SteelDay Latinoamérica

Marcos de momento simoresistentes en acero y actualizaciones propuestas en el futuro CSCR

Ing. Gerardo Chacón Rojas Miembro Comité Acero CSCR

Colaboración Ing. Pío Miranda Jenkins, MSc. Miembro del Comité Acero CSCR

RESUMEN DE LA PRESENTACIÓN

I. Generalidades

II. Sistemas de Marcos en el CSCR-REV

III. Marcos Ordinarios – OMF

IV. Marcos Intermedios – IMF

V. Marcos Especiales – SMF

RESUMEN DE LA PRESENTACIÓN

I. Generalidades

II. Sistemas de Marcos en el CSCR-REV

III. Marcos Ordinarios – OMF

IV. Marcos Intermedios – IMF

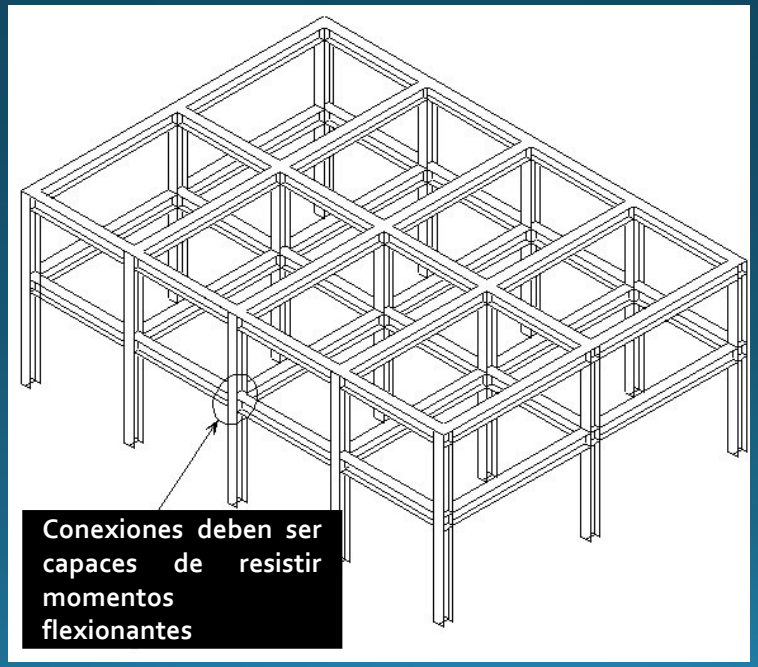
V. Marcos Especiales – SMF

DEFINICIONES

- **Marco Resistente a Momento (MF)**

  Sistema estructural a base de vigas y columnas, en el cual sus conexiones son capaces de resistir momentos.

  Su resistencia ante cargas laterales se desarrolla principalmente mediante flexión y cortante en las vigas y en las columnas.



DEFINICIONES

- **Ventajas**
  1. **Gran flexibilidad arquitectónica.**
  2. **Puede tener una alta ductilidad.**

- **Desventajas**
  1. Baja rigidez elástica → mayor deformación lateral!
  2. Mayor costo, en comparación con sistemas arriostrados.

DEFINICIONES

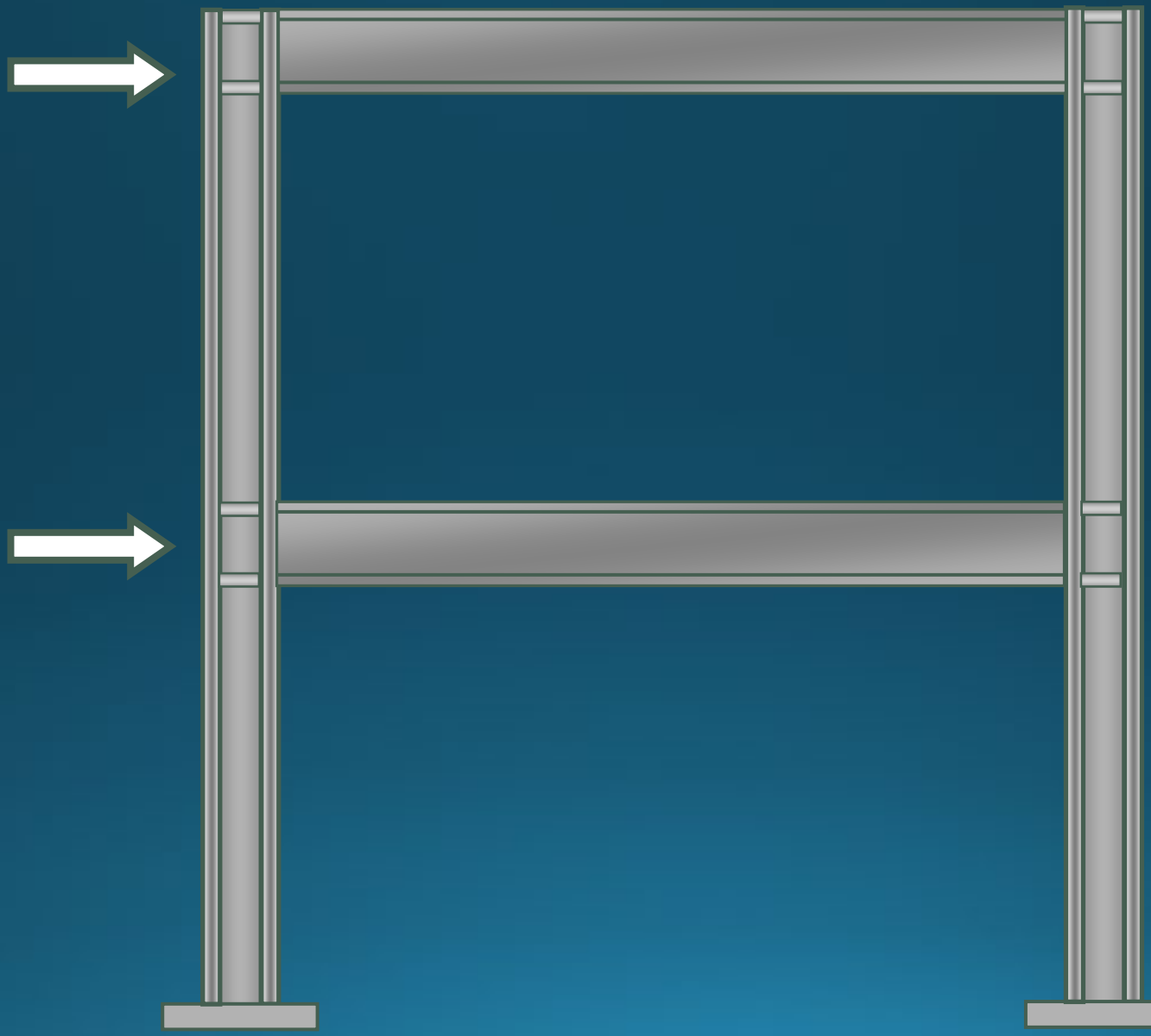
- **Ductilidad de los marcos**

  Se desarrolla por tres mecanismos principales:

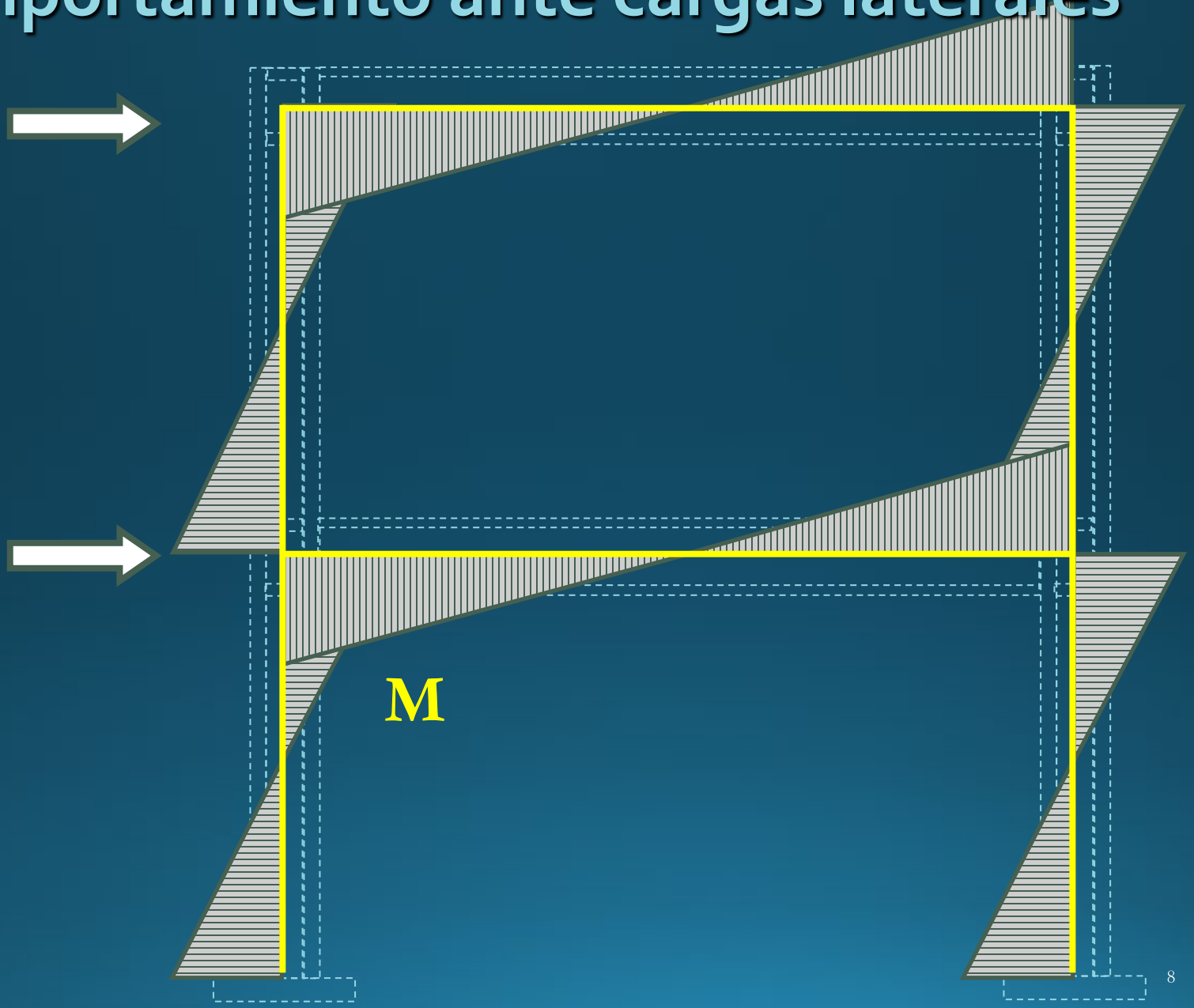
  1. Cedencia por flexión en las vigas.
  2. Cedencia por cortante en la zona de panel.
  3. Cedencia por flexo-compresión en las columnas.

FORMACIÓN DE RÓTULAS PLÁSTICAS

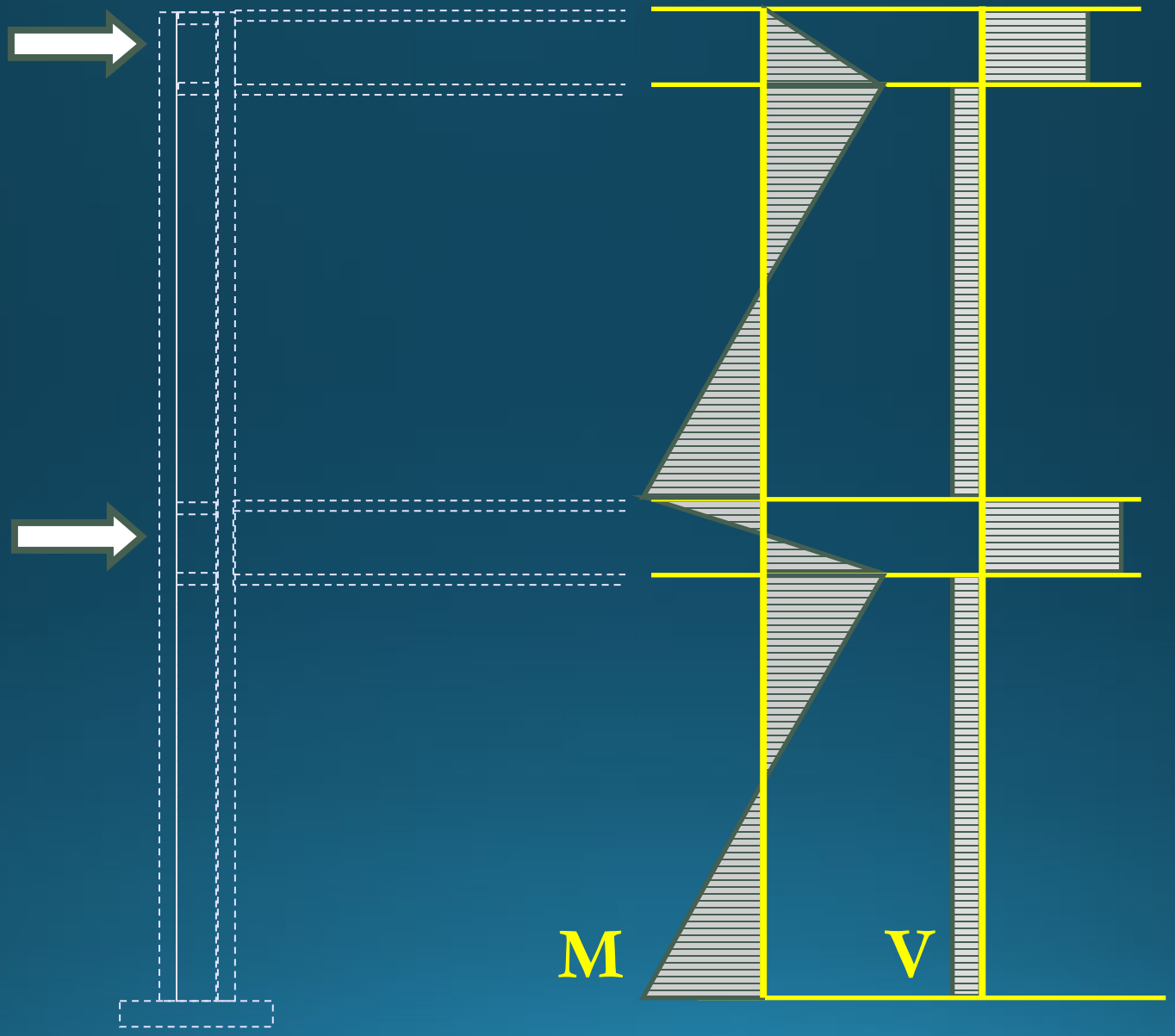
Comportamiento ante cargas laterales



Comportamiento ante cargas laterales

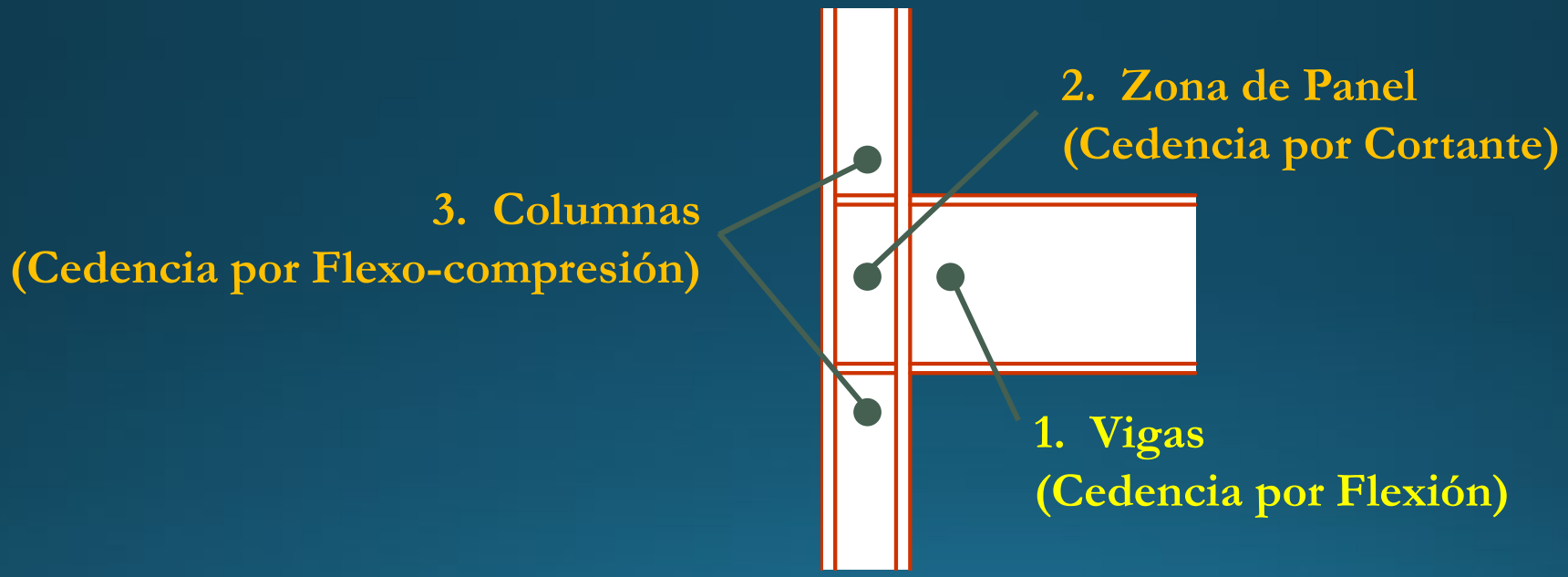


Comportamiento ante cargas laterales



Comportamiento ante cargas laterales

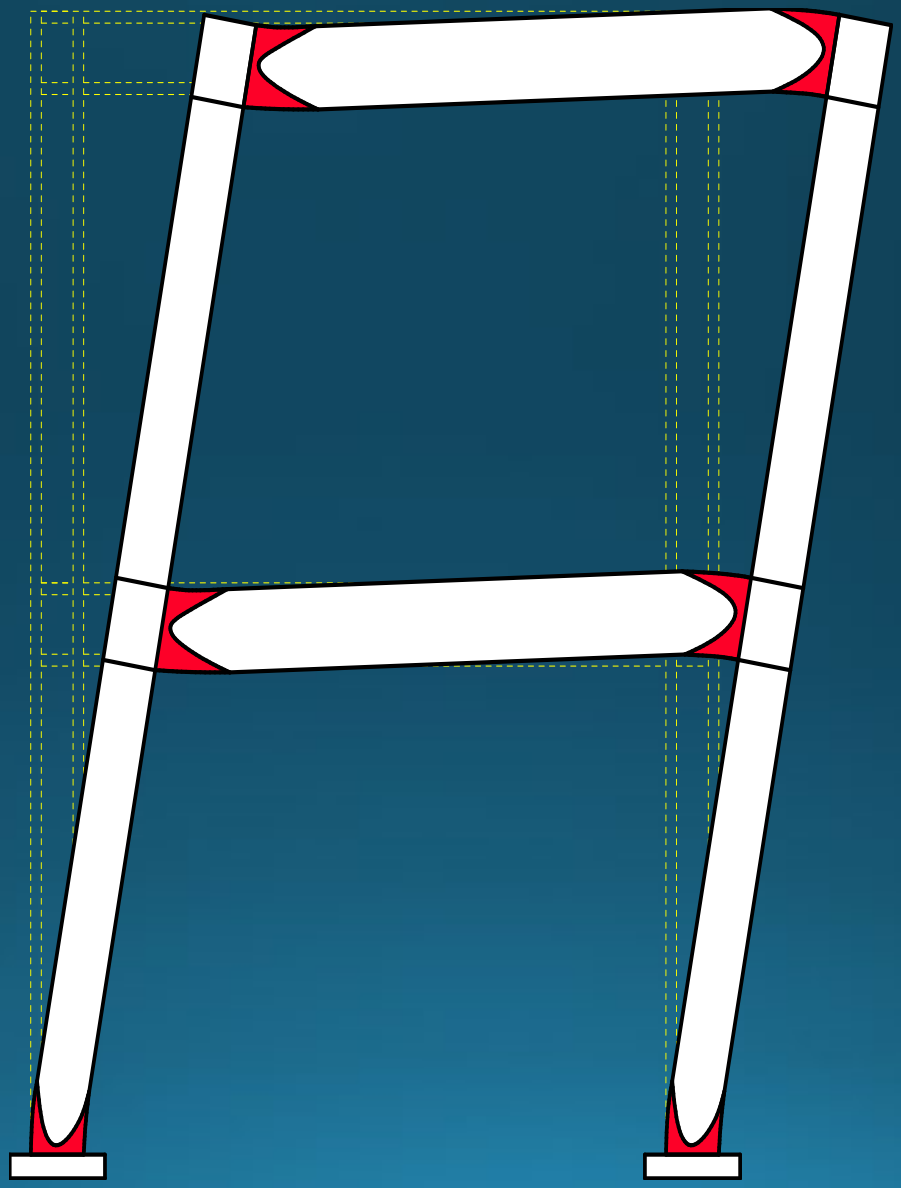
- Zonas de posible formación de Rótulas Plásticas



Comportamiento ante cargas laterales

Rótulas plásticas en vigas

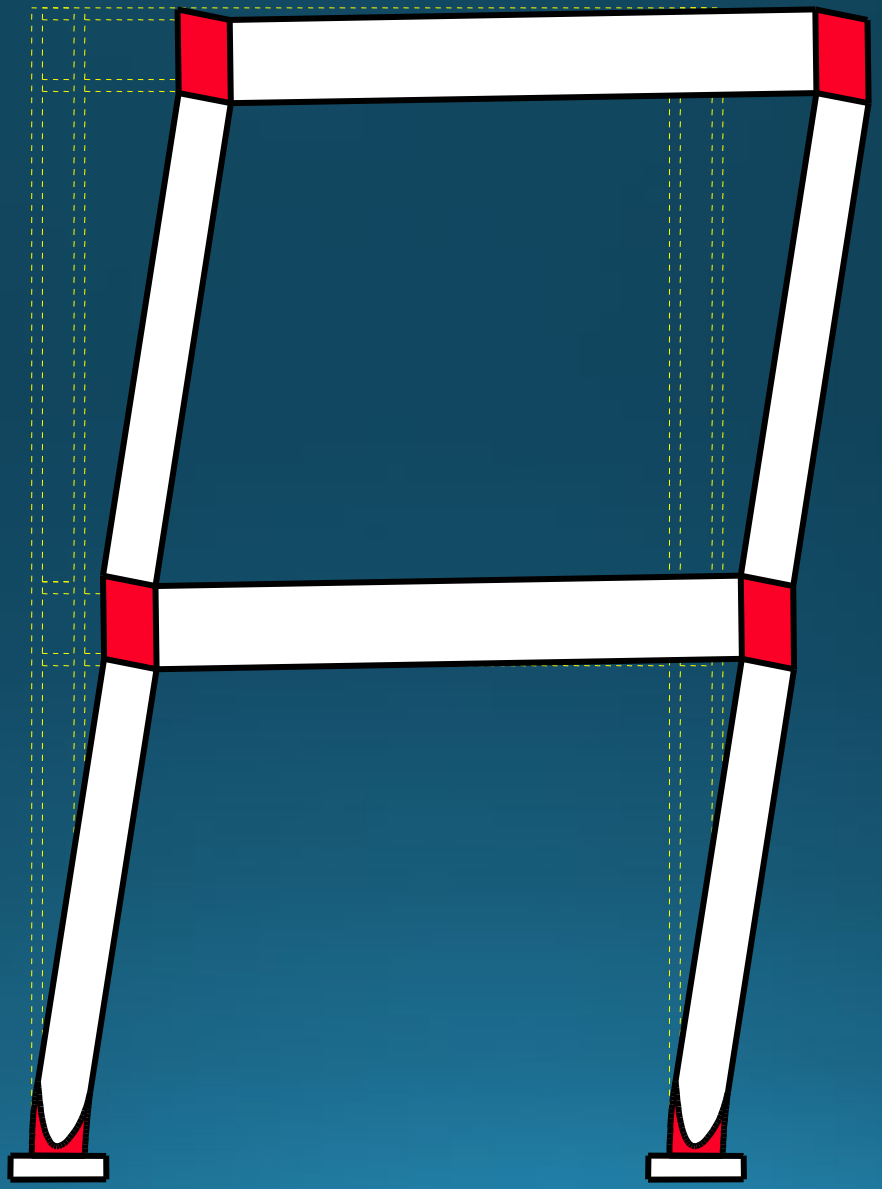
DESEABLE!



Comportamiento ante cargas laterales

Rótulas plásticas en zona de panel

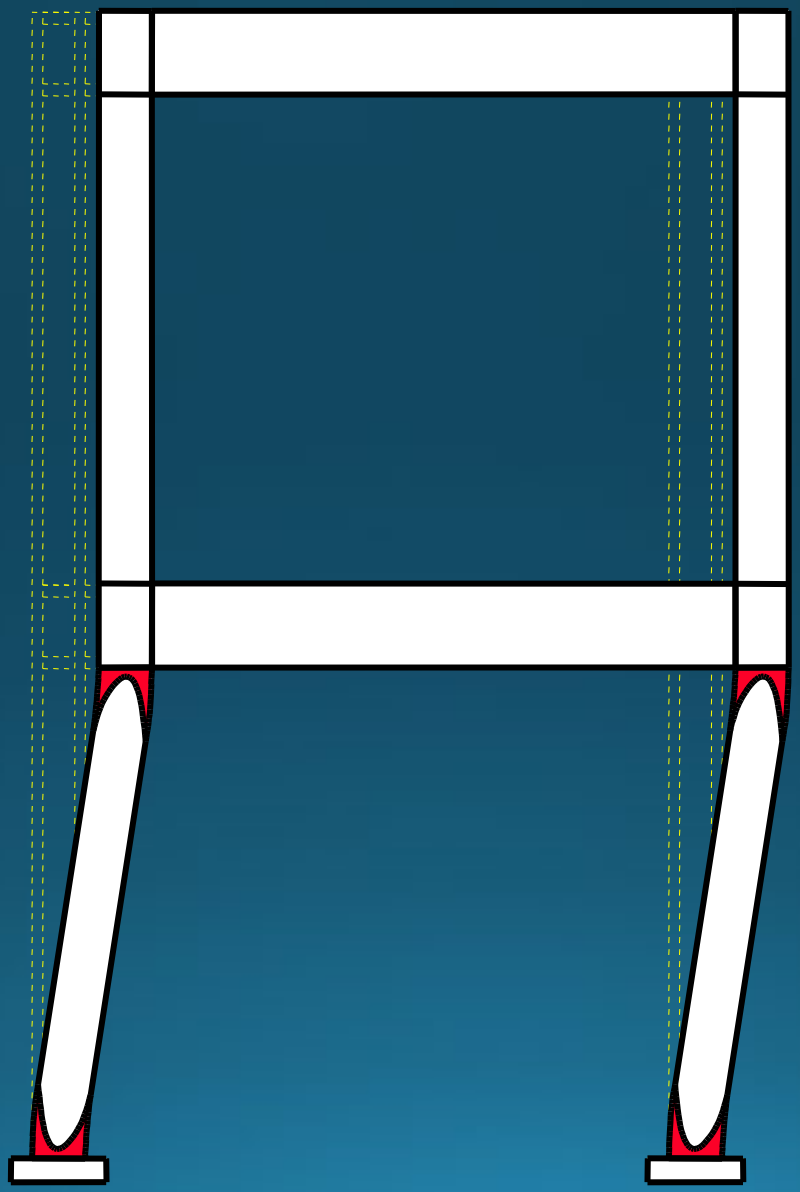
PERMITIDO
pero
“LIMITADO”



Comportamiento ante cargas laterales

Rótulas plásticas en columnas

NO DESEABLE!
POTENCIAL PARA "PISO SUAVE"

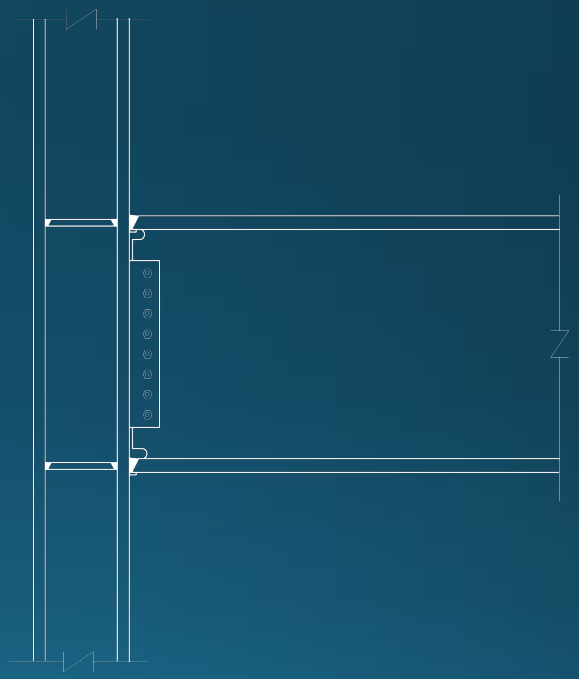


Desarrollo de Ductilidad

De lo anterior, se concluye que la zona crítica para detallado de los marcos de acero resistentes a momento (MF) es la:

Conexión Viga-Columna

(*incluyendo la zona de panel*)



Requisito de Diseño:

Los marcos deben ser capaces de desarrollar los niveles de ductilidad requeridos, sin que ocurra la falla de la conexión viga-columna.

RESUMEN DE LA PRESENTACIÓN

I. Generalidades

II. Sistemas de Marcos en el CSCR-REV

III. Marcos Ordinarios – OMF

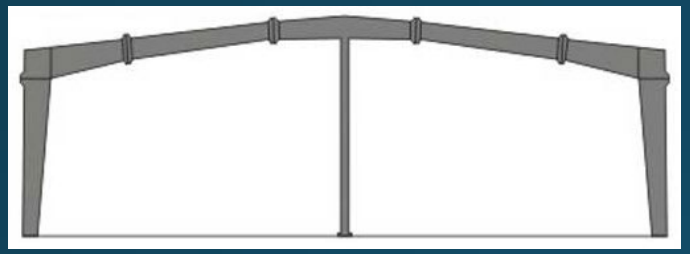
IV. Marcos Intermedios – IMF

V. Marcos Especiales – SMF

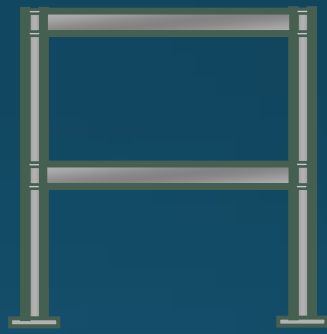
Sistemas de Marcos

- CSCR-REV reconoce cuatro sistemas sismorresistentes a base de marcos de momento:

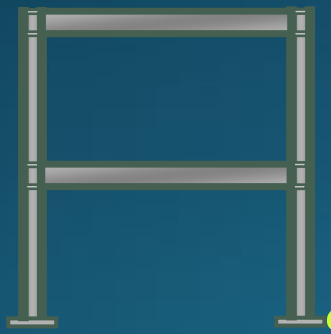
SISTEMAS DE MARCOS
Artículo 10.5



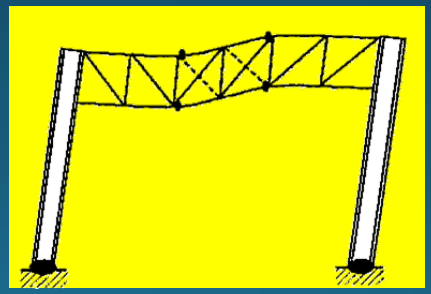
OMF – 303.5.1



IMF – 303.5.2



SMF – 303.5.3



STMF – 303.5.4

Sistemas de Marcos

- Diferencia principal entre ellos está en los niveles de ductilidad que pueden desarrollar :

Tipo de Marco	Deformaciones inelásticas esperadas	Capacidad de rotación mínima	Conexiones y otros
OMF	Mínimas	n/a	Vigas puede ser armaduras; conexiones rígidas o semi-rígidas **Conexiones Anexo VIII***
IMF	Limitadas	0.02 rad	Conexiones precalificadas, AnexoVIII
SMF	Importantes	0.04 rad	Conexiones precalificadas, Anexo VIII
STMF	Importantes, en segmento especial	n/a	-

$0.3\theta\sqrt{\frac{E}{F_y}}$

Sistemas de Marcos

- El ingeniero estructural tiene libertad para escoger el tipo de marco que diseñará para un proyecto específico.
- La escogencia del tipo de marco depende de:
  - Configuración del edificio → altura y número de niveles
  - Uso del edificio → cargas y ocupación
- Debido a las diferencias en su comportamiento y en su capacidad para acomodar las derivas inelásticas durante el sismo de diseño, el CSCR impone algunas limitaciones al tipo de marco que puede ser utilizado como parte del sistema sismorresistente.

Sistemas de Marcos

- Limitaciones al uso de los diferentes sistemas de marcos como parte del sistema sismorresistente, CSCR-REV:

Sistema	Máximo # Niveles	Máxima Altura	Máxima Carga Permanente
OMF	1	18 m	95 kg/m²
	-	10 m	95 kg/m²
IMF	Varios niveles con una altura máxima de20 m		
SMF	-	-	-
STMF*	-	-	-

*** Claro máximo de 20m y peralte máximo de armadura de 1.8m**

Sistemas de Marcos

- Naturaleza de carga permanente límite para OMF :

CARGA PERMANENTE de 95 kg/m^2

Incluye peso propio del sistema de entrepiso o techo, acabados, instalaciones EM, particiones, etc.

También incluye el peso tributario de paredes y cerramientos.

CONCEPTO DE MASA REACTIVA (SISMICA)

RESUMEN DE LA PRESENTACIÓN

I. Generalidades

II. Sistemas de Marcos en el CSCR-2010

III. **Marcos Ordinarios – OMF**

IV. Marcos Intermedios – IMF

V. Marcos Especiales – SMF

ARTÍCULO 303.5.1
MARCOS ORDINARIOS

- OMF -

303.5.1 – Marcos Ordinarios (OMF)

- **303.5.1.2 Criterios de Diseño**

  Los sistemas sismorresistentes a base de OMF deben ser diseñados para soportar deformaciones inelásticas mínimas en sus elementos y conexiones durante el sismo de diseño.

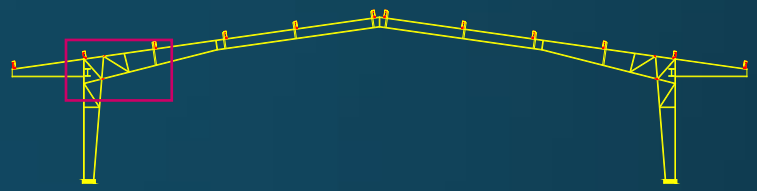
NO TIENE REQUISITOS DE ANÁLISIS ESPECIALES (303.5.1.3)	NO TIENE REQUISITOS DE SISTEMA ADICIONALES (303.5.1.4)	NO TIENE REQUISITOS DE ESBELTEZ LOCAL ESPECIALES (303.5.1.5)	NO TIENE ZONAS PROTEGIDAS (303.5.1.5)

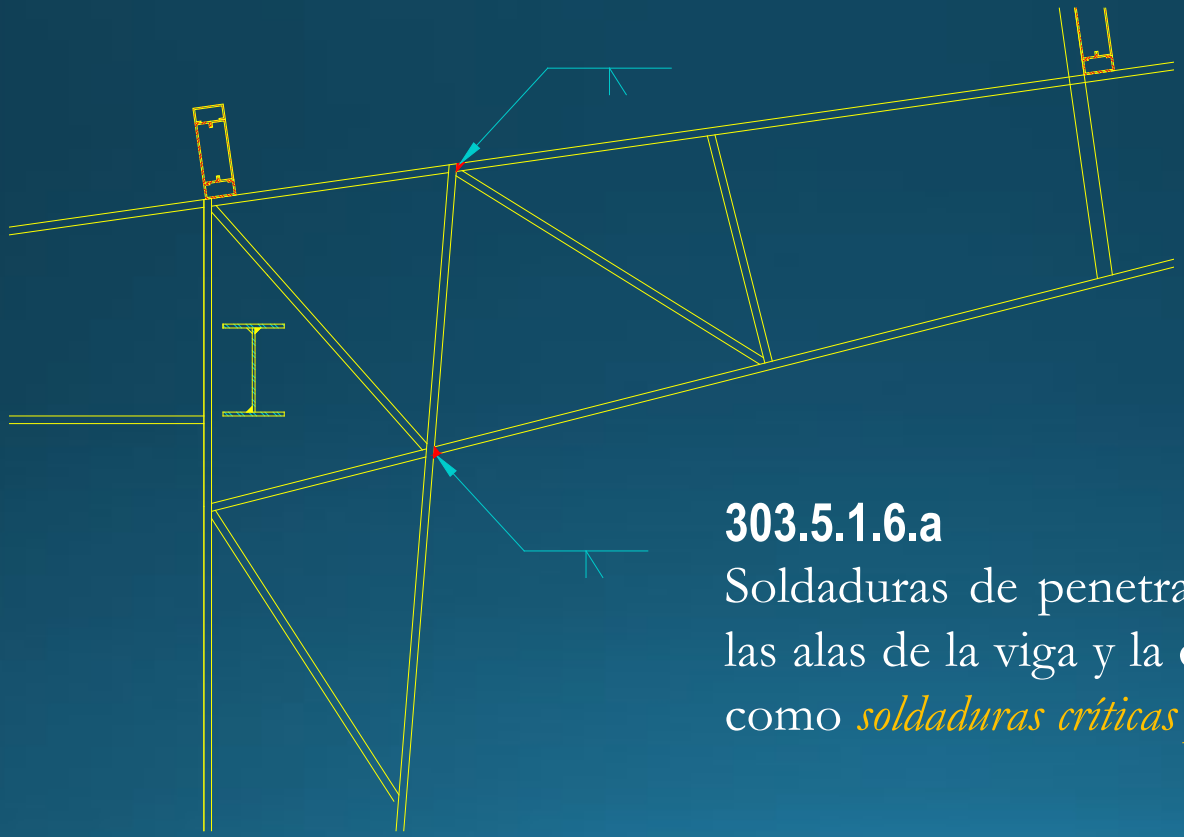
PERO OJO CON LAS CONEXIONES!

303.5.1 – Marcos Ordinarios (OMF)

- **303.5.1.6 Conexiones**

  a. Soldaduras críticas por demanda





303.5.1.6.a

Soldaduras de penetración completa entre las alas de la viga y la columna se clasifican como *soldaduras críticas por demanda*.

10.5.1 – Marcos Ordinarios (OMF)

- **303.5.1.6 Conexiones**

  b. Requisitos para conexiones

  Las conexiones de un OMF deben cumplir al menos uno de los siguientes requisitos de diseño:

  10.5.1.6.b.i

  Diseñar para la capacidad plástica en flexión de la sección conectada, y su cortante asociado:

$$M_u = R_y M_p$$

$$V_u = \text{combinaciones}\,[6\text{-}1]\,\text{a}\,[6.4]\,\text{con}\,V_{CS} = k\frac{R_y M_p}{L_{ef}}$$

303.5.1 – Marcos Ordinarios (OMF)

- **303.5.1.6 Conexiones**

  b. Requisitos para conexiones

10.5.1.6.b.ii

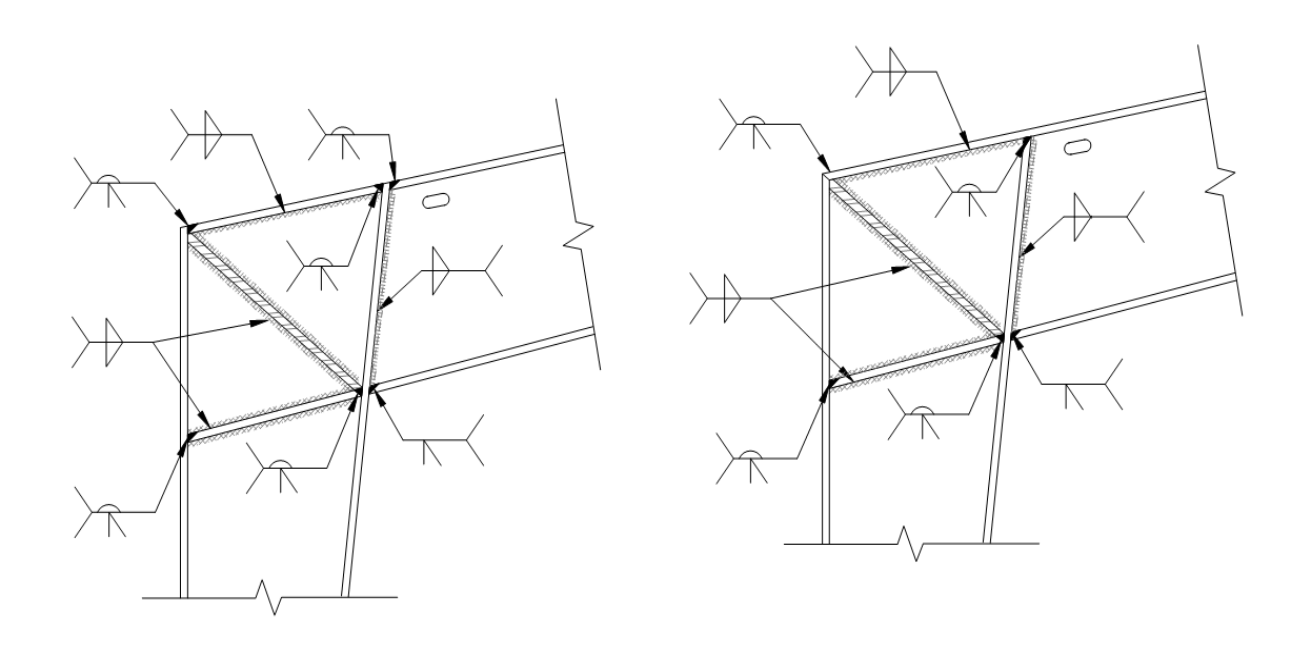
Diseñar para el máximo momento, y su cortante asociado, que pueda ser transferido por el sistema a la conexión: Detallado de acuerdo con Anexo VIII

$$M_u = \frac{M_n}{\phi}$$

$$V_u = \text{combinaciones}\,[6\text{-}1]\,\text{a}\,[6.4]\,\text{con}\,V_{CS} = k\frac{M_n}{\phi L_{ef}}$$

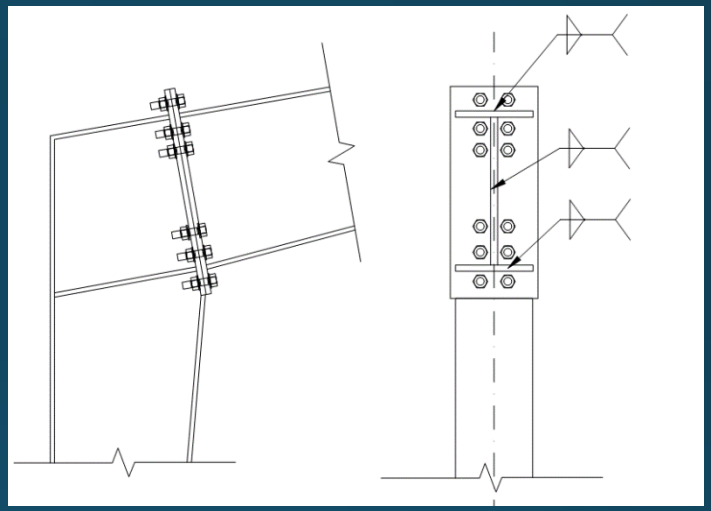
303.5.1 – Marcos Ordinarios (OMF)

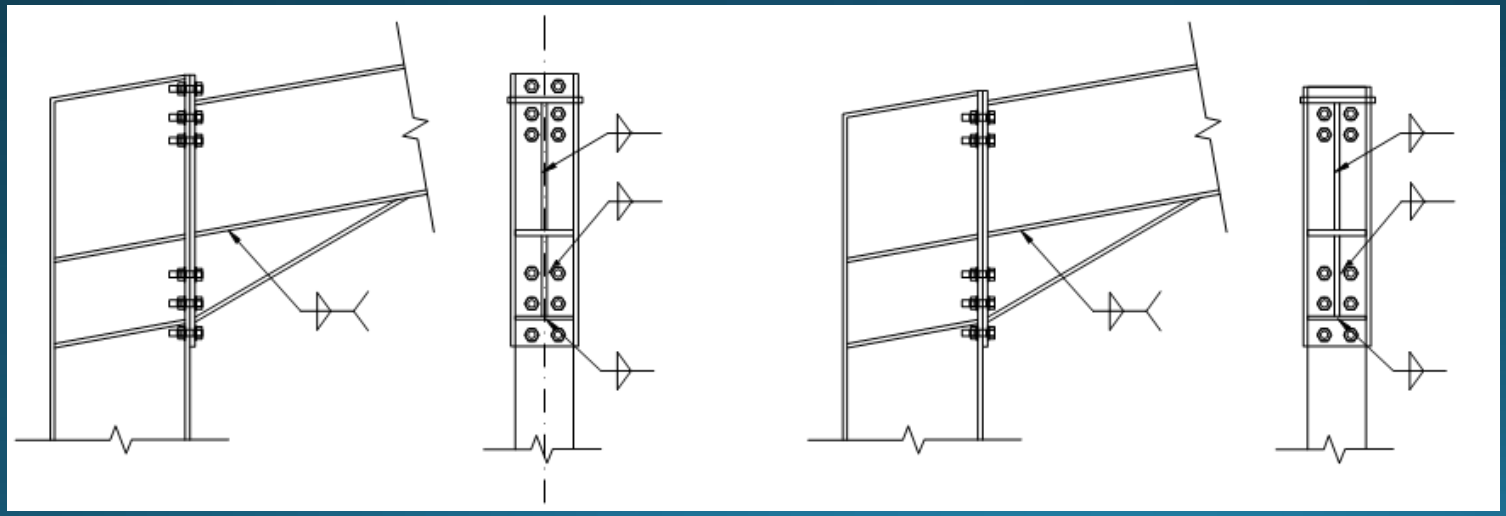
- **VIII 6.7 Conexión NI-1**



303.5.1 – Marcos Ordinarios (OMF)

- **VIII 6.8 Conexión NI-2**





RESUMEN DE LA PRESENTACIÓN

I. Generalidades

II. Sistemas de Marcos en el CSCR-2010

III. Marcos Ordinarios – OMF

IV. Marcos Intermedios – IMF

V. Marcos Especiales – SMF

ARTÍCULO 303.5.2
MARCOS INTERMEDIOS

- IMF -

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.2**

  Los sistemas sismorresistentes a base de IMF deben ser diseñados para soportar deformaciones inelásticas limitadas en sus elementos y conexiones durante el sismo de diseño.

EXISTEN REQUISITOS ESPECIALES PARA EL SISTEMA (303.5.2.4), LA ESBELTEZ Y GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS (303.5.2.5) Y LAS CONEXIONES! (10.5.2.6)

NO TIENE REQUISITOS DE ANÁLISIS ESPECIALES (10.5.2.3), NI REQUISITOS ESPECIALES PARA LA ZONA DE PANEL (10.5.2.6.e)

TIENE ZONAS PROTEGIDAS (10.5.2.5.c)

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.4 Requisitos del Sistema**

  a. Soporte lateral de vigas para garantizar su estabilidad

  Debe cumplir con los requisitos para elementos con **ductilidad moderada** del inciso 303.4.1.2(a):

  1. La capacidad del soporte según Apéndice 6 del AISC 360-16, tomando $M_r = R_y Z F_y \rightarrow P_{br} = 0.02 M_r / h_o$
  2. La separación máxima entre soportes dada por*:

$$L_b = 0.19 r_y \frac{E}{F_y}$$

Debe colocarse soporte lateral donde haya cargas concentradas, cambios de sección transversal, formación de rótulas plásticas, o según se indique en el Anexo VIII.

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.5 Elementos Estructurales**

a. Requisitos Básicos

Vigas y columnas deben tener ductilidad moderada, según inciso 303.4.1 → limitación en la razón de esbeltez.

b. Alas de vigas

En zonas de rótulas plásticas, no se permite:

1. Cambios abruptos en la sección del ala de la viga.
2. Perforaciones o recortes en el ala de la viga.

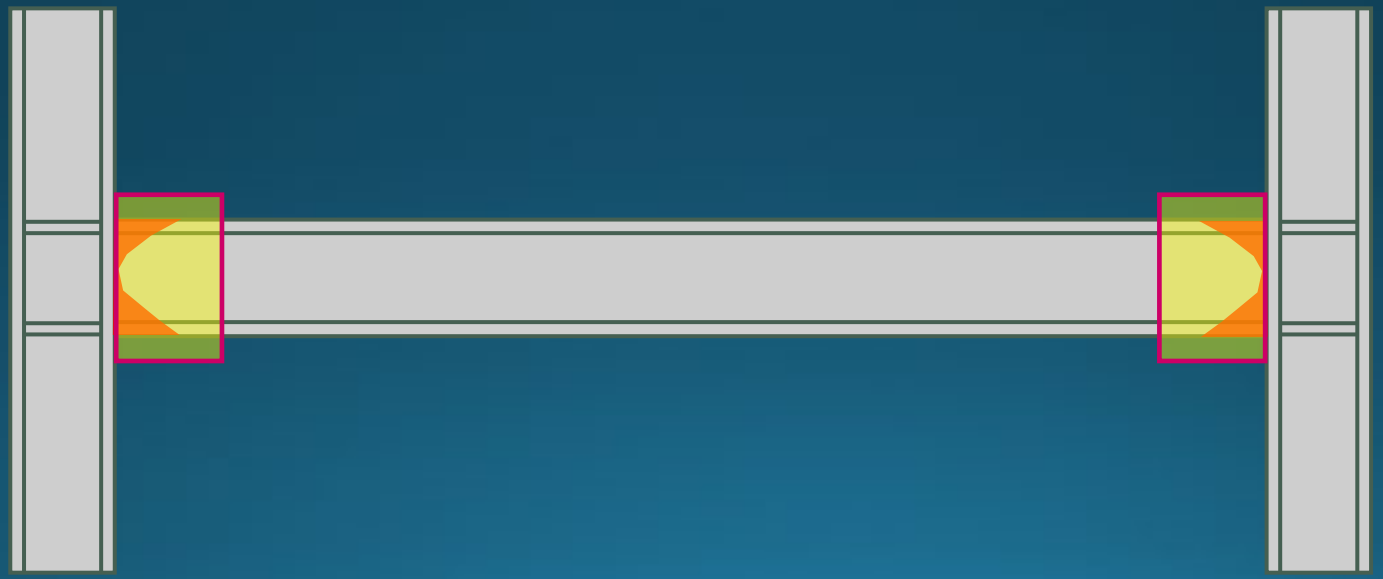
BUSCA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LA ROTULA PLASTICA PARA AJUSTARSE AL ANGULO DE DERIVA REQUERIDO

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.5 Elementos Estructurales**

  c. Zonas protegidas

  Región sujeta a deformaciones inelásticas en los extremos de las vigas. Cuando se utilizan conexiones precalificadas, su extensión se define en Anexo VIII.



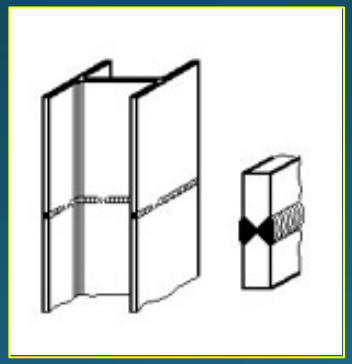
303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

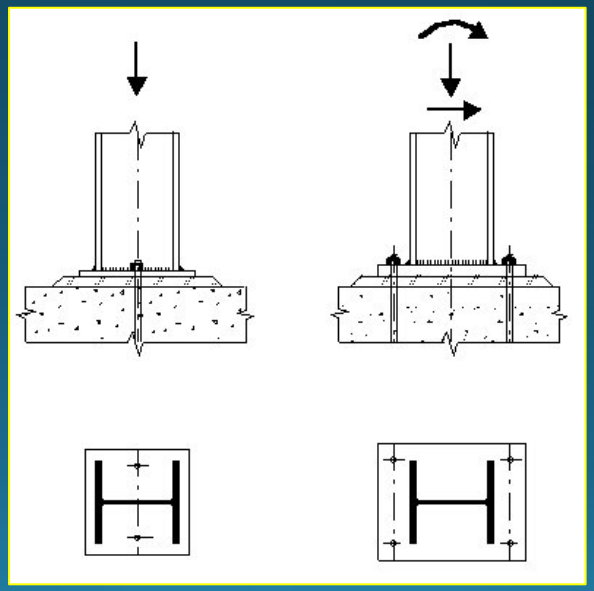
- **303.5.2.6 Conexiones**

  a. Soldaduras críticas por demanda

  303.5.2.6.a

  - Soldaduras de penetración completa en empalme de columnas.
  - Soldaduras en la unión de la columna con la placa base.
  - Soldaduras de penetración completa en la unión de alas y alma de la viga a la columna.





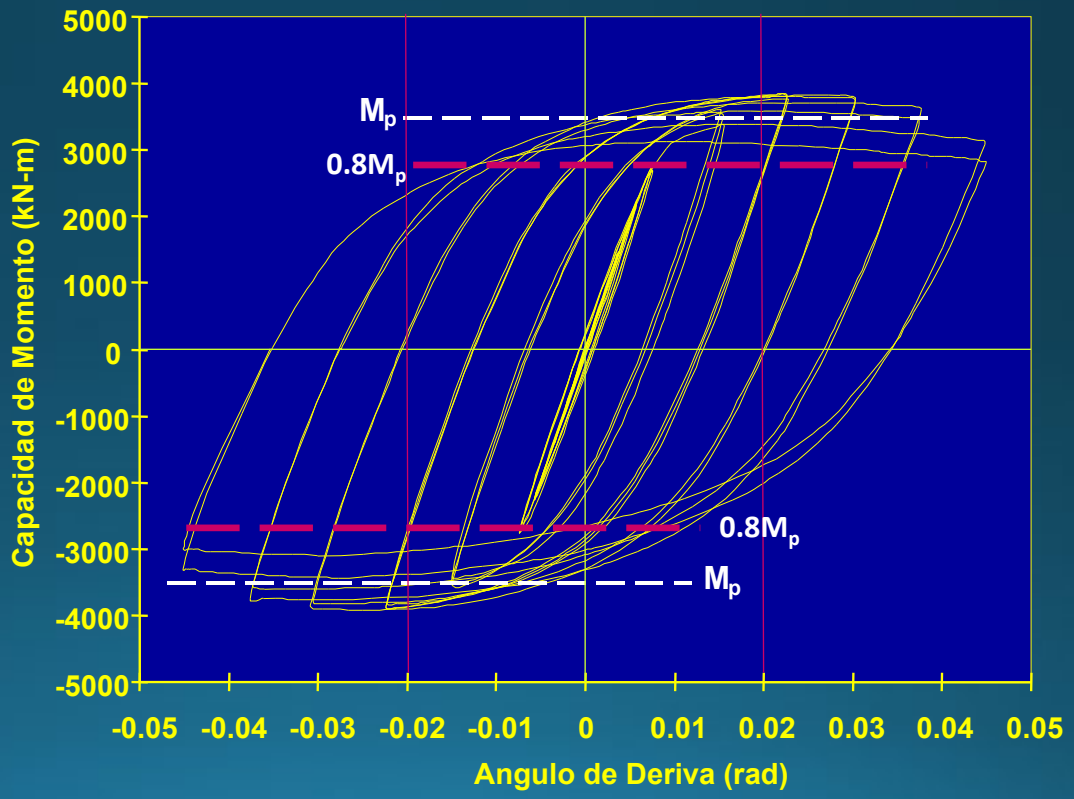
303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.6 Conexiones**

  b. Requisitos para conexiones viga-columna

Capacidad de Rotación Mínima = 0.02 rad

Capacidad de Flexión Mínima = $0.80M_p$ de la viga conectada, a una rotación de 0.02 rad



303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.6 Conexiones**

  c. Demostración de conformidad

  Para demostrar que una conexión cumple con lo anterior, el diseñador dispone de tres métodos aceptados por el CSCR-REV:

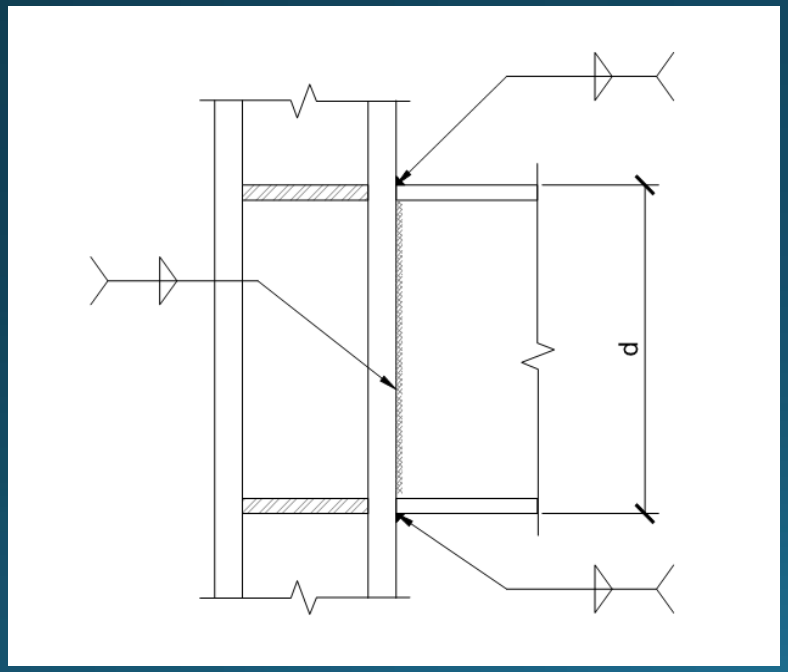
  1. Utilizar alguna de las conexiones precalificadas del Anexo VIII.
  2. Utilizar alguna conexión que haya sido precalificada para su uso en IMF, según los lineamientos de la sección K1 del AISC 341-10.
  3. Utilizar cualquier conexión cuyo desempeño ante cargas cíclicas haya sido evaluado experimentalmente según la sección K2 del AISC 341-10:
     a. Ensayos para el proyecto específico.
     b. Ensayos reportados en la literatura o documentados para otros proyectos representativos.

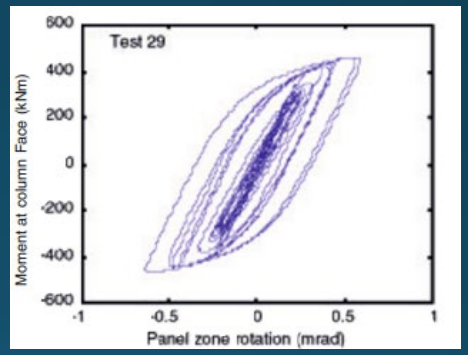
303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

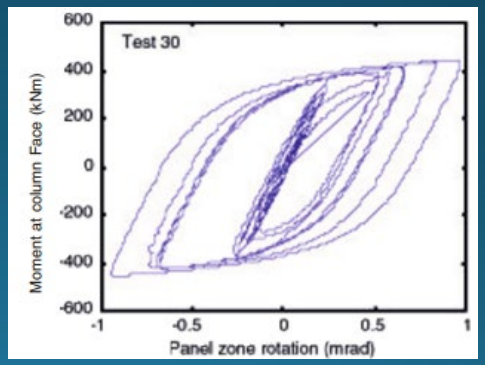
- **VIII.6.10.**

  Introducción de conexión para IMF

  Ala soldada sin refuerzo y alma soldada modificada (WUF-Wm)







Woerner W et al. (2006)

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.6 Conexiones**

  d. Capacidad requerida en cortante

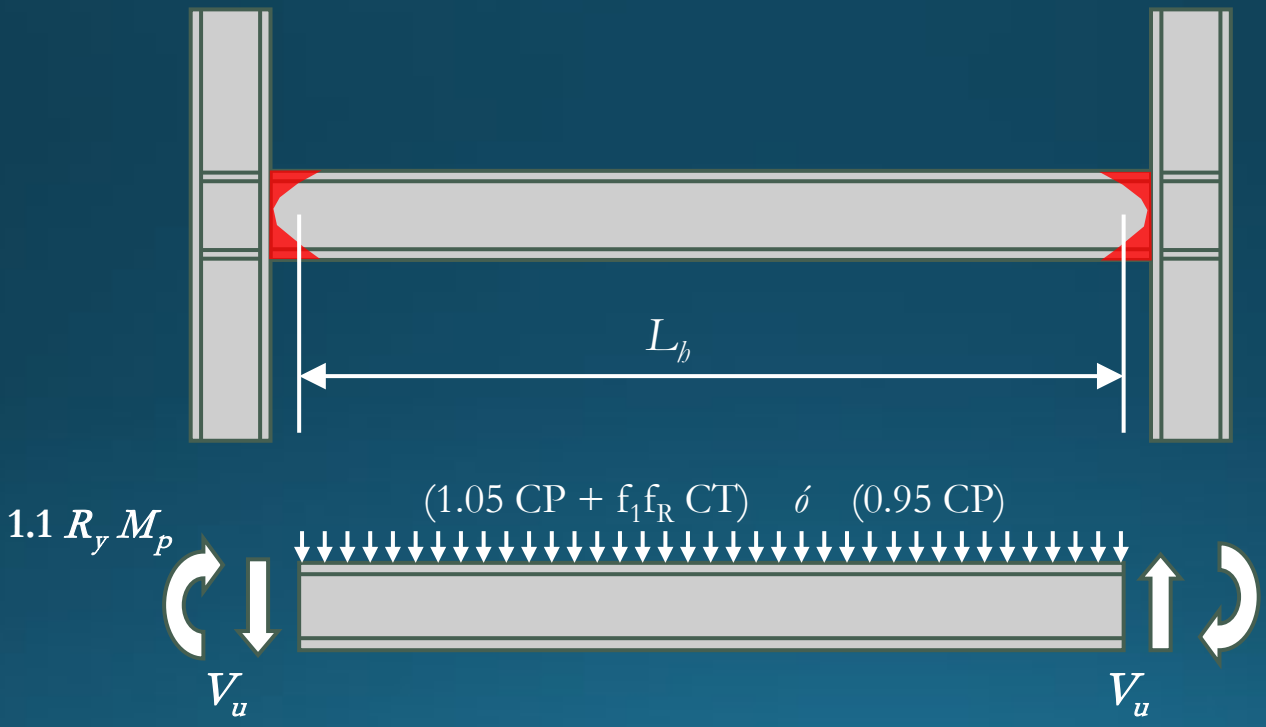
  V_u para el diseño de la conexión se determinan mediante las combinaciones de carga [6-1] a [6-4], pero tomando el cortante por sismo como:

$$V_{CS} = 2\left[\frac{1.1R_yM_p}{L_h}\right]$$

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.6 Conexiones**

  d. Capacidad requerida en cortante



$$V_u = 2\,[\,1.1\,R_y\,M_p\,]\,/\,L_h\,+V_{gravedad}$$

303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.6 Conexiones**

  e. Zona de panel

  No tiene requisitos adicionales a los especificados en el AISC 360-10 (sección J10.6).

  V_u para la zona de panel, puede ser calculada según las combinaciones de carga [6-1] a [6-4], y utilizando la carga sísmica producto del análisis estructural.

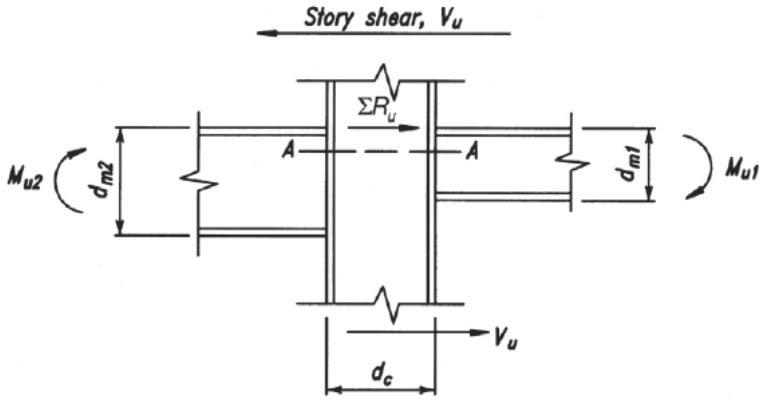


Fig. C-J10.3. LRFD forces in panel zone (ASD forces are similar).

$$\Sigma R_u = \frac{M_{u1}}{d_{m1}} + \frac{M_{u2}}{d_{m2}} - V_u$$

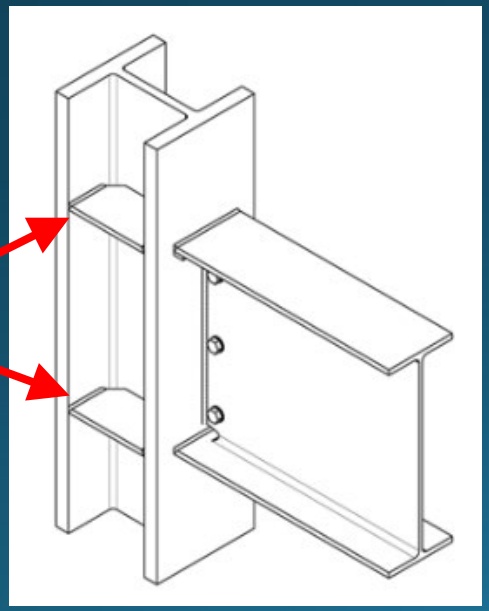
303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

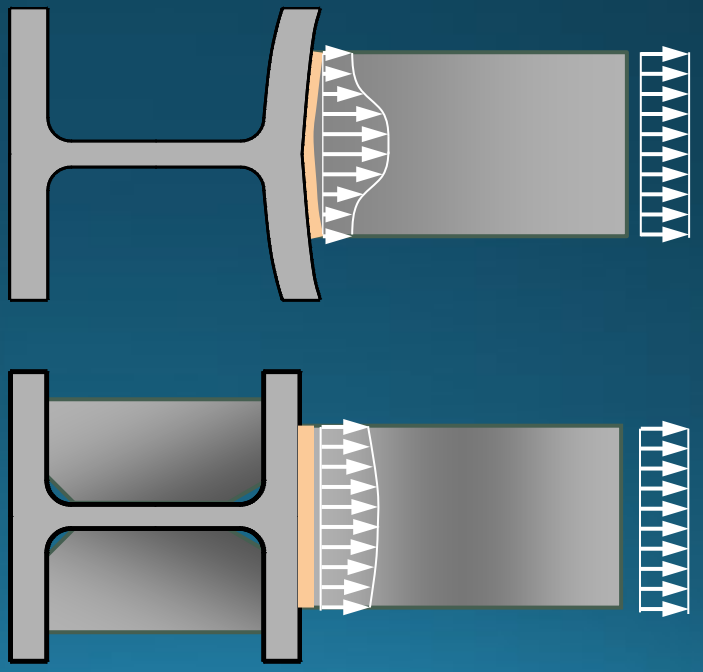
- **303.5.2.6 Conexiones**

  f. Placas de continuidad

  Sirven para evitar la concentración de esfuerzos en la zona central de las soldaduras que unen el ala de la viga con la columna. **También ver VIII2.6**

Placas de Continuidad





303.5.2 – Marcos Intermedios (IMF)

- **303.5.2.6 Conexiones**

  g. Empalmes de columna

  Todos los empalmes de columna deben satisfacer 10.4.2.5 *(ubicación, configuración y requisitos generales).*

  Empalmes soldados → deben ser de penetración total.

  Empalmes empernados → resistencia requerida mínima:

$$M_u = R_y M_p \quad \text{de columna más pequeña conectada}$$

$$V_u = \frac{\sum M_{pc}}{H_c}, \text{ donde } \sum M_{pc} = \text{suma de capacidades plásticas de las columnas conectadas}$$

RESUMEN DE LA PRESENTACIÓN

I. Generalidades

II. Sistemas de Marcos en el CSCR-2010

III. Marcos Ordinarios – OMF

IV. Marcos Intermedios – IMF

V. Marcos Especiales – SMF

ARTÍCULO 303.5.3
MARCOS ESPECIALES

- SMF -

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.2**

  Los sistemas sismorresistentes a base de SMF deben ser diseñados para soportar deformaciones inelásticas importantes en sus elementos y conexiones durante el sismo de diseño.

EXISTEN REQUISITOS ESPECIALES PARA EL SISTEMA (303.5.3.4), LA ESBELTEZ Y GEOMETRÍA DE LOS ELEMENTOS (303.5.3.5), LAS CONEXIONES (303.5.3.6) Y LA ZONA DE PANEL (303.5.3.6.e)	NO TIENE REQUISITOS DE ANÁLISIS ESPECIALES (303.5.3.3)	TIENE ZONAS PROTEGIDAS (303.5.3.5.c)

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.4 Requisitos del Sistema**

  a. Razón de Momentos columna-viga

  En todas las uniones viga-columna del sistema sismorresistente, se debe satisfacer la siguiente relación:

$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} \geq 1.0$$

Donde:

$$\sum M^*_{pc} = \sum Z_c \left(F_{yc} - \frac{P_{uc}}{A_g} \right)$$

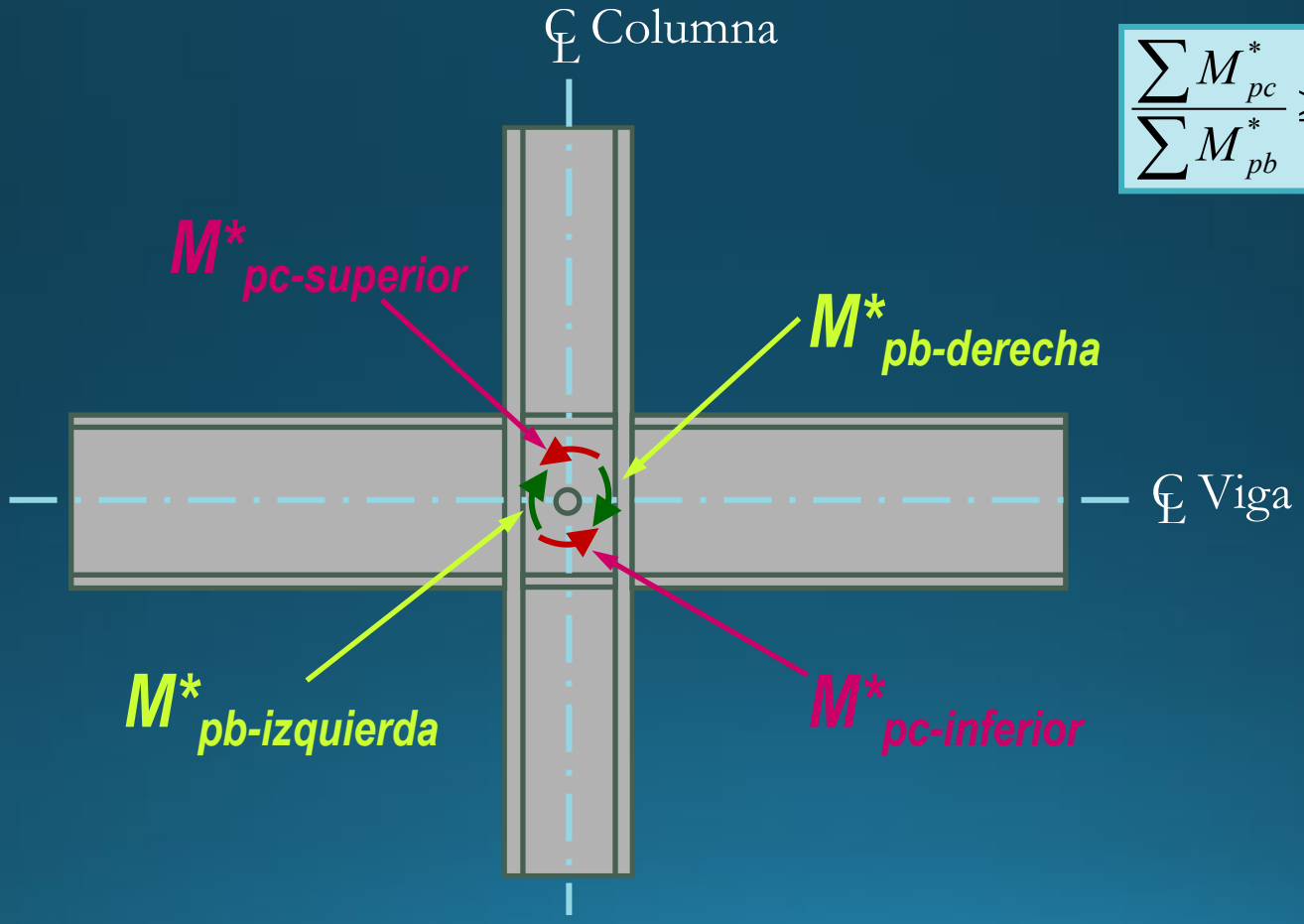
$$\sum M^*_{pb} = \sum \left(1.1 R_y M_p + M_V \right)$$

Suma de capacidad nominal en flexión de las columnas conectadas al nudo, con reducción por carga axial

Suma de capacidad esperada en flexión de las vigas conectadas al nudo, incluyendo amplificación, M_v

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Razón de Momentos Columna-Viga**

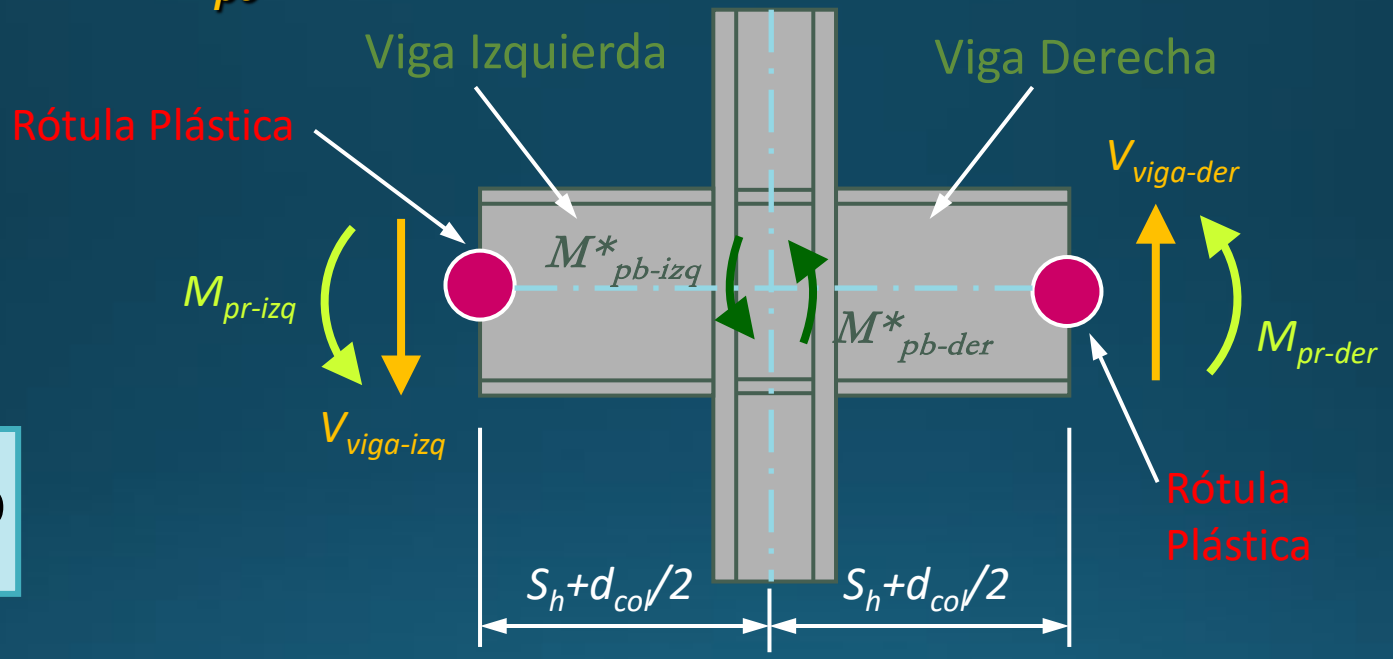


$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} \geq 1.0$$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Razón de Momentos Columna-Viga**

  Cálculo de M_{pb}



$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} \geq 1.0$$

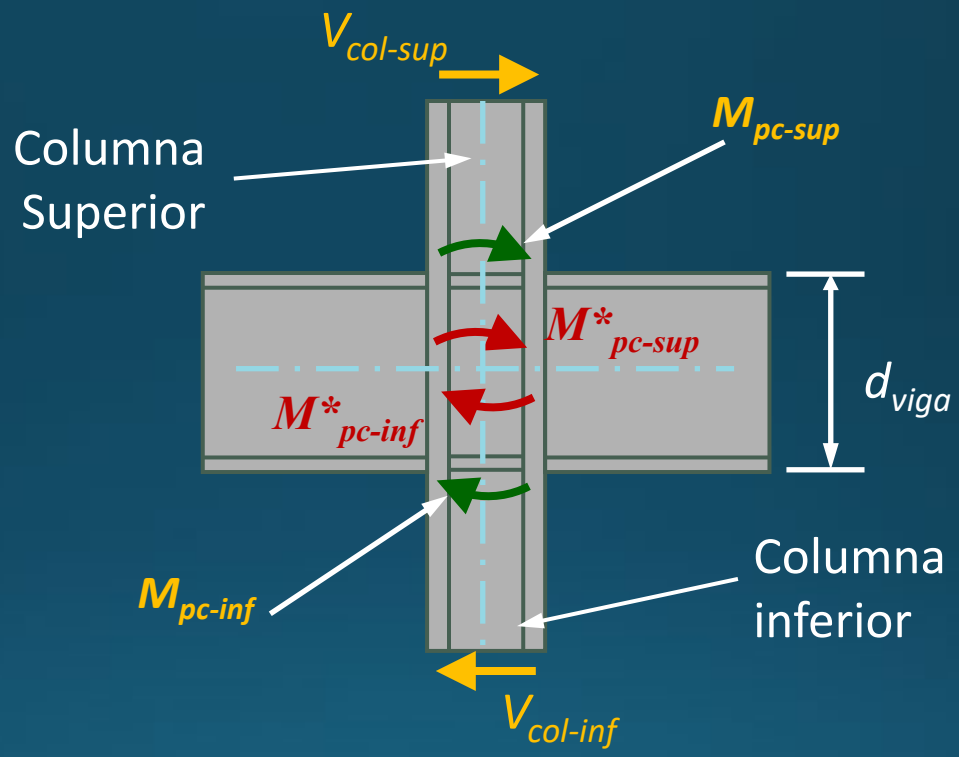
M_{pr} = Capacidad esperada en rótula plástica = $1.1\, R_y\, M_p$ o según Anexo B
V_{viga} = Capacidad requerida en cortante (ver inciso 10.5.3.6.d)
S_h = Distancia de la cara de la columna a la rótula plástica (especificado en Anexo B)

$$M^*_{pb} = M_{pr} + V_{viga}\,(S_h + d_{col}/2)$$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Razón de Momentos Columna-Viga**

  Cálculo de M_{pc}



$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} \geq 1.0$$

M_{pc} = Capacidad plástica nominal de la columna, reducida por carga axial = $Z_c\,(F_{yc} - P_{uc}/A_g)$

V_{col} = Capacidad requerida en cortante de la columna (cortante por capacidad, suponiendo punto de inflexión en la mitad de la altura de la columna)

$$M^*_{pc} = M_{pc} + V_{col}\,(d_{viga}/2)$$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.4 Requisitos del Sistema**

  b. Soporte lateral de vigas para garantizar su estabilidad

  Debe cumplir con los requisitos para elementos con **ductilidad óptima** del inciso 10.4.1.2(b):

  1. La capacidad del soporte según Apéndice 6 del AISC 360-10, tomando $M_r = R_y Z F_y \rightarrow P_{br} = 0.02 M_r / h_o$
  2. La separación máxima entre soportes dada por:

$$L_b = 0.095 r_y \frac{E}{F_y}$$

Debe colocarse soporte lateral donde haya cargas concentradas, cambios de sección transversal, formación de rótulas plásticas, o según se indique en el **Anexo VIII**.

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.4 Requisitos del Sistema**

  b. Soporte lateral de vigas para garantizar su estabilidad

  En **zonas de rótulas plásticas**, se debe cumplir con el inciso 10.4.1.2(c):

  1. La **capacidad** del soporte según Apéndice 6 del AISC 360-10, tomando $M_u = 0.06R_yZF_y$ → $P_u = 0.06R_yZF_y/h_o$
  2. La **separación máxima** entre soportes dada por:

$$L_b = 0.095 r_y \frac{E}{F_y}$$

  3. La **rigidez** del soporte según Apéndice 6 del AISC 360-10, tomando $C_d = 1.0$ → $M_u = R_yZF_y$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.4 Requisitos del Sistema**

  c. Soporte lateral de columnas → para evitar rotación fuera del plano durante incursiones en el rango inelástico.

  1. Se debe colocar en las alas de columna, tanto a nivel del ala superior como del ala inferior de la viga conectada.
  2. Soporte lateral puede ser:
     a) Directo → losa de entrepiso o "bracones" directamente conectados.
     b) Indirecto → placas de continuidad al alma o alas de vigas perpendiculares.

Excepto si se demuestra que la columna **permanece elástica**

$$\frac{\sum M^*_{pc}}{\sum M^*_{pb}} \geq 2.0$$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.5 Elementos Estructurales**

  a. Requisitos Básicos

  Vigas y columnas deben tener ductilidad óptima, según inciso 10.4.1 → limitación en la razón de esbeltez más estricta que para IMF.

  b. Alas de vigas

  En zonas de rótulas plásticas, no se permite:

  1. Cambios abruptos en la sección del ala de la viga.
  2. Perforaciones o recortes en el ala de la viga.

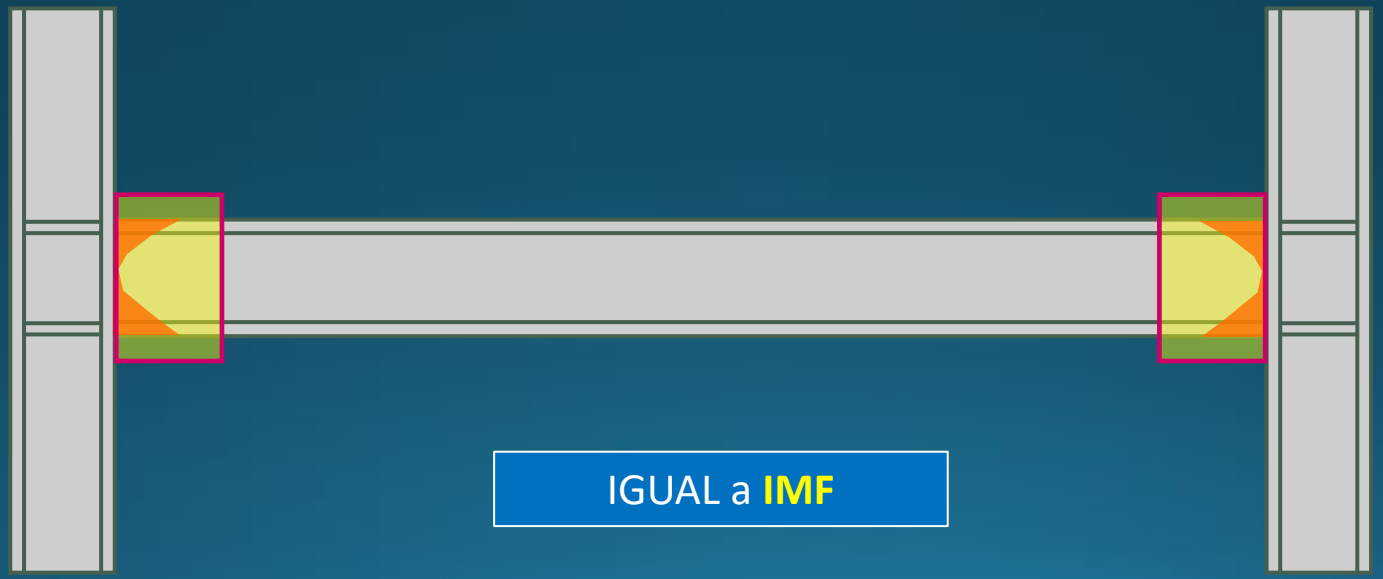
BUSCA GARANTIZAR LA ESTABILIDAD DE LA ROTULA PLASTICA PARA AJUSTARSE AL ANGULO DE DERIVA REQUERIDO **(igual a IMF)**

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.5 Elementos Estructurales**

  c. Zonas protegidas

  Región sujeta a deformaciones inelásticas en los extremos de las vigas. Cuando se utilizan conexiones precalificadas, su extensión se define en Anexo B.



303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.6 Conexiones**

a. Soldaduras críticas por demanda
d. Capacidad requerida en cortante
f. Placas de continuidad
g. Empalmes de columna

APLICAN LAS MISMAS DISPOCISIONES QUE RIGEN EL DISEÑO DE SISTEMAS A BASE DE **IMF**

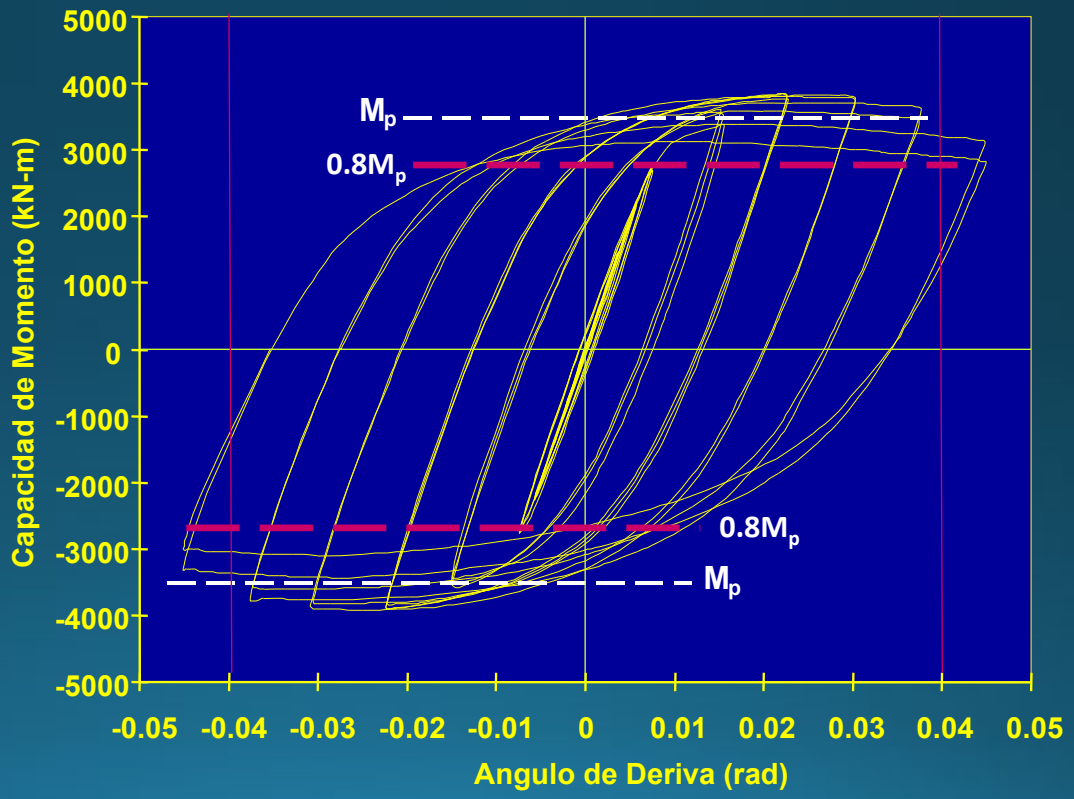
303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.6 Conexiones**

  b. Requisitos para conexiones viga-columna

Capacidad de Rotación Mínima = 0.04 rad

Capacidad de Flexión Mínima = $0.80M_p$ de la viga conectada, a una rotación de 0.04 rad



Para **SMF** se requiere el doble de la capacidad de rotación requerida para **IMF**!

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.6 Conexiones**

  c. Demostración de conformidad → *igual que para IMF*

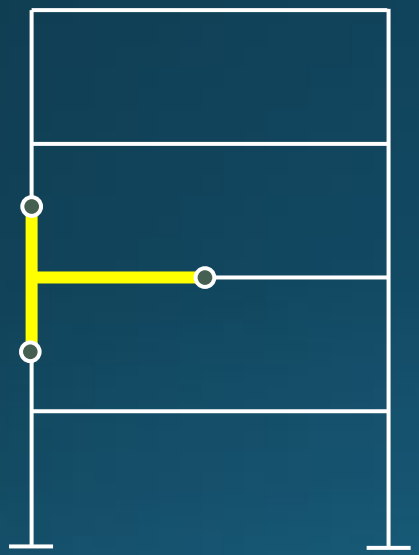
  Para demostrar que una conexión cumple con lo anterior, el diseñador dispone de tres métodos aceptados por el CSCR-2010:

  1. Utilizar alguna de las conexiones precalificadas del Anexo VIII.
  2. Utilizar alguna conexión que haya sido precalificada para su uso en **SMF**, según los lineamientos de la sección K1 del AISC 341-16.
  3. Utilizar cualquier conexión cuyo desempeño ante cargas cíclicas haya sido evaluado experimentalmente según la sección K2 del AISC 341-16:
     a. Ensayos para el proyecto específico
     b. Ensayos reportados en la literatura o documentados para otros proyectos representativos

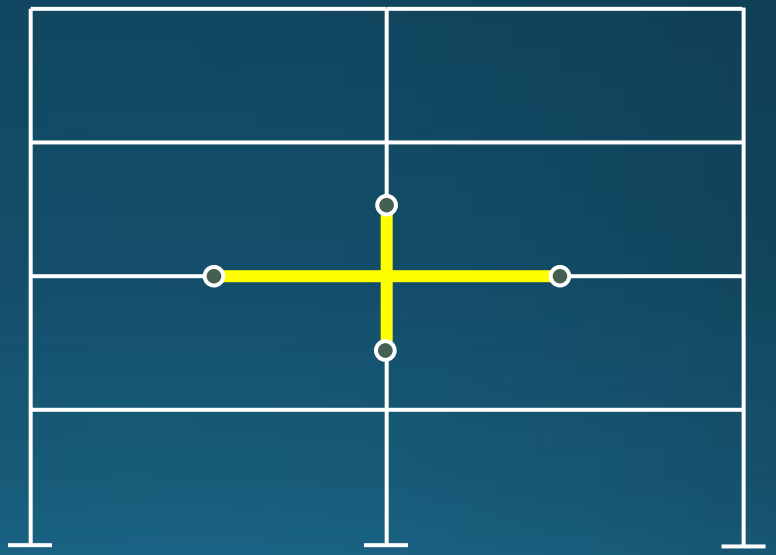
303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Demostración de Conformidad (Ensayos)**

  Configuración de especímenes de prueba



Sub-ensamble exterior



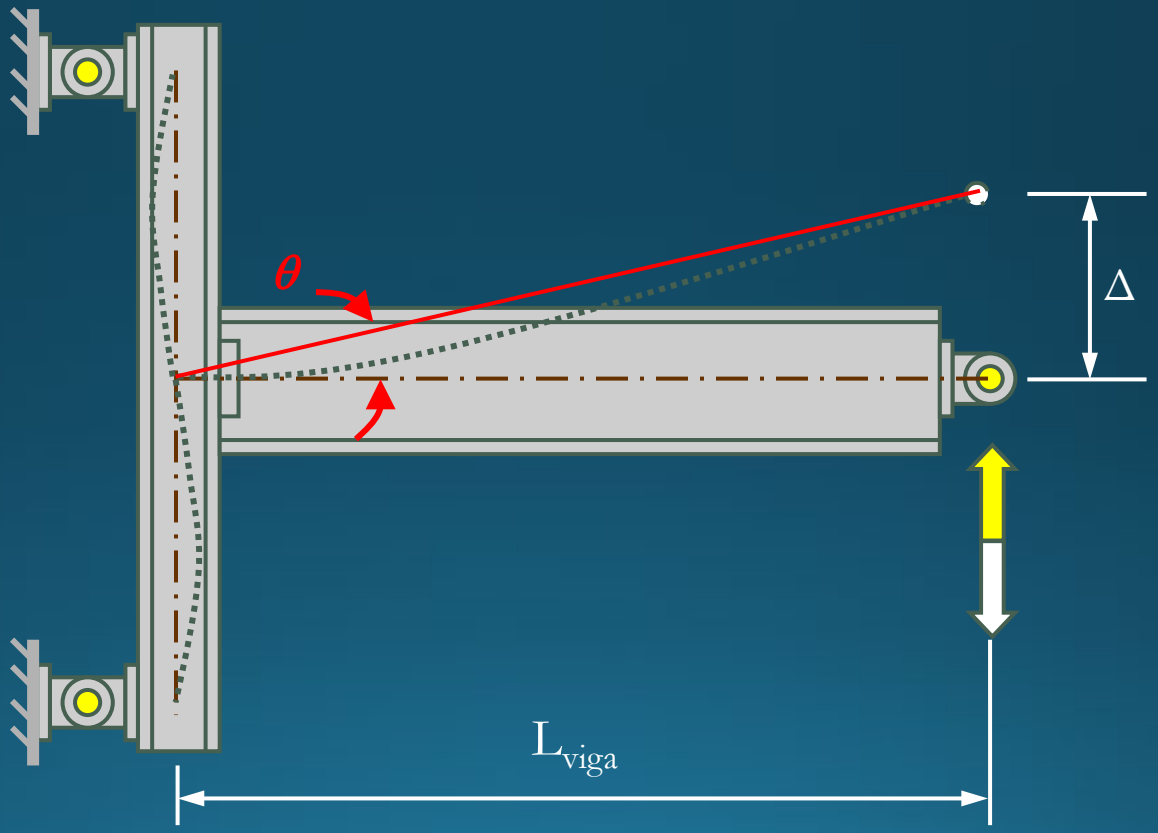
Sub-ensamble interior

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

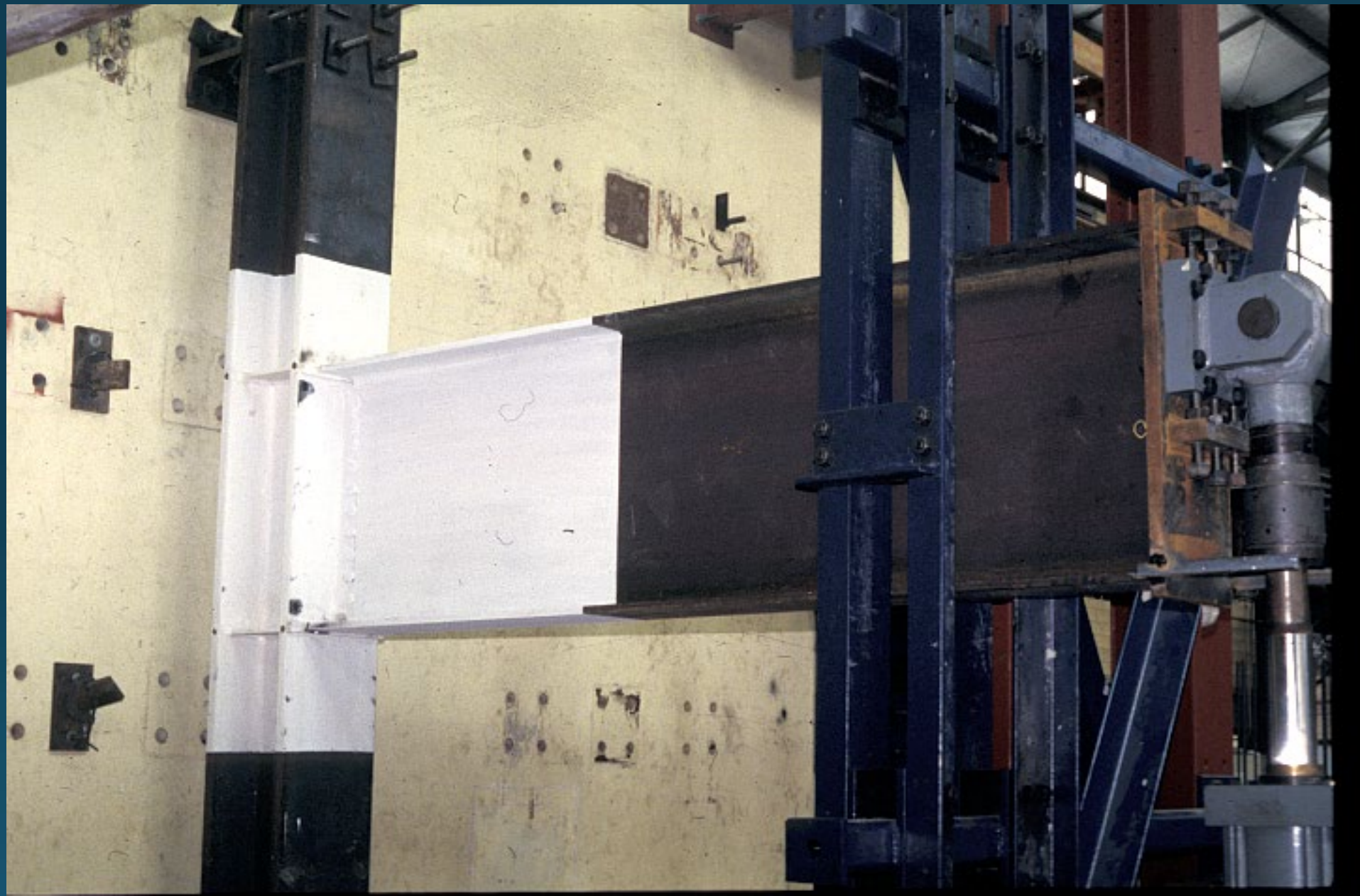
- **Configuración de especímenes de prueba**

Montaje experimental para Sub-ensamble típico exterior

$$\text{Ángulo de Deriva, } \theta = \frac{\Delta}{L_{viga}}$$



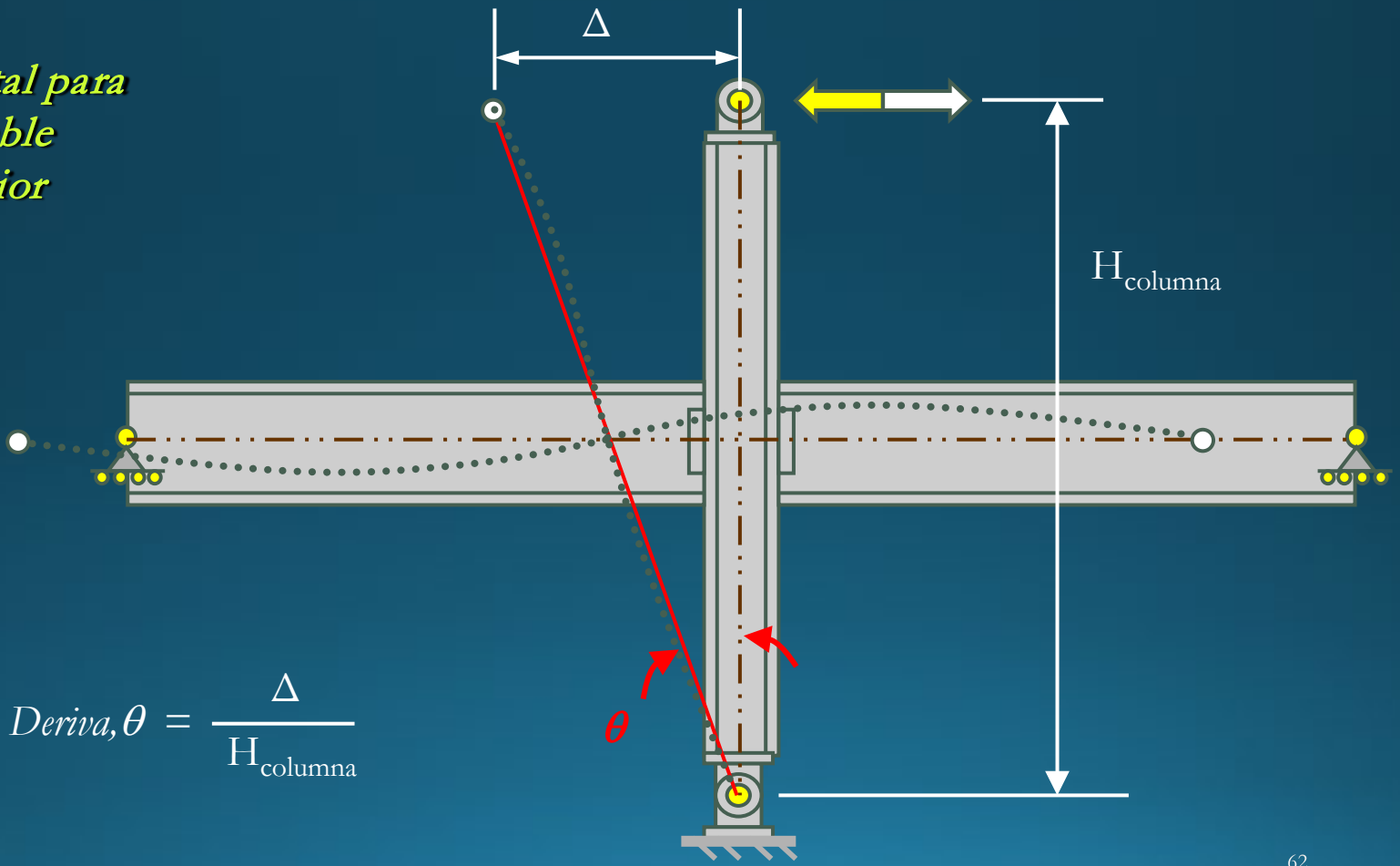
Typical Exterior Subassemblage



303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

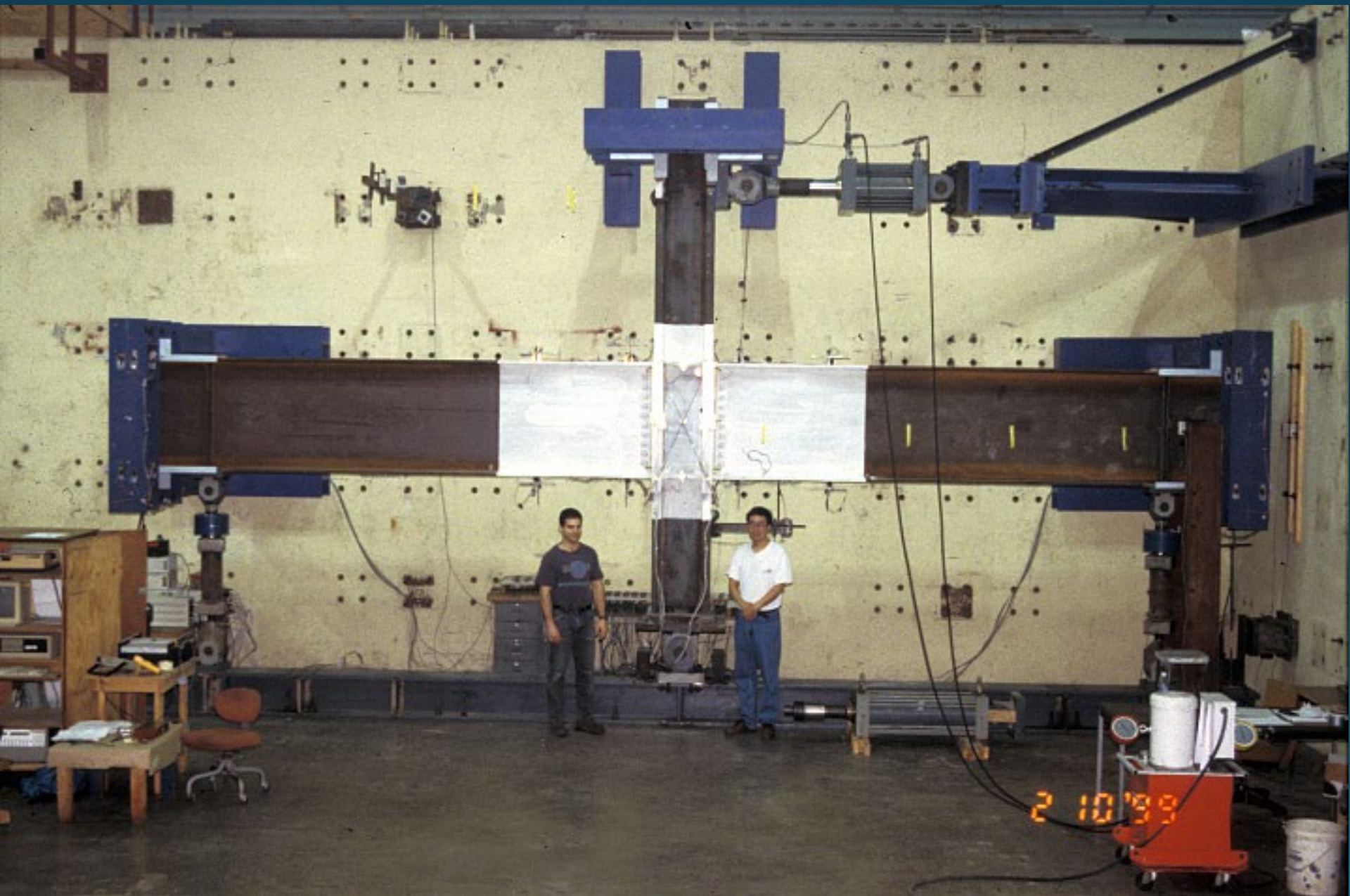
- **Configuración de especímenes de prueba**

Montaje experimental para Sub-ensamble típico interior



$$\text{Ángulo de Deriva}, \theta = \frac{\Delta}{H_{columna}}$$

Typical Interior Subassemblage



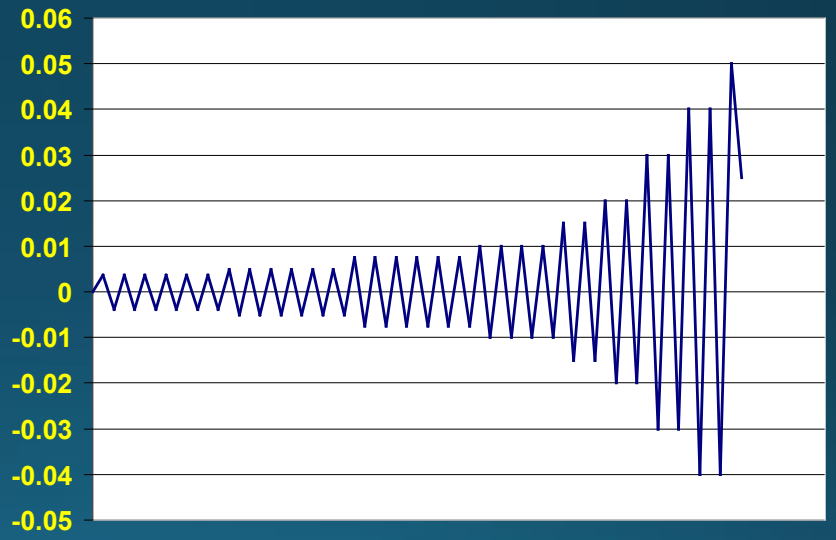
303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Demostración de Conformidad (Ensayos)**

Protocolo de carga (AISC 341-10, Sec. K.2.4.b)

Se aplican las siguientes etapas de carga:

6 ciclos a	$\theta = \pm 0.00375$ rad.
6 ciclos a	$\theta = \pm 0.005$ rad.
6 ciclos a	$\theta = \pm 0.0075$ rad.
4 ciclos a	$\theta = \pm 0.01$ rad.
2 ciclos a	$\theta = \pm 0.015$ rad.
2 ciclos a	$\theta = \pm 0.02$ rad.
2 ciclos a	$\theta = \pm 0.03$ rad.
2 ciclos a	$\theta = \pm 0.04$ rad.

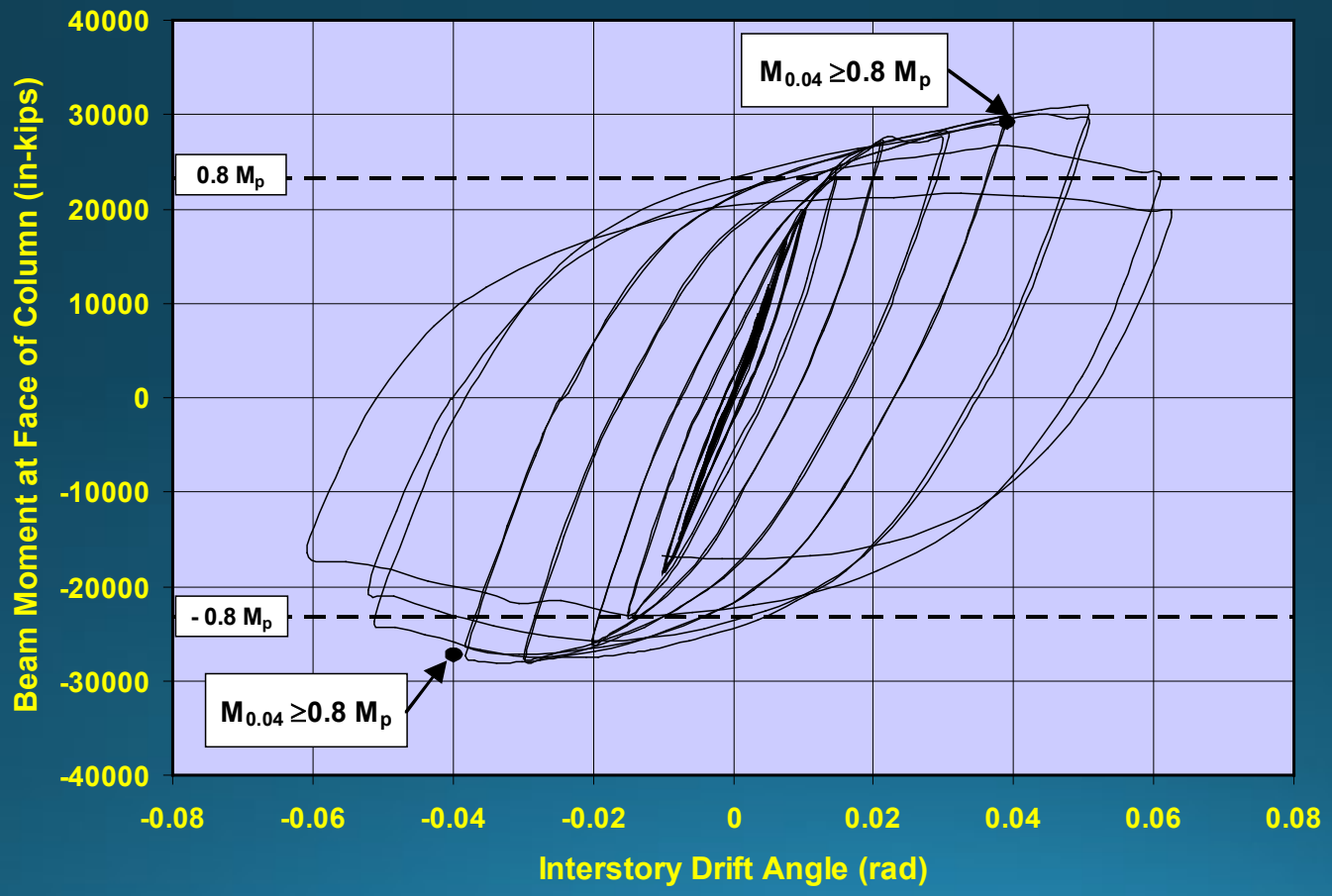


Continuar en incrementos de ±0.01 rad, con dos ciclos en cada etapa de carga adicional

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Demostración de Conformidad (Ensayos)**

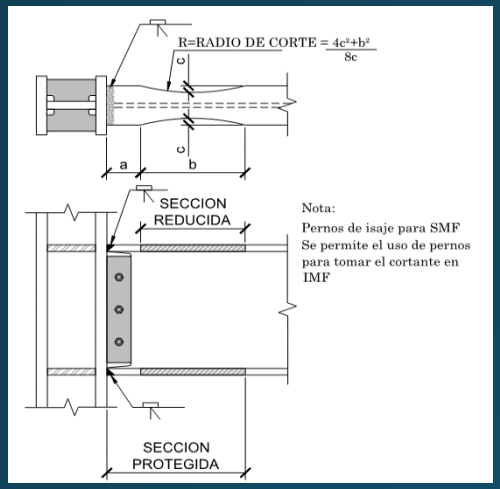
  Ejemplo de ensayo exitoso:

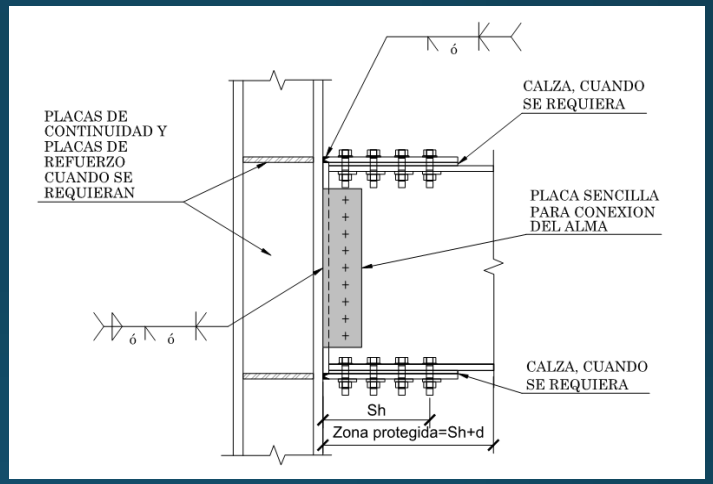


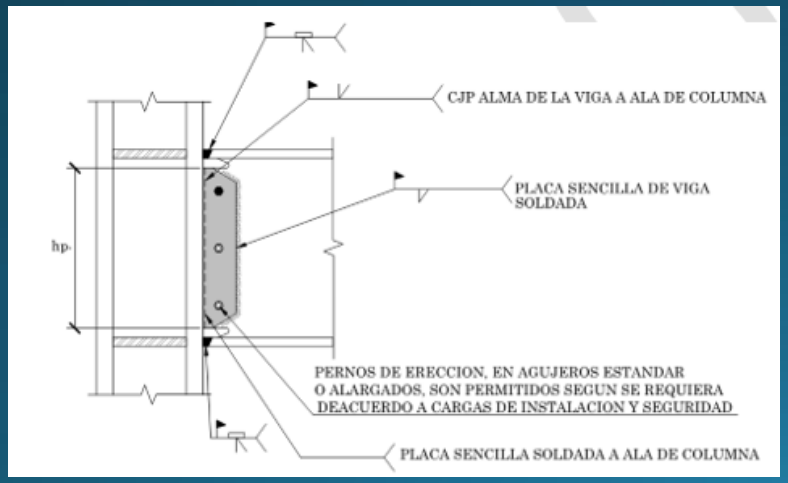
303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

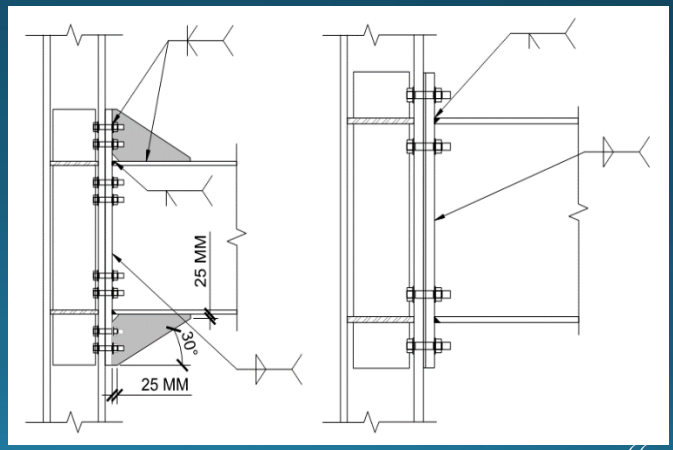
- **VIII Anexo**

  Conexiones para SMF





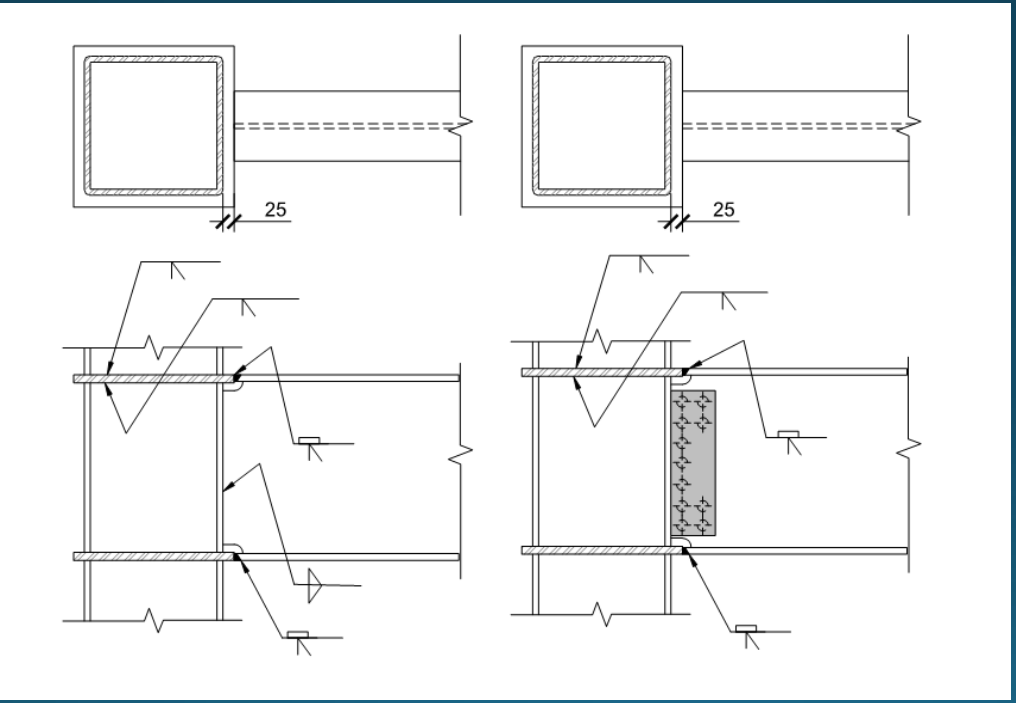




303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **VIII Anexo**

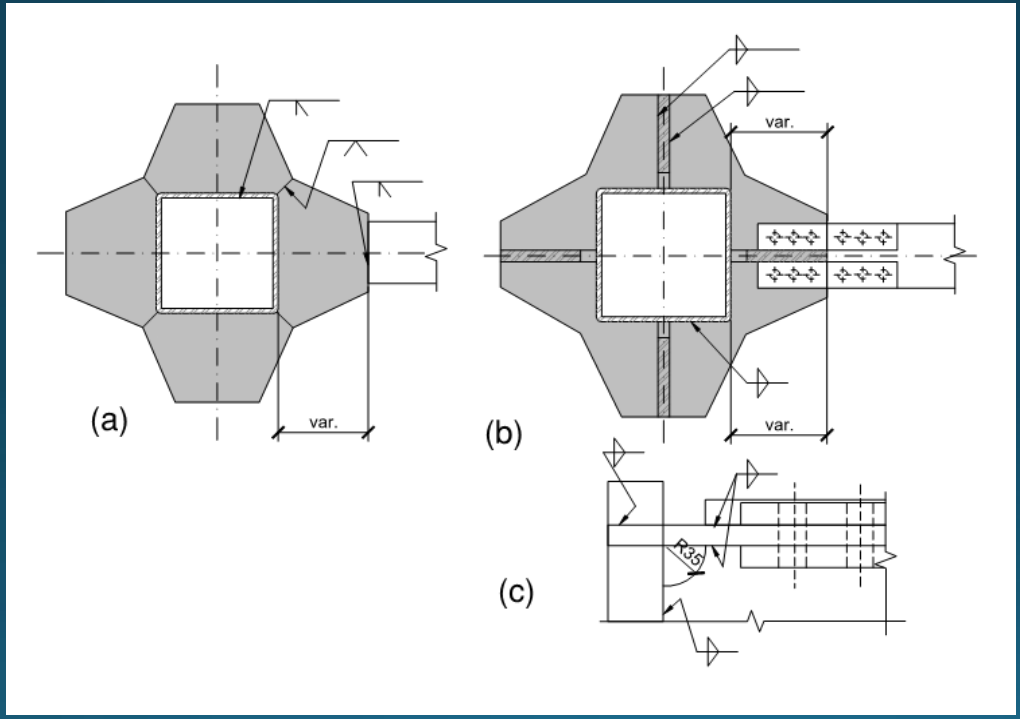
  Conexiones para SMF Nuevas opciones



303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **VIII Anexo**

  Conexiones para SMF Nuevas opciones



303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **303.5.3.6 Conexiones**

  e. Zona de Panel – Resistencia a Cortante

  La resistencia requerida, R_u, es el cortante generado en la zona de panel cuando se forman las rótulas plásticas en las vigas.

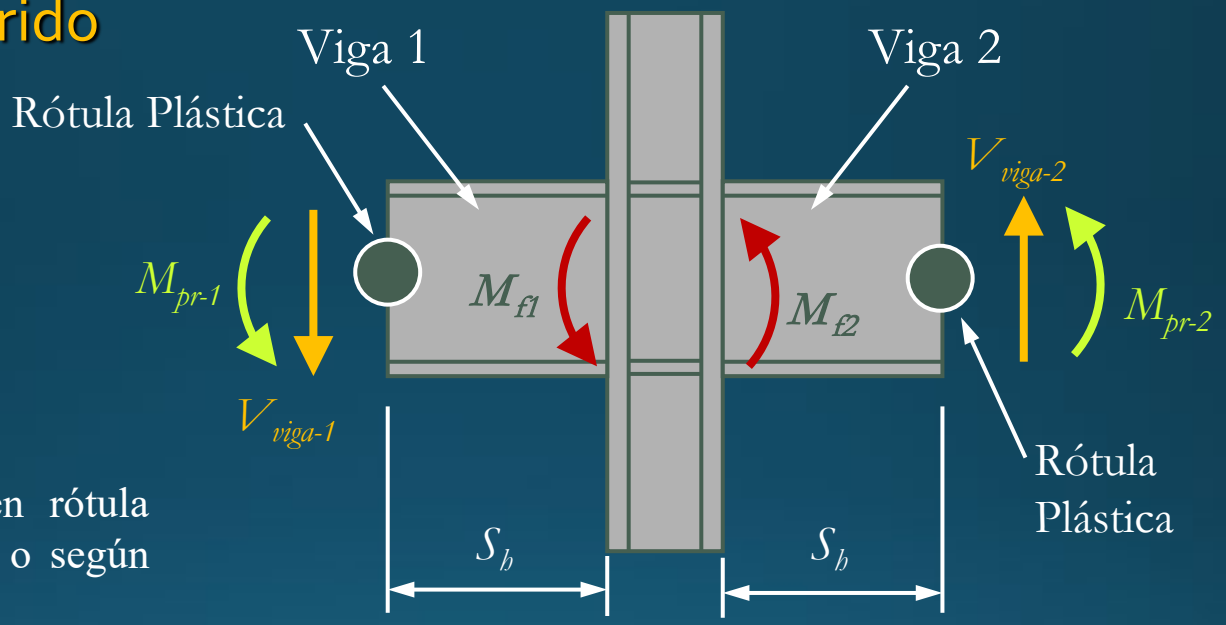
  Su cálculo requiere de tres pasos básicos:

  - Determinar el momento esperado en la rótula plástica = $1.1R_yM_p$
  - Proyectar el momento esperado a la cara de la columna
  - Calcular el cortante en la zona de panel, R_u

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Zona de panel**

  Cortante Requerido



M_{pr} = Capacidad esperada en rótula plástica = $1.1\ R_y\ M_p$ o según Anexo B.

V_{viga} = Capacidad requerida en cortante (ver inciso 10.5.3.6.d).

S_h = Distancia de la cara de la columna a la rótula plástica (especificado en Anexo B).

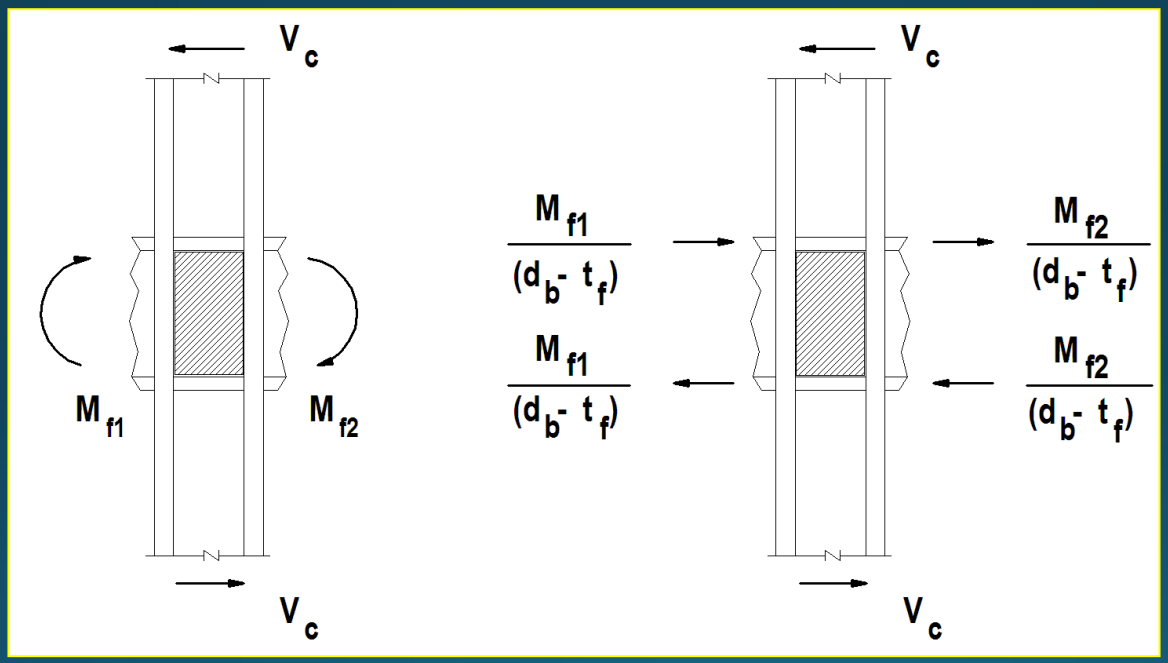
M_f = Momento en la cara de la columna.

$$M_f = M_{pr} + V_{viga} \times S_h$$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Zona de panel**

  Cortante Requerido → diagrama de cuerpo libre!



$$\text{Cortante requerido para la zona de panel} = R_u = \frac{\sum M_f}{\left(d_b - t_f\right)} - V_c$$

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Zona de panel**

  Capacidad en cortante → AISC 360, Sección J.10.6

$$R_u \leq \phi_v R_v \quad donde \quad \phi_v = 1.0$$

R_v = capacidad nominal en cortante de la zona de panel, para el estado limite de cendencia en cortante. De acuerdo con AISC360-16 Sección J.6

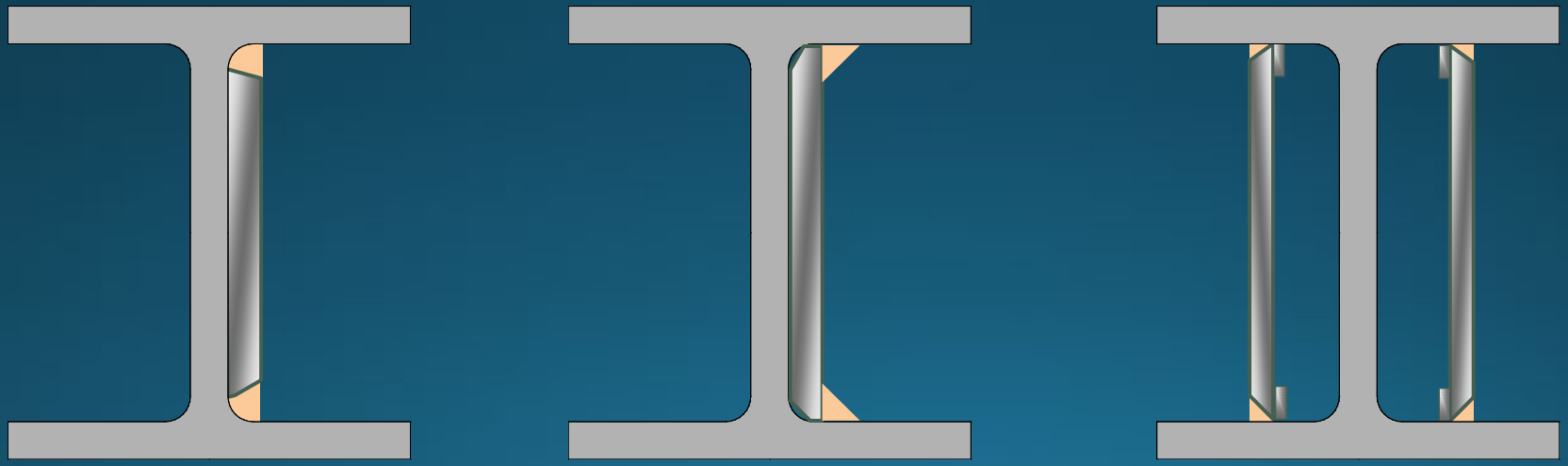
O SEGÚN PROCEDIMIENTOS ESPECIFICOS DEL **ANEXO VIII**

303.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Zona de panel**

  Si capacidad en cortante resulta insuficiente:

  1. Usar sección de columna con mayor espesor de alma.
  2. Usar placas de refuerzo (“doubler plates”).



10.5.3 – Marcos Especiales (SMF)

- **Zona de panel**

  Espesor mínimo!

  Espesor de la zona de panel (alma de columna y/o cada placa de refuerzo utilizada), debe satisfacer:

$$t \geq \frac{d_z + w_z}{90}$$

Información de Contacto

Email: Gerardo.chacon@ulatina.cr/ gerardoterraba@gmail.com
Teléfono +506 83775420

SteelDay Latinoamérica

Preguntas y Respuestas