



Modelo con Control de deformaciones por sismo

Juan Felipe Pardo Zea

Trabajo de grado en la modalidad de semestre de industria en la empresa “CYRGO SAS” para
optar al título de Ingeniero Civil

Asesor

Juan Guillermo Jaramillo Gaviría, Magister (MSc)

Universidad de Antioquia

Facultad de Ingeniería

Ingeniería Civil

Medellín

2022

Cita

(Pardo Zea, J. F., 2022)

Referencia

Pardo Zea, J. F. (2022). *Modelo con control de deformaciones por sismo* [Semestre de industria]. Universidad de Antioquia, Medellín.

Estilo APA 7 (2020)



Centro de Documentación Ingeniería (CENDOI)

Repositorio Institucional: <http://bibliotecadigital.udea.edu.co>

Universidad de Antioquia - www.udea.edu.co

Rector: John Jairo Arboleda Céspedes

Decano/Director: Jesús Francisco Vargas Bonilla

Jefe departamento: Diana Catalina Rodríguez Loaiza

El contenido de esta obra corresponde al derecho de expresión del autor y no compromete el pensamiento institucional de la Universidad de Antioquia ni desata su responsabilidad frente a terceros. Los autores asumen la responsabilidad por los derechos de autor y conexos.

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis padres, pilares fundamentales en mi vida. Sin ellos, jamás hubiese podido conseguir lo que hasta ahora.

Agradecimientos

A mis padres quienes a lo largo de toda mi vida han apoyado y motivado mi formación académica.

A mis asesores Juan Carlos Martinez y Juan Guillermo Jaramillo quienes apoyaron todo mi proceso de prácticas.

A CYRGO SAS por darme la oportunidad de realizar mi semestre de industria.

A la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Antioquia y su cuerpo docente, por la formación y preparación para un futuro competitivo.

Tabla de contenido

Resumen	8
Abstract	9
Introducción	10
1 Objetivos	11
1.1 Objetivo general	11
1.2 Objetivos específicos	11
2 Marco teórico	12
3 Metodología	15
4 Resultados y Análisis	16
5 Conclusiones	21
Referencias	22

Lista de tablas

Tabla 1 Valores de R_y para aceros	17
Tabla 2. Tamaño mínimo filete de soldadura	23

Lista de figuras

Figura 1 Conexión End-Plate	12
Figura 2 Conexión BFP	12
Figura 3 Conexión WUF-W	12
Figura 4 Vista frontal 3D de la estructura bajo estudio	13
Figura 5 Zoom conexión 1 estructura bajo estudio	14
Figura 6 Geometría placa de extremo y pernos	14
Figura 7 Tensión resultante sobre la conexión	22
Figura 8 Tensión en el contacto entre placas de la conexión	22
Figura 9 Deformación plástica resultante sobre la conexión	22

Resumen

El presente informe tiene como objetivo analizar los mecanismos para control de derivas (conexiones) implementados para la estabilidad de una estructura en acero. Para ello se buscó desarrollar la metodología previamente establecida, en la que se realizó la modelación de una estructura regular de tres niveles mediante el software CYPE 3D, luego se revisaron las derivas y se realizaron las modificaciones necesarias para ajustar estos desplazamientos al máximo permitido según la norma, posteriormente se presenta un cálculo muy detallado de una de las conexiones del modelo, para resaltar cuáles son las verificaciones y procedimiento necesario para un diseño de manera manual, finalmente se evaluarán los resultados obtenidos mediante el software IDEA StatiCa, herramienta capaz de revisar los efectos y comportamiento en general de la conexión diseñada luego de ser cargada con las solicitaciones del modelo, esta permite visualizar la distribución de esfuerzos a lo largo y ancho de la conexión para así verificar su correcto funcionamiento.

Palabras clave: conexión, deriva, carga, diseño, deformación.

Abstract

This report aims to analyze the drift control mechanisms (connections) implemented for the stability of a steel structure. To this end, we sought to develop the previously established methodology, in which the modeling of a regular three-level structure was carried out using the CYPE 3D software, then the drifts were reviewed and the necessary modifications were made to adjust these displacements to the maximum allowed according to the norm, later a very detailed calculation of one of the connections of the model is presented, to highlight which are the verifications and procedures necessary for a manual design, finally the results obtained will be evaluated through the IDEA StatiCa software, a tool capable of reviewing the effects and behavior in general of the designed connection after being loaded with the requests of the model, this allows to visualize the distribution of efforts throughout the length and width of the connection in order to verify its correct operation.

Keywords: connection, drift, load, design, deformation.

Introducción

A la hora del análisis estructural lo más importante es garantizar un adecuado balance entre las cargas aplicadas, tanto horizontales como verticales, y las capacidades de la estructura, más concretamente de los materiales implementados en ella. De allí la necesidad de comprender los efectos que un sismo puede causar a una estructura, principalmente las derivas o desplazamientos horizontales, un tema ya altamente estudiado y con infinidad de literatura existente al respecto.

Las conexiones entre los miembros, representan uno de los aspectos más importantes y de mayor incidencia cuando se trata del comportamiento sismorresistente de edificaciones aporricadas de acero estructural. (Loges, S, 2017), lo cual permite garantizar que la estructura presente las condiciones de estabilidad, resistencia y rigidez con que fue diseñada y así evitar cualquier pérdida de funcionalidad o nivel de servicio, dando vía libre al adecuado desempeño de la misma.

El acero es el material más dúctil entre aquellos de uso estructural. Sin embargo, es un grave error considerar que esta propiedad inherente al material se traslada automáticamente al sistema estructural. Estudios han demostrado que para asegurar el comportamiento dúctil de las estructuras es necesario suministrar adecuada ductilidad no sólo a nivel del material, sino también a nivel seccional y de los miembros que componen el sistema (columnas, vigas, riostras, conexiones). Para ello se debe, en primer lugar, identificar y conocer las condiciones que pueden conducir a mecanismos de falla frágil y, luego, adoptar estrategias de diseño para obtener una respuesta estable y con adecuada capacidad de disipación de energía. El diseño y detalle de las conexiones entre los distintos componentes estructurales es un aspecto de fundamental importancia para alcanzar estos objetivos. (Crisafulli. F, 2018)

Por todo esto, y con la finalidad de estudiar los efectos de un buen diseño de conexiones en la estabilidad de una edificación se pretende en el presente documento hacer una modelación de una estructura construida totalmente en acero, en la que se evidencian unos desplazamientos laterales considerables y evaluar sobre estos el impacto de aplicar una conexión adecuada.

1 Objetivo

1.1 Objetivo general

Analizar los mecanismos para control de derivas (conexiones) implementados para la estabilidad de una estructura en acero.

1.2 Objetivos específicos

Modelar una estructura compleja y regular de tal manera que se generen unas cargas considerables sobre la conexión a analizar.

Diseñar de forma manual y detallada una de las conexiones de la estructura para mostrar el procedimiento y cálculos internos.

Interpretar las reacciones obtenidas en la conexión por efecto de las cargas aplicadas en el diafragma completo.

2 Marco teórico

2.1 Cype 3D

Es un programa de análisis tridimensional de estructuras de barras y láminas. Como en la mayoría de los programas de análisis estructural, los elementos del modelo analítico se introducen explícitamente, es decir, introducimos barras y láminas. (Coya J.C., 2021)

2.2 Sistema estructural o sistema sismorresistente

Conjunto de todos los componentes (miembros, fundaciones, conexiones, etc.), incluyendo aquellos sistemas con miembros de acero y de hormigón armado reforzado actuando en forma conjunta como así también a los sistemas formados por miembros con secciones compuestas de acero y hormigón. (Crisafulli, F., 2018)

2.3 Miembro estructural

Partes integrantes de la estructura como vigas, columnas, muros, etc. (Crisafulli, F., 2018)

2.4 Elemento

Partes componentes de un miembro estructural (como el ala o alma de un perfil), placas de conexión o rigidizadores. (Crisafulli, F., 2018)

2.5 Cargas o acciones

Fuerzas u otros efectos que resultan del peso de los materiales de la construcción, de sus ocupantes y equipamiento, de efectos ambientales (como nieve, viento, sismo), de movimientos diferenciales, presiones del terreno u otros materiales, etc. En general se dividen en cargas permanentes (aquellas cuya variación en el tiempo no es significativa) y variables. (Crisafulli, F., 2018)

2.6 Ductilidad.

Al contrario, se denomina material dúctil a aquel que al llegar a rotura ha sufrido deformaciones grandes. Esto en el cálculo de estructuras nos interesa porque nos avisa de que la estructura va a colapsar. El acero es un material dúctil. (Zambrano A., 2021)

2.7 Rigidez.

Es la relación que existe entre la tensión aplicada y la deformación que esta produce en régimen elástico. Un material muy rígido es aquel que para tensiones altas presenta deformaciones bajas. Es la pendiente de la recta tensión deformación. (Zambrano A., 2021)

2.8 Tenacidad.

Es la energía de deformación total que puede absorber o acumular un material antes de alcanzar la rotura en condiciones de impacto o también como la capacidad de absorber energía plástica antes de fracturarse. Relaciones/diferencias entre tenacidad, resistencia y ductilidad

Para que un material sea tenaz, debe poseer alta resistencia y ductilidad y, a menudo, los materiales dúctiles son más tenaces que los frágiles. La tenacidad es mayor cuando se alcanza un compromiso entre una buena resistencia y una buena ductilidad. Un material puede ser dúctil pero no tenaz, o puede ser resistente pero no ser tenaz. Para entender la diferencia entre resistencia, ductilidad y tenacidad presentamos la siguiente figura. Aparecen tres tipos de materiales. El primero posee una alta resistencia a la compresión pero baja deformación; es muy resistente pero poco tenaz. El segundo posee buenas cualidades de resistencia a la compresión y de deformabilidad, luego es muy tenaz. El tercero es altamente deformable pero posee muy poca resistencia; es por tanto muy dúctil, pero poco tenaz. (Zambrano A., 2021)

2.9 Conexión

Combinación de elementos y juntas (soldadas o empernadas) usadas para transmitir fuerzas entre dos o más miembros estructurales. (Manrique A, 2018) Para el desarrollo de este informe nos

enfocaremos en las conexiones viga columna, una de las conexiones más frecuentes en edificaciones.

2.9.1 End-Plate Moment Connections

Este es el tipo de unión más utilizado a la hora de construir estructuras de acero sismorresistentes, debido a fácil fabricación y a que no se debe modificar la geometría de la viga. (Manrique A, 2018)

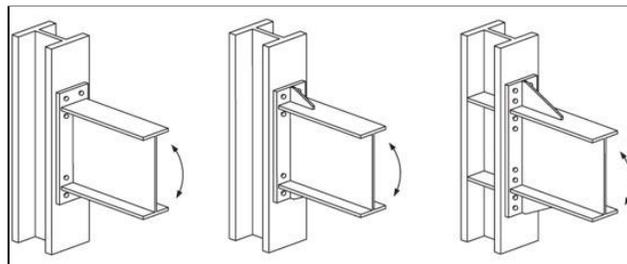


Figura 1 Conexión End-Plate

2.9.2 Bolted Flange Plate (BFP)

Unión de tipo atornillada, donde se une el ala de la viga a una placa metálica soldada a la columna a través de tornillos, de igual forma que el alma de viga. Es una unión bastante fuerte, debido a que transmite los esfuerzos de las alas de las alas de la viga a la columna, con los tornillos trabajando a cortante. (Manrique A, 2018)

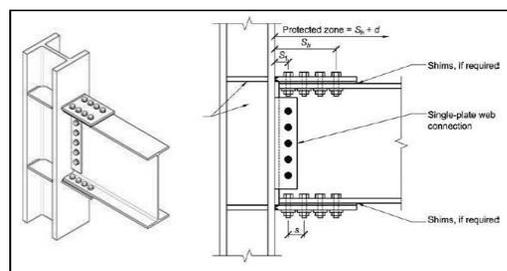


Figura 2 Conexión BFP

2.9.3 Welded Unreinforced Flange-Welded Web (WUF-W)

Esta es una unión soldada en sitio, poco utilizada debido a que su montaje es lento y complejo.

Su ventaja es el ahorro de placas y tornillos. (Manrique A, 2018)

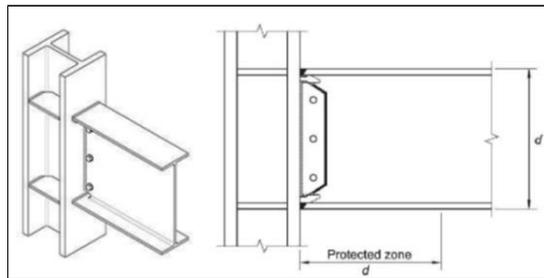


Figura 3 Conexión WUF-W

3 Metodología

Primeramente se realiza el montaje de una estructura regular bajo el respectivo reglamento colombiano de construcción sismo resistente (NSR-10), teniendo en cuenta parámetros sísmicos para la ciudad de Medellín. La estructura final que fue estudiada se muestra a continuación en la figura 1:

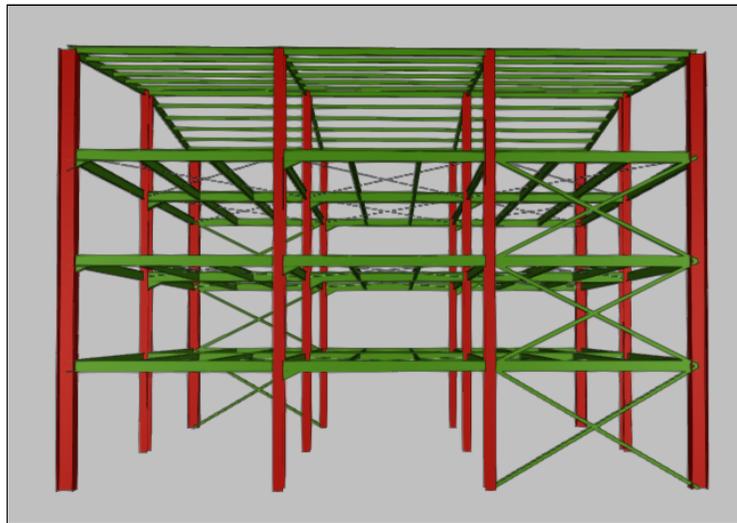


Figura 4 Vista frontal 3D de la estructura bajo estudio (elaborado en Cype3D).

Para la evaluación de cargas se tomaron los valores mínimos alternativos dados por la NSR-10 para cargas vivas y muertas cuando no se efectúa un análisis detallado, estos para ocupación residencial y luego para tener en cuenta la losa se tomó un peso de 205 kgf/m^2 , equivalente a una losa en metaldeck.

Acto seguido, se selecciona una unión viga-columna al azar para proceder a diseñar la conexión End-Plate que como vimos anteriormente es la que se usa más comúnmente y brinda mayores facilidades a la hora de la instalación.

DISEÑO CONEXIÓN COLUMNA 18X86 CON VIGA 12X22 (END PLATE)

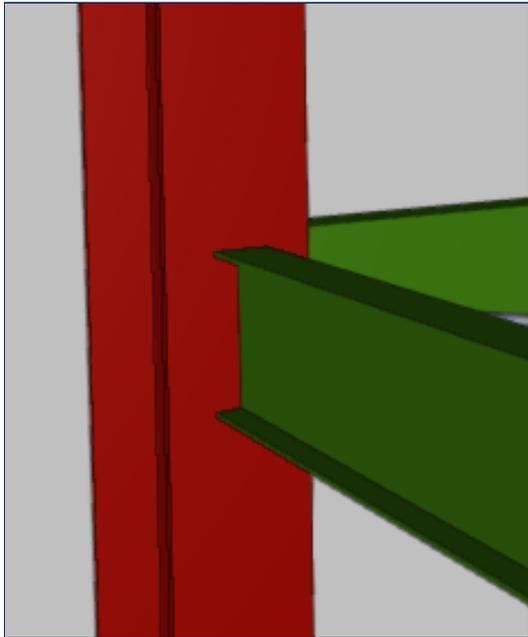


Figura 5 Zoom conexión 1 estructura bajo estudio (elaborado en Cype3D).

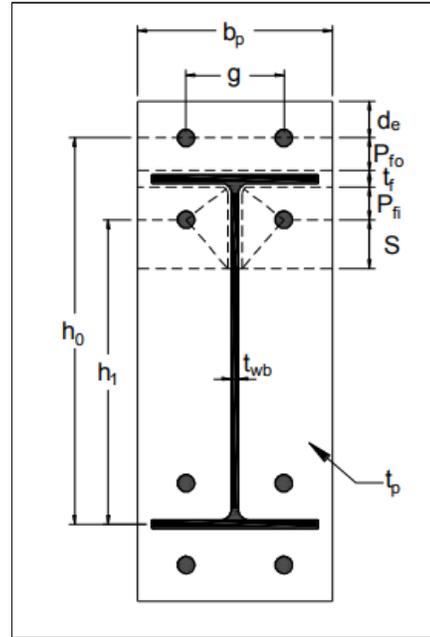


Figura 6 Geometría placa de extremo y pernos (Luis Garza pg. 92)

Propiedades de los materiales.

Viga

W12X22

$$d_b = 12.30 \text{ in}$$

$$t_{wb} = 0.26 \text{ in}$$

$$b_{fb} = 4.03 \text{ in}$$

$$t_{fb} = 0.42 \text{ in}$$

$$z_{xb} = 29.35 \text{ in}^3$$

$$F_{yb} = 38 \text{ ksi}$$

$$F_{ub} = 60 \text{ ksi}$$

$$\text{Workable gage} = 2.25 \text{ in}$$

Columna

W18X86

$$d_c = 18.40 \text{ in}$$

$$t_{wc} = 0.48 \text{ in}$$

$$b_{fc} = 11.10 \text{ in}$$

$$t_{fc} = 0.77 \text{ in}$$

$$F_{yb} = 38 \text{ ksi}$$

$$F_{ub} = 60 \text{ ksi}$$

$$\text{Workable gage} = 5.5 \text{ in}$$

A continuación se presentan de manera detallada los cálculos y chequeos correspondientes al diseño general de la geometría y características de la placa, pernos de anclaje y soldadura.

Cortante último en la viga.

$$V_u = V_g + \frac{2(C_{pr}R_yF_yZ_x)}{L_h}$$

$$V_u = 9.89 + \frac{2(1.2*1.1*38*29.35)}{223.92} = 23.04 \text{ kip}$$

C_{pr} es el factor que tiene en cuenta la resistencia máxima de la conexión.

$$C_{pr} = \frac{F_y + F_u}{2F_y} \leq 1.2$$

La localización de la rótula plástica **L_p** es la distancia desde la cara de la columna al sitio de la formación de la articulación plástica. Esta longitud es el menor valor entre 0.5*Db y 3*Bfc según la AISC 358-10.

L_h es la distancia entre rótulas plásticas en la viga.

R_y es la relación entre la resistencia a la fluencia esperada F_{ye} y la resistencia mínima especificada a la fluencia del acero que se va a usar.

Aplicación	R _y
Placas y láminas:	
• ASTM A36/A36M	1.3
• ASTM A1043/A1043M Grado 36	1.3
• ASTM 1011 HSLA Grado 50	1.1
• ASTM A572/A572M Grado 42	1.3
• ASTM A572/A572M Grado 50 o 55,	1.1
• ASTM A588/A588M	1.1

Tabla 1. Valores de R_y para aceros (Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica, 2010/F-220)

Diseño de conexión a momento en la viga

Obtenidas las secciones transversales de los elementos a conectar, se procede a calcular el momento en la cara de la columna.

- Primero calculamos el momento plástico probable en las rótulas:

$$M_{pr} = C_{pr} R_y Z_b F_y$$

$$M_{pr} = 1.2 * 1.1 * 29.35 * 38 = 1472.196 \text{ kip} - \text{in}$$

- Luego, calculamos el momento actuante en la cara de la columna.

$$M_{uc} = M_{pe} + V_u L_p$$

$$M_{uc} = 1472.196 + (27.25 * 6.15) = 1639.7835 \text{ kip} - \text{in}$$

Configuración de la conexión

$$h_1 = d_b - 1.5t_{fb} - P_{fi}$$

$$h_1 = 12.30 - 1.5(0.42) - 2 = 9.67 \text{ in}$$

$$h_0 = d_b - \frac{t_{fb}}{2} + P_{fo}$$

$$h_0 = 12.30 - \frac{0.42}{2} + 2 = 14.09 \text{ in}$$

Diámetro de perno requerido

$$d_{b,req} = \sqrt{\frac{2M_{uc}}{\pi \phi F_t (h_0 + h_1)}}$$

$$d_{b,req} = \sqrt{\frac{2(1639.8)}{\pi \times 0.75 \times 90(14.1+9.7)}} = 0.8 \text{ in}$$

Diámetro de perno de prueba y Momento Nominal

Usar $d_b = 7/8 \text{ in.}$ (ASTM A325 - Alta resistencia, ajustado a los requisitos de las especificaciones para juntas estructurales, $F_t=90 \text{ ksi}$)

$$P_t = F_t A_b = 90 \left(\frac{\pi(0.875)^2}{4} \right) = 54.12 \text{ kips}$$

$$M_{np} = 2(54.12)(14.09 + 9.67) = 2571.7824 \text{ kip} - \text{in}$$

Espesor de placa requerido

$$\phi M_{pl} = \phi_b F_{yp} t_p^2 Y_p$$

$$Y_p = \frac{b_p}{2} h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} - \frac{1}{2} + \frac{2}{g} \right) h_1 (p_{fi} + s)$$

$$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} \qquad \phi_b = 0.90 \qquad \text{Note: If } p_{fi} > s, \text{ use } p_{fi} = s$$

$$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_p g} = \frac{1}{2} \sqrt{11.1 * 5.5} = 3.9 \text{ in} > p_{fi} = 2 \text{ in}$$

$$Y_p = \frac{b_p}{2} h_1 \left(\frac{1}{p_{fi}} + \frac{1}{s} \right) + h_0 \left(\frac{1}{p_{fo}} - \frac{1}{2} + \frac{2}{g} \right) h_1 (p_{fi} + s)$$

$$Y_p = \frac{11.1}{2} (9.67) \left(\frac{1}{2} + \frac{1}{3.9} \right) + 14.09 \left(\frac{1}{2} - \frac{1}{2} + \frac{2}{5.5} \right) 9.67 (2 + 3.9) = 54.38 \text{ in}$$

$$t_{pReq'd} = \sqrt{\frac{1.1 \phi M_{np}}{\phi_b F_{yp} Y_p}}$$

$$t_{pReq'd} = \sqrt{\frac{1.1(0.75)(2571.8)}{0.9(50)(54.38)}} = 0.93 \text{ in}$$

donde

ϕM_{np} momento nominal del perno

F_{yp} esfuerzo de fluencia del material de la platina

Y_p mecanismo o parámetro de línea de rendimiento de la placa final de la Tabla 3.3 de la guía de diseño 4 del AISC (Extended End – Plate Moment Connections).

Selección del espesor de la placa final

Usar $t_p = 1 \text{ in}$ (ASTM A572 Gr. 50)

Calcular la fuerza del ala de la viga

$$F_{fu} = \frac{M_{uc}}{(d_b - t_{fb})} = \frac{1639.8}{12.3 - 0.42} = 138 \text{ kips}$$

Comprobar la fluencia por cortante de la placa

$$\phi R_n = 0.9(0.6F_{yp})b_p t_p = (0.9)(0.6)(50)(11.1)(1) = 300 \text{ kips}$$

$$\text{Chequeo: } \frac{F_{fu}}{2} = \frac{138}{2} = 69 \text{ kips} \leq \phi R_n = 300 \text{ kips} \quad \mathbf{OK}$$

Comprobar la ruptura por cortante de la placa

$$A_n = [b_p - 2(d_b + 1/8)]t_p = [11.1 - 2(7/8 + 1/8)](1) = 9.1 \text{ in}^2$$

$$\phi R_n = 0.75(0.6F_{up})A_n = (0.75)(0.6)(65)(9.1) = 266.2 \text{ kips}$$

$$\text{Chequeo: } \frac{F_{fu}}{2} = \frac{138}{2} = 69 \text{ kips} \leq \phi R_n = 266.2 \text{ kips} \quad \mathbf{OK}$$

Comprobar la resistencia a la rotura por cizallamiento de los pernos de compresión

$$V_u = 27.25 \text{ kips}$$

$$V_u \leq R_n = \phi n_b F_v A_b = 0.75(4)(60)\left(\frac{\pi(0.875)^2}{4}\right) = 108.2 \text{ kips} \quad \mathbf{OK}$$

Comprobar desprendimiento de los pernos de compresión

- **Placa:**

$$V_u = 27.25 \text{ kips} \leq \phi R_n = n_i(\phi R_{n_i}) + n_o(\phi R_{n_o})$$

$$n_i = 2; \quad n_o = 2$$

$$\text{Fuerza de carga} = 2.4 d_b t_p F_u = 2.4(7/8)(1)(60) = 126 \text{ kips/bolt}$$

$$\text{Desgarre pernos: } L_c = (2 + 0.42 + 2) - (7/8 + 1/16) = 3.48 \text{ in}$$

L_c: Distancia libre, en la dirección de la fuerza, entre el borde del agujero y el borde del agujero adyacente o el borde del material

$$R_{n, \text{interna}} = 1.2 L_c t_p F_u = 1.2(3.48)(0.93)(60) = 233 \text{ kips} > 126 \text{ kips}$$

Por inspección. controles de carga para pernos internos.

$$\phi R_n = 4(0.75)(126) = 378 \text{ kips} > V_u = 27.25 \text{ kips}$$

- **Ala de la columna:**

$$\phi R_n = 378 \left(\frac{0.77}{1} \right) \left(\frac{F_{yp} = 50}{F_{yc} = 50} \right) = 291 \text{ kips} > V_u = 27.25 \text{ kips}$$

Diseño de soldadura

$$D = \frac{0.6 F_{yb} t_{wb}}{2(1.392)} = \frac{0.6(50)(0.26)}{2(1.392)} = 2.8 \text{ dieciseisavos}$$

Usar soldadura de 3/16 in.

Chequeo del ala de columna para fluencia por flexión

$$s = \frac{1}{2} \sqrt{b_{fc} g} = \frac{1}{2} \sqrt{11.1 * 5.5} = 3.9 \text{ in}$$

$$c = p_{fo} + t_{fb} + p_{fi} = 2.0 + 0.42 + 2.0 = 4.42 \text{ in}$$

$$Yc = \frac{b_{fc}}{2} \left[(h_1 + h_0) \left(\frac{1}{s} \right) \right] + \frac{2}{g} \left[h_1 \left(s + \frac{3c}{4} \right) + h_0 \left(s + \frac{c}{4} \right) + \frac{c^2}{2} \right] + \frac{g}{2} = \frac{11.1}{2} \left[(9.67 + 14.09) \left(\frac{1}{3.9} \right) \right] + \frac{2}{5.5} \left[9.67 \left(3.9 + \frac{3(4.42)}{4} \right) + 14.09 \left(3.9 + \frac{4.42}{4} \right) + \frac{(4.42)^2}{2} \right] + \frac{5.5}{2} = 91.13 \text{ in}$$

$$t_{fc \text{ Reqr}} = \sqrt{\frac{1.1\phi M_{np}}{\phi_b F_{yp} Y_p}} = \sqrt{\frac{1.1(0.75)(2571.8)}{0.9(50)(91.13)}} = 0.72 \text{ in} < 0.77 \text{ in}$$

- No es necesario añadir refuerzo al ala (rigidizador) -

Asumir: $t_s = 1/2 \text{ in}$. $P_{so} = P_{si} = \frac{c-t_s}{2} = \frac{4.42-0.5}{2} = 1.96 \text{ in}$

$$Yc = \frac{b_{fc}}{2} \left[h_1 \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{P_{si}} \right) + h_0 \left(\frac{1}{s} + \frac{1}{P_{so}} \right) \right] + \frac{2}{g} \left[h_1 (s + P_{si}) + h_0 (s + P_{so}) + \frac{c^2}{2} \right] =$$

$$\frac{11.1}{2} \left[9.67 \left(\frac{1}{3.9} + \frac{1}{1.96} \right) + 14.09 \left(\frac{1}{3.9} + \frac{1}{1.96} \right) \right] + \frac{2}{5.5} \left[9.67(3.9 + 1.96) + 14.09(3.9 +$$

- Esto se hace solo si se requiere refuerzo, y se calcula un nuevo $t_{fc \text{ Reqr}}$ -

Calcular el límite elástico del cuerpo de la columna

$$C_t = 1.0$$

$$N = t_{fb} + 0 = 0.42 \text{ in}$$

TABLA J2.4 Tamaño Mínimo de Soldadura de Filete	
Espesor de parte unida más delgada, mm	Tamaño mínimo de soldadura de filete ^(a) , mm
Hasta 6 inclusive	3
Entre 6 y 13	5
Entre 13 y 19	6
Mayor que 19	8

^(a) Dimensión del pie de la soldadura de filete. Se deben utilizar soldaduras de paso simple.
Nota: Ver la Sección J2.2b para el tamaño máximo de soldaduras de filete.

Tabla 2. Tamaño mínimo filete de soldadura (Aguirre C., 2010)

$$\begin{aligned} \phi R_n &= \phi C_T (6k_c + N + 2t_p) F_{yc} t_{wc} = 1.0(1.0)[6(1.46) + 0.42 + 2(1.0)](50)(0.3125) \\ &= 174.7 \text{ kips} > 138 \text{ kips} \end{aligned}$$

OK. (No requiere rigidizadores)

Calcular esfuerzo de pandeo del alma.

$$\phi R_n = \frac{\phi 24 t_{wc}^3 \sqrt{E F_{yc}}}{h} = \frac{0.9(24)(0.3125)^3 \sqrt{29000}(50)}{18.40} = 43.14 \text{ kips}$$

$$\phi R_n = 43.14 \text{ kips} < F_{fu} = 138 \text{ kips} \quad \text{Requiere rigidizador}$$

Calcular el esfuerzo de plegamiento del alma.

$$\phi R_n = \phi 0.8 t_{wc}^2 \left[1 + 3 \left(\frac{N}{d_c} \right) \left(\frac{t_{wc}}{t_{fc}} \right)^{1.5} \right] * \sqrt{\frac{E F_{yc} t_{fc}}{t_{wc}}} = 268 \text{ kips}$$

$$\phi R_n = 268 \text{ kips} > F_{fu} = 138 \text{ kips} \quad \mathbf{OK}$$

Determinar la fuerza de diseño del rigidizador

$$F_{cu} = F_{fu} - \min \phi R_n = 138 \text{ kips} - 43.14 \text{ kips} = 94.86 \text{ kips}$$

4 Resultados y Análisis

Luego de los cálculos de diseño mostrados anteriormente para la unión viga-columna seleccionada, se obtuvieron los siguientes resultados:

Viga: W12X22 (ASTM A572)

Columna: W18X86 (ASTM A572)

4E End Plate: 6 in por 1 in (ASTM A572 Gr. 50)

Diámetro del perno: 7/8 in

Grado del perno: ASTM A325

La Columna requiere rigidizador

Ya teniendo esta información se ingresó en el programa IDEA StatiCa para poder hacer un análisis del comportamiento de la conexión dentro del diafragma, al ser sometida a las sollicitaciones de la estructura, obteniendo lo siguiente:

En la figura 7 se observa un diagrama que muestra la distribución de tensiones resultante de las combinaciones de cargas actuales, la cual se debe a la acción de palanca producida por la deformación de las partes conectadas. Para el caso actual se presentan en general tensiones bajas sobre la unión, se ve claramente incrementado en las cercanías de la soldadura que va del ala a la placa base, aún así en ninguna región se superan los 20 ksi.



Figura 7 Tensión resultante sobre la conexión

Luego, en el siguiente esquema (Figura 8) se evidencia una concentración de tensión en la parte inferior de la viga, donde se une el ala inferior con la placa base, lo cual se debe al efecto de apalancamiento generado por el momento flexionantes actuante sobre la viga, que resulta de las combinaciones de cargas existentes en la misma.

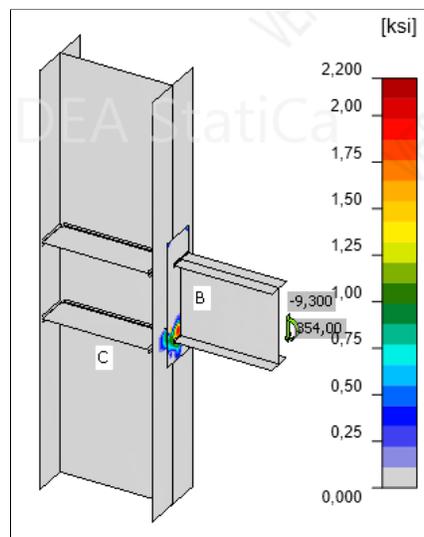


Figura 8 Tensión en el contacto entre placas de la conexión

En la siguiente figura (Figura 9) se muestra el porcentaje de deformación plástica, que como es evidenciable en todo el esquema equivale al 0%, con lo cual podemos constatar que no ocurrirá una falla dúctil en la unión.

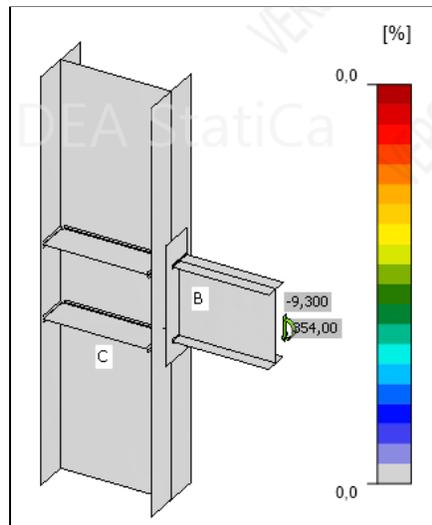


Figura 9 Deformación plástica resultante sobre la conexión

6 Conclusiones

El procedimiento de diseño mostrado en el informe contiene toda la información básica necesaria para calcular las conexiones, proporcionando todos los elementos para garantizar el cumplimiento de los criterios de diseño y las normas relativas al diseño en acero.

Al diseñar una conexión se debe garantizar no solo que la estructura no falle, sino que tampoco se presenten desplazamientos excesivos, por lo que se deben considerar todas las fuerzas que tengan probabilidad de ocurrencia durante la vida útil de la estructura.

Las conexiones dentro de una estructura requieren especial atención a la hora del diseño ya que pueden estar sujetas a condiciones de servicio no previsibles con precisión como lo es un sismo, y si no se controla la sollicitación en el nudo se puede dar paso a pandeo local o global de la estructura.

Al respetar la norma y realizar todas las verificaciones pertinentes a la hora del diseño, se garantiza que el funcionamiento de la conexión se de con un factor de seguridad alto y así las reacciones en la misma no representen un riesgo para la estructura.

Referencias

Acevedo, I. D. (2015). Memoria de cálculo diseño estructural edificio M-001.

<https://bit.ly/36QSQKq>

Acuña, J. F. & Sotelo, H. A. (2014). Software libre para el diseño de conexiones metálicas de acuerdo con la NSR-10. <https://bit.ly/3LkVeImq>

Aguirre C. (2010) Especificación ANSI/AISC 360-10 para Construcciones de Acero.

<https://bit.ly/37pPqyH>

Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica (2010). Reglamento Colombiano de Construcción Sismo Resistente NSR-10 Tomo 2. Bogota, Colombia: Asociación Colombiana de Ingeniería sísmica

Coya J.C. (2021) Modelos de cálculo de una estructura (Parte 2 – Modelo de Cype 3D)

<https://www.e-zigurat.com/blog/es/modelos-calculo-estructura-modelo-cype-3d/>

Crisafulli, F. (2018). Diseño sismorresistente de construcciones de acero. <https://bit.ly/3NqLQon>

Delgado C. A., Garza L. & Cruz R. (2017). Conexiones precalificadas en Colombia.

<https://bit.ly/3Nqzywt>

Logés, S. (2017). Conexiones de acero estructural. <https://bit.ly/3IXi33z>

Manrique A. (2018). En qué consisten las conexiones precalificadas? <https://bit.ly/3JkRrte>

Murray T. M. & Sumner E. A. (2004). Extended End-Plate Moment Connections Steel Design Guide <https://mega.nz/folder/dPhREASR#m1C6uuIUFgMIv27JxPJ4ow>

Rincón, J. S. (2013). Diseño de conexiones típicas de edificios de acero. <https://bit.ly/3JJELgD>

Zambrano A. (2021) Consulta Tenacidad Resiliencia. <https://bit.ly/3jj9xBn>