



Universidad de la Fuerzas Armadas - ESPE

Trabajo de Integración curricular previo a la obtención del título de
Ingeniera Mecánica

*Simulación computacional detallada de conexiones precalificadas
conforme a la Norma AISC 358-22*

Autora: Acosta Galarza Alison Eduarda
Director: Dr. Ing. Abatta Jácome, Lenin Rómulo

ÍNDICE DE CONTENIDO

01

INTRODUCCIÓN

05

SIMULACIÓN Y VALIDACIÓN
NUMÉRICA

02

PLANTEAMIENTO DEL
PROBLEMA /JUSTIFICACIÓN

06

RESULTADOS

03

MARCO TEÓRICO

07

CONCLUSIONES

04

OBJETIVOS

08

RECOMENDACIONES



01

INTRODUCCIÓN

ESTRUCTURAS DE ACERO SISMORRESISTENTES

En el año de 1994 y 1997 se registraron dos de los sismos más grandes registrados a nivel mundial, la evaluación de los daños sísmicos reveló errores fundamentales en el concepto de diseño estructural y una ejecución deficiente en las conexiones.



En el caso de Ecuador la Norma Ecuatoriana de la Construcción - Cargas Sísmicas Diseño Sismo Resistente (NEC-SE-DS) incorpora los criterios basados en los estándares establecidos en la AISC, lo que actualmente ha facilitado la aplicación de las conexiones precalificadas dentro del marco normativo local



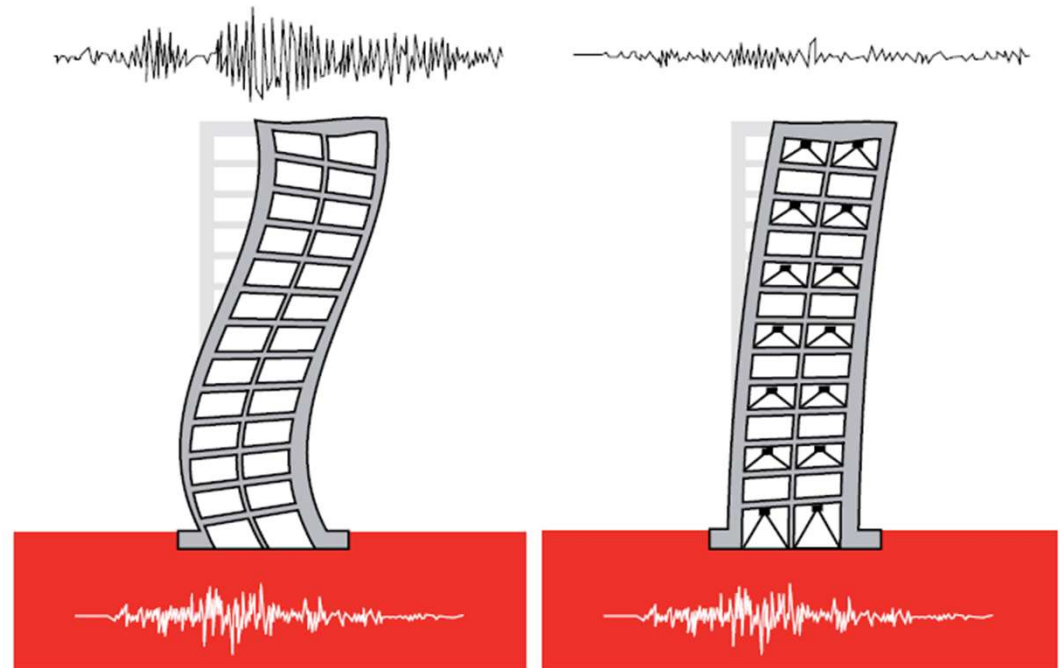


02

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA / JUSTIFICACIÓN

CONEXIONES VIGA - COLUMNA

Las conexiones viga-columna juegan un papel fundamental en el diseño de estructuras de acero sismorresistentes, se fundamenta en la capacidad de ciertos elementos para disipar energía evitando fallas frágiles.



Catástrofe Northridge (1994) - Kobe (1995)





03

MARCO TEÓRICO

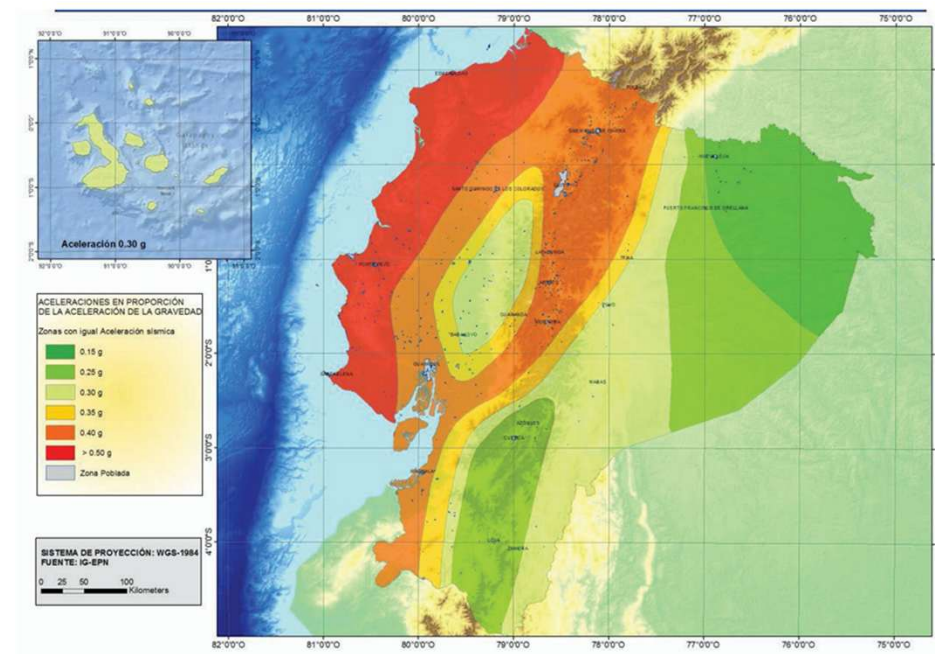
CONEXIONES PRECALIFICADAS

Diseño sismorresistente de estructuras de acero

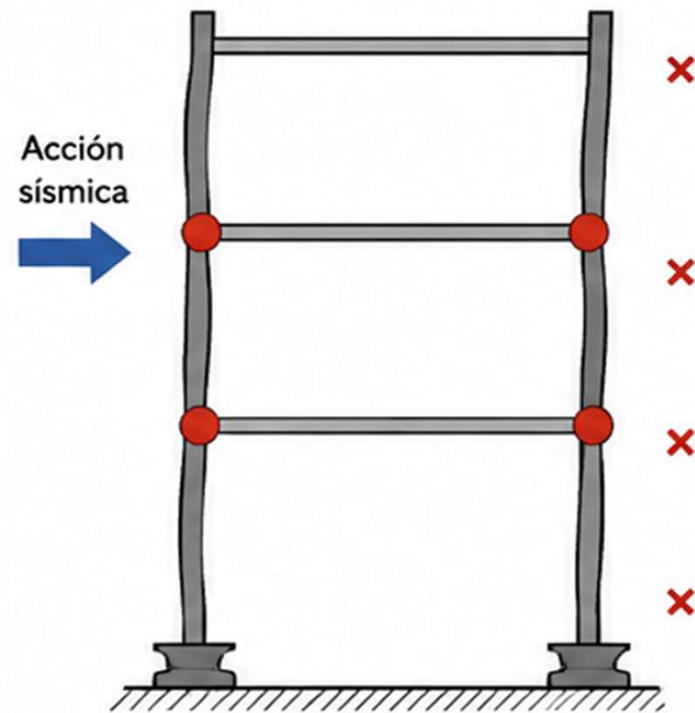
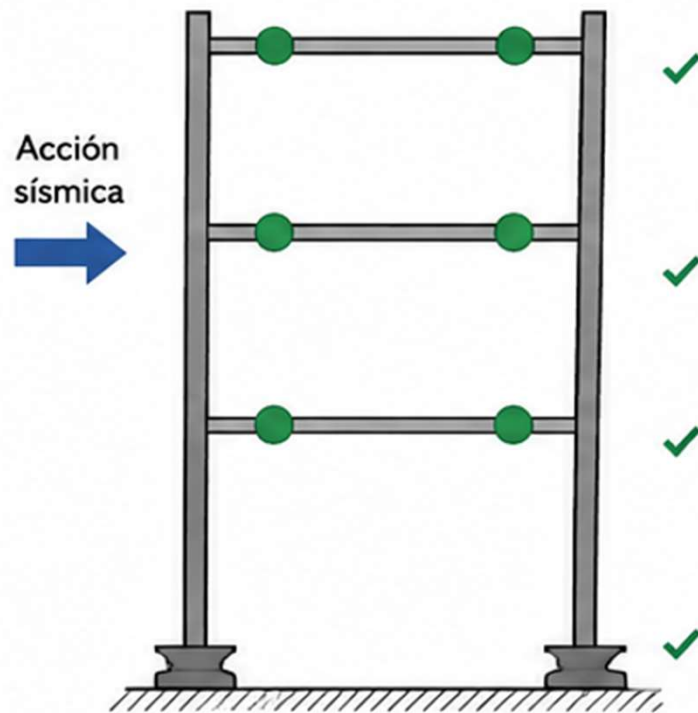
Ecuador se encuentra en una zona de elevada amenaza sísmica.

Las estructuras deben diseñarse para soportar cargas gravitacionales y sísmicas.

El diseño moderno busca evitar el colapso estructural durante terremotos severos.



Filosofía “Columna fuerte-Viga débil”



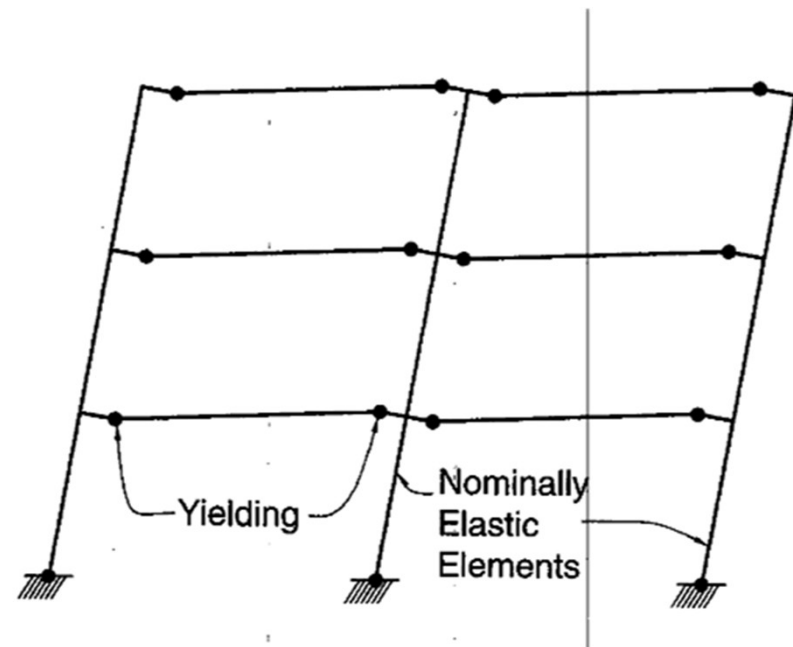
Pórticos resistentes a momento

Diseñados para zonas de alta amenaza sísmica

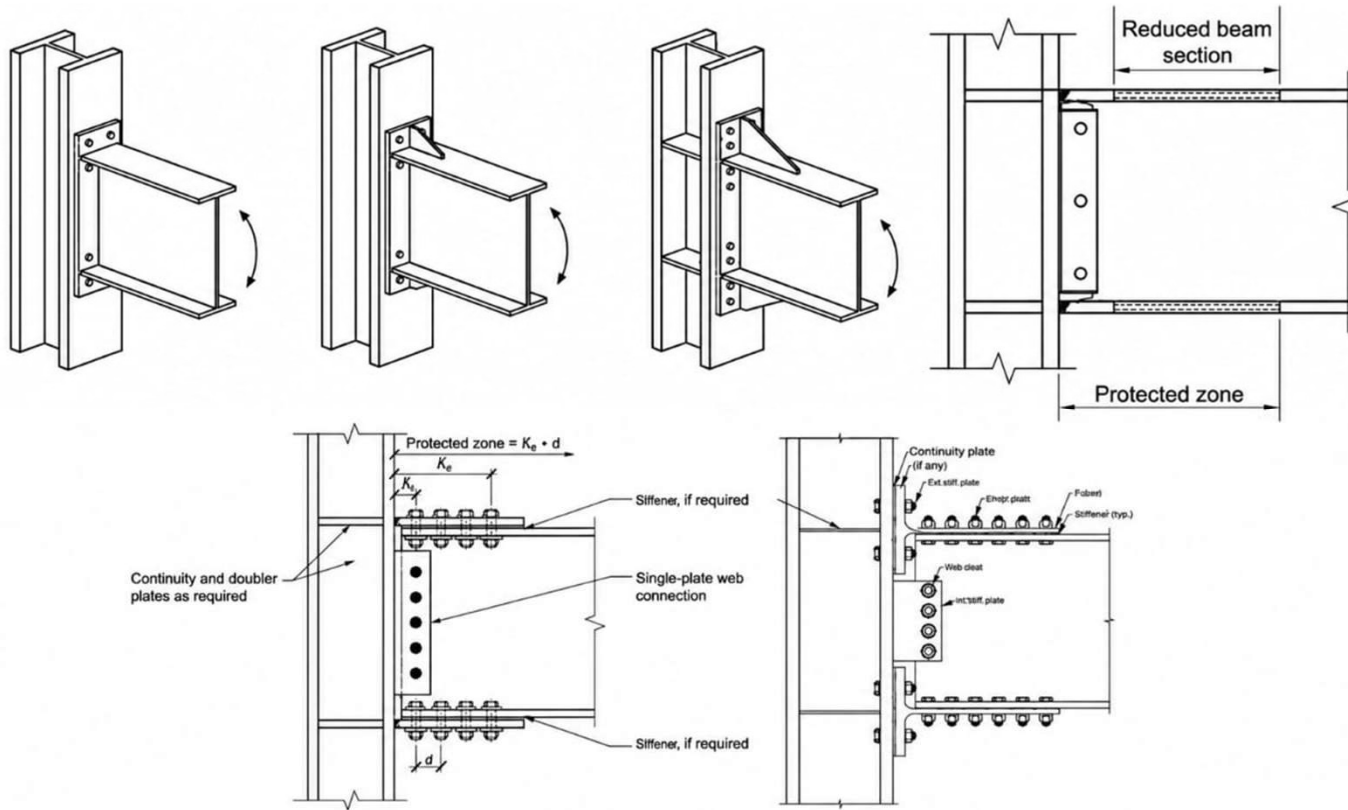
Alta ductilidad estructural

Gran capacidad de disipación de energía

Cumplen requisitos establecidos por la AISC 341



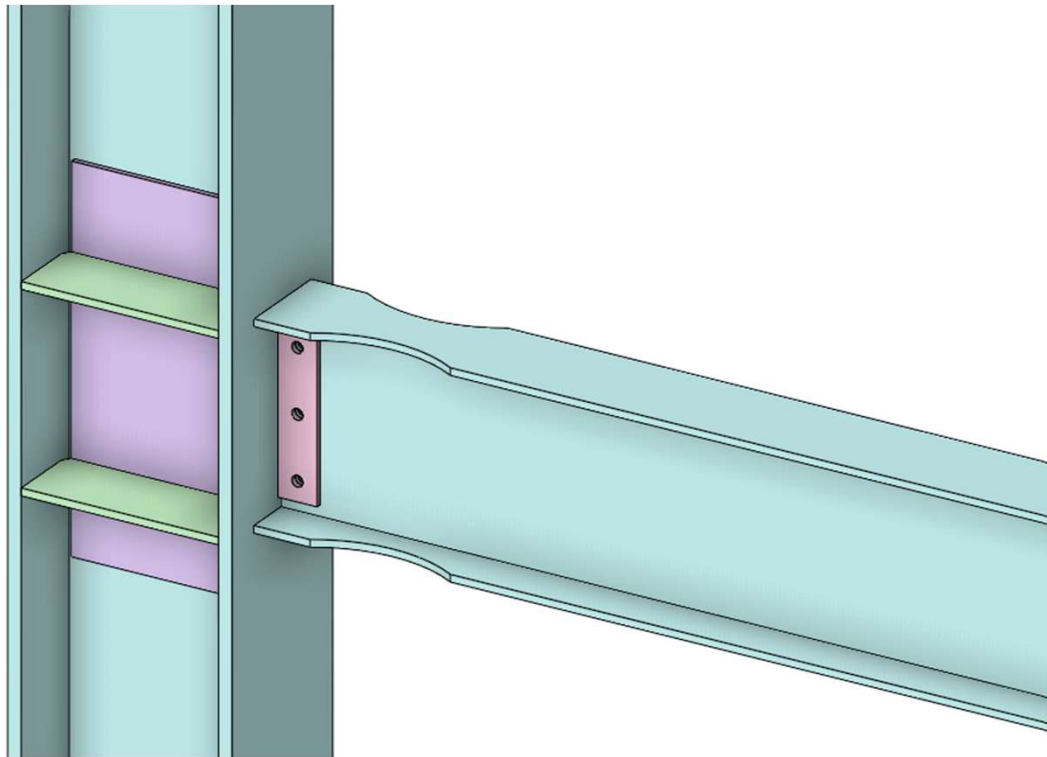
Norma AISC 358



La normativa AISC 358 proporciona los criterios para el diseño, fabricación y uso de conexiones precalificadas

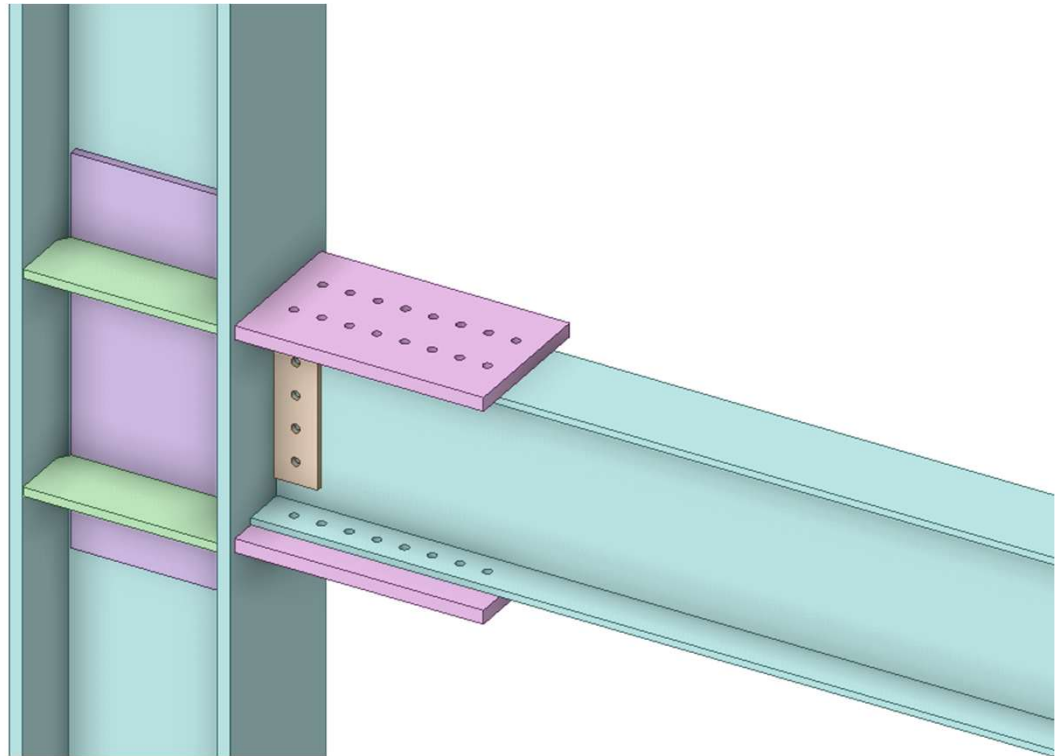
Conexión Reduced Beam Section

Conexión donde se reduce la sección de la viga para que la rótula plástica se forme lejos de la columna



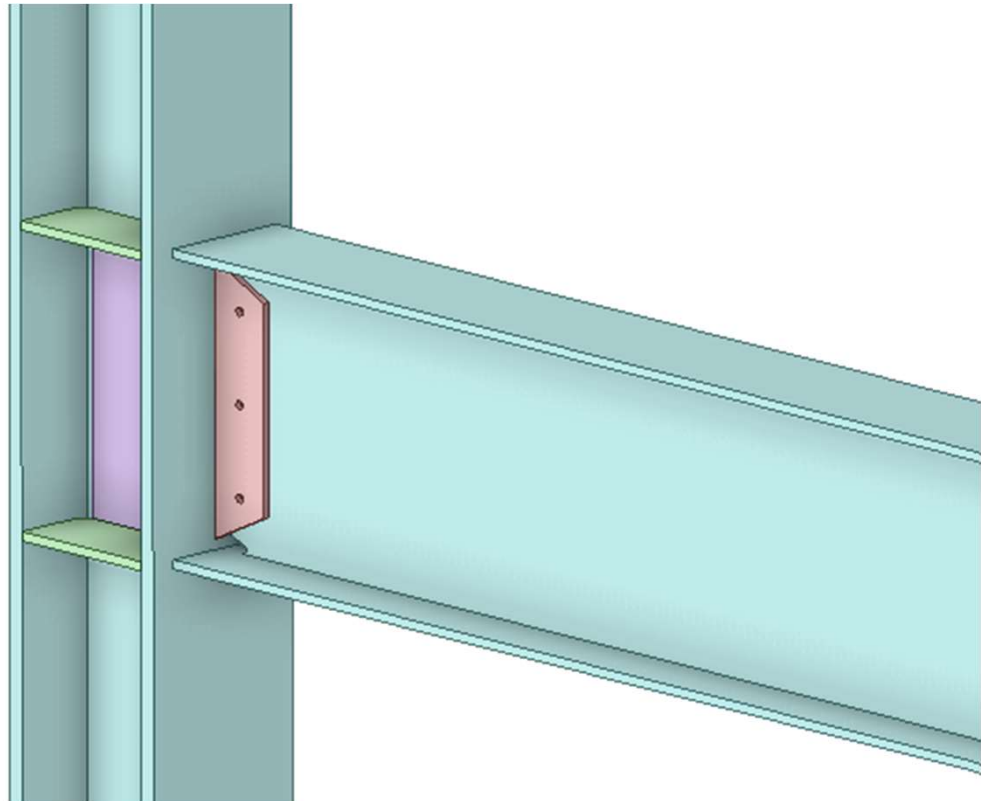
Conexión Bolted Flange Plate

Conexión con las alas
soldadas a la columna y
alma unida mediante
pernos



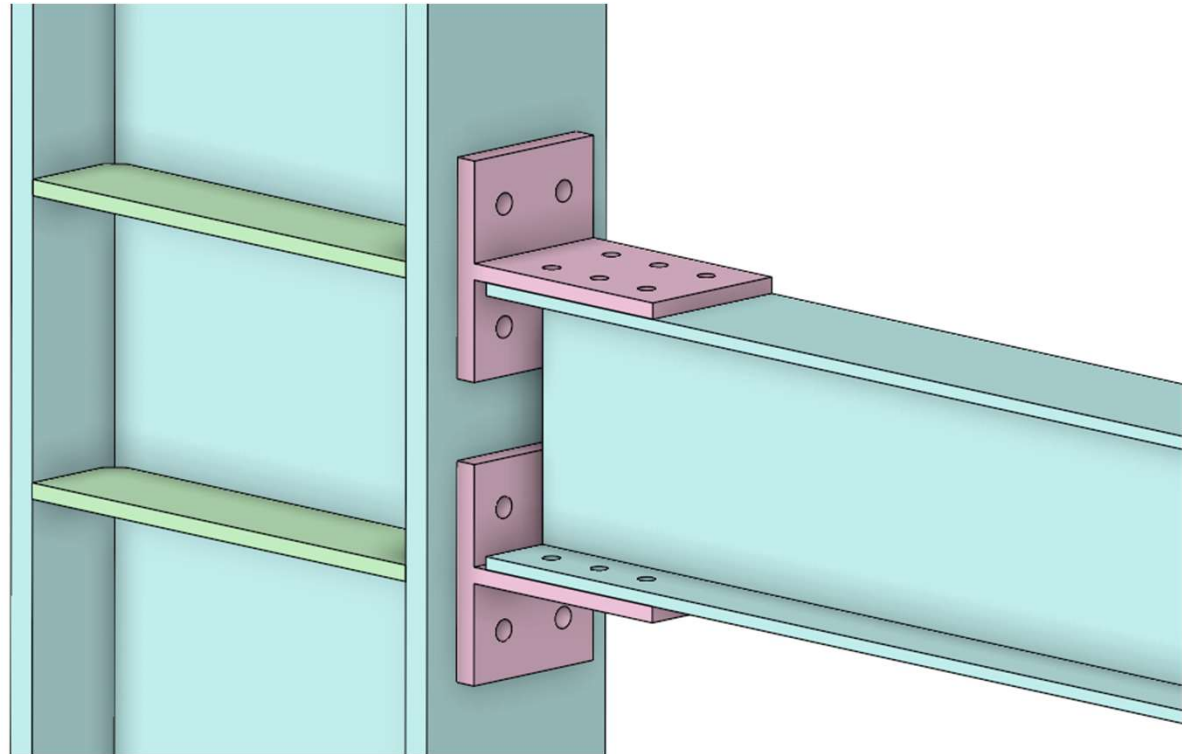
Conexión Welded Unreinforced Flange-Bolted Web

Conexión con alas soldadas a la columna y alma unida mediante pernos



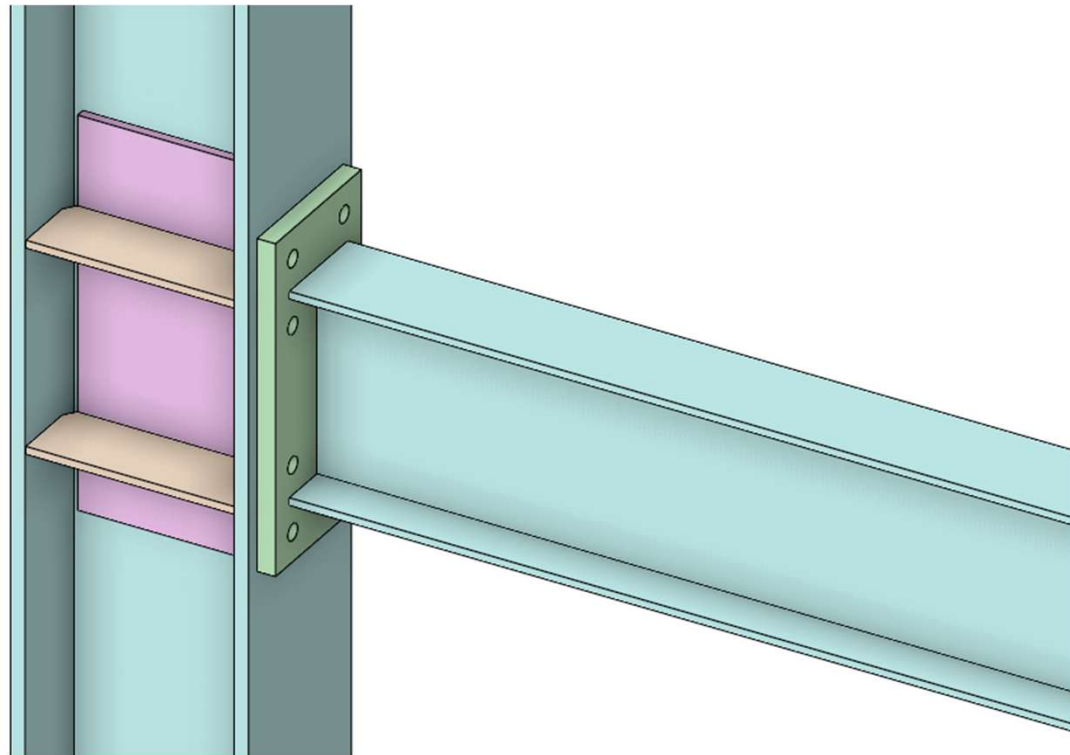
Conexión Double Tee

Conexión que emplea
perfiles en forma de T
soldados a la columna



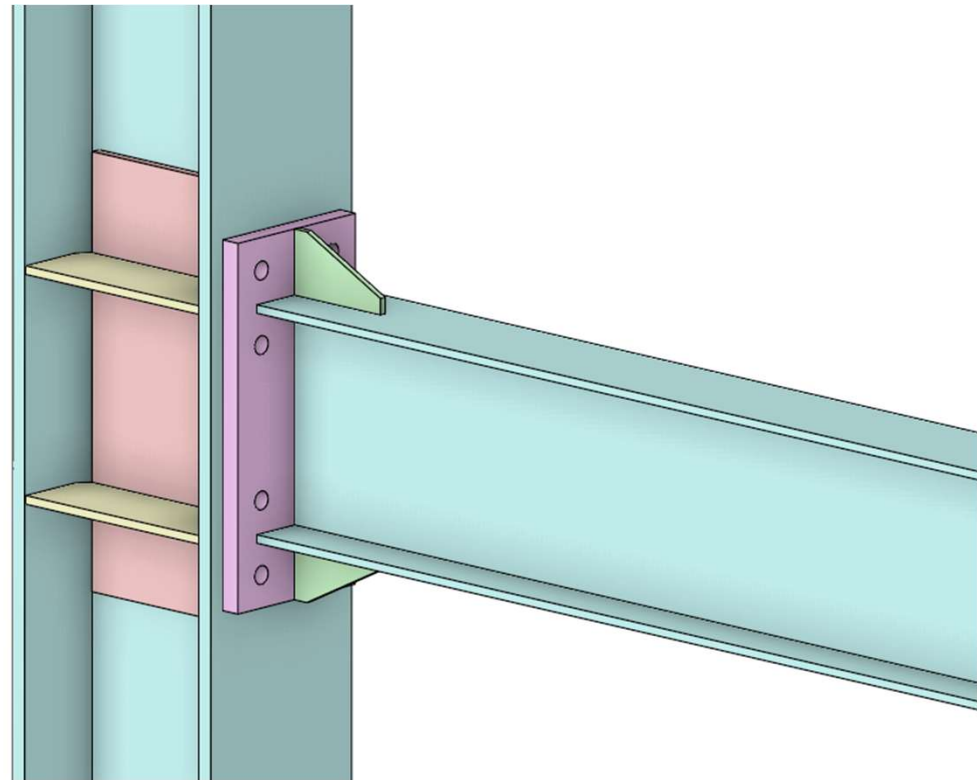
Conexión Bolted Unstiffened Extended End Plate

Conexión con una
placa de extremo
extendida atornillada
a la columna, sin
rigidizadores



Conexión Bolted Stiffened Extended End Plate

Conexión con una placa de extremo extendida atornillada a la columna, incorpora rigidizadores para aumentar resistencia





04

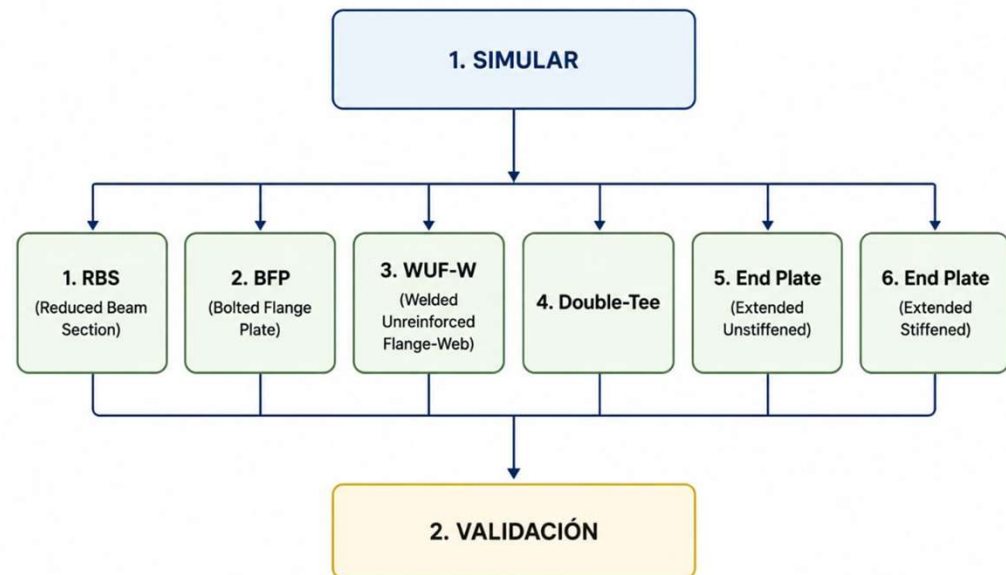
OBJETIVOS

SIMULACIÓN COMPUTACIONAL

OBJETIVO GENERAL

Validar mediante simulación computacional en el entorno de simulación ANSYS que las conexiones precalificadas especificadas en la norma AISC 358 cumplen con la formación de la rótula plástica en la zona prevista de la viga, garantizando la disipación de energía por fluencia del acero.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS





05

SIMULACIÓN Y VALIDACIÓN NUMÉRICA

ANSYS

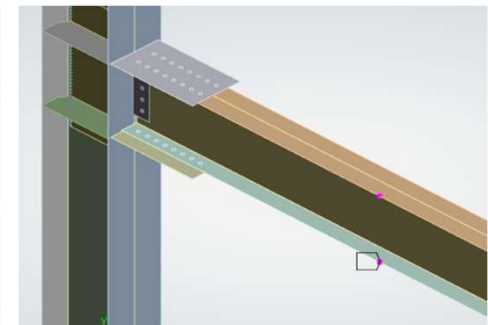
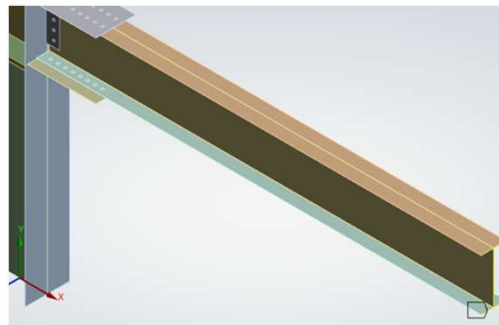
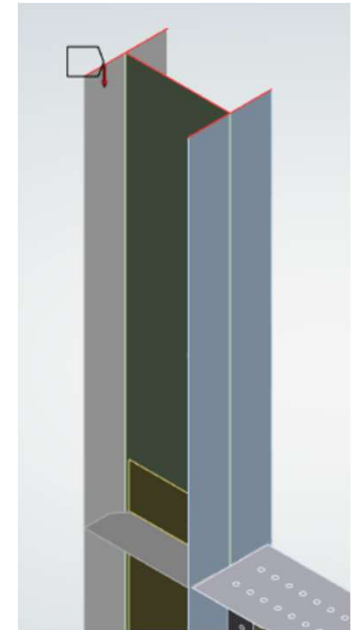
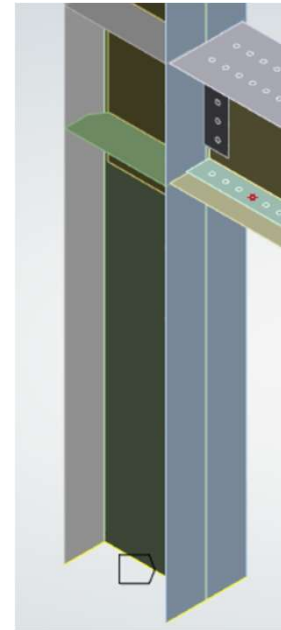
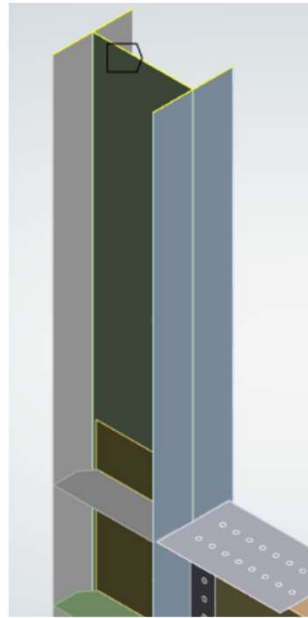
Selección del Software de simulación

Un software de ingeniería asistida por computador que utiliza el método de elementos finitos para realizar análisis numéricos



Modelo estructural y condiciones de frontera

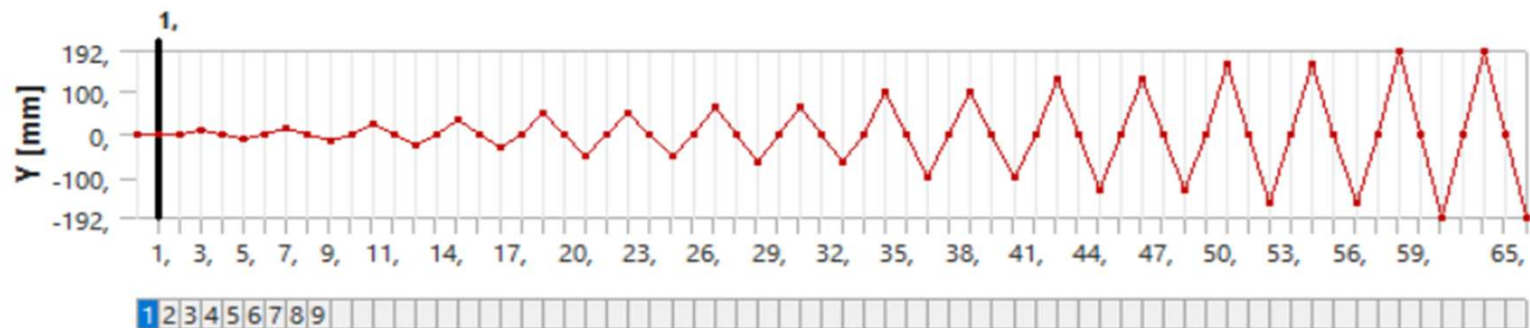
- Restricción en la columna
- Aplicación de la carga
- Interacción entre componentes
- Análisis no lineal



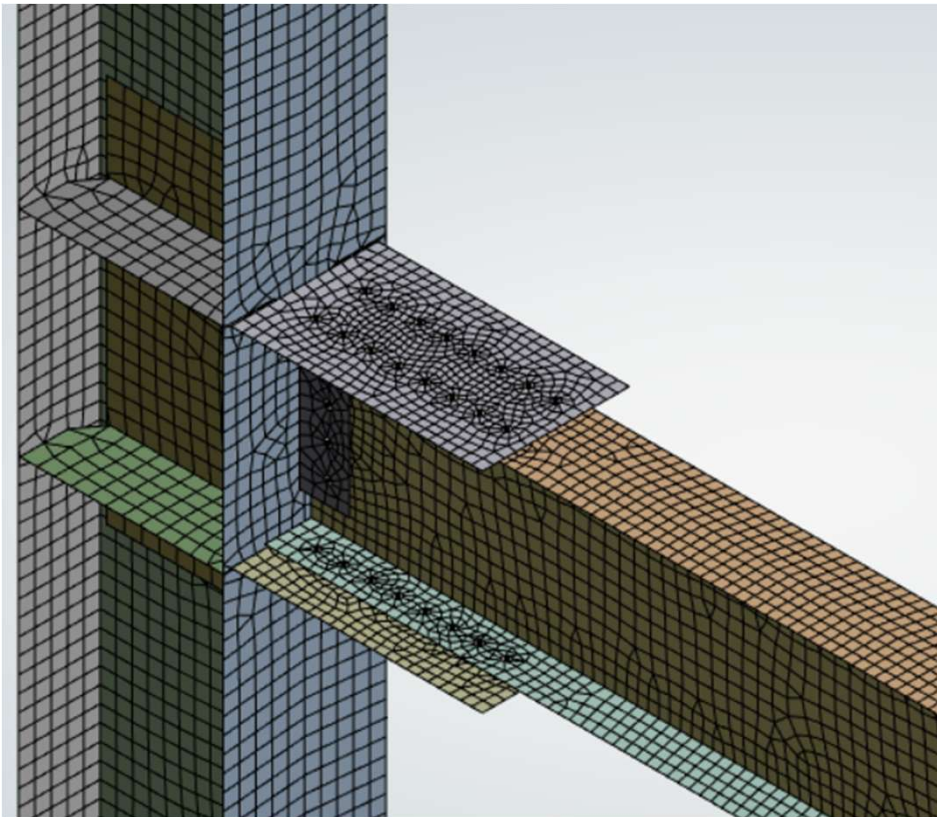
Protocolo de desplazamiento

- Conformado por 64 steps
- Conforme AISC 341-22

Step	Ciclo	Step	Ciclo	Step	Ciclo	Step	Ciclo
1	0	17	0	33	0	49	0
2	8,7	18	34,8	34	69,6	50	115,9
3	0	19	0	35	0	51	0
4	-8,7	20	-34,8	36	-69,6	52	-115,9
5	0	21	0	37	0	53	0
6	11,6	22	34,8	38	69,6	54	115,9
7	0	23	0	39	0	55	0
8	-11,6	24	-34,8	40	-69,6	56	-115,9
9	0	25	0	41	0	57	0
10	17,4	26	46,4	42	92,7	58	139,1
11	0	27	0	43	0	59	0
12	-17,4	28	-46,4	44	-92,7	60	-139,1
13	0	29	0	45	0	61	0
14	23,2	30	46,4	46	92,7	62	139,1
15	0	31	0	47	0	63	0
16	-23,2	32	-46,4	48	-92,7	64	-139,1



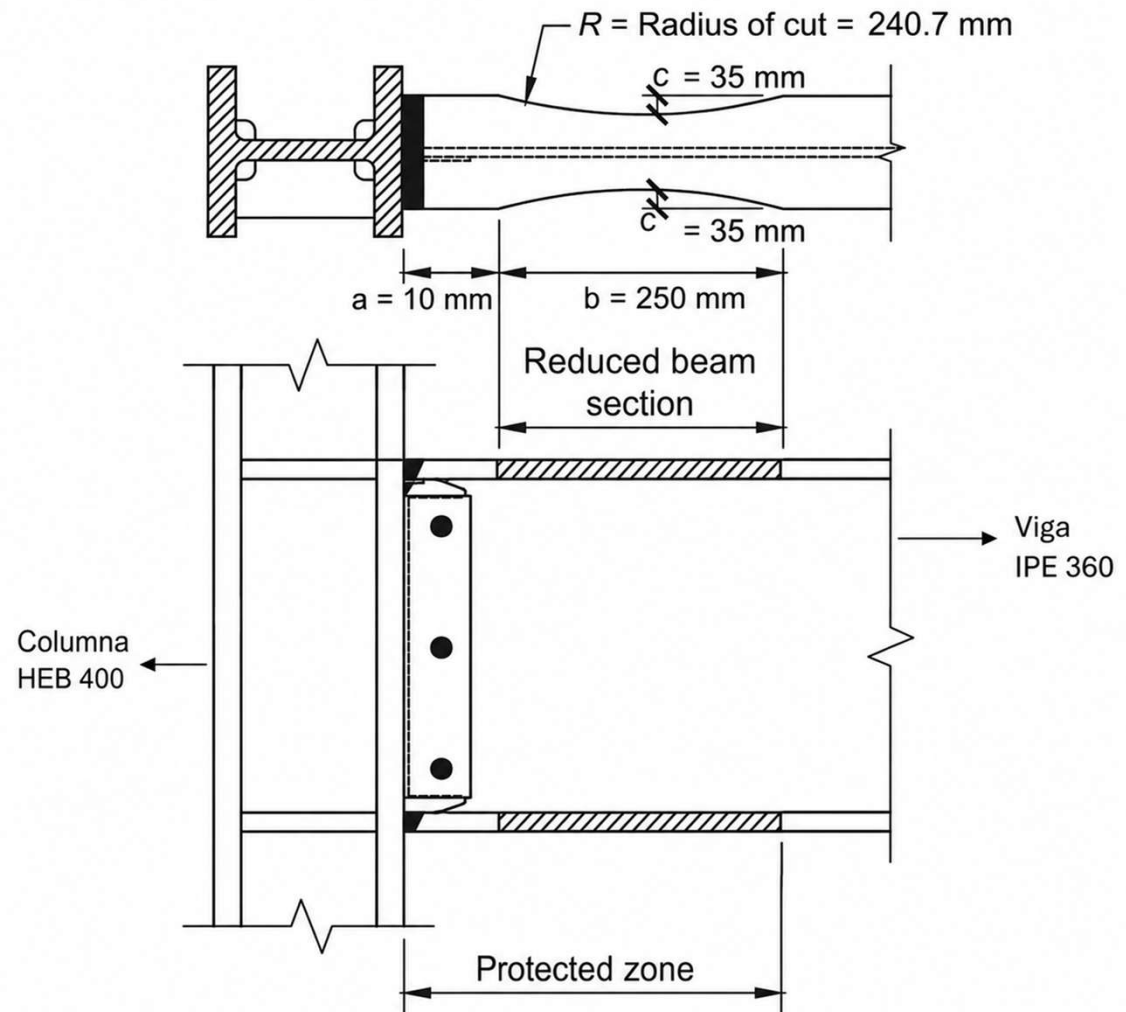
Discretización de la geometría/ Calidad de la malla



Shell

Details of "Mesh"	
⊕ Sizing	
⊖ Quality	
Check Mesh Quality	Yes, Errors
Error Limits	Aggressive Mechanical
☐ Target Element Quality	Default (0,1)
Smoothing	Medium
Mesh Optimization	No
Mesh Metric	Element Quality
☐ Min	0,17071
☐ Max	1,
☐ Average	0,96218
☐ Standard Deviation	8,0425e-002

Geometría conexión RBS



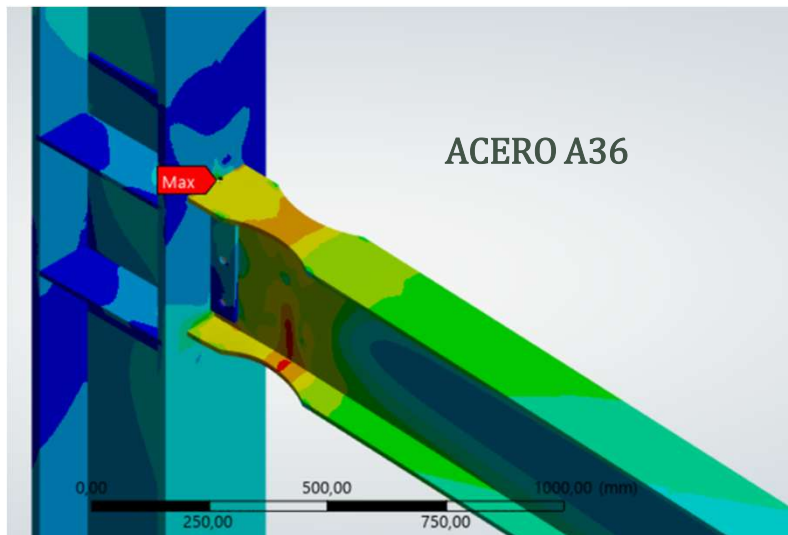
CONEXIÓN RBS

380.72 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.116 mm/mm

Deformación máxima

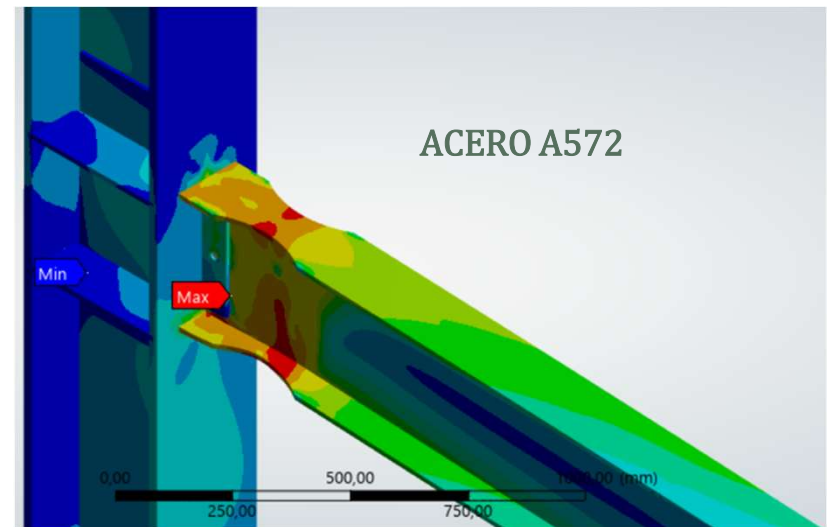


449.2 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.2310 mm/mm

Deformación máxima

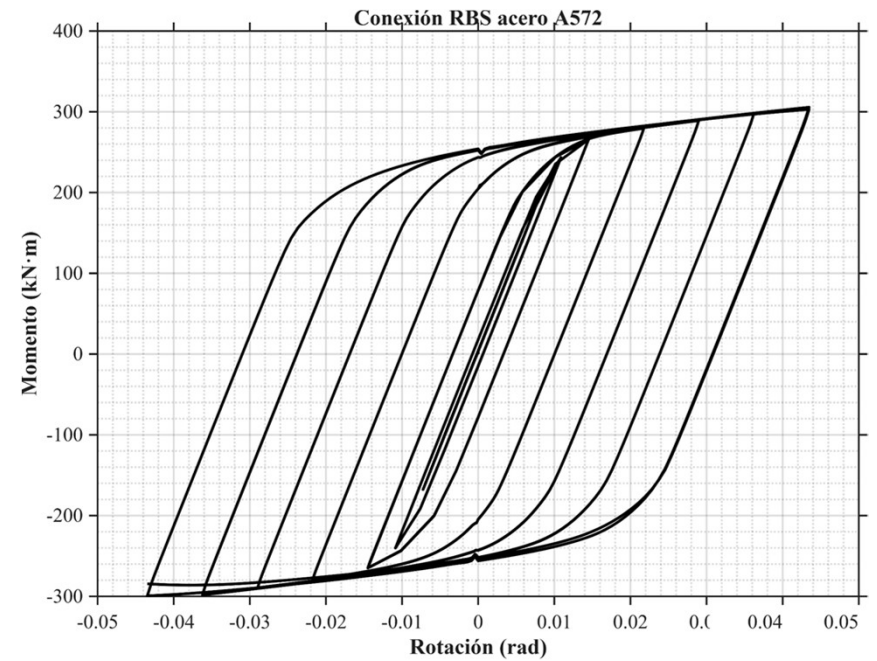
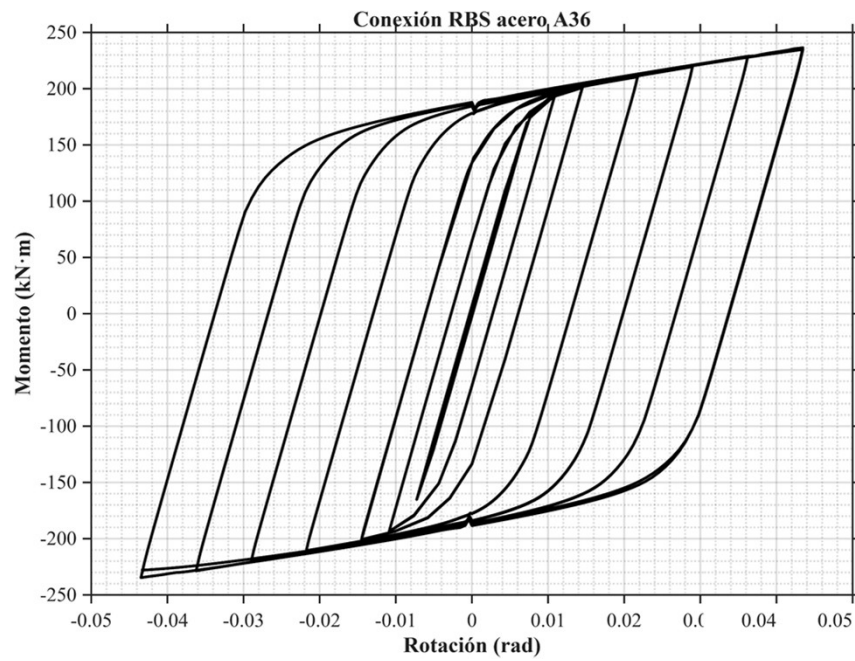


CONEXIÓN RBS

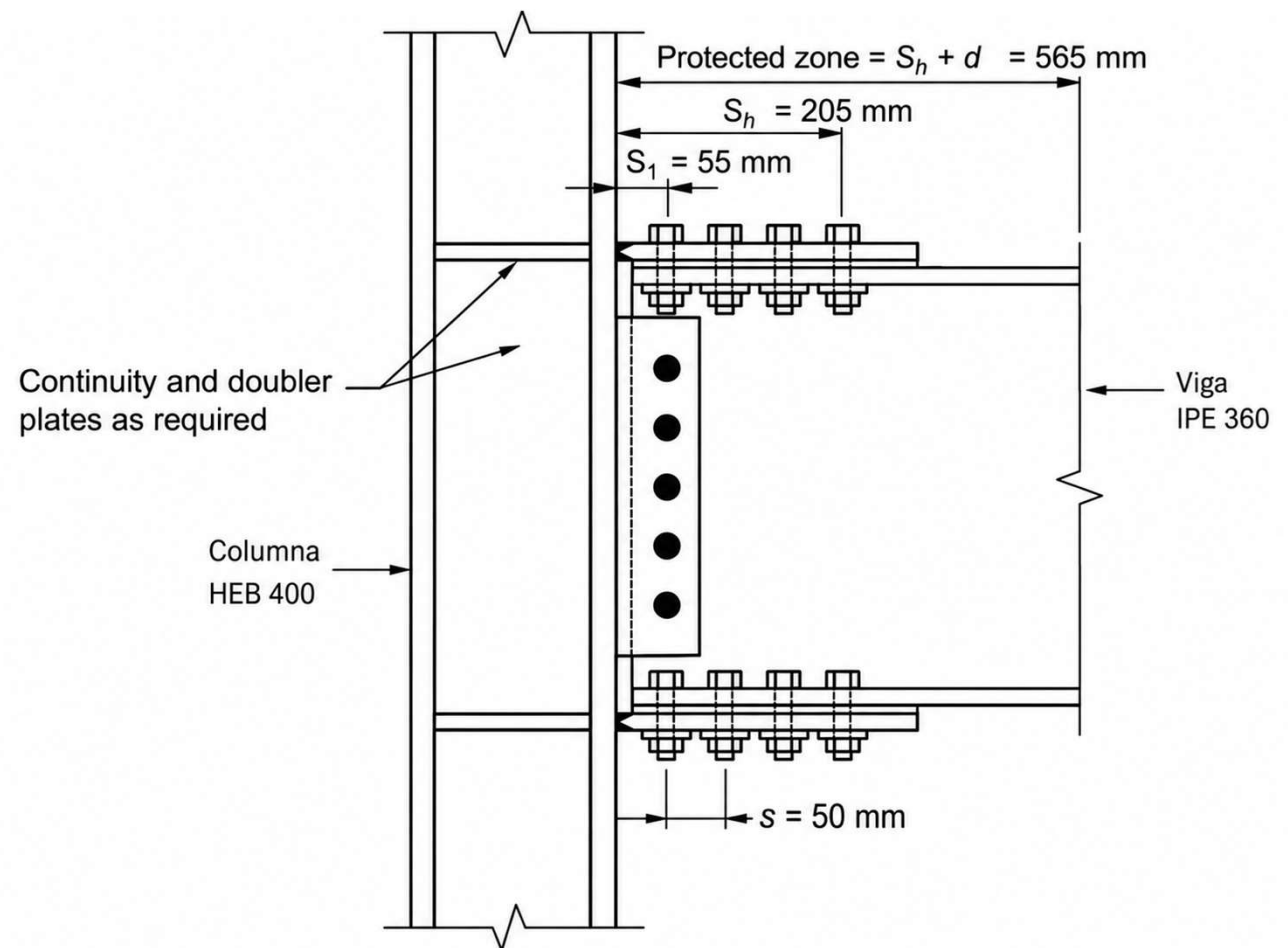
ACERO A36

Curvas de histéresis

ACERO A572



Geometría conexión BFP



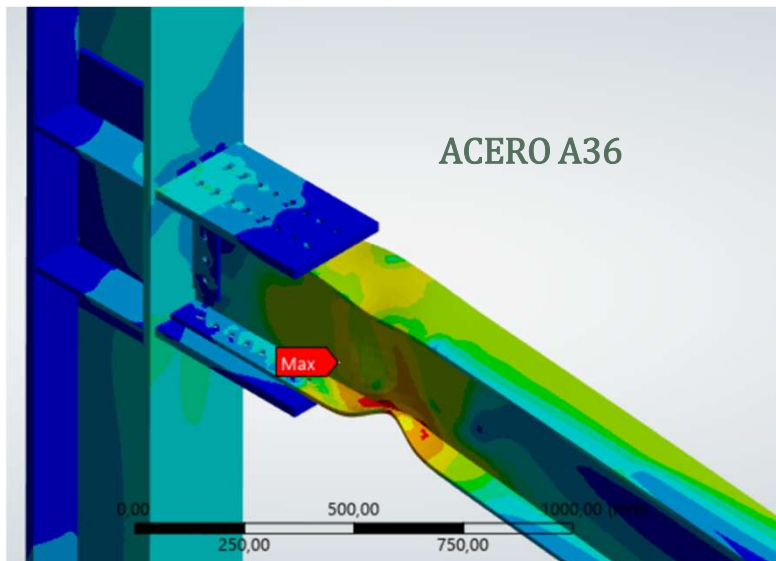
CONEXIÓN BFP

393.84 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.186 mm/mm

Deformación máxima

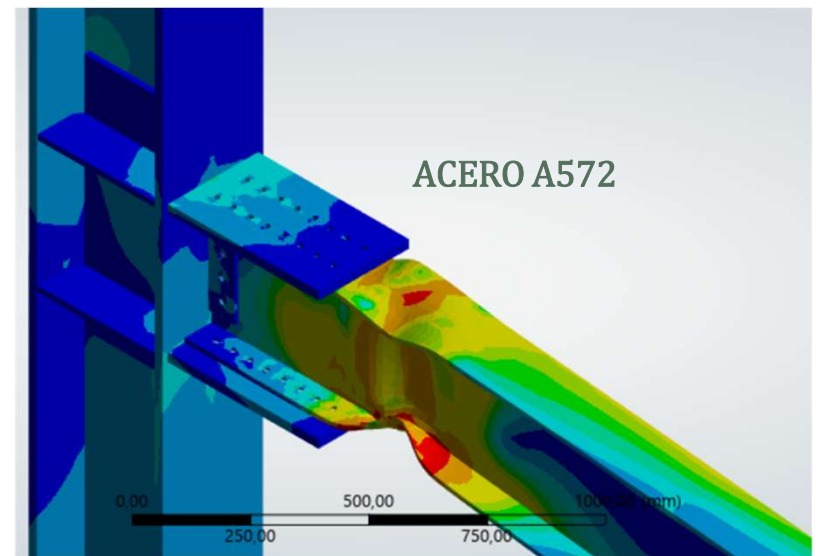


448.14 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.3913 mm/mm

Deformación máxima

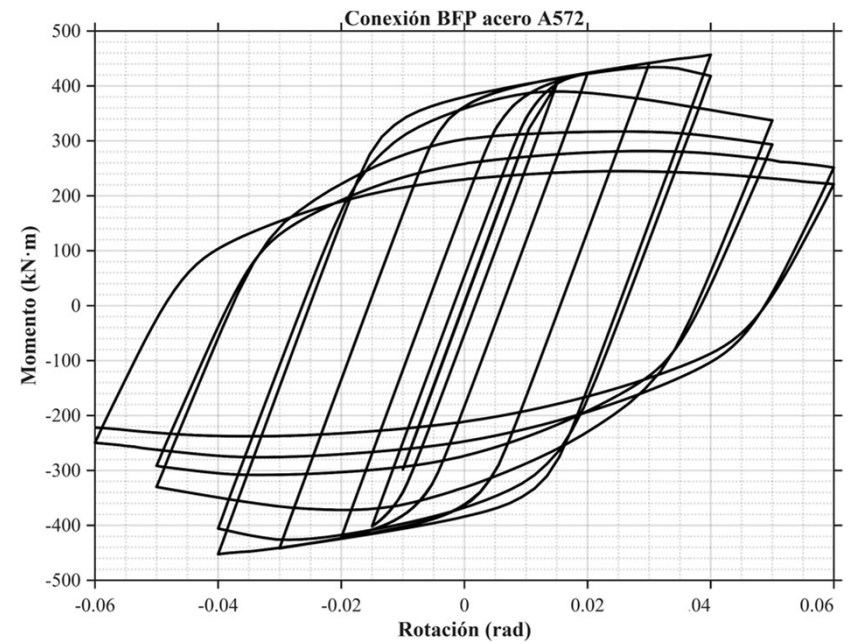
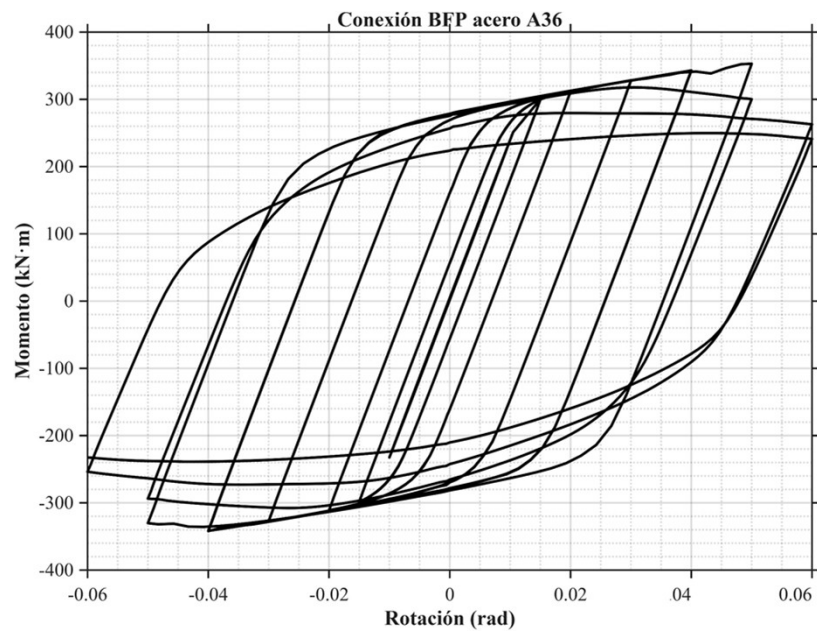


CONEXIÓN BFP

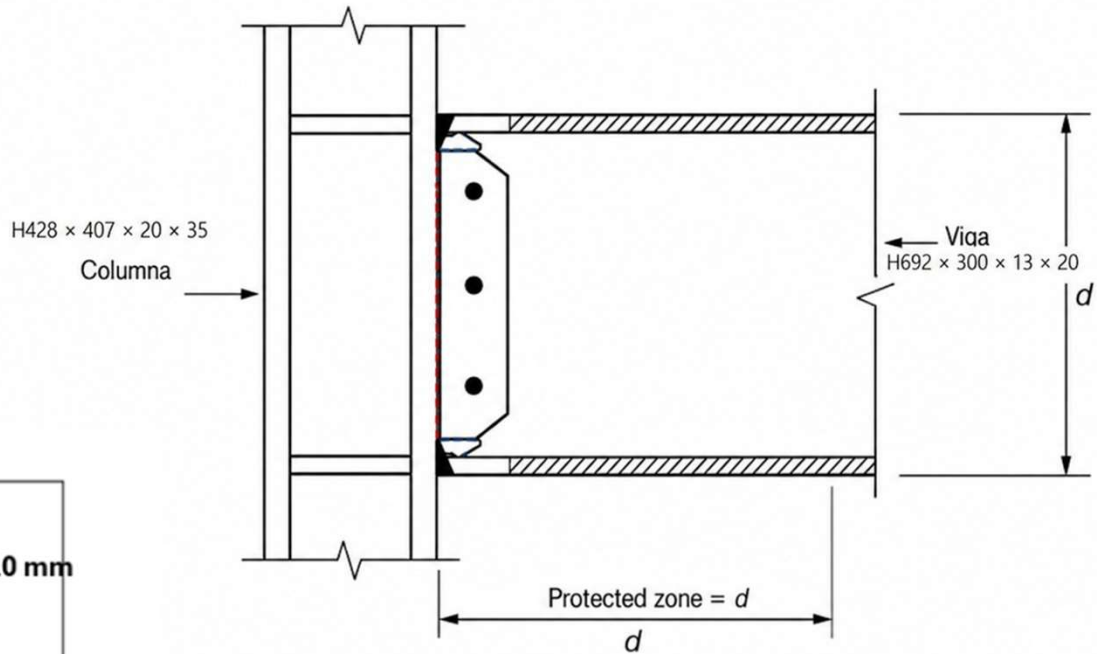
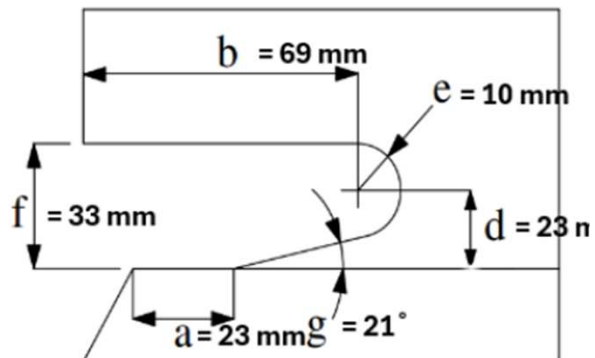
ACERO A36

Curvas de histéresis

ACERO A572



Geometría conexión WUF



Para la viga:

Altura = 692 mm, ancho de ala = 300 mm,
espesor de alma = 13 mm, espesor de ala = 20 mm

Para la columna:

Altura = 428 mm, ancho = 407 mm,
espesor de alma = 20 mm, espesor de ala = 35 mm

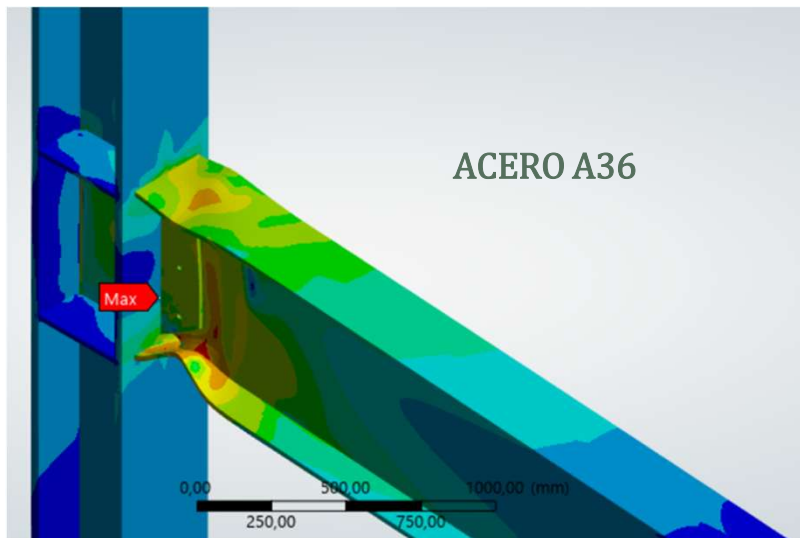
CONEXIÓN WUF-W

399.47 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.1517 mm/mm

Deformación máxima

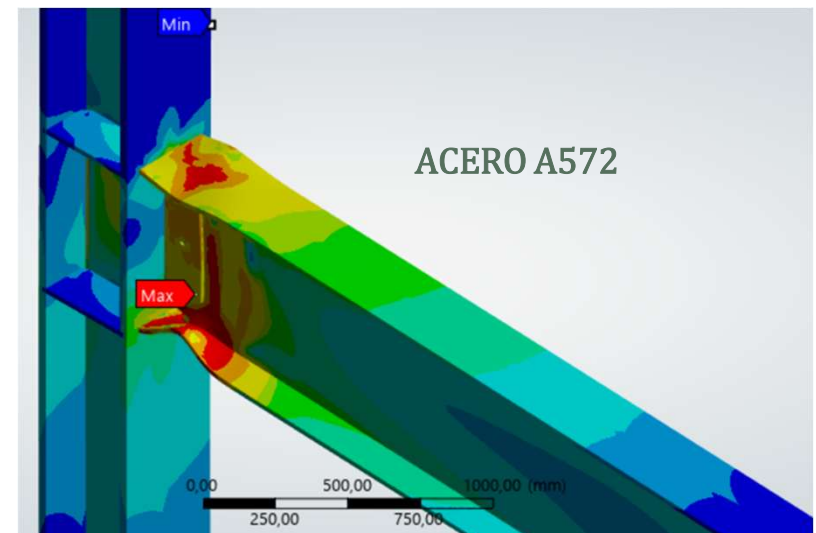


449.4 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.2832 mm/mm

Deformación máxima

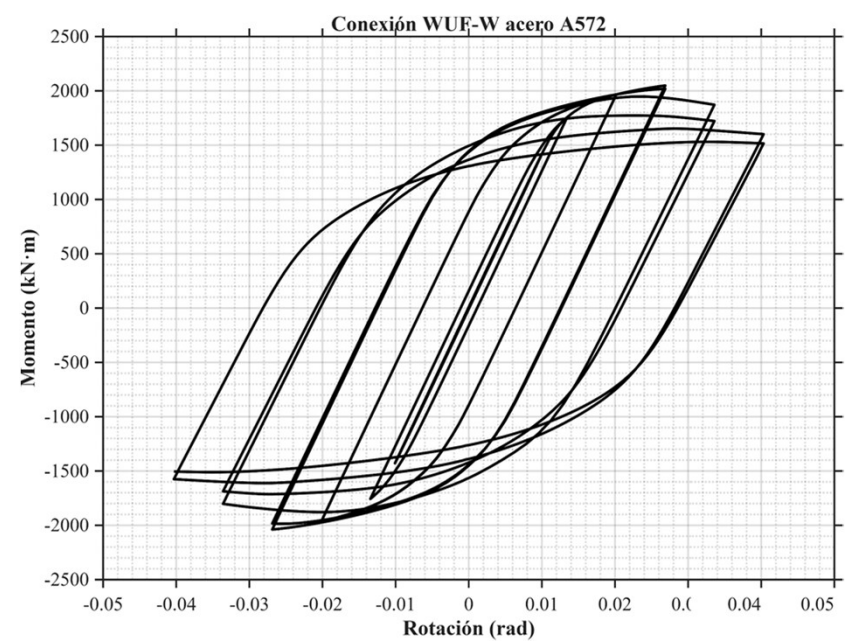
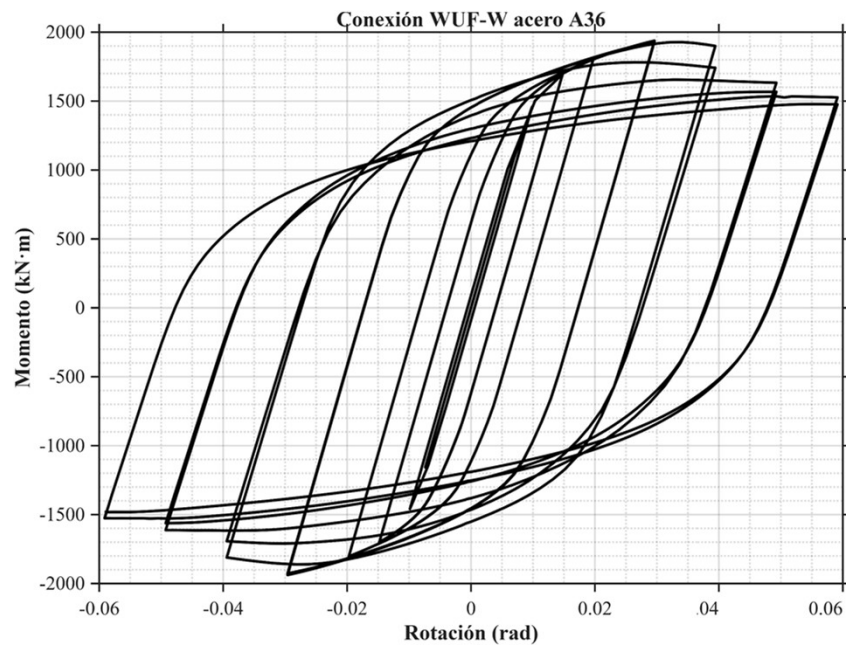


CONEXIÓN WUF-W

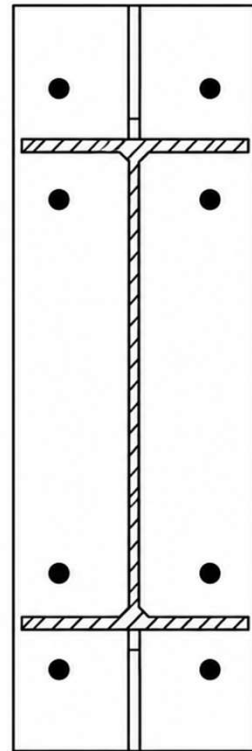
ACERO A36

Curvas de histéresis

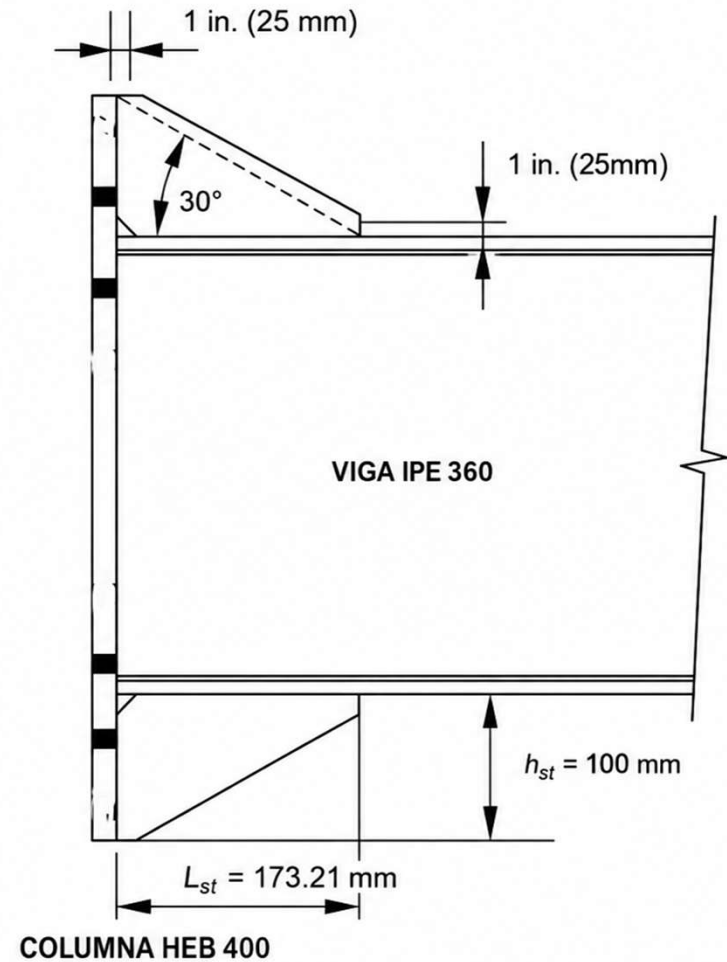
ACERO A572



Geometría conexión BUEEP Y BSEEP



COLUMNA HEB 400



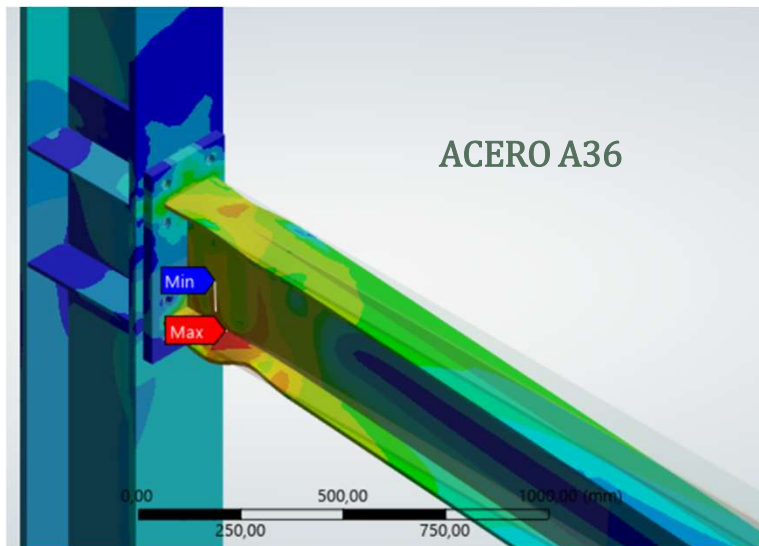
CONEXIÓN BUEEP

390.87 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.2042 mm/mm

Deformación máxima

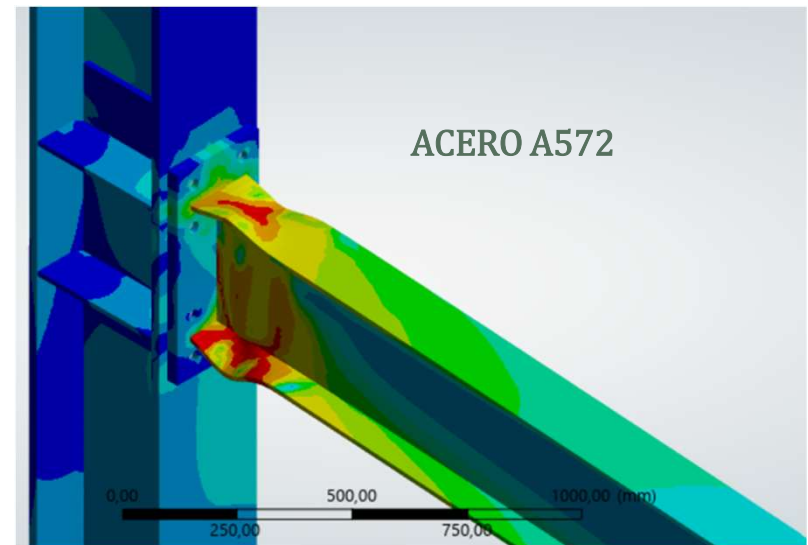


449.01 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.3619 mm/mm

Deformación máxima

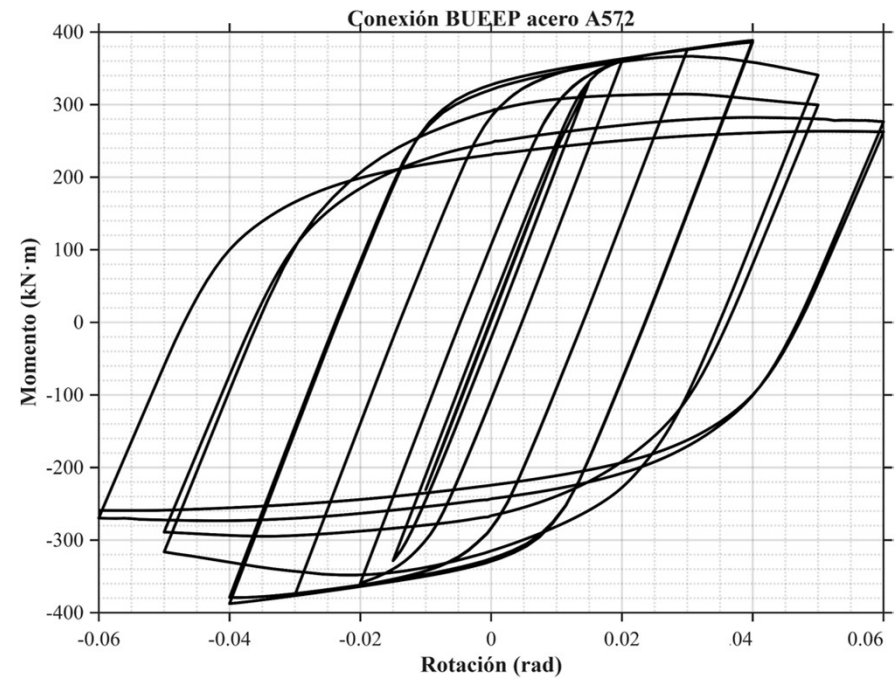
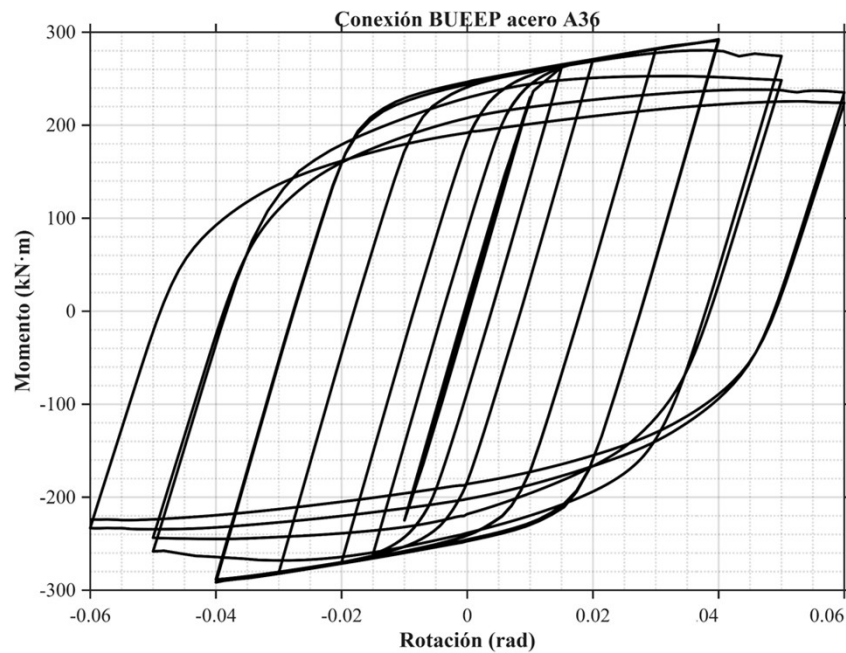


CONEXIÓN BUEEP

ACERO A36

Curvas de histéresis

ACERO A572



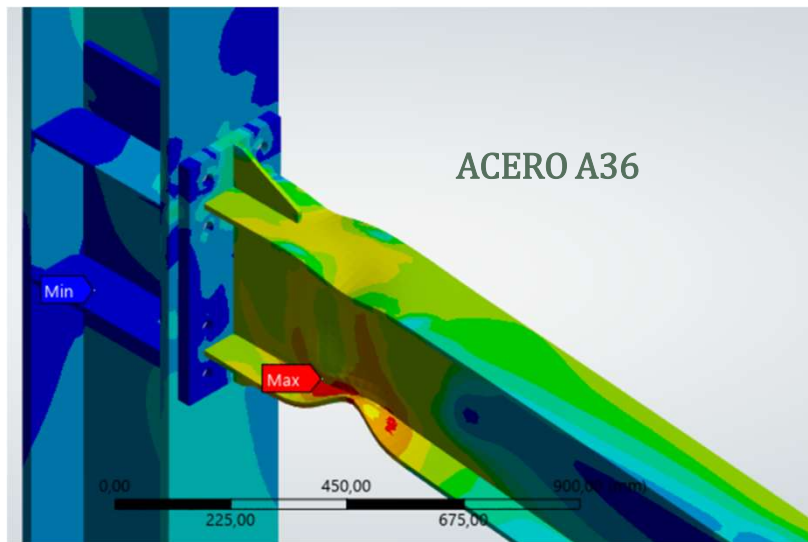
CONEXIÓN BSEEP

388.73 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.195 mm/mm

Deformación máxima

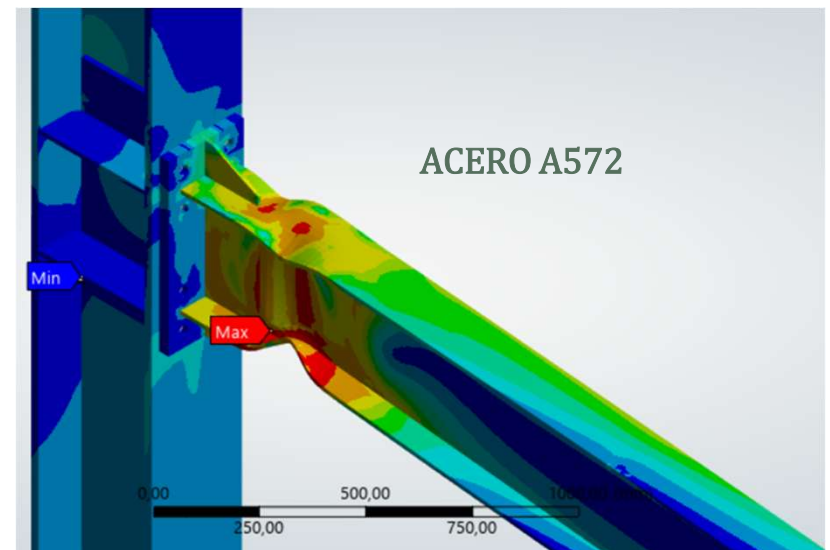


442.31 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.3209 mm/mm

Deformación máxima



CONEXIÓN BSEEP

ACERO A36

Curvas de histéresis

ACERO A572

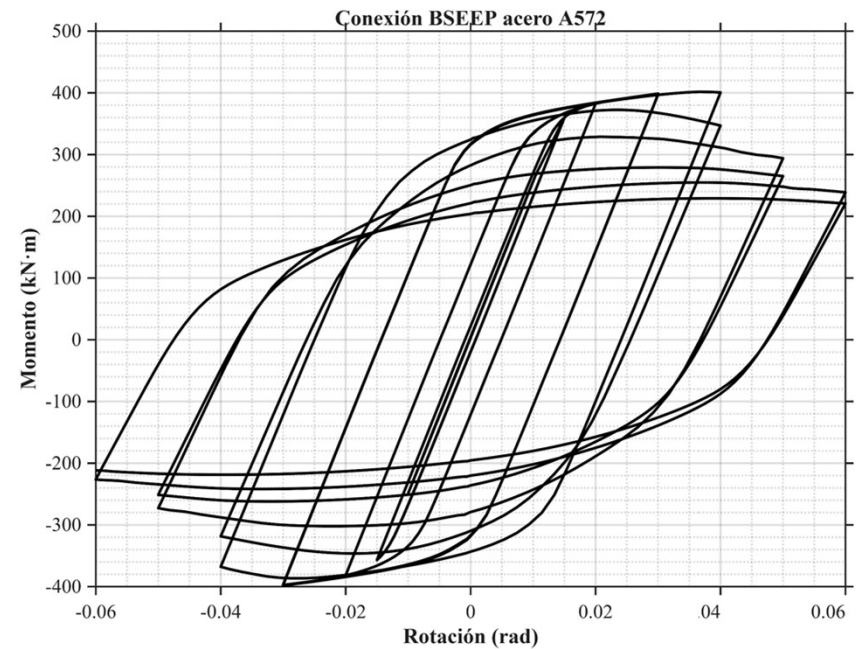
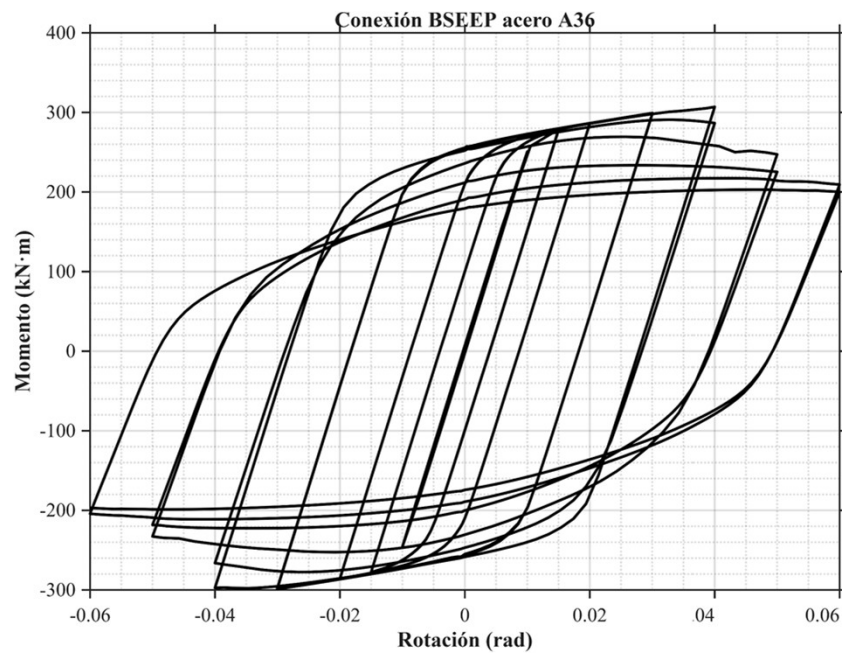


Figure 1 shows the details of the beam-to-column connection. (a) Front view of the column showing the beam connection details. (b) Side view of the column showing the beam connection details. (c) Detail view of the outer shim plate. (d) Detail view of the H350x200x10x16 beam.

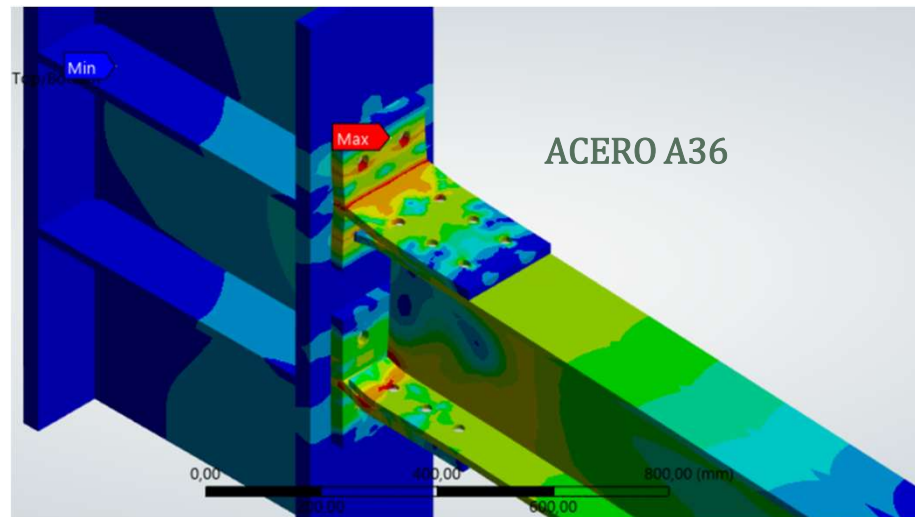
CONEXIÓN DOUBLE TEE

400.69 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.6302 mm/mm

Deformación máxima

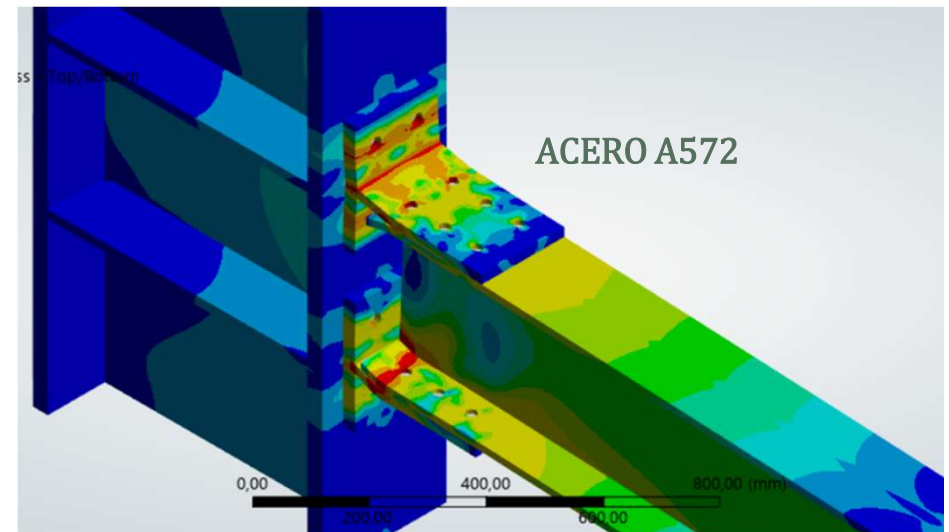


450 MPa

Esfuerzo equivalente máximo
de Von Mises

0.756 mm/mm

Deformación máxima

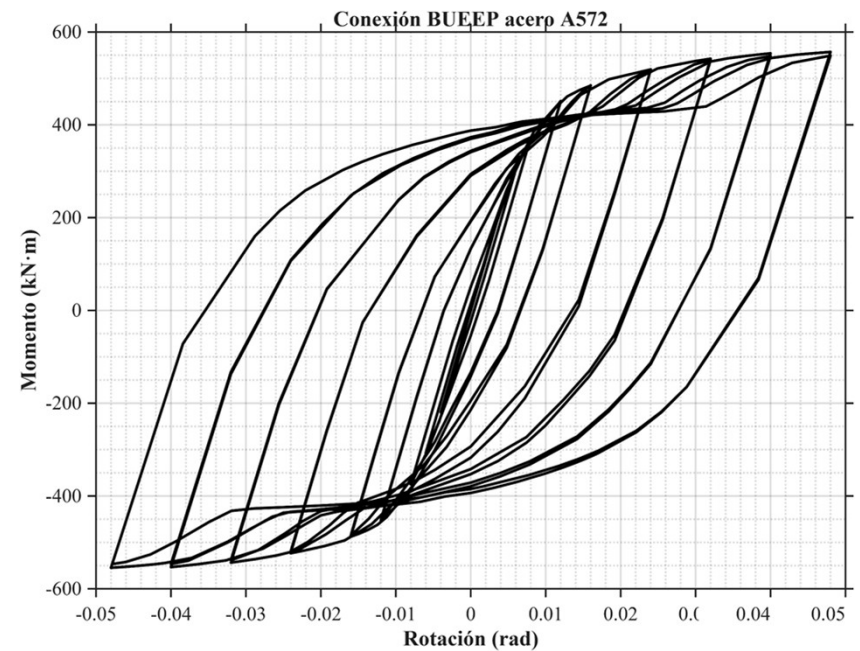
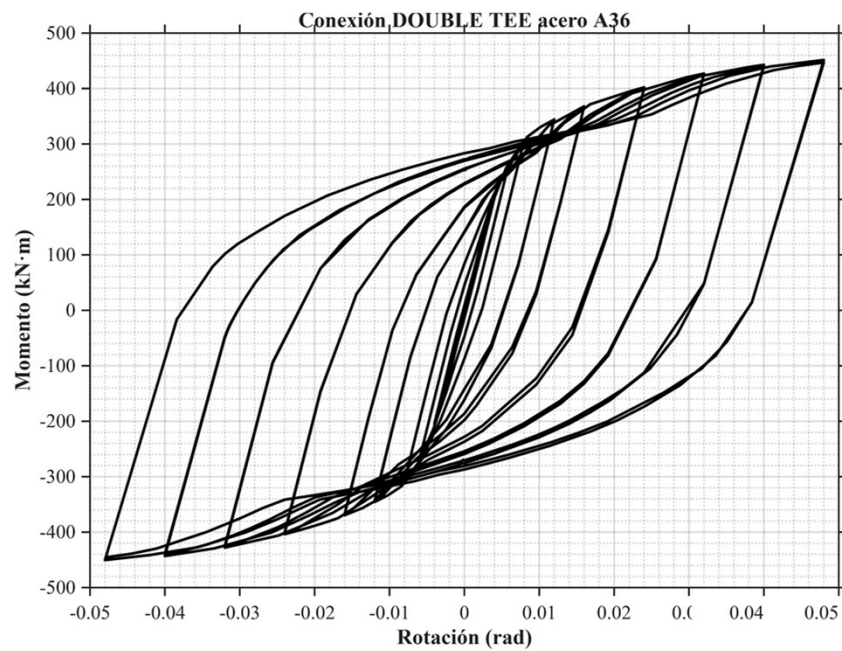


CONEXIÓN DOUBLE TEE

ACERO A36

Curvas de histéresis

ACERO A572





06

RESULTADOS

VALIDACIÓN NUMÉRICA

Tabla de resultados

Material	Criterio de evaluación	WUF-W	RBS	BFP	BUEEP	BSEEP	Double Tee
Acero ASTM A36	Momento máximo alcanzado en la rótula plástica [kN.m]	1938,13	236,41	352,95	292,28	306,93	451,43
	Rotación alcanzada [rad]	0,06	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06
Acero ASTM A572	Momento máximo alcanzado en la rótula plástica [kN.m]	2049,04	306	456,87	388,5	401,73	557,06
	Rotación alcanzada [rad]	0,04	0,04	0,06	0,06	0,06	0,05



07

CONCLUSIONES

- La simulación de la conexión Bolted Flange Plate demostró un comportamiento estable bajo carga cíclica alcanzando un momento máximo de 352.95 kN.m con el acero ASTM A36 y una rotación aproximada de ± 0.06 rad, la plastificación se concentró en la zona de la viga cerca de la conexión cumpliendo el criterio de columna fuerte-viga débil establecido por la AISC 358-22.
- La conexión Reduced Beam Section desarrolló la rótula plástica en la sección reducida de la viga, alejando las deformaciones de la cara de la columna, el modelo alcanzó rotaciones de ± 0.06 rad.
- La conexión Welded Unreinforced Flange – Welded Web presentó una respuesta no lineal con distribución de esfuerzos concentrada en las alas soldadas de la viga, alcanzando un momento de resistencia de 1938.13 kN.m con el acero ASTM A36 y una rotación aproximada de ± 0.06 .



DUCTILIDAD



**DISIPACIÓN
DE ENERGÍA**



**PROTECCIÓN
DE LA COLUMNA**



**DESEMPEÑO
SÍSMICO ADECUADO**

- La conexión Double-Tee presentó un comportamiento estable bajo carga cíclica alcanzando un momento máximo de 451.43 kN·m y una rotación de 0.04 rad para el caso del acero ASTM A36. La respuesta momento-rotación evidenció una adecuada capacidad de disipación de energía y el desarrollo de plastificación sin comprometer la integridad de la columna.
- Las conexiones Bolted Unstiffened y Stiffened Extended End Plate alcanzaron momentos de 292.28 y 306.93 kN.m respectivamente, así como una rotación máxima de ± 0.06 rad para los dos casos con el acero ASTM A36, demostrando un comportamiento no lineal estable durante la aplicación del protocolo de carga cíclica. La plastificación se concentró principalmente en la viga mientras que la columna permaneció dentro del rango elástico verificando el mecanismo resistente previsto por la normativa.



DUCTILIDAD



**DISIPACIÓN
DE ENERGÍA**



**PROTECCIÓN
DE LA COLUMNA**

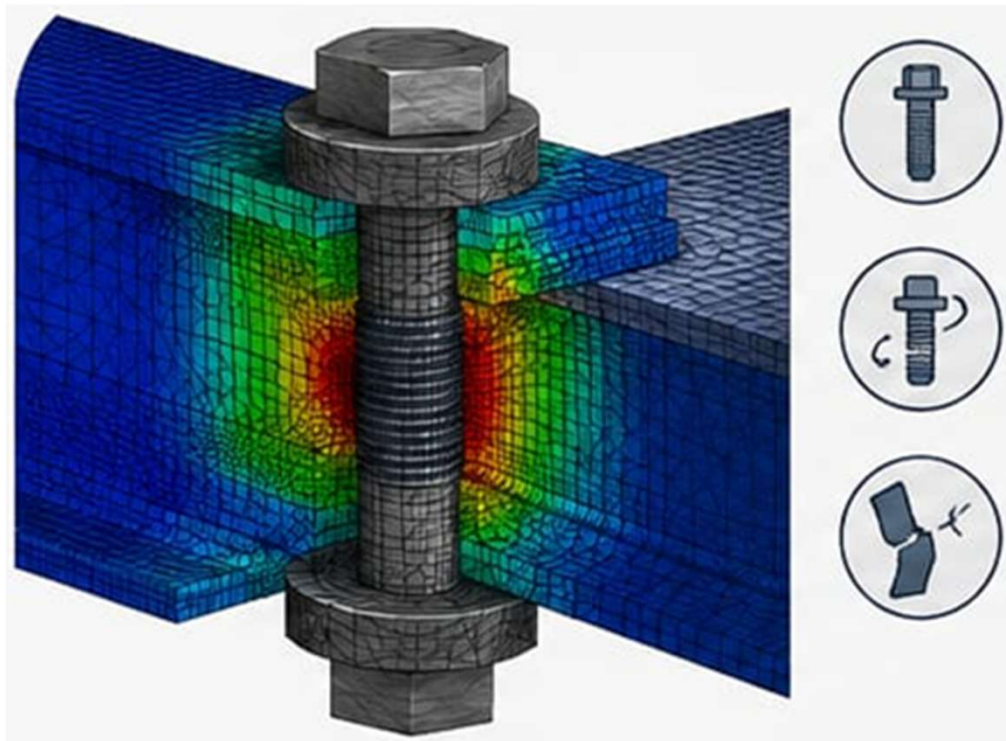


**DESEMPEÑO
SÍSMICO ADECUADO**



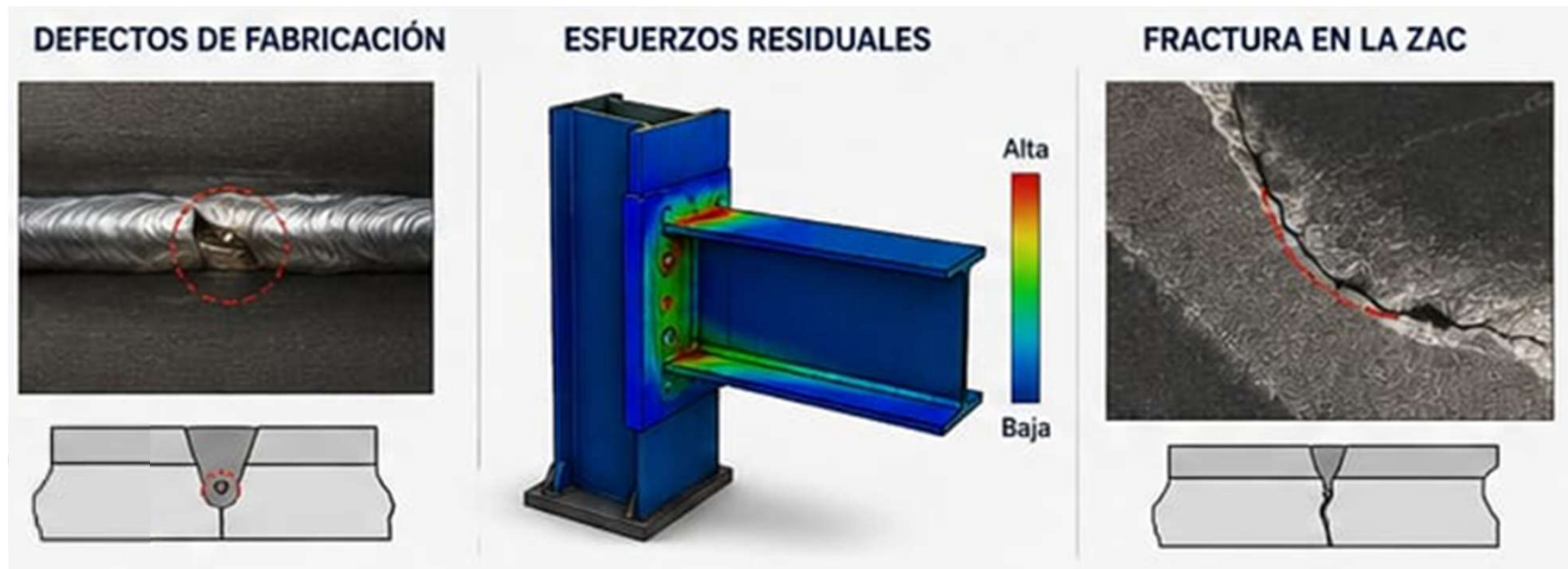
08

RECOMENDACIONES



Análisis local de
comportamiento
de pernos

Análisis de fallas en soldaduras



Análisis con diferentes materiales



Ampliación del estudio de conexiones



GRACIAS!

