k_c + t_{\text{pala}}) \cdot t_{\text{wc}} \cdot F_y \quad \phi R_{nLWY} = 1.217 \times 10^5 \text{ kgf}$$

5.2 Revisión del alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga en compresión

Pandeo local del ala ϕR_{nLFB} (Local Flange Bending)

$$\phi R_{nLFB} := 7.728 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

WEB CRIPLING (ϕR_{nWC})

$$N_d := 3 \cdot \frac{t_{pala}}{d_c} \quad N_d = 0.158$$

$$\phi R_{nWC} := 0.75 \left(1131.965 \cdot \frac{\text{kgf}^{0.5}}{\text{cm}} \right) \cdot t_{wc}^2 \left[1 + N_d \cdot \left(\frac{t_{wc}}{t_{fc}} \right)^{1.5} \right] \cdot \sqrt{\left(F_y \cdot \frac{t_{fc}}{t_{wc}} \right)}$$

$$\phi R_{nWC} = 1.044 \times 10^5 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

5.3.- Revisión de la zona de panel

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf} \quad \frac{P_{uf}}{P_y} = 0.115$$

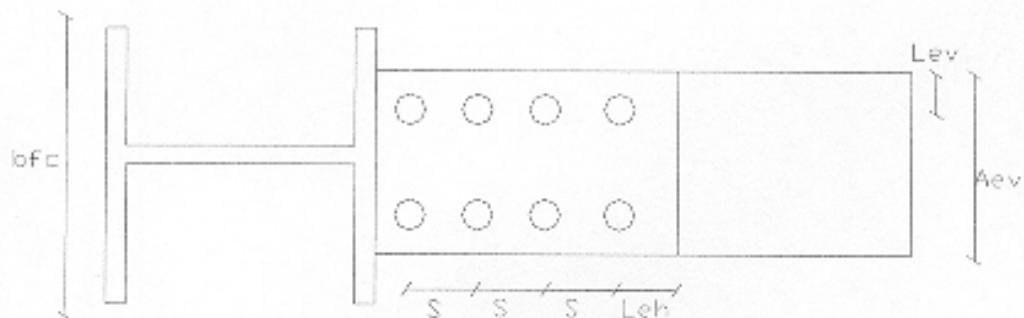
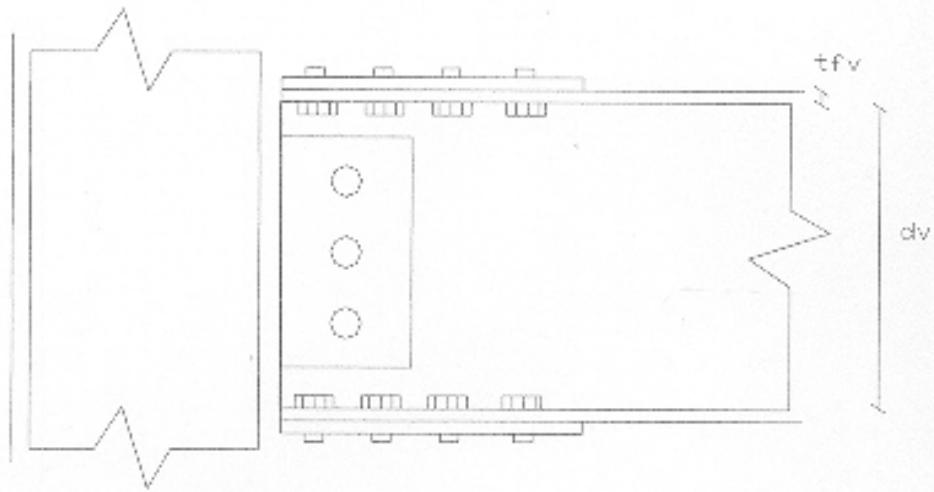
como $P_{uf} < 0.75 P_y$ entonces

$$\phi R_{nzp} = 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w \cdot (1 + (3b_f t_f) / (d_c \cdot d_v \cdot t_w))$$

$$\phi R_{nzh} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_w \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot d_c \cdot t_w} \right)$$

$$\phi R_{nzp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nzp} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

Detalles de la conexión



Ejemplo 2. Plancha extrema extendida

1. Geometría

Para este ejemplo y los siguientes, las propiedades y geometría del perfil, perno y solicitudes serán las mismas utilizadas en el ejemplo 1, hasta que se indique lo contrario.

Perno ASTM

$$\phi := 1 \text{ in} \quad A_p := 0.785 \text{ in}^2$$

2. Capacidad de la viga

2.1

$$Z_{req} = 1.092 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{vv} = 1.655 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

$$Z_{req} < Z_{vv} \quad \text{OK}$$

2.2 Calculo de la fuerza en el ala de la viga (Puf)

$$P_{uf} := \frac{M_u}{d_v - t_f v} \quad P_{uf} = 7.807 \times 10^4 \text{ kgf}$$

2.3 Pernos requeridos

numero de pernos requeridos por tensión

$$\phi_p := 2.54 \text{ cm} \quad A_p := 5.065 \text{ cm}^2$$

de la tabla 7-14 AISC LRFD, para pernos ASTM

$$\phi_{ft} := 4745.72 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

$$\phi_m := \phi_{ft} \cdot A_p \quad \phi_m = 2.404 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\frac{P_{uf}}{\phi_m} = 3.248 \quad n_{perno} := 4$$

numero de pernos requeridos por resistencia al deslizamiento

de la tabla 7-15 de la AISC LRFD con pernos ASTM y el diámetro del perno con orificio standard se obtiene

$$\phi_m := 8618.255 \cdot \text{kgf}$$

$$\frac{R_u}{\phi_m} = 2.368 \quad n_{pernode} := 3$$

$N_{perno} = n_{perno}$ si $n_{perno} > n_{pernode}$
si no $n_{pernode}$

$n_{perno} > n_{pernode}$

$$N_{perno} := 4$$

2.4 Revisión del corte en el perno

de la tabla 7-10 de la AISC LRFD se obtiene ϕF_v

$$\phi F_v := 2531.05 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2} \quad A_p = 5.065 \text{ cm}^2$$

$$\phi_m := \phi F_v \cdot A_p \quad \phi_m = 1.282 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nv} := 2 \cdot N_{perno} \cdot \phi_m \quad \phi R_{nv} = 1.026 \times 10^5 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nv} > R_u \quad \text{OK}$$

distancia mínima al borde (Le)

según las especificaciones AISC LRFD J3.4 y la tabla J3-4 AISC LRFD para pernos de 1 pulgada se obtiene:

$$L_{min} := 3.175 \text{ cm}$$

$$L_e := 3.81 \text{ cm}$$

separación entre pernos (g)

minima separación según las especificaciones AISC LRFD sección J3.3 no deberá ser menor que 2 2/3 veces el diámetro nominal del conector, pero se recomienda usar 3 veces el diámetro del perno.

$$g := 13.978 \text{ cm}$$

3. Calculo de la plancha extrema de la viga.

3.1 Calculo del ancho efectivo de la plancha extrema (bp)

$$b_{\text{p efectivo}} := 2 \cdot L_e + g \quad b_{\text{p efectivo}} = 21.598 \text{ cm}$$

$$bfv = 19.05 \text{ cm}$$

$$\begin{aligned} & b_{\text{p efectivo}} \quad \text{si } b_{\text{f v}} > b_{\text{p efectivo}} \quad b_{\text{p}} := b_{\text{f v}} + 1 \text{ in} \quad b_{\text{p}} = 21.59 \text{ cm} \\ & b_{\text{p}} = b_{\text{f v}} + 1 \text{ in} \quad \text{si } b_{\text{f v}} < b_{\text{p efectivo}} \quad b_{\text{p}} > b_{\text{p efectivo}} \quad \text{OK} \end{aligned}$$

3.2 Espesor requerido de la plancha (t_{req} < t_p)

$$\text{orificio (pF)} \quad pF := \phi p + 0.5 \text{ in}$$

$$pF = 3.81 \text{ cm}$$

*area de la plancha de ala (Af)

$$A_f := b_{\text{f v}} \cdot t_{\text{f v}} \quad A_f = 27.581 \text{ cm}^2$$

*area de la plancha de la viga (Aw)

$$A_w := b_{\text{f v}} \cdot t_{\text{f v}} \quad A_w = 27.581 \text{ cm}^2$$

$$C_a := 1.45 \quad \text{de la tabla 12-1 AISC LRFD}$$

$$C_b := \sqrt{\left(\frac{b_{\text{f v}}}{b_p}\right)} \quad C_b = 0.939$$

$$a_t := 0.5 \text{ in} \quad \text{asumiendo 0.5 pulg de soldadura de filete}$$

$$p_e := pF - \left(\frac{\phi p}{4}\right) - a_t \quad p_e = 1.905 \text{ cm}$$

$$\alpha_m := C_a \cdot C_b \cdot \left(\frac{A_f}{A_w}\right)^{\frac{1}{3}} \cdot \left(\frac{p_e}{\phi p}\right)^{\frac{1}{4}} \quad \alpha_m = 1.268$$

$$M_{eu} := \alpha_m \cdot P_{uf} \cdot \frac{p_e}{4} \quad M_{eu} = 471.28 \text{ m kgf}$$

espesor minimo (tpmin)

$$t_{\text{p min}} := \sqrt{\left(4 \cdot \frac{M_{eu}}{0.9 F_y \text{con} \cdot b_p}\right)} \quad t_{\text{p min}} = 1.958 \text{ cm} \quad t_p := 1.905 \text{ cm}$$

dimensiones de la plancha extrema

$$h := dv + pf \cdot 2 + 0.5in \cdot 2 + Le \cdot 2 \quad bp = 21.59 \text{ cm}$$

$$h = 63.5 \text{ cm} \quad tp = 1.905 \text{ cm}$$

Utilizando el metodo de calculo que plantea Thomas Murray y W. Lee Shoemaker de la Steel Desing Guide 16 (procedimiento 1)

parametros de diseño

$$2.54\text{cm} < Pf < 6.35\text{cm} \quad pfo := 6.35\text{cm} \quad pfi := 4.445\text{cm}$$

$$6.35\text{cm} < Pext < 13.02\text{cm} \quad pext := 12.7\text{cm}$$

$$6.99\text{cm} < g < 17.78\text{cm} \quad g = 13.978 \text{ cm}$$

$$40.01\text{cm} < h < 60.69\text{cm} \quad h := dv \quad h = 45.72 \text{ cm}$$

$$15.24\text{cm} < bp < 26.04\text{cm} \quad bp2 := bfv \quad bp2 = 19.05 \text{ cm}$$

$$0.95\text{cm} < tf < 2.54\text{cm} \quad tf := tfv \quad tf = 1.448 \text{ cm}$$

Calculo

$$yr := 1 \quad \text{para la plancha extendida}$$

$$do := h - \left(\frac{tfv}{2} \right) + pfo \quad do = 51.346 \text{ cm}$$

$$ho := h + pfo \quad ho = 52.07 \text{ cm}$$

$$dl := h - 3\left(\frac{tf}{2}\right) - pfi \quad dl = 39.103 \text{ cm}$$

$$hl := dl + \left(\frac{1}{2}\right)tfv \quad hl = 39.827 \text{ cm}$$

Diametro del perno (ϕ_{preq}) requerido asumiendo que no hay apalancamiento

$$\phi_{preq} := \sqrt{2 \cdot \frac{Mu}{\pi \cdot \phi F_t \cdot (do + dl)}} \quad \phi_{preq} = 2.264 \text{ cm}$$

$$\phi p2 := 2.54 \text{ cm}$$

espesor de la plancha requerido (treq)

$$s := \left(\frac{1}{2} \right) \cdot \sqrt{bp \cdot g} \quad s = 8.686 \text{ cm}$$

$$\begin{array}{ll} "s" \text{ si } & p_{fi} \geq s \\ P_{fi} = & \text{si no es } P_{fi} \\ & P_{fi} := 4.445 \text{ cm} \end{array}$$

$$Y := \left(\frac{bp}{2} \right) \left[hl \cdot \left(\frac{1}{P_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + ho \cdot \frac{1}{p_{fo}} - \frac{1}{2} \right] + \left(\frac{2}{g} \right) \cdot hl \cdot (P_{fi} + s) \quad Y = 304.17 \text{ cm}$$

Fuerza del perno (Pt)

$$Pt := \pi \cdot \phi p^2 \cdot \frac{\phi F_t}{0.75 \cdot 4} \quad Pt = 3.206 \times 10^4 \text{ kgf}$$

Momento que no produce fuerza de apalancamiento (ϕM_{np})

$$\phi M_{np} := 0.75 [2 \cdot Pt \cdot (do + dl)] \quad \phi M_{np} = 4.35 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

espesor (treq2)

$$t_{req2} := \sqrt{1.11 \cdot \gamma_r \cdot \frac{\phi M_{np}}{0.9 \cdot F_y \cdot Y}} \quad t_{req2} = 2.64 \text{ cm}$$

$$tp2 := 2.79 \text{ cm}$$

comparando resultados

AISC_LRFD

diametro del perno $\phi p = 2.54 \text{ cm}$

ancho de la plancha $bp = 21.59 \text{ cm}$

espesor de la plancha $tp = 1.905 \text{ cm}$

Murray & Shoemaker

$\phi p2 = 2.54 \text{ cm}$

$bp2 = 19.05 \text{ cm}$

$tp2 = 2.79 \text{ cm}$

Revisión a la compresión de la plancha de ala

se asumira:

$$\text{Inercia (I)} \quad I := \frac{(ipala \cdot tpala)^3}{12} \quad I = 10.609 \text{ cm}^4$$

$k := 0.65$

$$L := Leh + \frac{\left[\phi p + \left(\frac{1}{8} \right) in \right]}{2} \quad \text{Area (A)} \quad A := tpala \cdot ipala \quad A = 35.081 \text{ cm}^2$$

$$L = 5.239 \text{ cm}$$

Radio de giro (r)

$$r := \sqrt{\frac{I}{A}} \quad r = 0.55 \text{ cm}$$

de la tabla 3-36 de la AISC LRFD se obtiene:

$$\phi F_{cr} := 2147.174 \cdot \frac{\text{kgf}}{\text{cm}^2}$$

la resistencia a compresión de la plancha de ala será

$$\phi R_{ncomp} := \phi F_{cr} \cdot A$$

$$\phi R_{ncomp} = 7.532 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} := 7.56 \cdot 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = \phi R_{ncomp} \quad \text{OK}$$

$$100\% + \left(\frac{P_{uf}}{\phi R_{ncomp}} \right) \% = 1.01$$

la diferencia es menor al 1% por lo tanto se tomará como aceptable

5. Capacidad de la columna

5.1 Revisión de la resistencia a la tensión de ala y alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga.

Pandeo local del ala ϕR_{nLFB} (local flange bending, Eq K1-1 AISC LRFD)

$$\phi R_{nLFB} := 0.9 \cdot 6.25 \cdot t_{fc}^2 \cdot F_y$$

$$\phi R_{nLFB} = 7.762 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

Pandeo local del alma ϕR_{nLWY} (local web yielding) (Eq. K1.2 AISC LRFD)

$$\phi R_{nLWY} := (5k_c + t_{pala}) \cdot t_{wc} \cdot F_y$$

$$\phi R_{nLWY} = 1.217 \times 10^5 \text{ kgf}$$

5.2 Revisión del alma de la columna para soportar la fuerza del ala de la viga en compresión

Pandeo local del ala ϕR_{nLFB} (local Flange Bending)

$$\phi R_{nLFB} = 7.762 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{nLFB} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

WEB CRIPPLING (ϕR_{nWC})

$$N_d := 3 \cdot \frac{t_{pala}}{d_c} \quad N_d = 0.158$$

5.3 Revisión de la zona del panel

$$P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \frac{P_{uf}}{P_y} = 0.115$$

$$P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf}$$

como:

$$\phi R_{npz} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot d_c \cdot t_{wc} \cdot \left(1 + \frac{3 \cdot b_{fc} \cdot t_{fc}^2}{d_v \cdot d_c \cdot t_{wc}} \right) \quad \phi R_{npz} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$\phi R_{npz} > P_{uf} \quad \text{OK}$$

se usarán los cálculos obtenidos por la AISC LRFD

$$\phi p = 2.54 \text{ cm} \quad p_f = 3.81 \text{ cm}$$

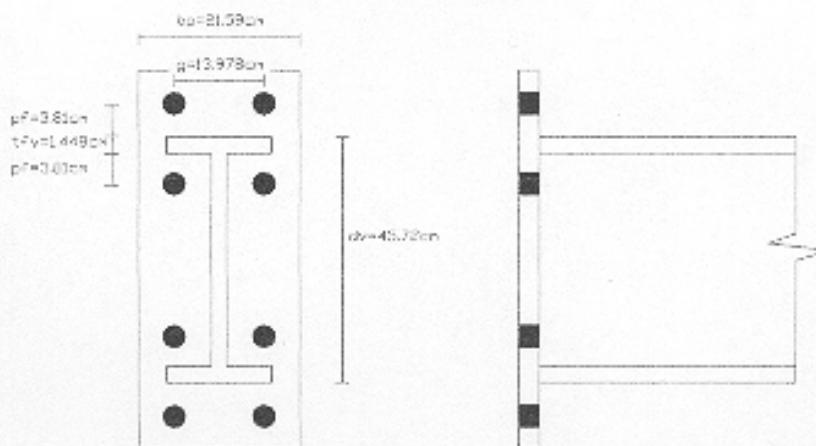
$$b_p = 21.59 \text{ cm} \quad \alpha_m := 1.133$$

$$t_p = 1.905 \text{ cm}$$

5.4 Revisión de la columna

ver el ejemplo 1

6. Detallado de la Conexión



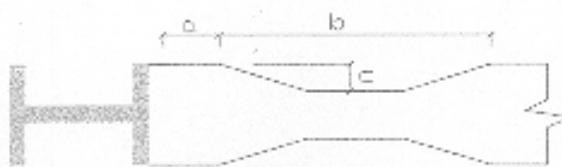
Ejemplo 3: Viga de Sección Reducida (VSR)

Dimensiones de la sección reducida a,b y c.

$$0.5 \text{ bfv} < a < 0.75 \text{ bfv} \quad a := 0.55 \text{ bfv} \quad a = 10.478 \text{ cm}$$

$$0.65 \text{ dv} < b < 0.85 \text{ dv} \quad b := 0.78 \text{ dv} \quad b = 35.662 \text{ cm}$$

$$0.20 \text{ bfv} < c < 0.25 \text{ bfv} \quad c := 0.21 \text{ bfv} \quad c = 4 \text{ cm}$$



1. Revisión de la capacidad de la viga reducida (VSR)

1.1 Modulo de la sección reducida (Zvsr)

$$Z_{\text{vsr}} := Z_{\text{xv}} - 2 \cdot c \cdot t_{\text{fv}} \cdot (d_{\text{v}} - t_{\text{fv}}) \quad Z_{\text{vsr}} = 1.142 \times 10^3 \text{ cm}^3$$

esfuerzo de cedencia esperada en la viga (Fye)

$$F_{\text{ye}} := R_y \cdot F_y \quad F_{\text{ye}} = 3.867 \times 10^7 \text{ m}^{-2} \text{ kgf}$$

1.2 Calculo del momento plástico de la sección reducida (Mpvsr)

$$M_{\text{pvsr}} := 1.15 \cdot Z_{\text{vsr}} \cdot F_{\text{ye}} \quad M_{\text{pvsr}} = 5.079 \times 10^4 \text{ m kgf}$$

$$M_u = 3.456 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$M_{\text{pvsr}} > M_u \quad \text{OK}$

1.3 Calculo del corte en el centro de la sección reducida a cada extremo de la viga

$$L := 9 \text{ m} \quad a = 10.478 \text{ cm} \quad b = 35.662 \text{ cm}$$

$$d_c = 36.068 \text{ cm} \quad L' := 8.073 \text{ cm}$$

valor del corte Vvsr

$$V_{\text{vsr}} := 2 \cdot \frac{M_{\text{pvsr}}}{L'} \quad V_{\text{vsr}} = 1.258 \times 10^6 \text{ kgf}$$

1.4 Calculo del momento en la cara de la columna (Mfvsr)

$$M_{fvsr} := M_{pvst} + V_{vst} \cdot \left(a + \frac{b}{2} \right) \quad M_{fvsr} := 5.436 \cdot 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

1.5 Momento plástico de la viga (Mpv)

$$M_{pv} := Z_{xv} \cdot F_y \quad M_{pv} = 6.4 \times 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

el momento en la cara de la columna (M_{cvsr}) debe estar entre el 85% y el 100% del momento plástico de la viga ($85\% M_{pv} < M_{cvsr} < 100\% M_{pv}$)

$$\frac{M_{fvsr}}{M_{pv}} = 0.849 \quad M_{cvsr}/M_{pv} = 0.85 \quad \text{OK}$$

podemos decir que las dimensiones seleccionadas son correctas

$$a = 10.478 \text{ cm}$$

$$b = 35.662 \text{ cm}$$

$$c = 4 \text{ cm}$$

1.6 Relación de momento

$$P_{uc} := V_{vst} \quad P_{uc} = 1.258 \times 10^6 \text{ kgf}$$

$$A_c = 187.742 \text{ cm}^2$$

$$\Sigma M_{pc} := 2Z_{xc} \cdot \left(F_y - \frac{P_{uc}}{A_c} \right) \quad \Sigma M_{pc} = 1.955 \cdot 10^5 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_{pv} := M_{pvst} + V_{vst} \cdot \left[\left(\frac{dc}{2} \right) + a + \frac{b}{2} \right]$$

$$\Sigma M_{pv} = 5.663 \cdot 10^4 \text{ kgf} \cdot \text{m}$$

$$\Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pv} = 3.453 \quad \Sigma M_{pc} / \Sigma M_{pv} > 1 \quad \text{OK}$$

2. Capacidad de la columna

ve ejemplo 1

Revisión de la zona del panel

$$P_{uf} := \frac{Mu}{dv} \quad P_{uf} = 7.56 \times 10^4 \text{ kgf}$$

$$P_y = 6.6 \times 10^5 \text{ kgf} \quad \frac{P_{uf}}{P_y} = 0.115$$

$P_{uf}/P_y < 0.75$ entonces

$$\phi R_{nzp} := 0.75 \cdot 0.6 \cdot F_y \cdot dc \cdot twc \cdot \left[1 + \frac{\left(3 \cdot bfc \cdot tfc^2 \right)}{dv \cdot dc \cdot twc} \right]$$

$$\phi R_{nzp} = 8.54 \times 10^4 \text{ kgf} \quad \phi R_{nzp} > P_{uf} \quad \text{OK}$$