

VARIACIONES EN EL DISEÑO DE ESTRUCTURAS METÁLICAS MEDIANTE AISC 2016, IMPLICANCIAS PRÁCTICAS EN EL DISEÑO ESTRUCTURAL

F. Sepúlveda Jiménez¹, M. Nozaki Uribe² y C. Oyarzo Vera³

RESUMEN:

Cada nueva edición, de la *Especificación para Edificios de Acero Estructural (Specification for Structural Steel Buildings)* del *American Institute of Steel Constructions (AISC)*, declara en su portada que dicha edición “sustituye” todas las versiones anteriores, y en aquella declaración radica la obligación de estudiar y conocer cada nueva edición de la especificación, esto con el objetivo de lograr el correcto diseño de acuerdo a las normas vigentes. En este estudio se analizaron los cambios que sufrió dicha especificación en la transición de su edición anterior de Junio del 2010, a su más reciente actualización correspondiente a la publicación de Julio del 2016. En esta última edición, dos fueron los capítulos en los que se encontraron importantes cambios, estando estos en el diseño de miembros en compresión y diseño de miembros en corte. Dichos cambios corresponden a variaciones en la metodología para la obtención de las resistencias nominales. Con el fin de conocer lo que dichas modificaciones implican, se abordó una estructura inicialmente diseñada con la edición 2010. A ésta se le aplicaron los cambios encontrados en la actual edición 2016, cambios que se tradujeron en una reducción de las secciones transversales que inicialmente componían la estructura, y que a su vez se tradujo en la disminución del peso original de la estructura en un 1%.

PALABRAS CLAVES: Especificación AISC 2016; Compresión; Ancho efectivo; Corte.

ABSTRACT:

Each new edition of the American Institute of Steel Constructions (AISC) Specification for Structural Steel Buildings states on its front page that this edition "replaces" all previous versions, and in that statement lies the Obligation to study and know each new edition of the specification, this with the aim of achieving the correct design according to the current standards. This study analyzed the changes that this specification underwent in the transition from its previous edition of June 2010, to its most recent update corresponding to the publication of July 2016. In this last edition, two chapters were Found important changes, being these in the design of members in compression and design of members in court. These changes correspond to variations in the methodology for obtaining the nominal resistances. In order to know what these modifications imply, was approached a structure initially designed with the 2010 edition. This one was applied the changes found in the current edition 2016, changes that resulted in a reduction of the cross sections that initially composed The structure, which in turn resulted in the reduction of the original weight of the structure by 1%.

KEYWORDS: Specification AISC 2016; Compression; Effective width; Shear.

¹ Estudiante de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, fasepulveda@ing.ucsc.cl

² Profesor Guía, Macrosteel - Soluciones Integrales de Ingeniería, Chacabuco 485, 5to piso, Concepción, CHILE, minornozaki@gmail.com

³ Profesor Informante, Departamento de Ingeniería Civil, Universidad Católica de la Santísima Concepción, CHILE, coyartzov@ucsc.cl

1. INTRODUCCIÓN

El acero es una aleación de hierro, carbono y otros metales, el cual se ha convertido en uno de los más utilizados en el mundo tanto para la construcción, así como para la elaboración de diversas herramientas, utensilios y artículos de uso cotidianos. Pero en el ámbito estructural, este recién comenzó a surgir en el siglo XIX junto con la revolución industrial, jugando un papel importante en el desarrollo industrial y comercial a nivel mundial. Ejemplo de ello fue el 4 de Julio de 1874 cuando en la ciudad de San Luis (Misuri) y sobre el Río Misisipi, se inauguró el Puente Eads (Figura 1 y Figura 2), el primer puente de un tamaño significativo construido con acero en aquella época, desplazando así al hierro como el material estructural principal. Desde entonces el acero ha sido objeto de estudio a fin de desarrollar métodos cada vez más seguros para el diseño y construcción de estructuras utilizando este material. El *American Institute of Steel Construction* ha desarrollado las Especificaciones para Edificios de Acero Estructural (*Specification for Structural Steel Buildings AISC 360*) y en particular, el pasado 7 de Julio del año 2016 ha publicado su nueva versión de esta especificación, actualizando la versión anterior publicada el 22 de Junio del año 2010.

Es importante destacar, que en cada nueva edición, la Especificación AISC, y en particular su última edición 2016, en su portada declara que esta “Sustituye la Especificación para edificios de acero estructural del 22 de junio de 2010 y todas las versiones anteriores de esta especificación” (AISC 360-16). Y es por aquel motivo, que este artículo se centra en comparar e identificar los cambios entre estas dos últimas ediciones (AISC 2010 y AISC 2016) las cuales se analizarán con el fin de ver y entender las implicancias que éstas tengan en el resultado del diseño.

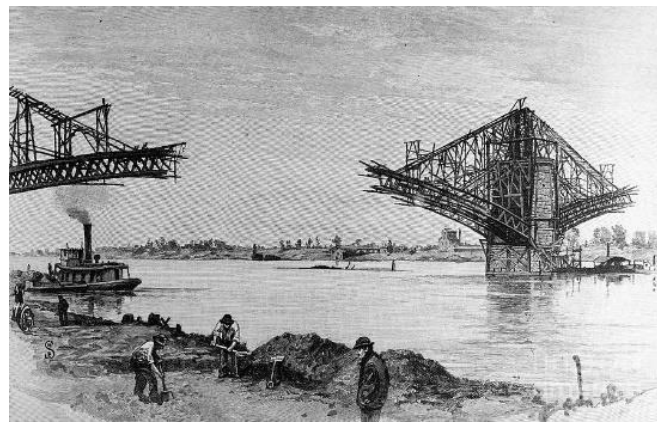


Figura 1: Construcción del Puente Eads, entre 1867-1874.



Figura 2: Extensión del Puente Eads, sobre el Río Misisipi, longitud del puente: 1964m.

2. OBJETIVO

En este artículo se busca encontrar cuáles son los mayores cambios desde el punto de vista del diseño estructural en acero, comparando para esto las dos últimas versiones de la Especificación Norteamericana AISC, en sus versiones 2010 y 2016. Para ello se tomará y verificará una estructura de complejidad media, diseñada originalmente de acuerdo a la edición AISC 2010, y se le aplicarán los cambios encontrados en la actual edición AISC 2016. El objetivo es conocer el impacto que estos cambios generan en la estructura, y en particular poder cuantificarlos en cuanto a variación en peso estructural se refiere.

3. METODOLOGÍA

La Especificación AISC 2016 y sus ediciones anteriores están compuesta de 14 Capítulos identificados alfabéticamente desde la letra “A” hasta la “N” y divididos cada uno en diferentes secciones.

Para conocer las variaciones sufridas en el paso de la Especificación 2010 a la del 2016, se enfocó la tarea en los cinco que abordan los aspectos fundamentales del diseño de estructuras metálicas, y se procedió comparando las diferencias más importantes de diseño entre ambas especificaciones.

Los cinco capítulos analizados son:

Capítulo D: Diseño de miembros en Tracción.

Capítulo E: Diseño de miembros en Compresión.

Capítulo F: Diseño de miembros en Flexión

Capítulo G: Diseño de miembros en Corte

Capítulo H: Diseño de miembros para Solicitaciones Combinadas y Torsión.

Esta metodología permitió descubrir las principales variaciones en el diseño de estructuras metálicas, las cuales se concentran en los capítulos E y G.

4. PRINCIPALES VARIACIONES EN AISC 2016 CON RESPECTO A AISC 2010

De los cinco capítulos presentados en la metodología del punto anterior, dos fueron los que presentaron diferencias significativas en el diseño en el salto de la antigua a la nueva edición. Los dos Capítulos modificados junto con sus secciones se presentan en la Tabla 1 y se comienzan a detallar a continuación.

Tabla 1: Capítulos modificados de edición AISC 2010 con respecto a edición AISC 2016

Capítulos Modificados de AISC 2010 a 2016	Nº de Secciones	Nº Secciones Modificadas	Secciones modificadas
E: Diseño de Miembros en Compresión.	7	4	E.2; E.4; E.5; E.7
G: Diseño de Miembros en Corte	8	2	G.2; G.3

4.1. Capítulo E: Diseño de miembros en compresión

La organización y los nombres de la Secciones contenidas en el Capítulo E no cambiaron, continuando con la misma cantidad compuesta de siete Secciones para ambas ediciones. Dentro de estas Siete secciones, se encontraron cuatro secciones con cambios a destacar los cuales se presentan a continuación.

4.1.1. Sección E.2: Longitud efectiva

En la especificación AISC de 2016, la longitud efectiva, que desde la Especificación AISC de 1963 se había dado como KL, se cambia a Lc, sin cambios en su metodología de cálculo.

Lo anterior se aprecia en las definiciones de ambas especificaciones:

❖ Especificación AISC 2010, Sección E.2:

El factor de longitud efectiva K para calcular la esbeltez de la columna KL/r debe ser determinada de acuerdo al Capítulo C o al Anexo 7, donde:

KL/r = esbeltez de la columna

K = factor de longitud efectiva

L = longitud no arriostrada lateralmente del miembro.

r = radio de giro del miembro

❖ Especificación AISC 2016, Sección E.2:

La longitud efectiva Lc para calcular la esbeltez del miembro Lc/r debe ser determinada de acuerdo al Capítulo C o al Anexo 7, donde:

K = factor de longitud efectiva

Lc = KL = longitud efectiva del miembro

L = longitud no arriostrada lateralmente del miembro

r = radio de giro

En resumen la longitud efectiva sufre solo un cambio en su denotación, el cual pasa de ser denotada como “KL” a “Lc” para la edición AISC 2016, manteniéndose el mismo método de cálculo compuesto del factor de longitud efectiva “K” multiplicado por la longitud no arriostrada “L” del miembro.

4.1.2. Sección E.4: Pandeo torsional y flexo-torsional de ángulos simples y miembros sin elementos esbeltos

En AISC 2016 el título de esta Sección ha sido cambiado de “Pandeo Torsional y Flexo-Torsional de Miembros Sin Elementos Esbeltos” incluyéndole ahora la connotación en su contenido para ángulos simples.

Ahora establece claramente que el método se aplica a todos los miembros doblemente simétricos sin elementos esbeltos cuando la longitud torsional no arriostrada excede la longitud lateral no arriostrada y para ángulos simples.

Se eliminan las dos ecuaciones de la Sección E4(a) del anterior AISC 2010 para el cálculo de la tensión crítica Fcr para secciones doble ángulo y T en compresión, dejando sólo en esta sección las ecuaciones para el cálculo de la tensión de pandeo elástico Fe en secciones de tres tipos de simetría, pudiendo ser doble, simple y asimétricos.

Lo anterior se aprecia al comparar ambas especificaciones como se muestra en el siguiente extracto de la edición:

❖ **Extracto de la Especificación AISC 2010**

Sección E.4:

La resistencia a compresión nominal P_n , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexo-torsión y torsión, de la siguiente manera:

$$P_n = F_{cr} A_g \quad (E4-1)$$

La tensión crítica F_{cr} se determina como se indica a continuación:

(a) Para secciones doble ángulo y T en compresión:

$$F_{cr} = \frac{F_{cry} + F_{crz}}{2H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{cry} F_{crz} H}{(F_{cry} + F_{crz})^2}} \right] \quad (E4-2)$$

(b) Para los otros casos F_{cr} debe ser determinado de acuerdo a la Sección E3 de la Especificación AISC 2010, usando la tensión de pandeo elástico torsional o flexo-torsional F_e , determinada de la siguiente manera:

(i) Para miembros con simetría doble

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 E C_w}{(K_z L)^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (E4-4)$$

(ii) Para miembros con simetría simple donde “y” es el eje de simetría

$$F_e = \frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey} F_{ez} H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (E4-5)$$

(iii) Para miembros asimétricos F_e es la menor raíz de la ecuación cúbica:

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2 (F_e - F_{ey}) \left(\frac{x_0}{r_0} \right)^2 - F_e^2 (F_e - F_{ex}) \left(\frac{y_0}{r_0} \right)^2 = 0 \quad (E4-6)$$

Como se puede observar, en la Edición del 2010 se aprecia la ecuación para el cálculo de la tensión crítica F_{cr} identificada como (E4-2) en 2010, la que luego es suprimida en la nueva edición AISC 2016 como se aprecia en el extracto a continuación:

❖ **Extracto Especificación AISC 2016**
Sección E.4:

La resistencia a compresión nominal P_n , debe ser determinada basada en el estado límite de pandeo por flexo-torsión y torsión, de la siguiente manera:

$$P_n = F_{cr}A_g \quad (E4-1)$$

La tensión crítica F_{cr} debe ser determinada de acuerdo a la Sección E3 de la Especificación AISC 2016, usando la tensión de pandeo elástico torsional o flexo-torsional F_e , determinada de la siguiente manera:

(i) Para miembros con simetría doble que giran el rededor del centro de corte

$$F_e = \left[\frac{\pi^2 EC_w}{L_{cz}^2} + GJ \right] \frac{1}{I_x + I_y} \quad (E4-2)$$

(ii) Para miembros con simetría simple que giran el rededor del centro de corte, donde “y” es el eje de simetría

$$F_e = \frac{F_{ey} + F_{ez}}{2H} \left[1 - \sqrt{1 - \frac{4F_{ey}F_{ez}H}{(F_{ey} + F_{ez})^2}} \right] \quad (E4-3)$$

(iii) Para miembros asimétricos que giran el rededor del centro de corte, F_e es la menor raíz de la ecuación cúbica:

$$(F_e - F_{ex})(F_e - F_{ey})(F_e - F_{ez}) - F_e^2(F_e - F_{ey})\left(\frac{x_0}{r_0}\right)^2 - F_e^2(F_e - F_{ex})\left(\frac{y_0}{r_0}\right)^2 = 0 \quad (E4-4)$$

En resumen de lo anterior, lo más destacado de los cambios es el caso especial de la sección E4(a) de la edición 2010 anterior que ha sido eliminado y ahora en 2016 está cubierto bajo la nueva Sección E4(b). La Sección E4 (b)(i) ha sido movida a la Sección E4(a), la Sección E4(b)(ii) ha sido movida a la Sección E4 (b) y la Sección E4 (b) (iii) ha sido movida a la Sección E4(c).

4.1.3. Sección E.5: Ángulo simple en compresión

En esta sección, ha sido reformulado el límite de esbeltez local del ala para aclarar cuándo se debe considerar el pandeo flexo-torsional de la Sección E4.

❖ Extracto Especificación AISC 2010	❖ Extracto Especificación AISC 2016
En ángulo simples, la sección E4 no debe ser considerada cuando:	En ángulo simples, la sección E4 no debe ser considerada cuando:
$\frac{b}{t} \leq 20$	$\frac{b}{t} \leq 0.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Este nuevo cambio da mayor flexibilidad al valor del límite de esbeltez dependiendo de la tensión de fluencia F_y del acero con el cual se está trabajando, esto se puede apreciar en la siguiente tabla:

Tabla 2: Variación del límite en la razón ancho/espesor con respecto calidad del acero.

Acero	F_y (kgf/cm ²)	$\frac{b}{t} \leq 0.71 \sqrt{\frac{E}{F_y}}$
A572Gr50	3515	17.1
A36	2530	20.2

4.1.4. Sección E.7: Miembros con elementos esbeltos

Esta sección fue revisada en su totalidad para tratar los mismos elementos atiesados y no atiesados, se eliminaron los factores de reducción Q , y se le da énfasis al concepto de ancho efectivo “ b_e ”. El enfoque del factor Q para tratar columnas con elementos esbeltos fue adoptado en la Especificación AISC de 1969 hasta la AISC del 2010, emulando la “Especificación Para El Diseño De Miembros Estructurales De Acero Conformado En Frío” denominada Norma AISI en su edición de 1969, pero las ediciones subsiguientes de las especificaciones AISI, en particular AISI, 2001, 2007 y 2012 en adelante adoptaron el concepto de ancho efectivo tanto para elementos atiesados como no atiesados. Este enfoque se adopta en la nueva edición 2016 de la Especificación AISC.

La ecuación para el cálculo de la resistencia nominal a compresión, fue levemente modificada para reflejar que ahora se utiliza un área efectiva en lugar de una tensión reducida como en 2010. Esto se muestra a continuación:

❖ Extracto Especificación AISC 2010	❖ Extracto Especificación AISC 2016
La resistencia de compresión nominal se calcula como:	La resistencia de compresión nominal se calcula como:
$P_n = F_{cr} A_g$ (E7-1)	$P_n = F_{cr} A_e$ (E7-1)
Donde:	Donde:
F_{cr} : Tensión crítica de pandeo reducida, determinada de acuerdo a la Sección E.7.	F_{cr} : Tensión crítica de pandeo determinada de acuerdo a la Sección E3 o E4.
A_g : Área bruta de la sección transversal del miembro.	A_e : Suma de las áreas efectivas de la sección transversal basadas en anchos efectivos reducidos, b_e , d_e o h_e .

La premisa básica del método de ancho efectivo para el pandeo local es reducir cada elemento plano que comprende una sección transversal a un área efectiva. El área efectiva es una aproximación de la distribución de esfuerzos normales longitudinales en el área real, en la cual, el área efectiva soporta todas las tensiones aplicadas, pero sólo en las porciones efectivas. Esto se ilustra a continuación (Figura 3) donde la zona sombreada en (a) representa el área efectiva.

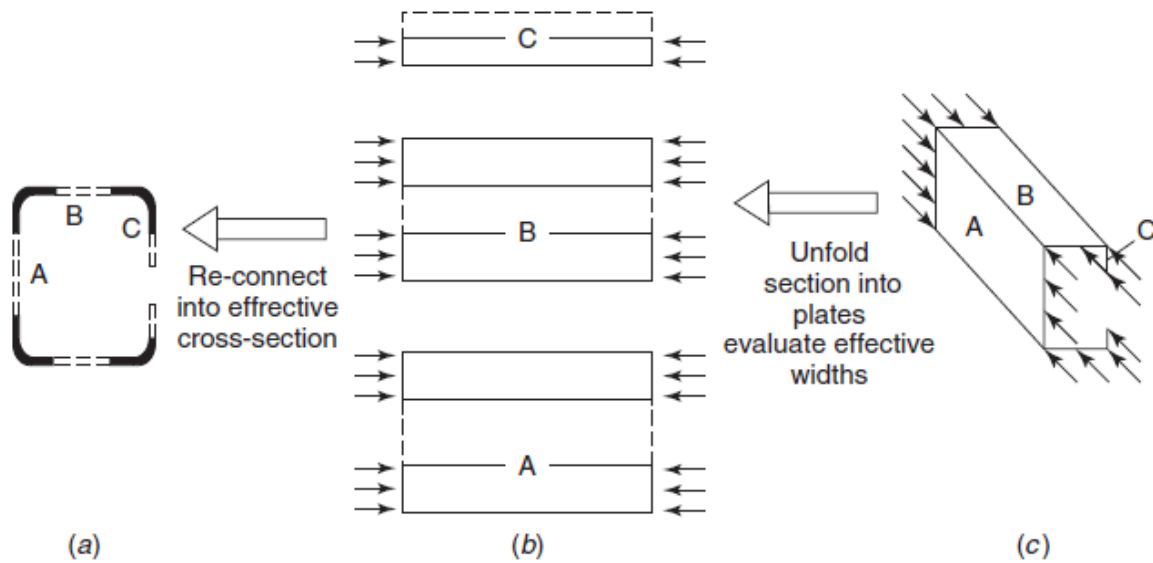


Figura 3: Sección tipo canal: (a)Área efectiva; (b)Ancho efectivo de los elementos que componen la sección; (c)Sección bruta (Ziemian 2010)

4.1.5. Sección E.7.1: Elementos esbeltos excluyendo secciones circulares HSS (hollow structural section)

El título de esta sección cambió, el cual era llamado “Elementos Esbeltos No Atiesados” en la Especificación AISC 2010, se eliminan los factores de reducción Q , y se le da énfasis al concepto de ancho efectivo “ b_e ”, esto pues los elementos atiesados y no atiesados son tratados de la misma manera en la nueva edición.

Se emplea el método de ancho efectivo para determinar la reducción de la capacidad debido al pandeo local. Se ha introducido un nuevo criterio límite (Ecuación 1) para determinar cómo se calcula el ancho efectivo b_e , el cual representa el punto en el que el elemento esbelto comienza a influir en la resistencia de la columna es una función de la esbeltez del elemento y de la esbeltez de la columna como se refleja a través de λr y F_{cr} . Esto implica que la columna con elementos esbeltos puede no necesariamente ver una reducción de la resistencia debida al pandeo local, dependiendo de la tensión de la columna F_{cr} .

$$\lambda r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}} \quad (1)$$

“Se emplea el método de ancho efectivo para determinar la reducción de la capacidad debido al pandeo local. El punto en el que el elemento delgado comienza a influir en la resistencia de la columna (Ecuación 1), es una función de la esbeltez del elemento y de la esbeltez de la columna como se refleja a través de F_{cr} . Esto refleja el enfoque de ancho efectivo unificado en el que la tensión máxima en la formulación del ancho efectivo es la tensión de columna, F_{cr} (en contraposición a F_y). Esto implica que la columna designada que tiene elementos esbeltos por la Tabla B4.1a puede no necesariamente ver una reducción de la resistencia debida al pandeo local, dependiendo de la tensión de la columna F_{cr} .” (Comm. AISC 2016)

Las variaciones mencionadas en los textos anteriores correspondientes a la Sección E.7.1 se muestran en el siguiente extracto de la especificación AISC 2016:

❖ Extracto de la Especificación AISC 2016
Sección E.7.1:

El ancho efectivo b_e , para elementos esbeltos, es determinado como sigue:

(a) Cuando $\lambda \leq \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}}$

$$b_e = b \tag{E7-6}$$

(b) Cuando $\lambda > \lambda_r \sqrt{\frac{F_y}{F_{cr}}}$

$$b_e = b \left(1 - c_1 \sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}} \right) \sqrt{\frac{F_{el}}{F_{cr}}} \tag{E7-7}$$

Donde:
 b = ancho efectivo del elemento (mm)
 c_1 = factor de ajuste de imperfección determinados por la tabla E7.1
 $c_2 = \frac{1 - \sqrt{1 - 4c_1}}{2c_1} \tag{E7-4}$
 λ = razón ancho espesor definida en la Tabla B4.1a
 λ_r = límite ancho espesor definido en la Tabla B4.1a
 F_{el} = tensión de pandeo elástico local

$$F_{el} = \left(c_2 \frac{\lambda_r}{\lambda} \right)^2 F_y \tag{E7-5}$$

La ecuación (E7-3), introdujo nuevas variables utilizadas para el cálculo del ancho efectivo b_e , siendo estas c_1 , c_2 y F_{el} , Y se ha agregado una tabla (Figura 4), con los factores de ajuste de imperfección del ancho efectivo con valores de c_1 y c_2 basándose en el tipo de sección.

TABLE E7.1			
Effective Width Imperfection Adjustment Factors,			
c_1 and c_2			
Case	Slender Element	c_1	c_2
(a)	Stiffened elements except walls of square and rectangular HSS	0.18	1.31
(b)	Walls of square and rectangular HSS	0.20	1.38
(c)	All other elements	0.22	1.49

Figura 4: Factores de ajuste C_1 y C_1 de imperfección para el cálculo del ancho efectivo b_e . AISC2016.

4.1.6. Sección E.7.2: Secciones circulares HSS (hollow structural section)

La teoría clásica para el cálculo de la resistencia a compresión en secciones circulares longitudinalmente comprimidas, sobreestima la fuerza real de pandeo en más de un 200% como promedio. Las imperfecciones de las secciones en su forma excentricidad de la carga son variables inevitables que no se pueden controlar, y las cuales son responsables en la reducción de la resistencia real por debajo de la resistencia teórica (Comm AISC 2017). Los límites de esta sección en la nueva especificación se basan en evidencias de prueba realizadas por (Sherman, 1976), de que el pandeo local no ocurrirá si:

$$\frac{D}{t} \leq \frac{0.11E}{F_y} \quad (2)$$

Cuando la razón entre el diámetro externo y el espesor de la sección “D/t” excede el valor de la (Ecuación 2), pero es menor que $0.45E/F_y$, se realiza una reducción en el área efectiva del elemento que está sufriendo el pandeo local.

Todo lo anterior se muestra en el extracto de la Sección E.7.2 de la nueva edición AISC 2016 mostrada a continuación:

❖ Extracto de la Especificación AISC 2016
Sección E.7.2:

(a) Cuando $\frac{D}{t} \leq 0.11 \frac{E}{F_y}$

$$A_e = A_g \quad (E7-6)$$

(b) Cuando $\frac{E}{F_y} \leq \frac{D}{t} \leq 0.45 \frac{E}{F_y}$

$$A_e = \left[\frac{0.038E}{F_y(D/t)} + \frac{2}{3} \right] A_g \quad (E7-7)$$

Donde:
 D = diámetro exterior de la sección circular HSS, (mm).
 t = espesor de la pared de la sección circular HSS, (mm).

4.2. Capítulo G: Diseño de miembros en corte

En primera instancia se observaron cambios en la organización de las secciones que componen el Capítulo G.

AISC en el Capítulo G presenta modificaciones en la estructuración de sus secciones G2 y G3 de la Especificación ASIC 2010, las que en su nueva edición del año 2016 las unifica en una sola sección asignada como G2 y en donde se destacan cambios y modificaciones que a continuación se presentarán.

Se aprecia una reorganización en la numeración de las secciones del Capítulo G, causadas por la fusión de dos de sus secciones en el paso de la edición 2010 a 2016, esto conlleva a una re numeración en las secciones siguientes a estas, como se aprecia a continuación:

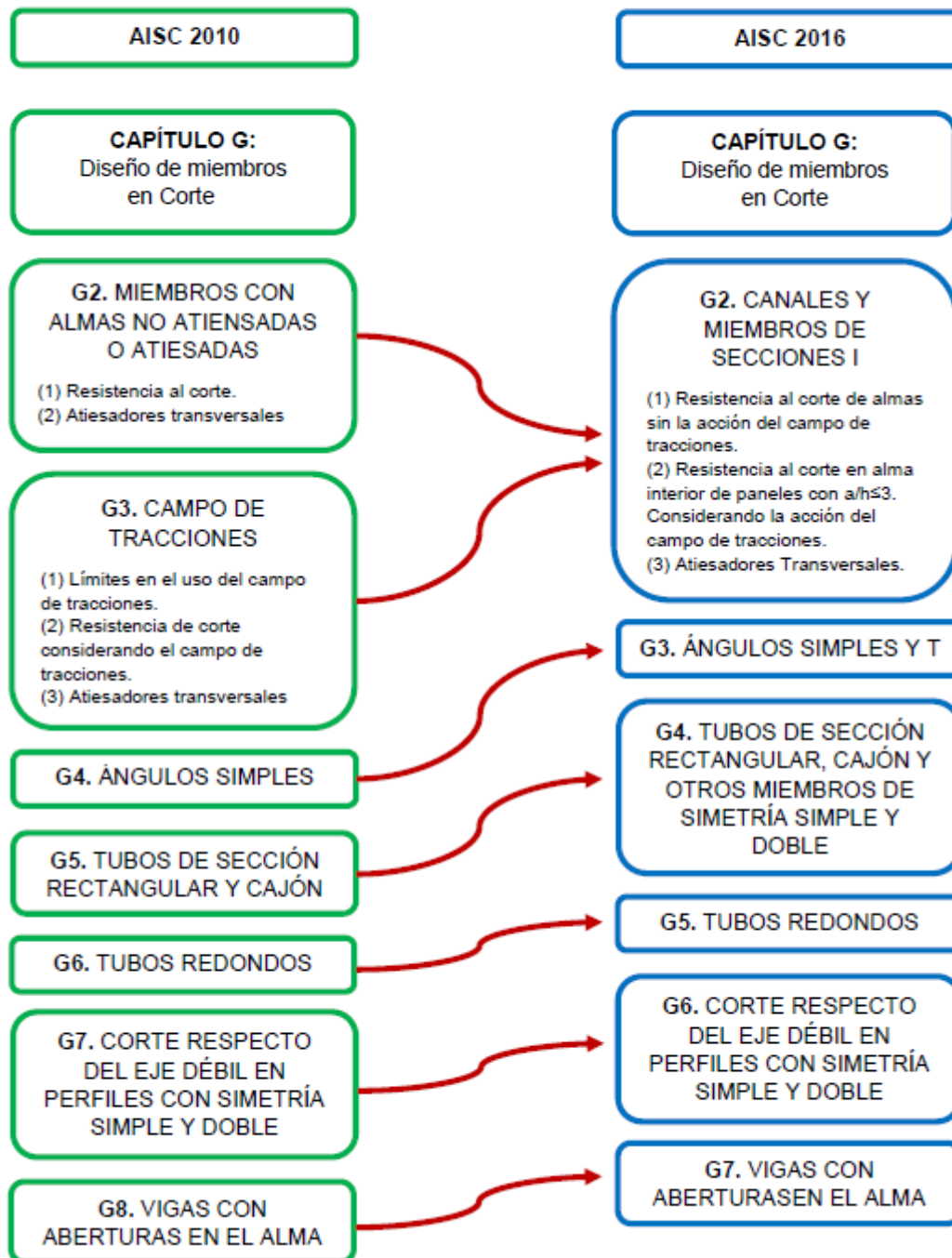


Figura 5: Reorganización en las secciones del Capítulo G: Diseño de miembros en Corte.

Además de la nueva organización, la fusión de dos secciones (G2 y G3 2010 en G2 2016), también contiene cambios en su estructuración como se presenta a continuación:

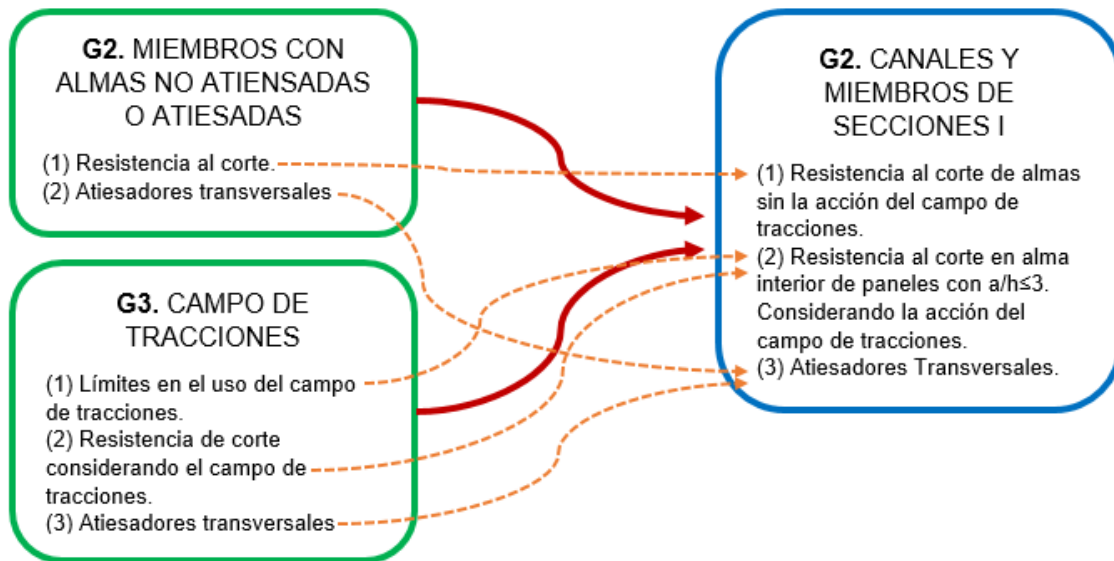


Figura 6: Secciones G2 y G3 de AISC 2010 reorganizadas en la Sección G2 la edición AISC 2016

Los únicos cambios en el diseño de estructuras en el Capítulo G, son los presentes en la nueva organización en la sección G2 mostrada en la figura anterior, los cuales se abordan a continuación:

4.2.1. Sección G2: Canales y miembros de secciones I

El título de esta sección y su alcance han cambiado:

- AISC 2010 – Sección G2: Miembros con Almas No Atiesadas o Atiesadas
- AISC 2016 – Sección G2: Canales y Miembros de Secciones I

Se revisó todo el enfoque para el diseño sin la acción de campo de tracciones, pero el enfoque para el diseño con acción de campo de tracciones no ha cambiado.

4.2.2. Sección G2.1: Resistencia al corte de almas sin la acción del campo de tracciones

La Sección G2.1 (2016) es equivalente en su contenido a la Sección G2.1 (2010), y su título ha cambiado:

- AISC 2010 – Sección G2.1: Resistencia de Corte
- AISC 2016 – Sección G2.1: Resistencia de Corte de Almas Sin la Acción del Campo de Tracciones

El coeficiente de corte del alma C_v utilizado en esta sección ha sido renombrado como C_{v1} . En la Sección G2.1 (b) de 2016 los límites en el parámetros h/t_w y las ecuaciones asociadas a este se cambiaron y la Ecuación G2-5 de la edición 2010 ha sido eliminada.

En la sección G2.1 (b) (2) de la Especificación 2016 el valor máximo de k_v se ha elevado a 5,34 y se ha eliminado el límite de h/t_w .

La ecuación G2-5 (2016), anteriormente llamada ecuación G2-6 (2010) ha sido revisada con el valor máximo de 5.34 y el límite a/h ha sido eliminado.

Las variaciones anteriores en ambas ediciones se presentan en paralelo a continuación:

❖ Extracto Especificación AISC 2010 Sección G2.1:	❖ Extracto Especificación AISC 2016 Sección G2.1:
G2. MIEMBROS CON ALMAS NO ATIENSADAS O ATIESADAS	G2. CANALES Y MIEMBROS DE SECCIONES I
G2.1. Resistencia al corte	G2.1. Resistencia al corte de almas sin la acción del campo de tracciones
$V_n = 0,6F_y A_w C_v$ (G2-1)	$V_n = 0,6F_y A_w C_{v_1}$ (G2-1)
(a) Para almas de miembros laminados de Sección H con $h/t_w \leq 2,24\sqrt{E/F_y}$	(a) Para almas de miembros de Secciones I laminadas con $h/t_w \leq 2,24\sqrt{E/F_y}$
$C_v = 1,0$ (G2-2)	$C_{v_1} = 1,0$ (G2-2)
(b) Para almas de todos los otros perfiles de simetría doble o simple y canales excepto tubos circulares. El coeficiente de corte del alma C_v se determina como:	(b) Para canales y todos los otros miembros de Secciones I. (1) El coeficiente de corte del alma C_v se determina como:
(i) Cuando $h/t_w \leq 1,1\sqrt{k_v E/F_y}$	(i) Cuando $h/t_w \leq 1,1\sqrt{k_v E/F_y}$
$C_v = 1,0$ (G2-3)	$C_{v_1} = 1,0$ (G2-3)
(ii) Cuando $1,1\sqrt{k_v E/F_y} < h/t_w \leq 1,37\sqrt{k_v E/F_y}$	(ii) Cuando $h/t_w > 1,1\sqrt{k_v E/F_y}$
$C_v = \frac{1,1\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w}$ (G2-4)	$C_{v_1} = \frac{1,1\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w}$ (G2-4)
(iii) Cuando $h/t_w > 1,37\sqrt{k_v E/F_y}$	
$C_v = \frac{1,51Ek_v}{(h/t_w)^2 F_y}$ (G2-5)	
El coeficiente de pandeo por corte del alma k_v se determina como:	(2) El coeficiente de pandeo por corte del alma k_v se determina como:
(i) Para almas sin atiesadores transversales y con $h/t_w \leq 260$	(i) Para almas sin atiesadores transversales.
$k_v = 5$	$k_v = 5,34$
(ii) Para almas atiesadas	(ii) Para almas con atiesadores transversales

$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (G2-6)$ $= 5 \text{ cuando } a/h > 3.0 \text{ o } a/h > \left[\frac{260}{h/t_w} \right]^2$	$k_v = 5 + \frac{5}{(a/h)^2} \quad (G2-5)$ $= 5.34 \text{ cuando } a/h > 3.0$
--	---

Algunas observaciones:

- ❖ Obs1: La sección G2.1 (b) de la edición 2016 usa el coeficiente de corte del alma C_v1 , mostrado en la Figura 7. La curva para C_v1 tiene dos segmentos en la edición 2016, mientras que en la Especificación 2010 y anteriores disposiciones de la Sección G2.1 se tenía tres segmentos para el valor de C_v . Y El aumento en el valor del coeficiente de corte del alma incide directamente en la resistencia al corte del miembro como se aprecia en la ecuación G2-1 de la edición 2016

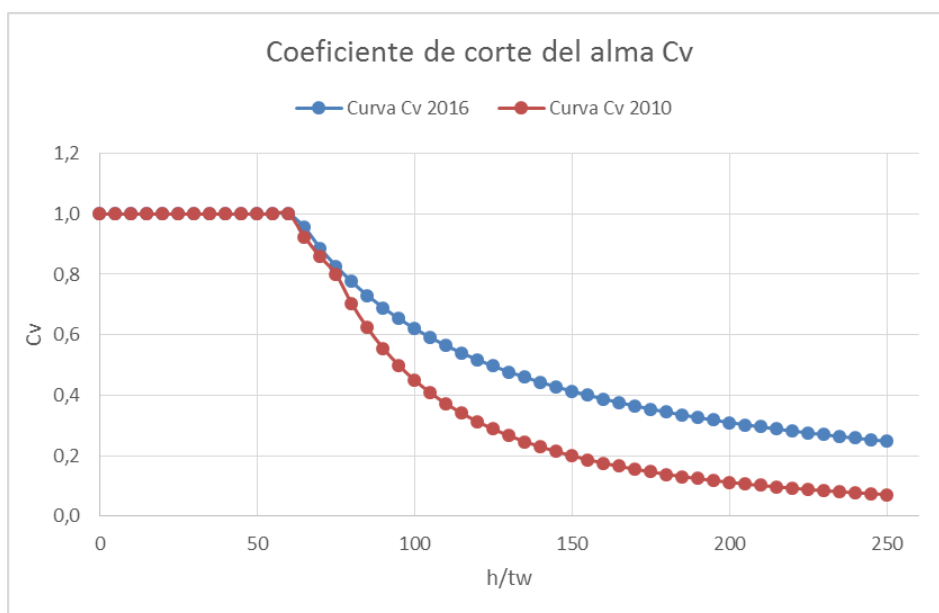


Figura 7: Curva de valores del coeficiente de corte del alma en Especificaciones AISC 2010 y 2016

- ❖ Obs.2: El coeficiente de pandeo de la placa, k_v , es de 5,34, para almas con una relación de aspecto, a/h , superior a 3,0. Este valor es ligeramente mayor que el valor de 5,0 utilizado en la especificación AISC 2010 anterior.
- ❖ Obs.3: La especificación AISC 2010 y anteriores, en la Ecuación G2-6 limitaban a/h a $[260/(h/t_w)]^2$, esto se basaba en la siguiente declaración de Basler (1961): "En el rango de las relaciones de esbeltez de almas altas, el espaciamiento de los atiesadores no debe ser arbitrariamente grande. Aunque el alma puede ser suficiente para llevar el corte, las distorsiones podrían estar casi fuera de control en la fabricación y bajo carga". Pero la evidencia experimental muestra que las secciones I desarrollan las resistencias calculadas sin necesidad de esta restricción. (Comm AISC 2016)

4.2.3. Sección G2.2: Resistencia al corte en alma interior de paneles con $a/h \leq 3$. Considerando la acción de campo de tracciones.

Esta es una nueva Sección derivada de la fusión de las anteriores secciones G3.1 y G3.2 de la edición AISC 2010, lo que convierte a la Sección G2.2 (2016) en una sección optimizada de sus equivalentes las Secciones G3.1 y G3.2 (2010)

En esta sección se ha definido una nueva variable Cv_2 y se ha agregado una declaración que indica que la resistencia nominal al corte se puede tomar como el mayor de los valores de las Secciones G2.1 y G2.2 de la misma edición 2016.

A continuación se presentan en paralelo ambas ediciones 2010 y 2016 para una mejor observación en su variación.

❖ Extracto Especificación AISC 2010 Secciones G3.1 y G3.2:	❖ Extracto Especificación AISC 2016 Sección G2.2:
<p>G3. Campo de tracciones</p> <p>G3.1. Límites en el uso del campo de tracciones</p> <p>(a) Paneles extremos con atiesadores</p> <p>(b) Cuando $a/h > 3.0$ o $[260/(h/t_w)]^2$</p> <p>(c) Cuando $2A_w/(A_{fc} + A_{ft}) > 2.5$</p> <p>(d) Cuando $h/b_{fc} > 6.0$ y $h/b_{ft} > 6.0$</p> <p>G3.2. Resistencia de corte considerando el campo de tracciones</p> <p>(a) Cuando $h/t_w \leq 1.1\sqrt{k_v E/F_y}$</p> $V_n = 0.6F_y A_w \quad (G3-1)$ <p>(b) Cuando $h/t_w > 1.1\sqrt{k_v E/F_y}$</p> $V_n = 0.6F_y A_w \left(C_v + \frac{1 - C_v}{1.15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) \quad (G3-2)$	<p>G2.2. Resistencia al corte en alma interior de paneles con $a/h \leq 3$. Considerando la acción de campo de tracciones.</p> <p>La resistencia nominal de corte se calcula como:</p> <p>(a) Cuando $h/t_w \leq 1.1\sqrt{k_v E/F_y}$</p> $V_n = 0.6F_y A_w \quad (G2-6)$ <p>(b) Cuando $h/t_w > 1.1\sqrt{k_v E/F_y}$</p> <p>(1) Cuando $2A_w/(A_{fc} + A_{ft}) > 2.5$, $h/b_{fc} \leq 6.0$, $h/b_{ft} \leq 6.0$</p> $V_n = 0.6F_y A_w \left(C_{v_2} + \frac{1 - C_{v_2}}{1.15\sqrt{1 + (a/h)^2}} \right) \quad (G2-7)$ <p>(2) Para los otros casos</p> $V_n = 0.6F_y A_w \left(C_{v_2} + \frac{1 - C_{v_2}}{1.15[a/h + \sqrt{1 + (a/h)^2}]} \right) \quad (G2-8)$

	<p>Cálculos del coeficiente de pandeo de corte:</p> <p>(i) Cuando $h/t_w \leq 1.1\sqrt{k_v E/F_y}$</p> $C_{v_2} = 1.0 \quad (G2-9)$ <p>(ii) Cuando $1.1\sqrt{k_v E/F_y} < h/t_w \leq 1.37\sqrt{k_v E/F_y}$</p> $C_{v_2} = \frac{1.1\sqrt{k_v E/F_y}}{h/t_w} \quad (G2-10)$ <p>(iii) Cuando $h/t_w > 1.37\sqrt{k_v E/F_y}$</p> $C_{v_2} = \frac{1.51Ek_v}{(h/t_w)^2 F_y} \quad (G2-11)$
--	---

Algunas observaciones:

- ❖ Obs.1: Las Ecuaciones anteriores G3-1 y G3-2 de la Especificación 2010 se han movido a la nueva Sección G2.2 como Ecuaciones G2-6 y G2-7 en la Especificación 2016.
- ❖ Obs.2: Las ecuaciones para determinar C_{v_2} son similares a las ecuaciones G2-3, G2-4 y G2-5 en la Especificación 2010.
- ❖ Obs.3: En la Especificación AISC 2016, la sección G2.2 prohíbe el uso de la acción de campo de tensión completa tradicional, en la Ecuación G2-7 para miembros en forma de I con proporciones de ala-alma relativamente pequeñas identificadas por esos límites. Para los casos en que estos límites son violados, la ecuación G2-8 da una resistencia reducida aplicable, y en oposición a esta la Ecuación G2-7 se basa en el desarrollo de un campo de tensión teórico completo. (Comentarios AISC 2016)

4.2.4. Sección G2.3: Atiesadores transversales

La Sección G2.3 (2016) es equivalente a las Secciones G2.2 y G3.3 de la Especificación 2010.

Esta Sección se ha organizado en una lista de requisitos (a) a (e), e incorpora gran parte de la Sección G3.3 de la Especificación 2010 como lo mostraremos en paralelo a continuación:

❖ Extracto Especificación AISC 2010 Secciones G2.2 y G3.3:	❖ Extracto Especificación AISC 2016 Sección G2.3:
<p>G2.2. Atiesadores transversales</p>	<p>G2.3. Atiesadores transversales</p>
<p>El momento de I_{st} inercia de los atiesadores debe reunir los siguientes requisitos:</p>	<p>Para los refuerzos transversales, se aplicará lo siguiente:</p>
$I_{st} = bt_w^3 j \quad (G2-7)$	$(b/t)_{st} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yst}}} \quad (G2-12)$
<p>donde</p>	$I_{st} \geq I_{st2} + (I_{st1} - I_{st2})\rho_w \quad (G2-13)$
$j = \frac{2.5}{(a/h)^2} - 2 \geq 0.5 \quad (G2-8)$	<p>donde:</p>
<p>G3.3. Atiesadores transversales</p>	$I_{st1} = \frac{h^4 \rho_{st}^{1.3}}{40} \left(\frac{F_{yw}}{E} \right)^{1.5} \quad (G2-14)$
<p>Los atiesadores transversales deben cumplir los requerimientos de la sección G2.2 y las siguientes limitaciones:</p>	$I_{st2} = \left[\frac{2.5}{(a/h)^2} - 2 \right] b_p t_w^3 \geq 0.5 b_p t_w^3 \quad (G2-15)$
$(1) \quad (b/t)_{st} \leq 0.56 \sqrt{\frac{E}{F_{yst}}} \quad (G3-3)$	$(2) \dots I_{st} \geq I_{st1} + (I_{st2} - I_{st1}) \left[\frac{V_r - V_{c1}}{V_{c2} - V_{c1}} \right] \quad (G3-4)$
<p>donde:</p>	$\rho_w = \text{máxima razón de corte} \left[\frac{V_r - V_{c2}}{V_{c1} - V_{c2}} \right] \geq 0$
$I_{st2} = \frac{h^4 \rho_{st}^{1.3}}{40} \left(\frac{F_{yw}}{E} \right)^{1.5} \quad (G3-5)$	

Algunas observaciones:

- ❖ Obs.1: El requisito para I_{st} (2010) ha sido modificado. La ecuación para calcular I_{st} se ha actualizado y se ha introducido una nueva variable ρ_w para representar la máxima relación de corte que estaba anteriormente directo en la ecuación para I_{st} .
- ❖ Obs.2: I_{st1} representa lo que era anteriormente I_{st2} en su versión 2010 anterior, y una nueva ecuación se ha añadido para calcular I_{st2} en la edición 2016.
- ❖ Obs.3: En la Especificación AISC 2016 se ha añadido una nueva Nota de Usuario indicando que I_{st} puede tomarse de forma conservadora como I_{st1} .

4.2.5. Secciones G3 a G7 de la Especificación AISC 2016

No se aprecian mayores modificaciones en las secciones G3 a G7 en su contenido con respecto a la versión anterior AISC 2010.

5. DISEÑO CON AISC 2016

Para evaluar las modificaciones en el diseño de estructuras cuanto a resultados se refiere; los cambios en la Especificación AISC 2016 hasta ahora presentados, se plasmaron en planillas automatizadas con el uso del Software Mathcad, el cual permitió flexibilidad y fácil comprensión en la creación de ecuaciones y la asignación de valores.

5.1. Planillas Mathcad

Mathcad es un software que permite escribir, verificar y validar todo tipo de ecuaciones y algoritmos comúnmente usados en ingeniería.

Para la verificación de los cambios en la nueva edición 2016 de la Especificación AISC, se crearon planillas con la siguiente estructura en cuanto a la entrada y salida de datos:

5.1.1. Datos de entrada o Input

Como datos de entrada se tienen variables para el tipo de acero, dimensiones de la sección transversal del perfil y sus propiedades según las dimensiones de la sección. Estas variables de entradas se presentan a continuación:

- Acero: - tensión de fluencia “ F_y ” (kgf/cm²)
- Módulo de elasticidad “ E ” (cte. = 2.1×10^6 kgf/cm²)
- Módulo de Corte “ G ” (cte. = 790000 kgf/cm²)

- Dimensiones y propiedades de la sección:
 - Ancho del ala “ b_f ” (mm) - Inercia en el eje fuerte “ I_x ” (mm⁴)
 - Espesor del ala “ t_f ” (mm) - Inercia en el eje débil “ I_y ” (mm⁴)
 - Ancho del alma “ h ” (mm) - Constante de torsión “ J ” (mm⁴)
 - Espesor del alma “ t_w ” (mm) - Constante de alabeo “ C_w ” (mm⁶)
 - Área de la sección “ A ” (mm²) - Radios de giros “ r_x, r_y ” (mm)

5.1.2. Datos de salida u Output

Como datos de salida, las planillas Mathcad proporcionaban principalmente la Resistencia Nominal (P_n , V_n) y Resistencia Admisible correspondiente al método ASD (P_{adm} , V_{adm}) y varios datos más de salida producto de los cálculos para obtener las resistencias.

Algunos de los datos de salida, siendo los más importantes los valores de resistencia, son:

- Clasificación de los elementos planos:
 - Alas (Esbelta/No Esbelta)
 - Alma (Esbelta/No Esbelta)

- Clasificación del perfil: - Compacto/ No Compacto

➤ Valores de diseño según Especificación AISC 2016:

Para Diseño en Compresión:

- Tensión de pandeo elástico “ F_e ” (kgf/cm²)
- Tensión crítica de pandeo “ F_{cr} ” (kgf/cm²)
- Resistencia nominal a la compresión “ P_n ” (kgf)
- Resistencia admisible a la compresión “ P_{adm} ” (kgf)

Para Diseño en Corte:

- Coef. de pandeo por corte del alma “ k_v ” (adimensional)
- Coef. de corte del alma “ C_v ” (adimensional)
- Resistencia nominal al corte “ V_n ” (kgf)
- Resistencia admisible al corte “ V_n ” (kgf)

5.2. Modelo estructural

Se hizo uso un modelo estructural (Figura 8) modelado en el software SAP 2000, y diseñado en acero con AISC 2010, este corresponde a una estructura industrial de uso minero sobre la cual se extrajeron los datos de diseño de sus interacciones según cada tipo de sección, de las que fueron seleccionados los elementos más desfavorables según su sección.

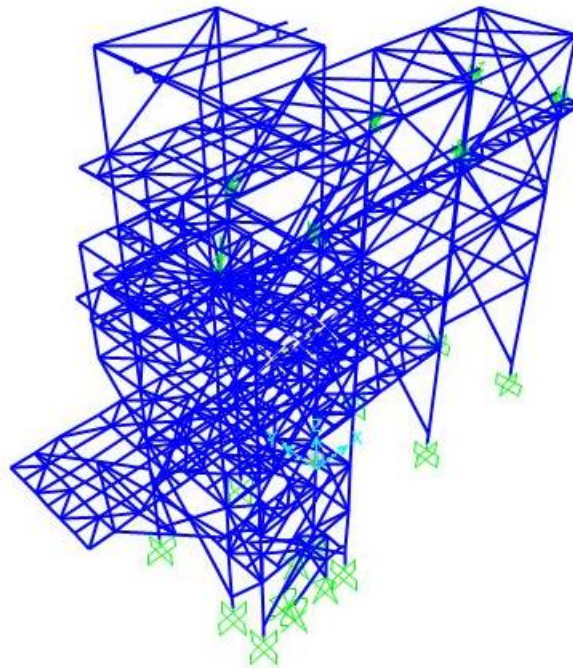


Figura 8: Vista 3D de la estructura en SAP 2000 a verificar.

5.2.1. Perfiles

Los perfiles que originalmente componen la estructura se obtuvieron de la extracción de datos otorgada por el mismo Software SAP 2000, estas secciones y su clasificación de esbeltez de sus elementos planos se muestran en la siguiente tabla:

Tabla 3: Secciones que componen la estructura a verificar.

Secciones H	Clasificación Ala	Clasificación Alma
H400x400x243	No Esbelta	No Esbelta
H200x200x75.4	No Esbelta	No Esbelta
H250x250x117	No Esbelta	No Esbelta
HE300x200x79.7	No Esbelta	No Esbelta
HE400x300x159	No Esbelta	No Esbelta
HE400x250x152	No Esbelta	No Esbelta
HE550x300x189	No Esbelta	Esbelta
HE600x350x226	No Esbelta	Esbelta
H250x150x37.1	No Esbelta	Esbelta
H300x150x41.3	No Esbelta	Esbelta
H300x200x62.9	No Esbelta	Esbelta
H350x200x71.3	No Esbelta	Esbelta
H350x250x93.1	No Esbelta	Esbelta
H400x300x140	No Esbelta	Esbelta
HE400x300x177	No Esbelta	No Esbelta
H300x300x92.2	No Esbelta	No Esbelta

Secciones Canal y Ángulo simple	Clasificación Ala	Clasificación Alma
C20x15.6	No Esbelta	No Esbelta
C25x17.9	No Esbelta	No Esbelta
C 250x75x8	No Esbelta	No Esbelta
L100x100x10	No Esbelta	
L65x65x6	No Esbelta	
L80x80x8	No Esbelta	
L125x12	No Esbelta	

Otras Secciones
CJ 150x150x6
CJ 200x200x8
PD-80/80
X2L100x100x10
X2L125x125x12
X2L80x80x8

Cabe destacar que la columna con la etiqueta “Otras secciones” pertenecen a secciones las cuales no fueron analizadas en este estudio, por lo que su participación sólo se limitará al aporte en el peso de la estructura inicial.

5.2.2. Peso estructura con AISC 2010

El peso de la estructura original diseñada con la Especificación AISC 2010 fue extraída de los reportes arrojados por SAP 2000, peso en el que aportan todos los perfiles mostrados en la Tabla 3:

- Peso estructura, con diseño AISC 2010 = 206.7 Ton

5.2.3. Interacciones

El Capítulo H de la Especificación AISC, en ambas versiones 2010 y 2016, abarca el diseño para solicitaciones combinadas, el cual asegura un correcto funcionamiento de los elementos solicitados más de un tipo de esfuerzo.

SAP 2000 permite obtener las interacciones por cada tipo de perfil, los cuales como criterio de diseño no pueden sobrepasar el valor 1.0 en su interacción, de lo contrario serían clasificados como elementos que “no cumplen” o “fallan” al diseño de esfuerzos combinados.

Del software se obtuvieron las mayores interacciones (más desfavorables) para cada tipo de sección según la especificación AISC 2010, obteniendo uno por cada tipo de sección. Conocidas las mayores interacciones se procedió a diseñar cada uno de estos elementos con AISC 2016 para verificar los cambios con la ayuda de las planillas Mathcad creadas, de lo cual se obtuvo nuevos valores de interacciones a continuación mostrados:

Tabla 4: Valores de interacciones obtenidos con AISC 2010 y 2016

Secciones H	Mayor Interacción AISC 2010	Interacción utilizando AISC 2016	Obs. Interacciones
H400x400x243	0,9980	0,9980	Igual
H200x200x75.4	0,5439	0,5327	AISC 2016 menor
H250x250x117	0,3923	0,3900	AISC 2016 menor
HE300x200x79.7	0,9048	0,9048	Igual
HE400x300x159	0,9147	0,9147	Igual
HE400x250x152	0,5616	0,5616	Igual
HE550x300x189	0,9112	0,9109	AISC 2016 menor
HE600x350x226	0,8383	0,8380	AISC 2016 menor
H250x150x37.1	0,9176	0,9176	Igual
H300x150x41.3	0,8169	0,8121	AISC 2016 menor
H300x200x62.9	0,7064	0,7063	AISC 2016 menor
H350x200x71.3	0,7768	0,7767	AISC 2016 menor
H350x250x93.1	0,7224	0,7223	AISC 2016 menor
H400x300x140	0,7099	0,7098	AISC 2016 menor
HE400x300x177	0,8773	0,8773	Igual
H300x300x92.2	0,1704	0,1678	AISC 2016 menor
Secciones Canal y Ángulo simple	Mayor Interacción AISC 2010	Interacción utilizando AISC 2016	Obs. Interacciones
C20x15.6	0,371	0,371	Igual
C25x17.9	0,739	0,739	Igual
C 250x75x8	0,555	0,555	Igual
L100x100x10	0,814	0,814	Igual
L65x65x6	0,955	0,955	Igual
L80x80x8	0,965	0,965	Igual
L125x12	0,627	0,627	Igual

5.2.4. Reemplazo de perfiles

Como se explicó anteriormente, una reducción en el valor de la interacción, proviene de un aumento en la resistencia admisible en compresión, por lo que se tomó los perfiles cuyos valores de interacción con la Especificación 2016 resultaron menor a la especificación 2010, y se procedió a buscar la sección transversal que hiciera subir el valor de interacción de acuerdo a AISC 2016, hasta llegar al valor de la interacción de AISC 2010. Se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 5: Secciones originales extraídas de la Tabla 4, las cuales obtuvieron un menor valor de interacción utilizando AISC 2016 con respecto al diseño inicial con AISC 2010

Secciones H	Número de elementos	Longitud total de elementos (m)	Peso total de elementos (kgf)	Interacción AISC 2010	Interacción AISC 2016
H200x200x75.4	9	47,3	3560,5	0,5439	0,5327
H250x250x117	10	104,1	12171,8	0,3923	0,3900
HE550x300x189	4	41,7	7878,7	0,9112	0,9109
HE600x350x226	3	22,0	4978,7	0,8383	0,8379
H300x150x41.3	57	227,6	9389,3	0,8169	0,8121
H300x200x62.9	49	126,8	7969,3	0,7064	0,7059
H350x200x71.3	19	111,8	7971,4	0,7768	0,7757
H350x250x93.1	8	74,7	6953,8	0,7224	0,7209
H400x300x140	23	119,0	16624,2	0,7099	0,7087
H300x300x92.2	8	83,4	7691,4	0,1704	0,1678

Tabla 6: Nuevas secciones reemplazadas para alcanzar originales interacciones

Secciones H (AISC 2010)	Interacciones anteriores (AISC 2010)	Reemplazo por	Secciones H (AISC 2010)	Nueva interacción (AISC 2016)
H200x200x75.4	0,5439	→	H350x200x75	0,5441
H250x250x117	0,3923	→	H250x250x113.8	0,3922
HE550x300x189	0,9112	→	H600x300x184.4	0,9112
HE600x350x226	0,8383	→	H500x300x221.4	0,8384
H300x150x41.3	0,8169	→	H250x150x37.1	0,8166
H300x200x62.9	0,7064	→	350x200x62.7	0,7061
H350x200x71.3	0,7768	→	350x250x70.1	0,7765
H350x250x93.1	0,7224	→	H400x250x92.6	0,7222
H400x300x140	0,7099	→	H500x250x137.8	0,7098
H300x300x92.2	0,1704	→	H250x250x91.7	0,1702

6. RESULTADOS

6.1.1. Nuevo peso estructura con AISC 2016

El nuevo peso de la estructura, corresponde al nuevo peso que se obtiene al realizar el reemplazo de perfiles indicados en la Tabla 6, estos nuevos perfiles y su aporte en peso, así como la diferencia o ahorro en kgf se calculan a continuación en la Tabla 7:

Tabla 7: Aporte en peso de los nuevos perfiles diseñados según AISC 2016

Nueva Secciones	Número de elementos	(A) Longitud total de elementos (m)	(B) Peso lineal de la sección (kgf/m)	A*B = (C) Nuevo peso por sección (kgf)	(D) Pesos por sección original (kgf)	(D)-(C) = Ahorro peso por cambio sección (kgf)
H350x200x75	9	47,3	75,0	3543,9	3560,5	16,6
H250x250x113.8	10	104,1	113,8	11843,8	12171,8	327,9
H600x300x184.4	4	41,7	184,4	7693,2	7878,7	185,6
H500x300x221.4	3	22,0	221,4	4870,8	4978,7	107,9
H250x150x37.1	57	227,6	37,1	8443,8	9389,3	945,6
350x200x62.7	49	126,8	62,7	7949,6	7969,3	19,7
350x250x70.1	19	111,8	70,1	7837,2	7971,4	134,2
H400x250x92.6	8	74,7	92,6	6917,2	6953,8	36,6
H500x250x137.8	23	119,0	137,8	16396,5	16624,2	227,6
H250x250x91.7	8	83,4	91,7	7651,4	7691,4	40,0
Total Ahorrado (kgf) =					2041,6	

Luego, el nuevo peso de la estructura corresponde al peso original de la estructura indicado en 5.3.2, menos el peso total ahorrado según lo calculado en la Tabla 7 es:

Tabla 8: Nuevo peso estructural alcanzado con Especificación AISC 2016

Peso original (Ton) (AISC 2010)	Peso ahorrado (Ton) (AISC 2016)	Nuevo peso estructura alcanzado con diseño AISC 2016 (Ton)	% Peso estructural ahorrado
206.7	2.0	204.7 Ton	0.988%

7. CONCLUSIONES

Los cambios en el Capítulo E permiten un aumento en la resistencia nominal de las secciones con elementos esbeltos, los cuales con el nuevo enfoque del ancho efectivo permiten un aumento en la resistencia nominal de los perfiles a través de sus elementos esbeltos, con lo que se alcanza un diseño más favorable en comparación a la metodología de la edición anterior. Sin embargo los mayores aumentos en la resistencia se pueden llegar a alcanzar para miembros con alas esbeltas tal como los Comentarios de la Especificación lo declaran.

Los cambios en el diseño al Corte influyen directamente en el aumento de la resistencia nominal a través del factor C_v para almas esbeltas en la ausencia un campo de tracciones. Si bien en el modelo elegido esto no se pudo observar, de todas maneras en la especificación son notorias estas mejoras, que también conllevan al aumento de la resistencia nominal.

Con respecto a la estructura analizada, el nuevo peso resulta del reemplazo de los perfiles mostrados en la Tabla 6, los cuales corresponden a una reducción de secciones que de igual manera cumplen con los requerimientos de diseño según los cambios en la nueva Especificación AISC 2016. Estos en particular, permiten alcanzan similares interacciones con respecto al diseño original mediante la Especificación 2010. Esto equivale a un 1% del peso original como se muestra en la Tabla 8.

Esta reducción en el peso refleja la optimización en los cambios realizados en los Capítulos E y G correspondientes a diseño de miembros Compresión y Corte de la nueva Especificación, en la cual se establecen cambios con el fin de mejorar el resultado en cuanto al aumento de resistencias nominales se refiere.

También en la estructura se puede ver que, sin buscar la conveniencia en su elección, de igual modo se consiguió llegar a una reducción en su peso en cuanto a acero y resultados. Esto ya refleja lo favorable de los cambios realizados, al aprovechar más óptimamente la resistencia de los perfiles. Sin duda para cualquier estructura, lograr una reducción en peso significa reducción de gastos y muchas variables más de diseño como por ejemplo en peso sísmico como también en la magnitud de su fundación.

Cabe destacar que, la elección de los nuevos perfiles en 5.3.4 se realizó con un criterio más bien conservador, lo que también refleja que éstos pudieron ser optimizados aún en una mayor reducción, no teniendo una única solución ni mucho menos solución exacta, pues se pueden lograr múltiples diseños óptimos los cuales dependen y variarán según el criterio de cada profesional.

8. REFERENCIA

AISC 2010. (2010), “*Specification for Structural Steel Buildings*”, American Institute of Steel Construction , June 22, 2010.

AISC 2016. (2016), “*Specification for Structural Steel Buildings*” American Institute of Steel Construction, July 07, 2016.

Comm. AISC 2016. (2016), “*Commentary on the Specification for Structural Steel Buildings*”, American Institute of Steel Construction, July 07, 2016.

Sherman, D.R. (1976), “*Tentative Criteria for Structural Applications of Steel Tubing and Pipe*,” AISI, Washington, DC, August.

Duncan, C. (2016), “*An Overview of the 2016 AISC Specification*” NASCC: The Steel Conference 2016.

Ziemian, R. D. (2010), “*Guide to Stability Design Criteria for Metal Structures*” (pp 572)