

CALIFICACIÓN DE CONEXIONES DE PERFILES I DE ACERO – VIGA CONECTADA AL EJE DÉBIL DE LA COLUMNA

Carolina Andrade García

**Investigación dirigida por:
Ing. Gabriel Valencia Clement**

Universidad Nacional de Colombia

Octubre 2016

Pórticos resistentes a momento (PRM)

El PRM es uno de los sistemas sismo-resistentes más populares. Esto se debe a su alta ductilidad y a las ventajas arquitectónicas que ofrece, al permitir el uso de espacios abiertos.



Pórtico resistente a momento.
Fuente: Design of Seismic-Resistant Steel Building Structures.
2. Moment Resisting Frames. Michael D. Engelhardt. 2007

SISMOS DE NORTHRIDGE (1994) Y KOBE (1995)



Comportamiento de las conexiones metálicas

Al encontrar que el comportamiento de las conexiones de acero no fue el que se esperaba, se inicia una extensa investigación (que continúa aún) de las uniones sísmicas de acero existentes, como también se proponen nuevos tipos de conexiones sismo-resistentes:

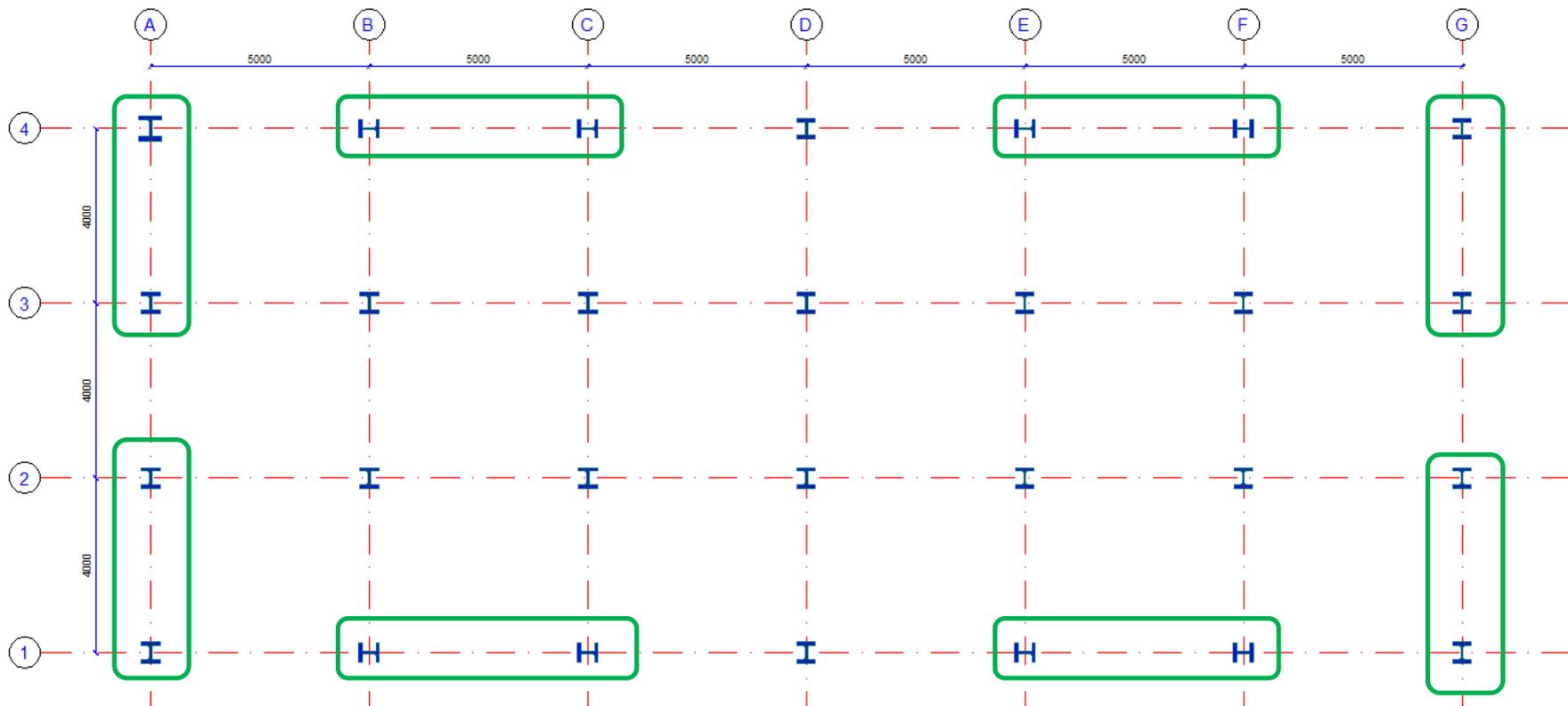
Pórticos resistentes a momentos con capacidad de disipación de energía especial (PRM-DES)

Los (PRM-DES) son diseñados para soportar grandes deformaciones inelásticas cuando están sujetos a fuerzas causadas por sismo.

Las conexiones de este tipo de pórtico deberán cumplir con los siguientes criterios

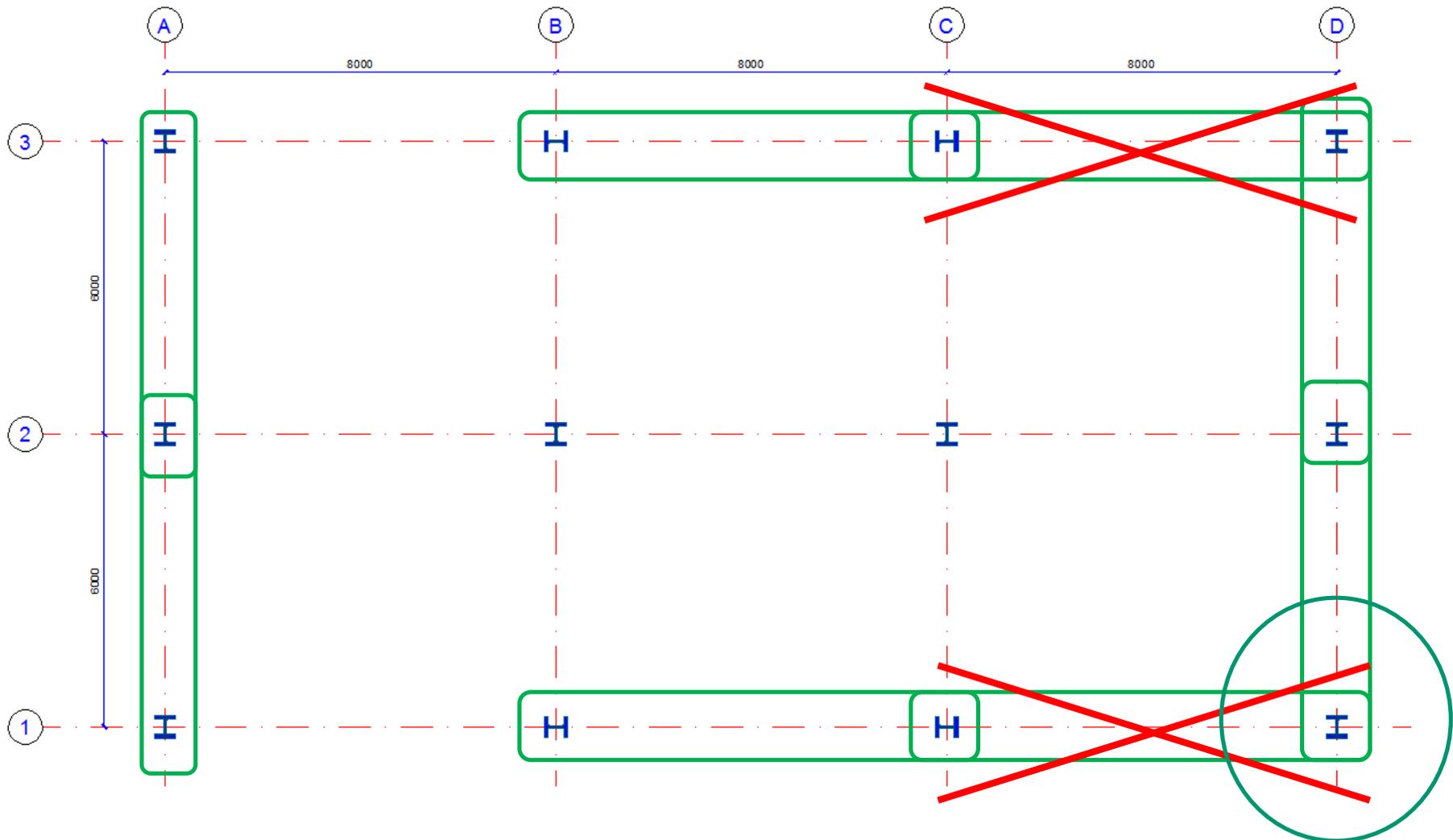
1. La conexión deberá ser capaz de soportar una deriva de piso de al menos 0.04 radianes
2. La resistencia de la conexión deberá ser de al menos 0.8 Mp de la viga conectada, al alcanzar la deriva de piso de 0.04 radianes.

PLANTA DE UNA EDIFICACIÓN CON PRM

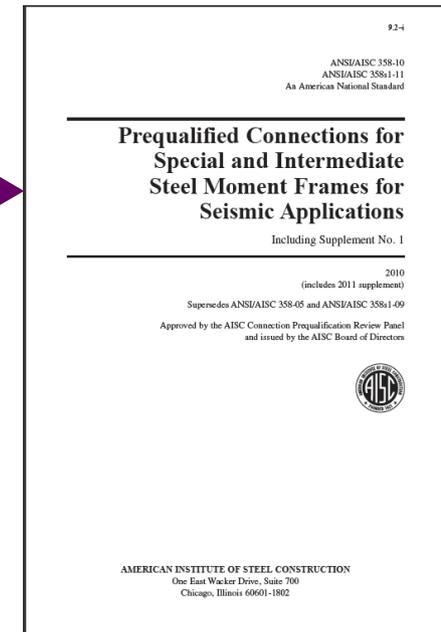
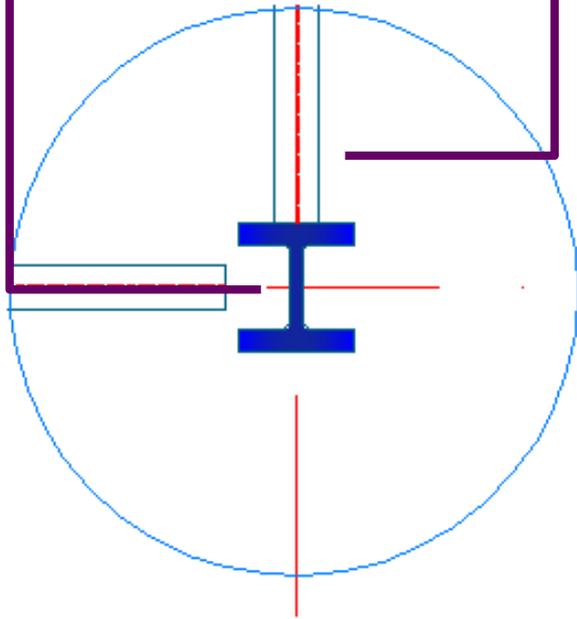


 PRM-DES

CONEXIONES PRECALIFICADAS Y CALIFICADAS



CONEXIONES PRECALIFICADAS Y CALIFICADAS



OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN

I

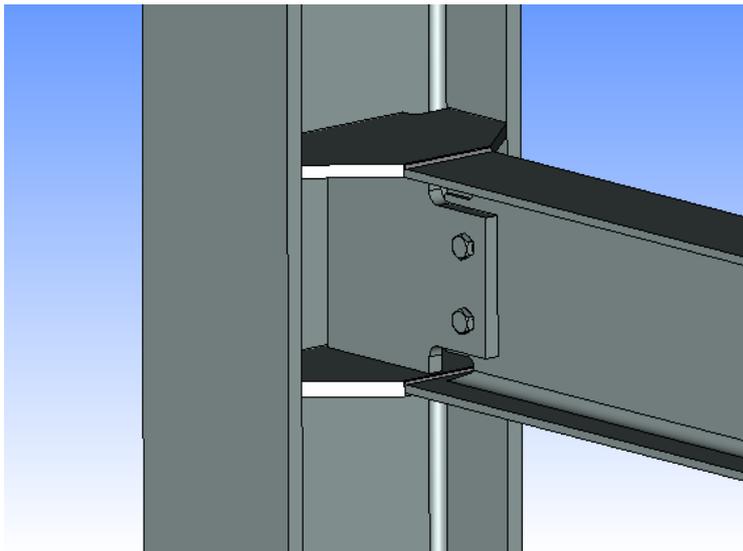
OBJETIVO GENERAL

Analizar el comportamiento de dos conexiones viga columna en el sentido débil de la columna con perfiles I (CEDC) ante cargas cíclicas, a partir de la experimentación y del análisis por el método de elementos finitos, determinando si es posible o no su uso en edificios de acero sismo-resistentes.

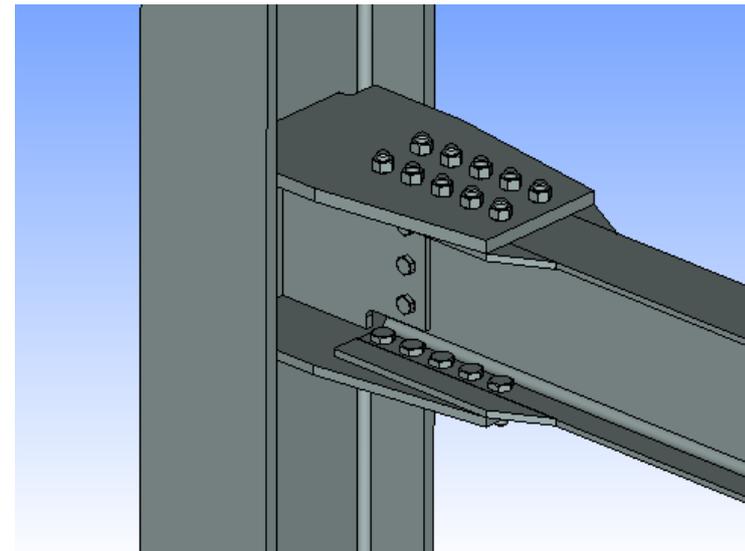
Tipos de conexiones ensayadas

Para el diseño de las conexiones se siguieron los lineamientos del NSR-10 y del AISC.

CONEXIÓN SOLDADA



CONEXIÓN EMPERNADA



CONEXIÓN EMPERNADA

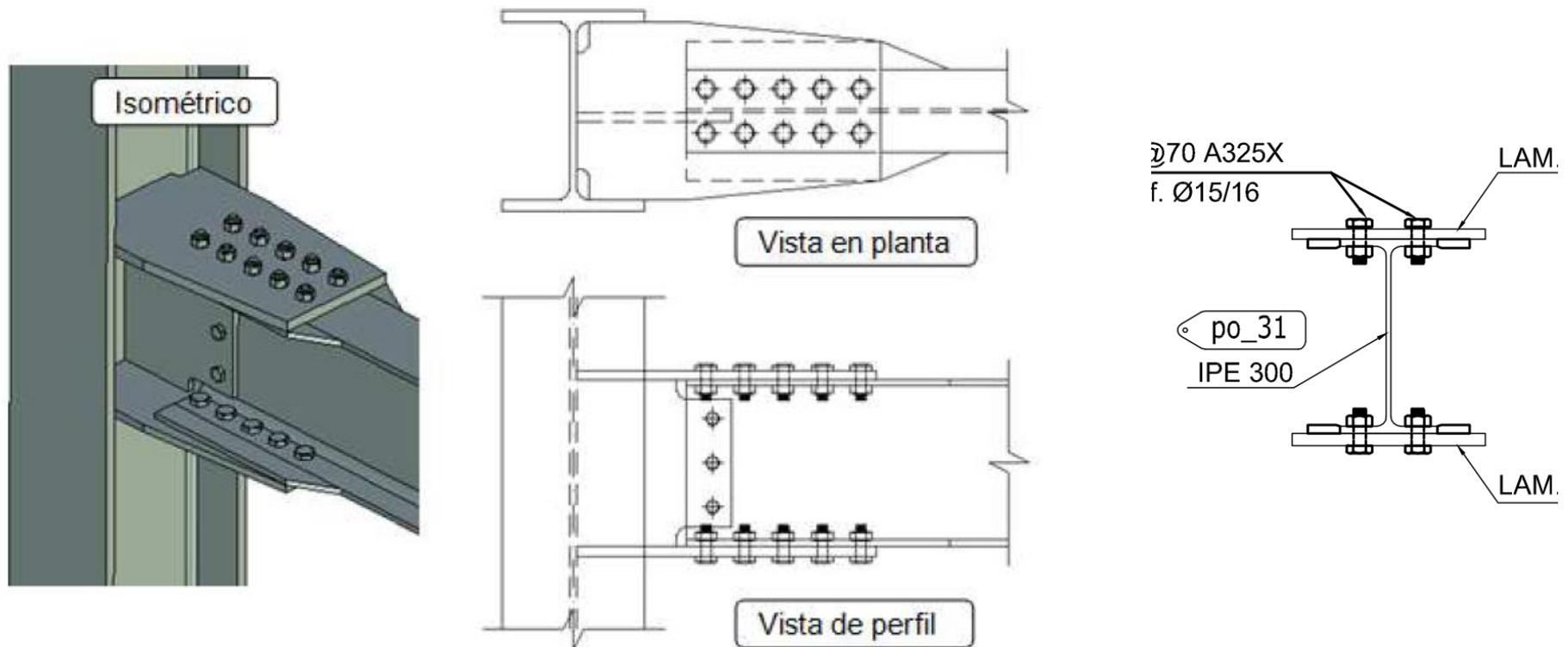
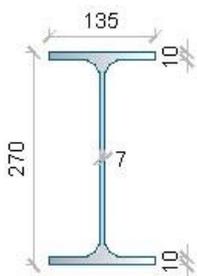


Figura R. 3. Esquema de la conexión emperrada. Isométrico, vista de perfil y vista en planta.

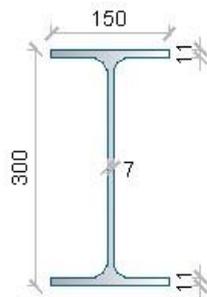
Perfiles de las conexiones

II

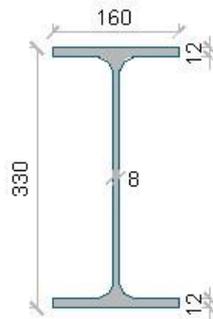
Nombre	Columna	Viga	Tipo	h (mm)	Pernos	t _{PCS} (mm)	t _{PCI} (mm)	t _{PA} (mm)
CS-1	W14x82	IPE 270	S	270	NA	16	19	19
CS-2	W14x82	IPE 300	S	300	NA	16	19	19
CS-3	W14x82	IPE 330	S	330	NA	19	19	19
CP-1	W14x82	IPE 270	E	270	10Ø3/4"	15	22	15
CP-2	W14x82	IPE 300	E	300	10Ø7/8"	15	22	15
CP-3	W14x82	IPE 330	E	330	10Ø7/8"	22	22	15



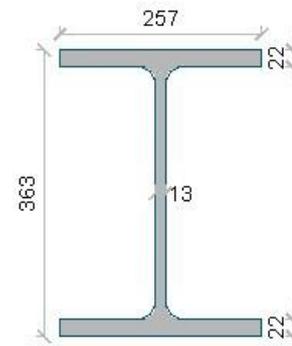
IPE 270



IPE 300



IPE 330



W14x82



Fabricación conexiones

Para realizar la calificación de las conexiones, TECMO S.A. fabricó seis especímenes, tres soldados y tres empernados siguiendo los requisitos que se exigen con este fin, dentro de los cuales uno de los más importantes es simular las condiciones de campo al instalar las conexiones en una edificación.

Fabricación de conexiones



Dispositivo para controlar la flexo- torsión

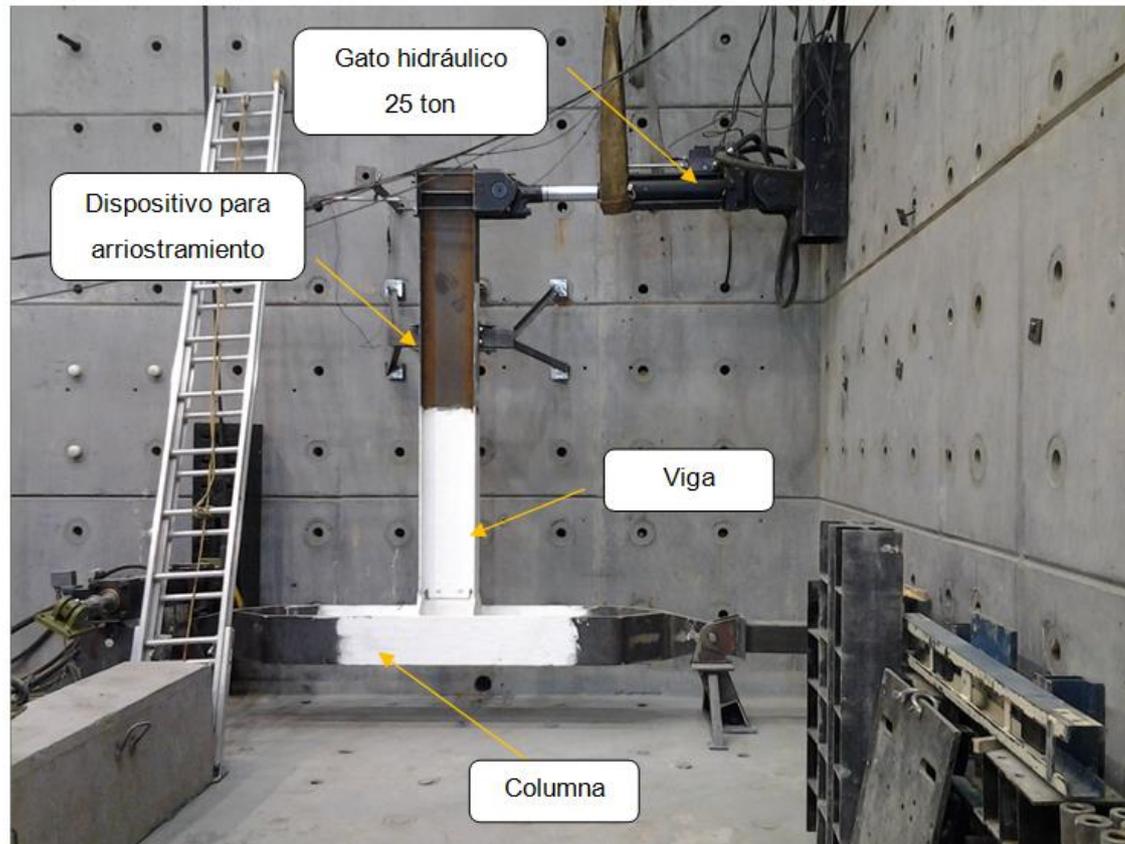


Ensayos de laboratorio

Los ensayos de las probetas fueron realizados en el laboratorio de la Universidad de los Andes.

De acuerdo con las posibilidades que brinda este espacio, se diseñaron los diferentes soportes de la conexión, buscando simular las condiciones de borde de los elementos que conforman la unión cuando está en servicio en una edificación metálica y un dispositivo para evitar la flexo-torsión en la viga.

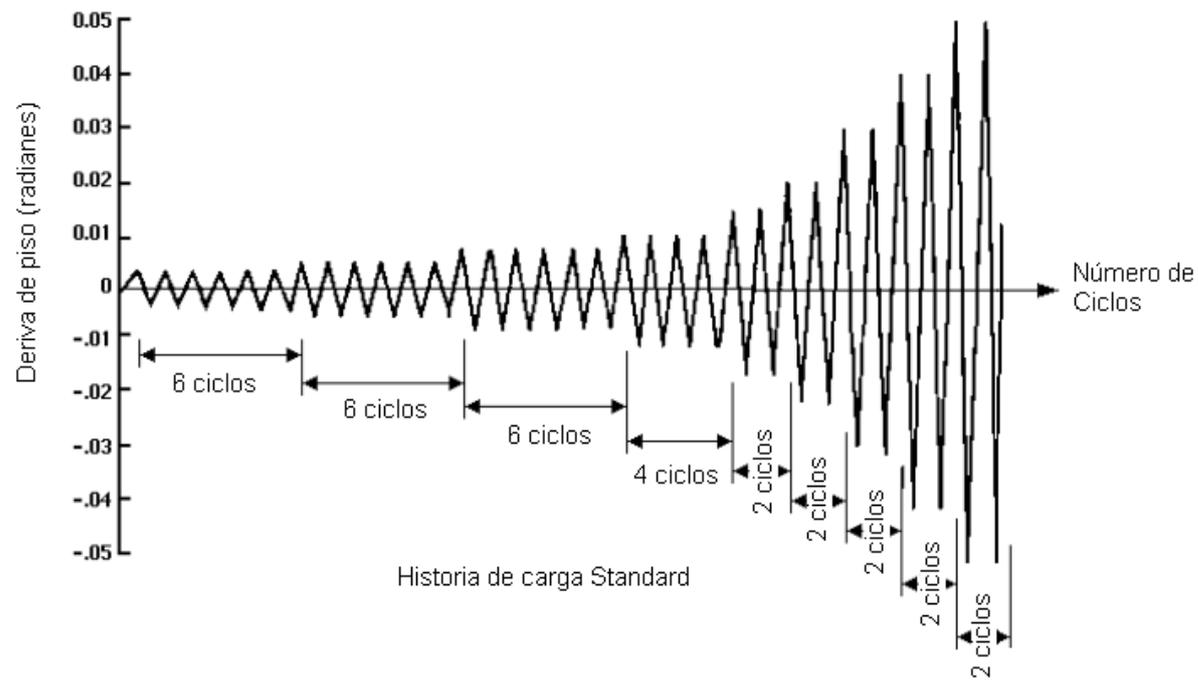
Instalación de la conexión en el laboratorio



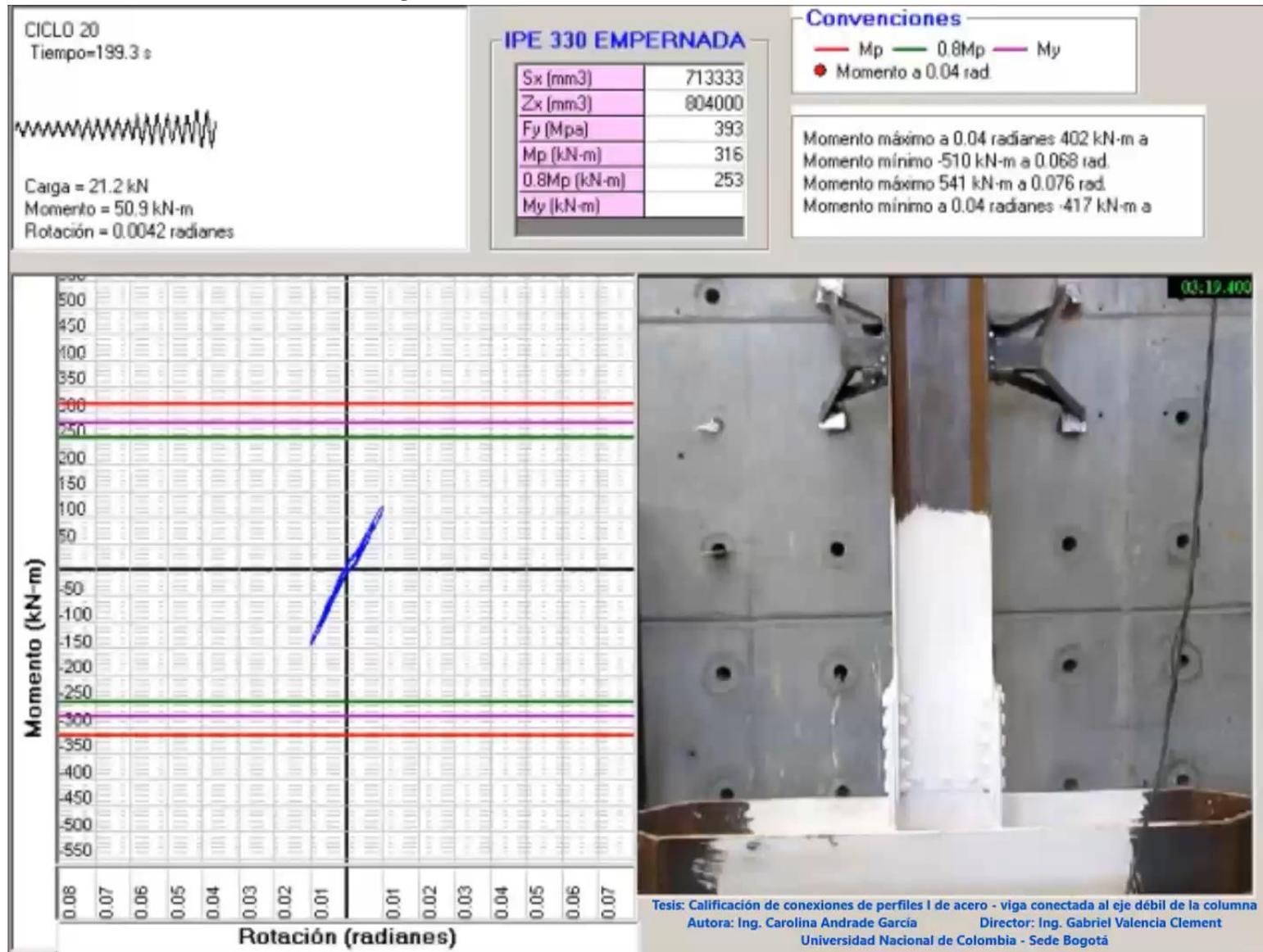
Protocolo de carga

A partir de las investigaciones post-Nothridge se estandariza un protocolo de carga general para todos los ensayos, con el fin de que los ensayos de laboratorio reflejen los aspectos más relevantes del comportamiento sísmico de la conexión.

Protocolo de carga



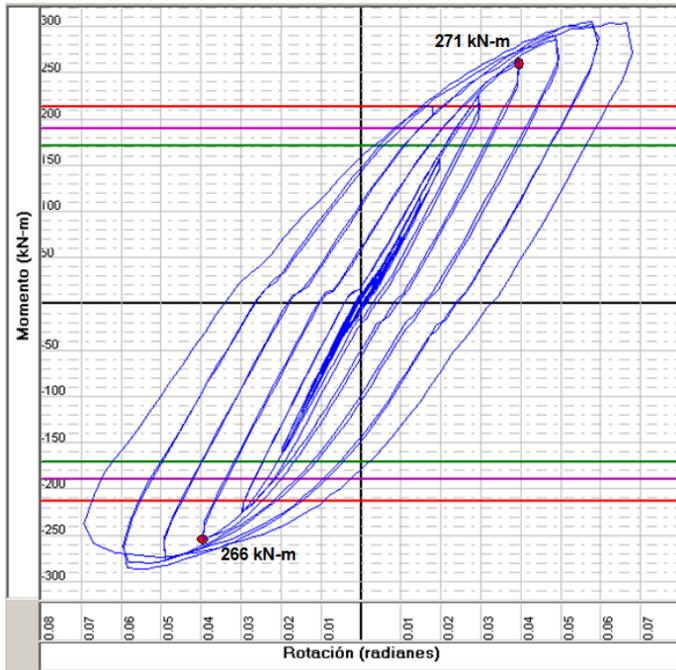
Ensayo de la conexión



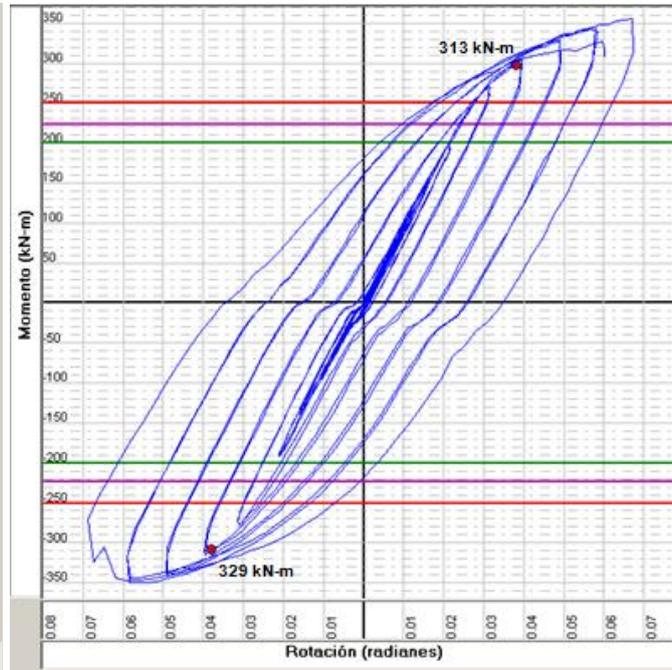
RESULTADOS DE LOS ENSAYOS

CURVAS DE HISTÉRESIS MOMENTO – ROTACIÓN (AL EJE DE LA COLUMNA) CONEXIONES SOLDADAS (RESULTADOS DE ENSAYOS)

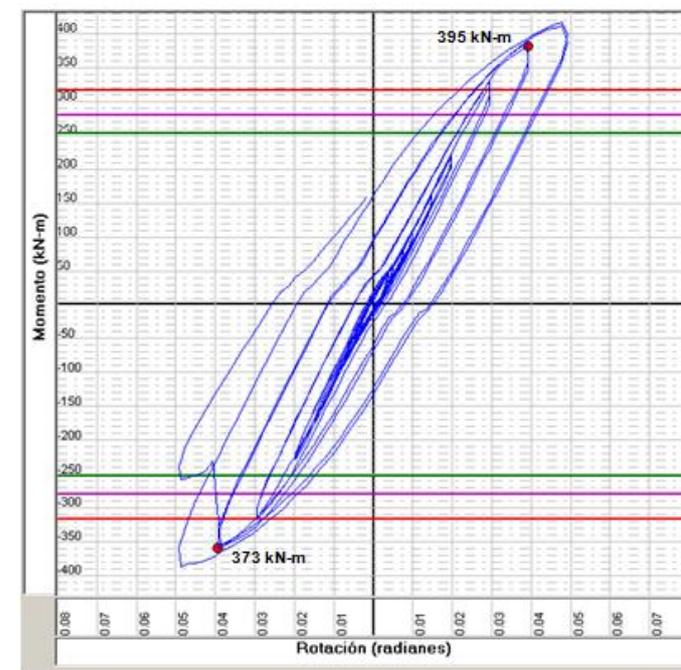
ESPÉCIMEN CS-1



ESPÉCIMEN CS-2



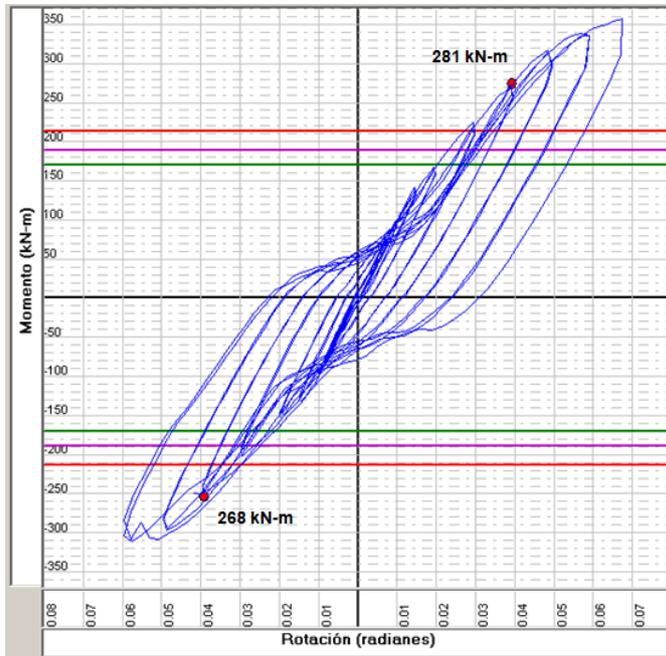
ESPÉCIMEN CS-3



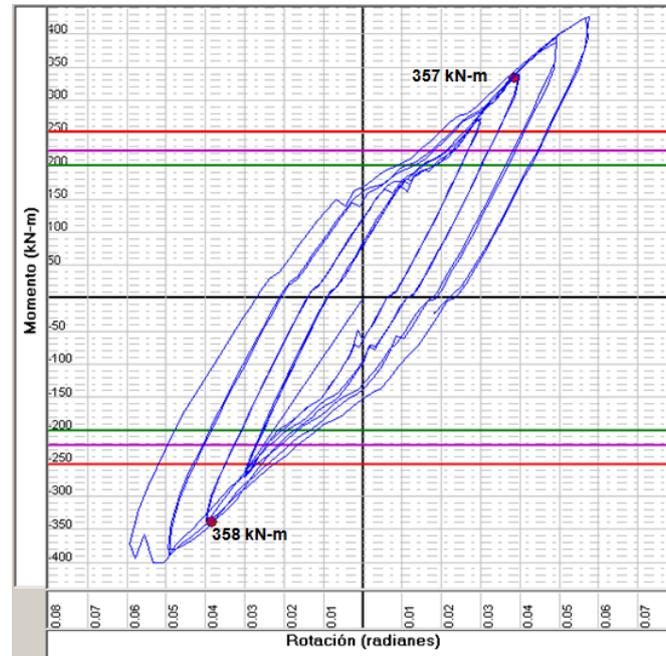
- 80% del momento plástico $0.8M_p$
- Momento plástico M_p
- Momento elástico M_y
- Punto en donde la conexión ha alcanzado los 0.04 radianes de rotación

CURVAS DE HISTÉRESIS MOMENTO – ROTACIÓN CONEXIONES EMPERNADAS (RESULTADOS DE ENSAYO)

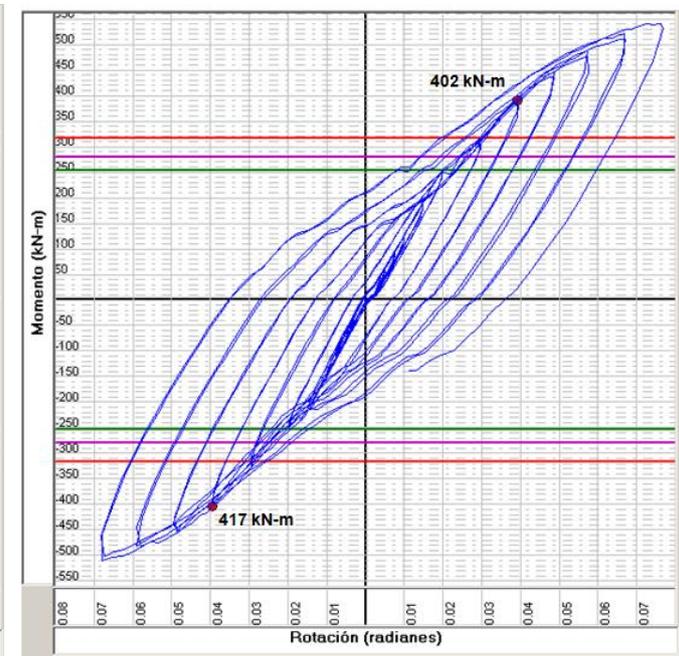
ESPÉCIMEN CP-1



ESPÉCIMEN CP-2



ESPÉCIMEN CP-3



— 80% del momento plástico $0.8M_p$

— Momento elástico M_y

— Momento plástico M_p

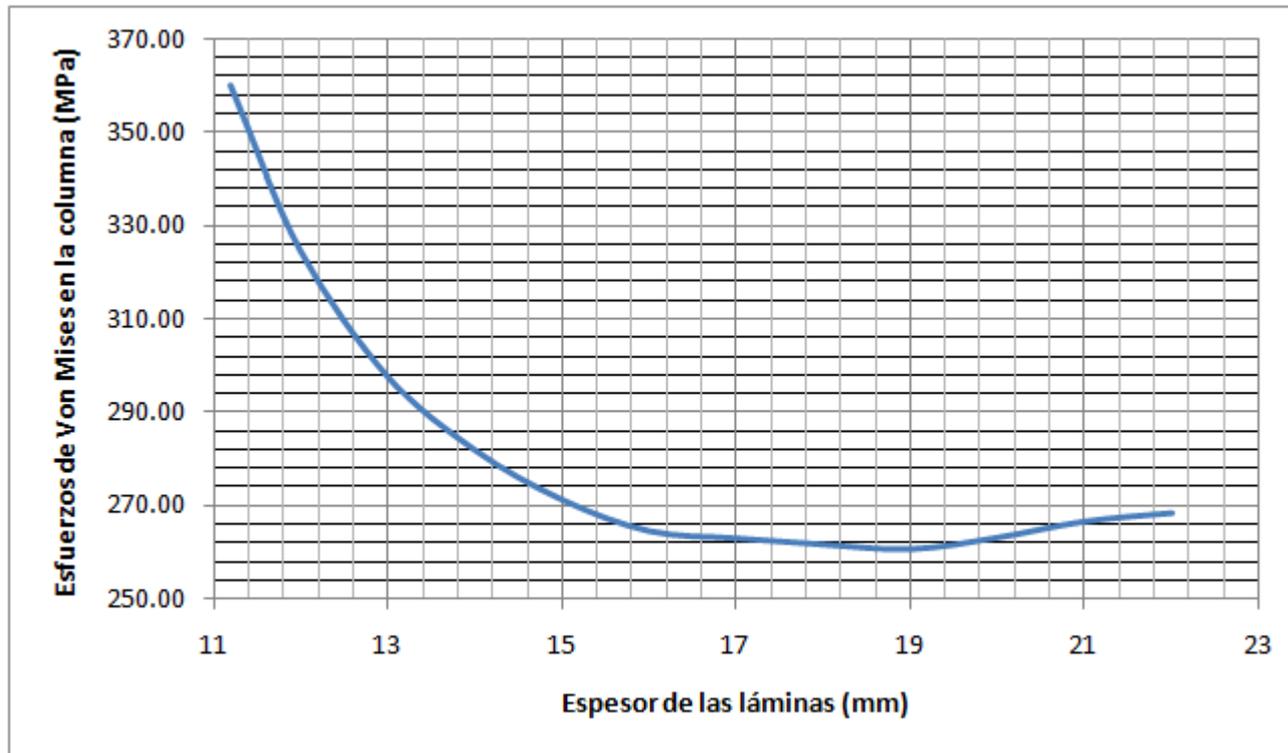
● Punto en donde la conexión ha alcanzado los 0.04 radianes de rotación

Modelación numérica

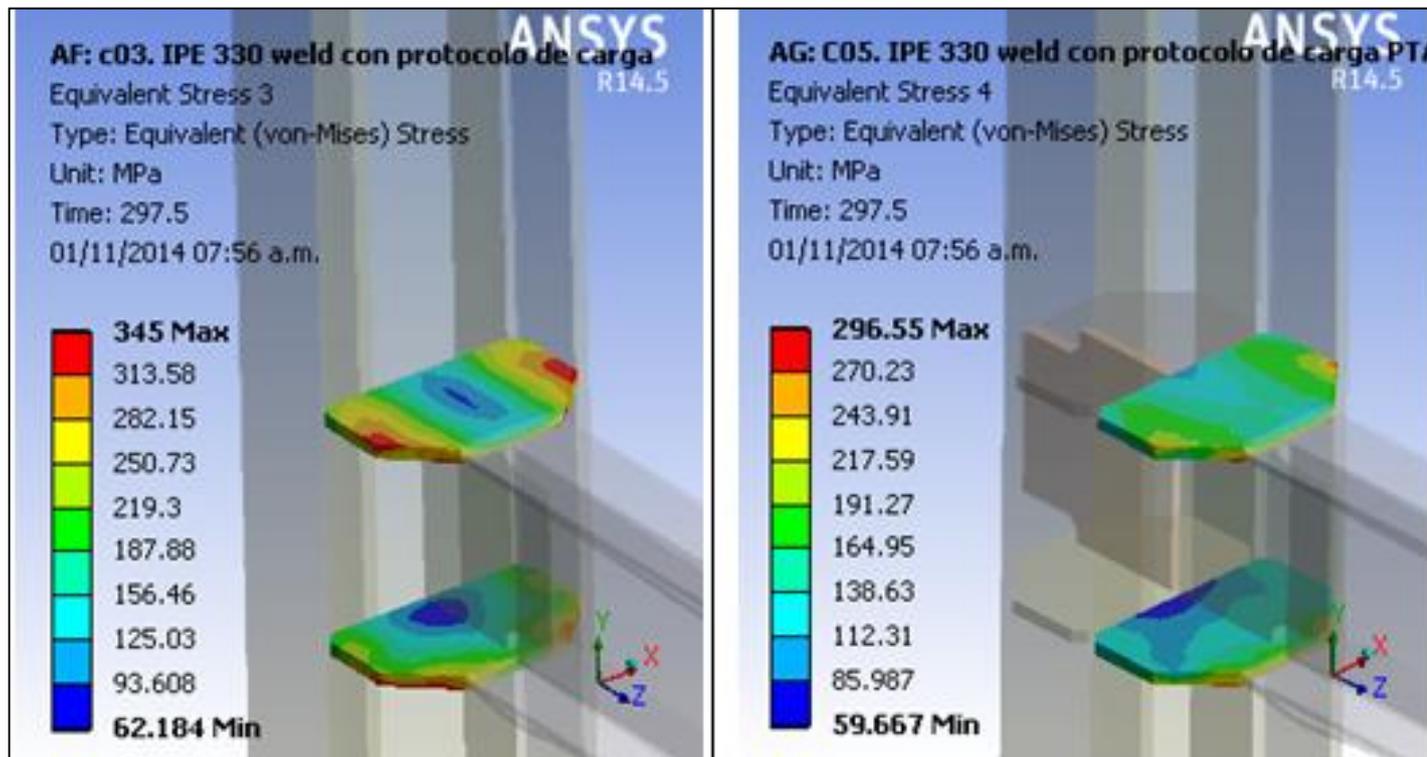
La modelación por elementos finitos se realizó en el programa ANSYS v.14, considerando una etapa de pre-diseño para evaluar las diferentes posibilidades de cada tipo de conexión y una etapa de post-diseño con el fin de observar cómo se comportan las uniones de forma teórica al estar sujetas a un proceso de carga y descarga, igual al que se aplicó en laboratorio.

Estudio paramétrico

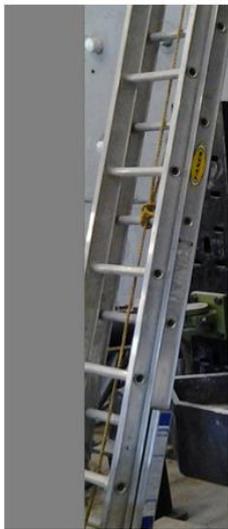
Influencia del espesor de las placas conectadas a las aletas de la viga



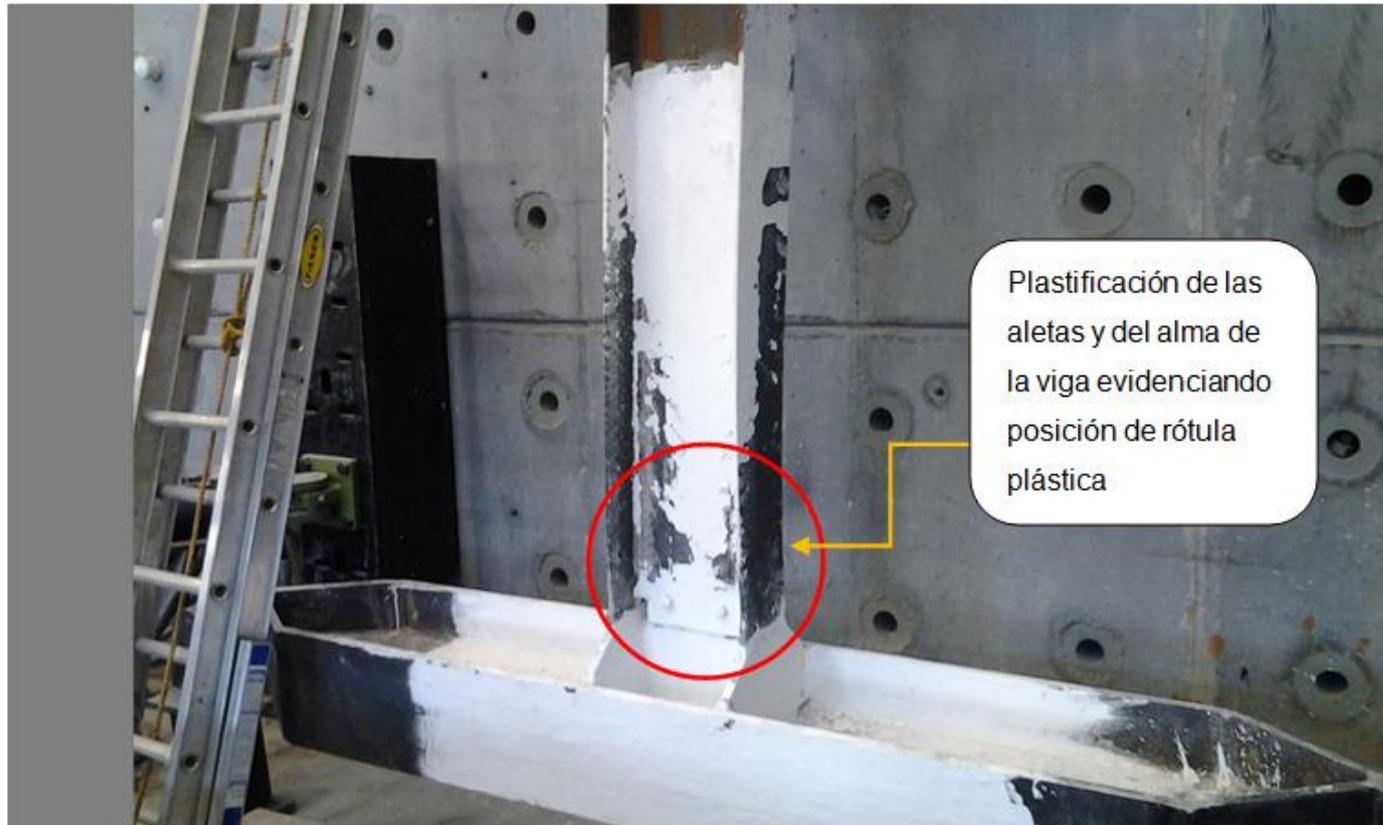
Utilizar placas de continuidad al lado opuesto de la conexión



UBICACIÓN DE LA RÓTULA PLÁSTICA CONEXIÓN SOLDADA



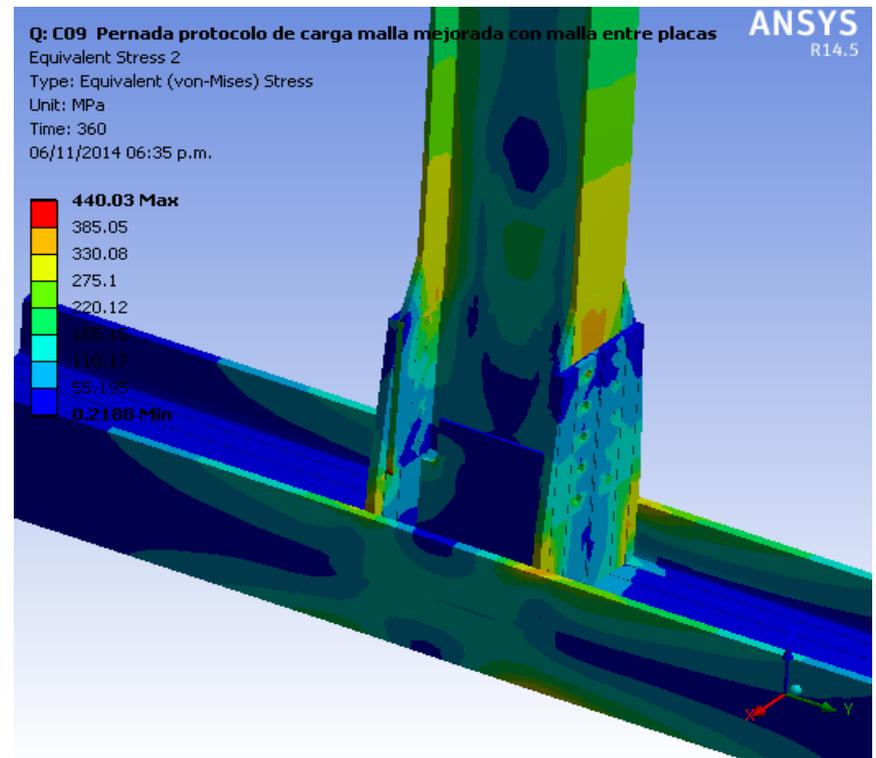
Plastificación de la viga de



Plastificación de la viga durante ensayo.



UBICACIÓN DE LA RÓTULA PLÁSTICA CONEXIÓN EMPERNADA



Modelo de la conexión aplicando el protocolo de carga

CICLO 25
Tiempo=259.0 s



Carga = -29.3 kN
Momento = -70.3 kN-m
Rotación = -0.0083 radianes

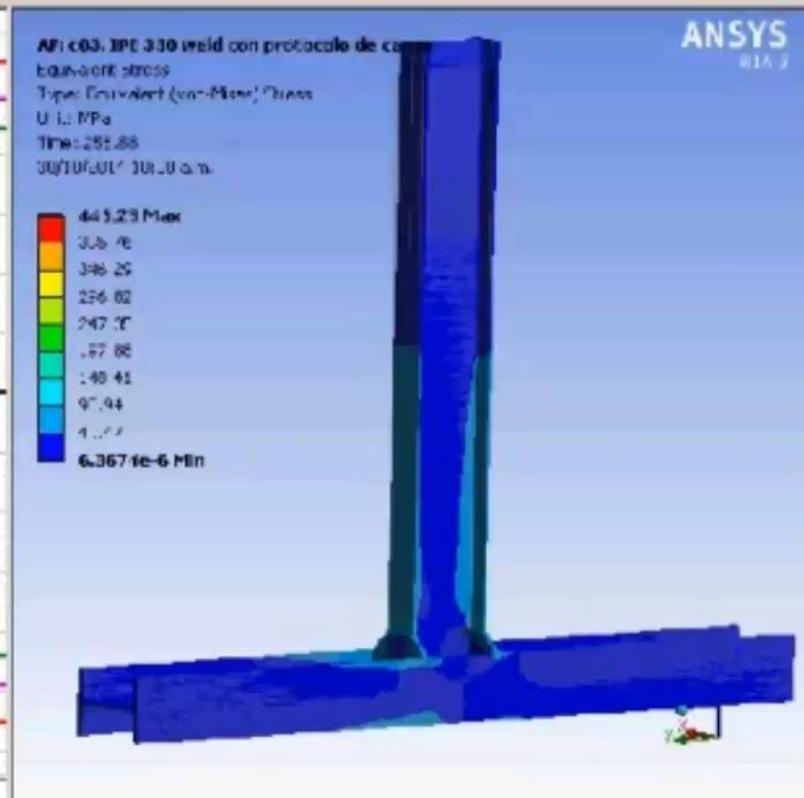
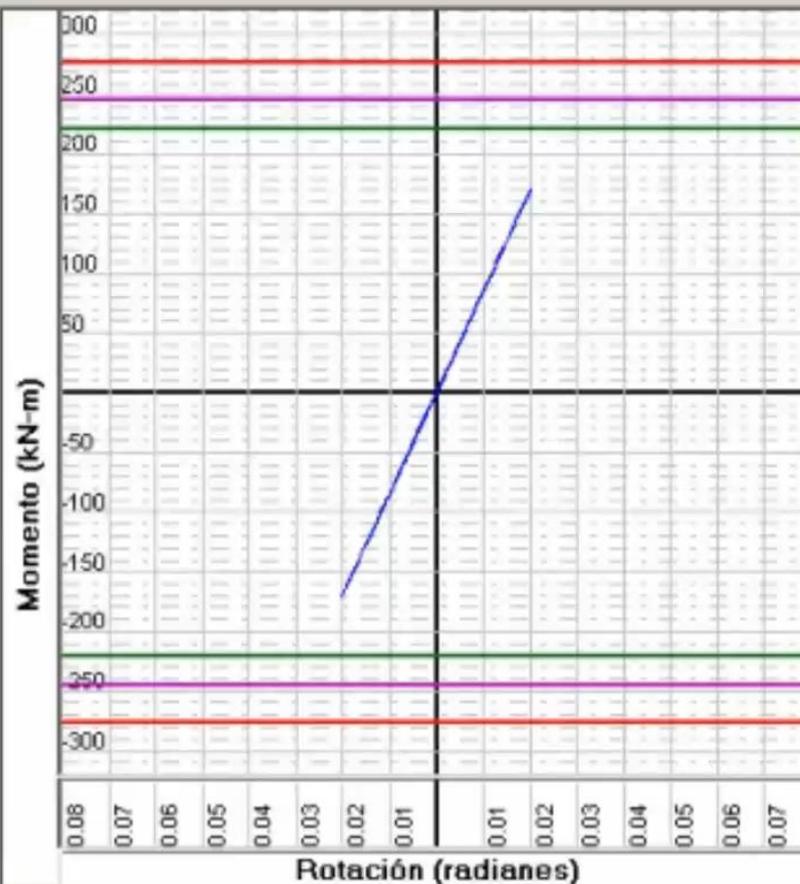
ANSYS IPE 330 SOLDADA

Sx (mm ³)	713333
Zx (mm ³)	804000
Fy (Mpa)	345
Mp (kN-m)	277
0.8Mp (kN-m)	222
My (kN-m)	

Convenciones

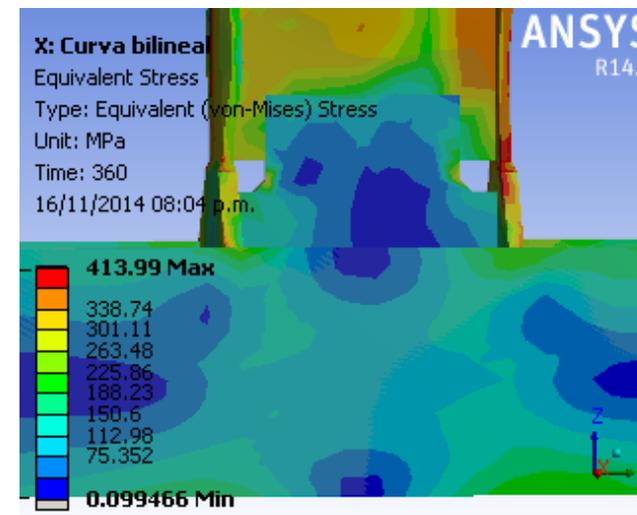
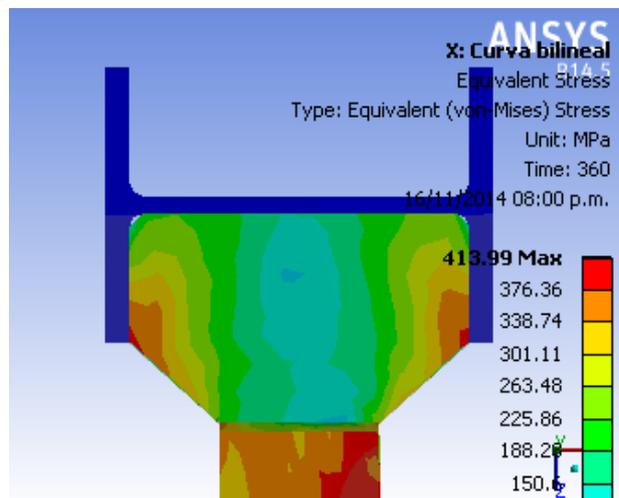
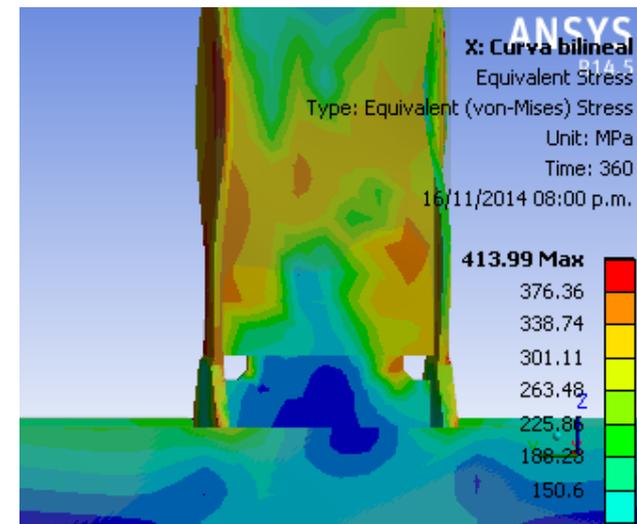
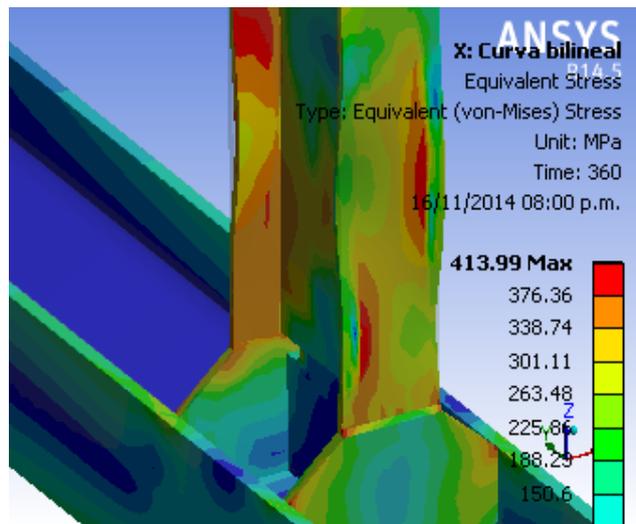
- Mp — 0.8Mp — My
- Momento a 0.04 rad.

Momento máximo a 0.04 radianes: 302 kN-m a
Momento mínimo -296 kN-m a 0.040 rad.
Momento máximo 302 kN-m a 0.040 rad.
Momento mínimo a 0.04 radianes -296 kN-m a

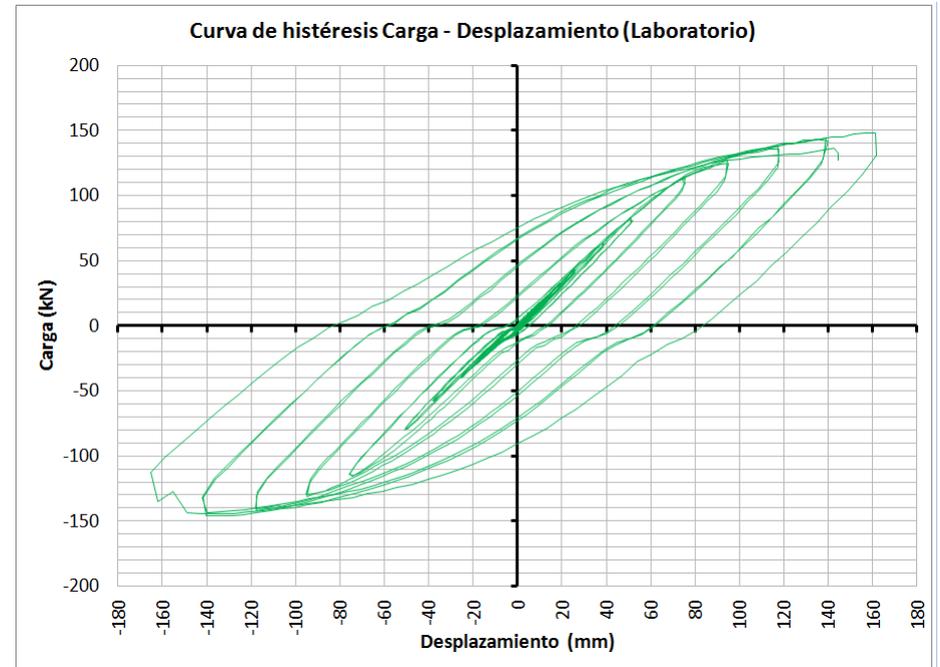
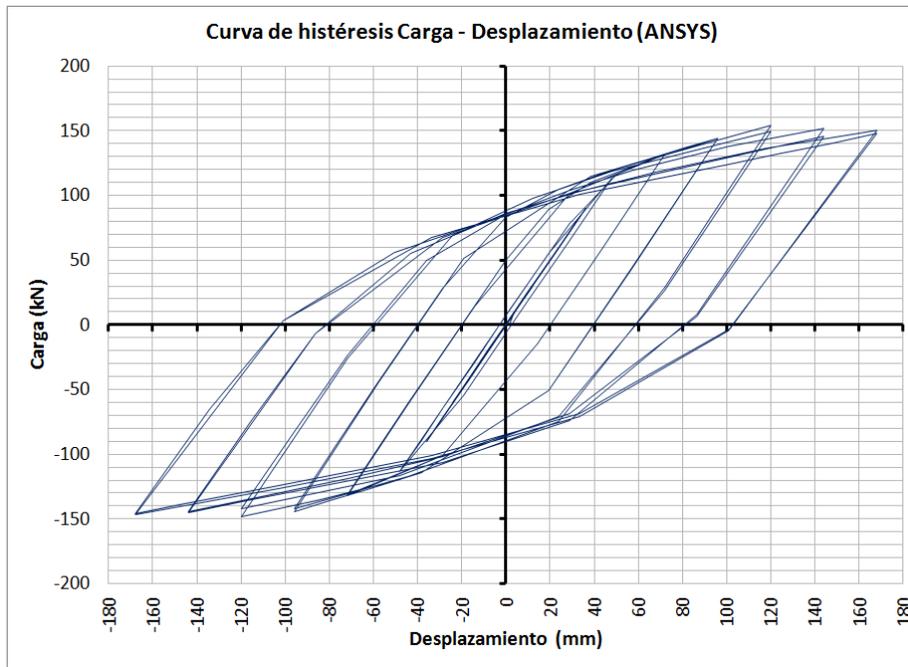


Tesis: Calificación de conexiones de perfiles I de acero - viga conectada al eje débil de la columna
Autora: Ing. Carolina Andrade García Director: Ing. Gabriel Valencia Clement
Universidad Nacional de Colombia - Sede Bogotá

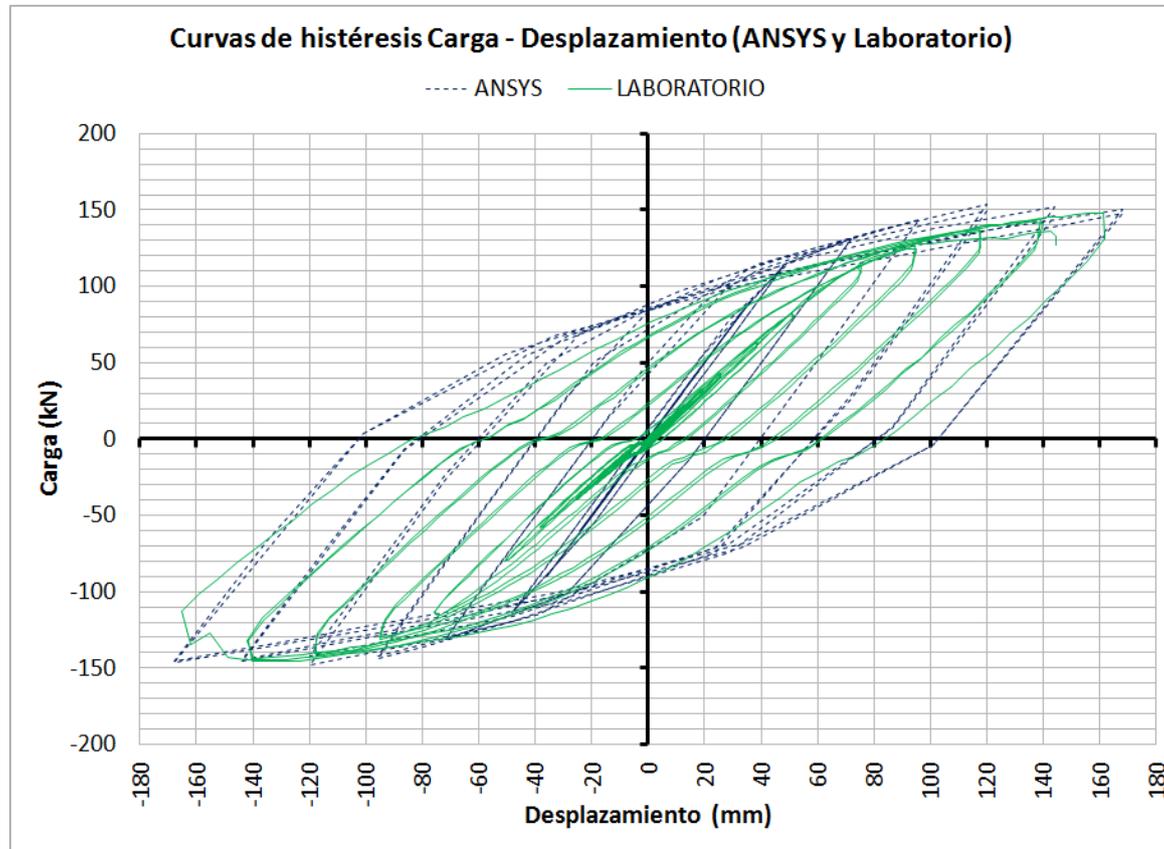
RESULTADOS DE LA MODELACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS CONEXIÓN SOLDADA



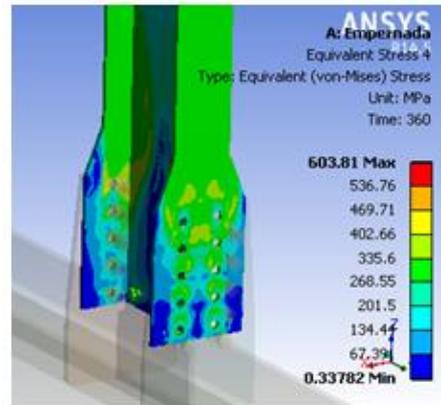
CURVA DE HISTÉRESIS TEÓRICA (ANSYS) Y DE LABORATORIO CONEXIÓN SOLDADA



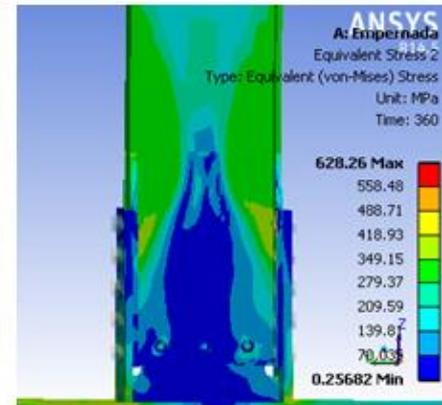
COMPARACIÓN CURVAS TEÓRICA Y DE LABORATORIO CONEXIÓN SOLDADA



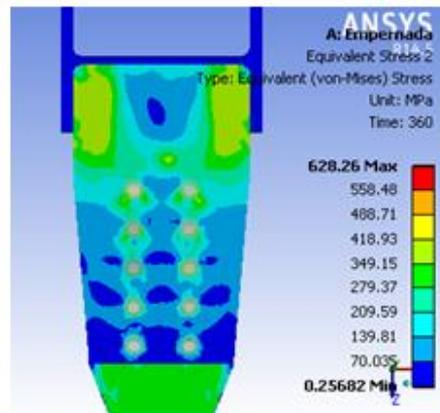
RESULTADOS DE LA MODELACIÓN POR ELEMENTOS FINITOS CONEXIÓN EMPERNADA



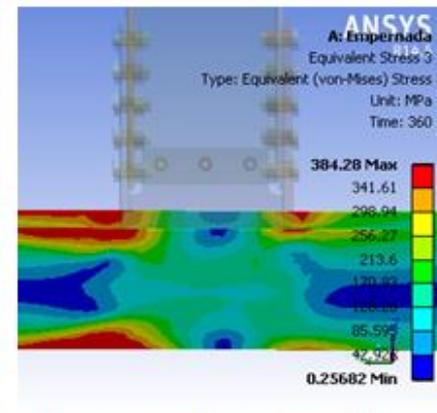
Distribución de esfuerzos MEF en las aletas de la viga. Espécimen CP-3



Distribución de esfuerzos MEF en el alma de la viga. Espécimen CP-3

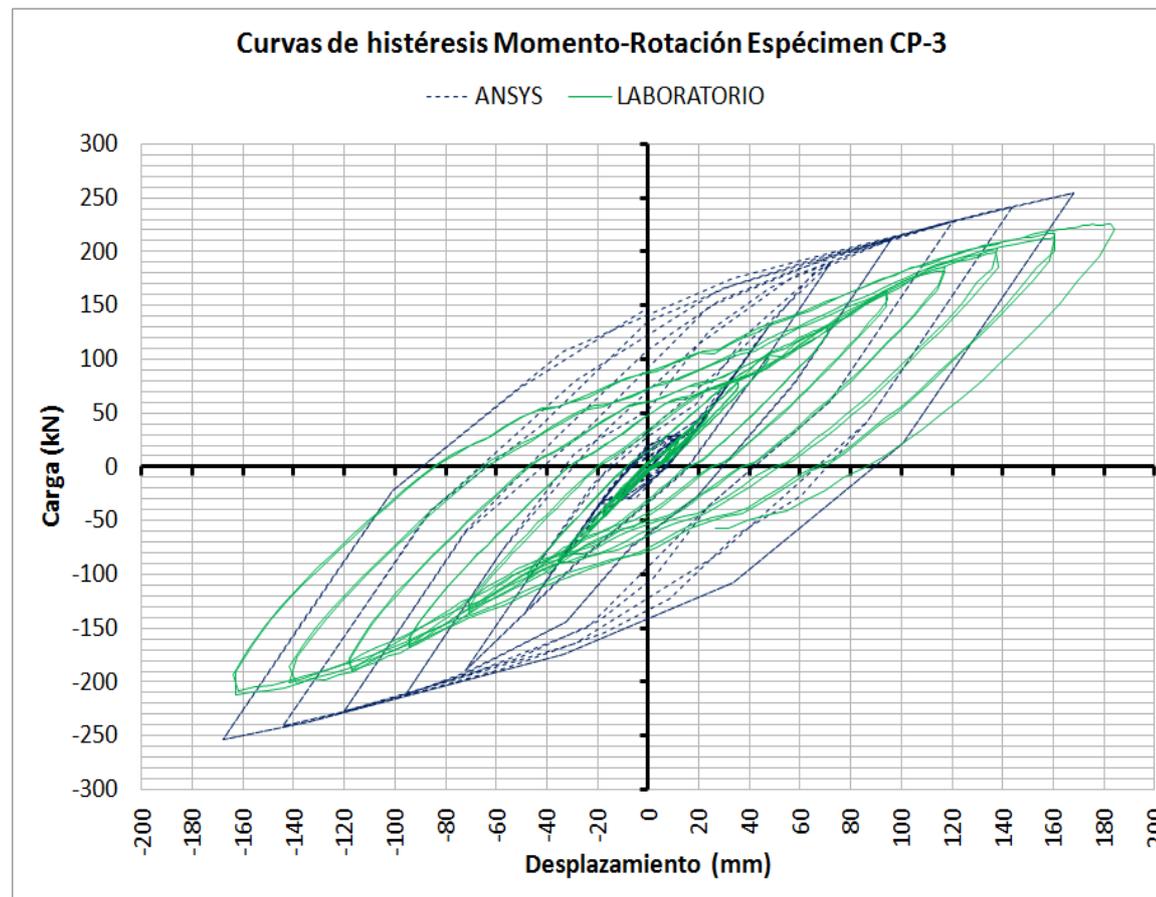


Distribución de esfuerzos MEF en el inicio del cordón de soldadura entre las aletas de la columna y la placa PC. Espécimen CP-3



Distribución de esfuerzos MEF en la columna. Espécimen CP-3

COMPARACIÓN CURVAS TEÓRICA Y DE LABORATORIO CONEXIÓN EMPERNADA



CONCLUSIONES

CONCLUSIONES

Los resultados de la investigación son concluyentes en cuanto a que las conexiones ensayadas han cumplido todos los requisitos para ser consideradas como conexiones sísmicas calificadas, a la luz de los protocolos planteados en NSR-10 y en AISC 340.

CONCLUSIONES

2. Se comprobó que se deben usar soldaduras de penetración total en las placas de conexión a los patines de la viga.
3. Se comprobó que no se requieren placas de continuidad en el lado opuesto de la conexión.
4. La ubicación de las rótulas plásticas resultó ser la prevista de acuerdo con los análisis por elementos finitos

CONCLUSIONES

5. Es importante generar una transición entre la placa de conexión ubicada en la columna y los patines de la viga.
6. En las conexiones empernadas, el diámetro de los pernos influye en el desplazamiento relativo de las placas. Los diámetros mayores permiten mayores fuerzas de apriete y por lo tanto menos desplazamiento.

CONCLUSIONES

7. Se detectó en algunos materiales una sobrerresistencia mayor que la que prevé NSR-10.
8. El comportamiento de las conexiones permite afirmar que han sido satisfactoriamente calificadas. Para ángulos de deriva de 0.04 rad, las conexiones estaban en capacidad de transmitir momentos aún mayores que M_p (NSR-10 exige al menos $0.8 M_p$). La ductilidad exhibida es suficiente.

RECOMENDACIONES

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda el uso de las conexiones entre vigas tipo doble T conectadas al eje débil de columnas de sección doble T, CECD, evaluadas en este estudio. En pórticos resistentes a momento, PRM, para zonas de sismicidad intermedia y alta, considerando que cada uno de los especímenes estudiados en esta investigación superaron los requisitos mínimos necesarios de calificación.

RECOMENDACIONES

2. Para las soldaduras, seguir las recomendaciones presentes en el AWS 1.1 Y AWS 1.8
3. Es recomendable utilizar pernos de diámetros mayores a $\frac{3}{4}$ ".
4. Se recomienda el uso de la modelación por elementos finitos con la finalidad de predecir el comportamiento de estas conexiones para perfiles de mayor peralte.

GRACIAS