

Diseño sísmico

- **Columnas – 21.4 Elementos sometidos a flexión y carga axial pertenecientes a pórticos especiales resistentes a momento**

- Alta carga axial $P_u > 0.1A_g f'_c$
- Geometría $b/h \geq 0.4$
 $b, h \geq 300\text{mm}$



- Armadura de flexión $0.01A_g \leq A_s \leq 0.06(A_g = hb)$
- Diseño a flexión
 - Columna fuerte vs. Viga débil

Se desea que sean las vigas las que comiencen a fluir (o alcanzar su capacidad última) antes que lo hagan las columnas



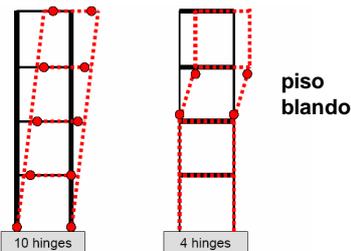
Diseño sísmico

- **Columnas – Diseño a flexión**

- Columna fuerte vs. Viga débil
 - Falla de corte suprimida (diseño por capacidad)
 - Fluencia de vigas antes de columnas (en flexión):
 - Vigas no tienen carga axial → más dúctiles
 - Columnas soportan la carga gravitacional → se compromete la estabilidad del sistema
 - Piso blando: se desea evitar que todas las columnas de un nivel puedan fallar simultáneamente (poca capacidad de disipación)
 - En el caso de puentes podría desearse lo contrario (viga fuerte)

Más rótulas plásticas → mayor disipación de energía (sismo)

Desplazamiento del “techo” (idéntico) → piso blando concentra desplazamiento, y así mayor curvatura & rotaciones



(a) Beam Yielding

(b) Column (story) yielding

Diseño sísmico

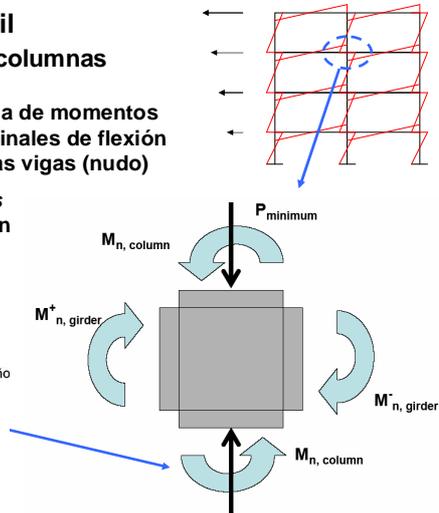
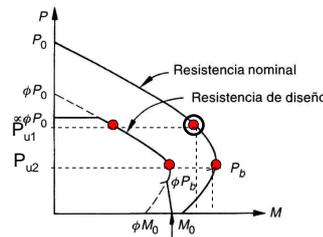
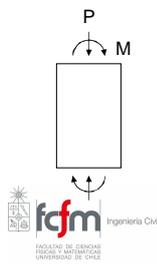
Columnas – Diseño a flexión

– Columna fuerte vs. Viga débil

- Fluencia de vigas antes de columnas (en flexión):

$$\sum M_{nc} \geq 1.2 \sum M_{nb} \leftarrow \text{Suma de momentos nominales de flexión de las vigas (nudo)}$$

Suma de momentos nominales *mínimos* (incluye carga axial mayorada) de flexión de las columnas (nudo)



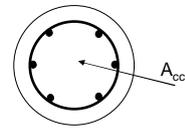
Diseño sísmico

Columnas – Diseño al corte (en zona de posible rótula plástica)

– Confinamiento mínimo para mantener carga axial

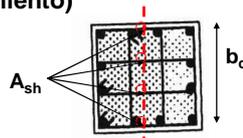
- Zunchos o espirales

$$\rho_s = \frac{\text{volumen de barra espiral}}{\text{volumen de hormigón confinado}} = \frac{4A_s}{sb_c} \geq \rho_{s,\min} = \begin{cases} 0.45 \left(\frac{A_g}{A_{cc}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.12 \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{cases}$$



- Estribo (cerrado de confinamiento)

$$A_{sh} \geq A_{sh,\min} = \begin{cases} 0.3b_c s \left(\frac{A_g}{A_{cc}} - 1 \right) \frac{f'_c}{f_{yt}} \\ 0.09b_c s \frac{f'_c}{f_{yt}} \end{cases}$$



A_{cc} = sección confinada de hormigón (medida al borde exterior del zuncho o estribo)
 f_{yt} = tensión de fluencia de acero transversal
 A_g = sección bruta de hormigón

A_s = sección de acero
 b_c = diámetro centro a centro de estribo o zuncho
 s = espaciamiento de zunchos o estribos

Diseño sísmico

• Columnas – Diseño al corte (en R.P.)

– Espaciamiento vertical (s) - S.21.4.4.2

- Suficiente para garantizar buen confinamiento

$$s \leq \frac{1}{4} \{ \text{menor dimensión } b \text{ ó } h \}$$

- Limitar espaciamiento horizontal de ganchos

$$s \leq s_o \quad s_o = 100 + \left(\frac{350 - h_x}{3} \right) \leq 150 \text{ mm}$$

$$h_x \leq 350 \text{ mm} \quad \geq 100 \text{ mm}$$

h_x = distancia centro a centro de ganchos o ramas de estribos

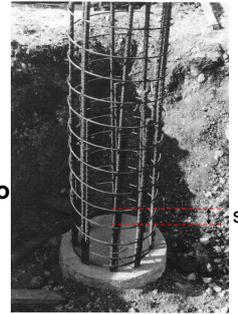
- Evitar pandeo local

$$s \leq 6d_b$$

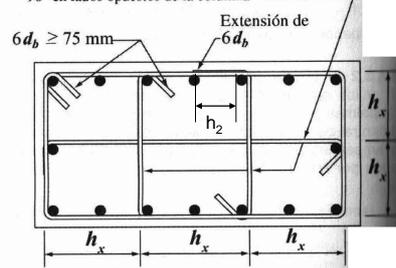
- Otras consideraciones (CI42B)

$$h_2 \leq 150 \text{ mm}$$

h_2 = distancia libre a barra apoyada (S.7.10.5.3)



Los ganchos suplementarios consecutivos que enlazan la misma barra longitudinal deben tener sus ganchos de 90° en lados opuestos de la columna



Diseño sísmico

• Columnas – Diseño al corte (en R.P.)

– Estribos cerrados de confinamiento

- Gran sismo + poca carga axial →

– Rápido deterioro del hormigón en compresión (gran carga alternada)

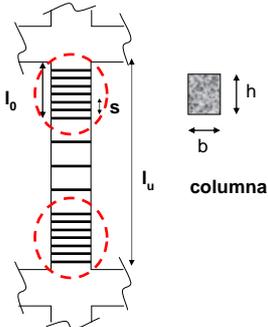
– Estribos de confinamiento pueden tener un menor impacto por no existir una gran zona de compresión (poca carga axial)

– Poca contribución del la capacidad al corte del hormigón ($V_c \approx 0$)

$$\left. \begin{array}{l} P_u \leq \frac{A_g f'_c}{20} \\ V_{u,E} \geq \frac{1}{2} V_u \end{array} \right\} \Rightarrow V_c = 0$$

Es prudente considerar sólo la segunda condición

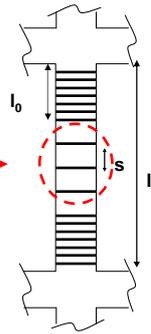
$$l_o \geq \begin{cases} \frac{h}{6} \\ 450 \text{ mm} \end{cases}$$



Diseño sísmico

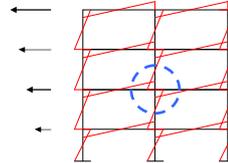
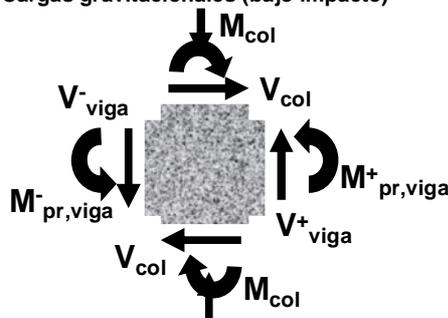
- **Columnas – Diseño al corte (fuera de la R.P.)**
 - **Estribos cerrados de confinamiento**
 - Se puede flexibilizar el espaciamiento, s , (evitando pandeo de barras longitudinales)
 - Se puede considerar la contribución de la capacidad de corte del hormigón, puesto que no se espera gran deterioro en la zona
 - **Confinamiento menos exigente (solo requiere $s \leq 150\text{mm}$)**

$$s \leq \begin{cases} 6d_{b, \text{long}} \\ 150\text{mm} \end{cases}$$



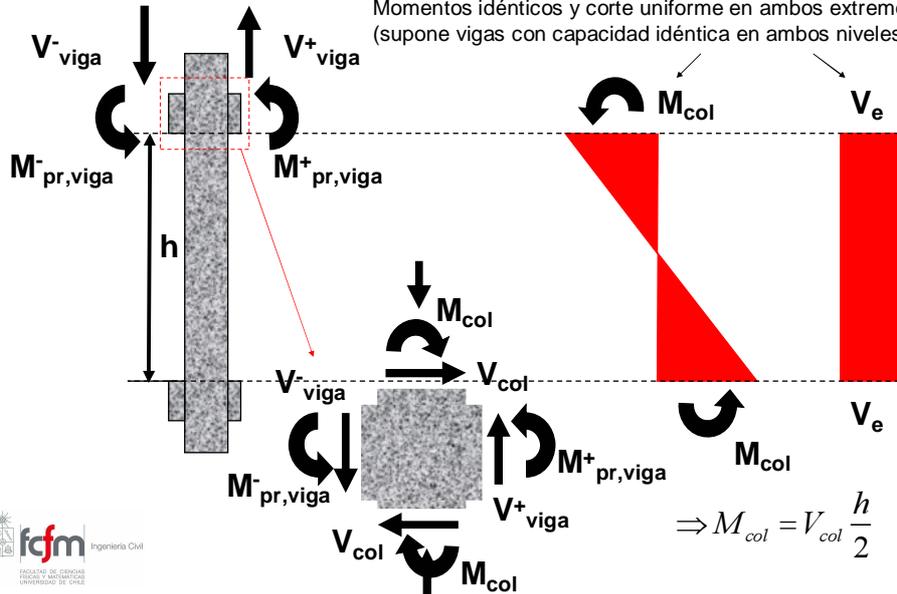
Diseño sísmico

- **Columnas – Diseño al corte**
 - **Fuerza de corte**
 - Fuerza de corte de análisis vs. Fuerza de corte del momento probable de vigas (similar a columna fuerte – viga débil, pero no para sollicitación nominal)
 - Ej: columna interior
 - Diagrama de momento (doble curvatura)
 - Cargas gravitacionales (bajo impacto)

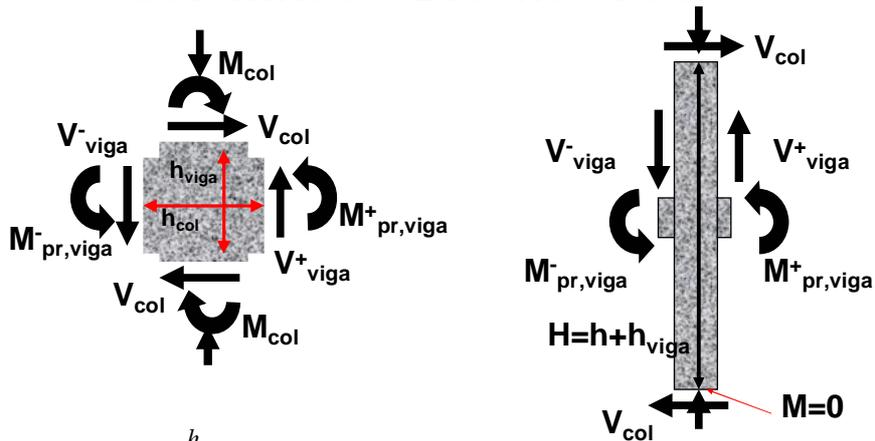


Columnas – Diseño al corte

Momentos idénticos y corte uniforme en ambos extremos (supone vigas con capacidad idéntica en ambos niveles)



Columnas – Diseño al corte



$$M_{col} = V_{col} \frac{h}{2}$$

$$2M_{col} + V_{col} h_{viga} - M_{pr,viga}^+ - M_{pr,viga}^- - V_{viga}^+ \frac{h_{col}}{2} - V_{viga}^- \frac{h_{col}}{2} = 0$$

$$\Rightarrow V_{col} (h + h_{viga}) - M_{pr,viga}^+ - M_{pr,viga}^- - V_{viga}^+ \frac{h_{col}}{2} - V_{viga}^- \frac{h_{col}}{2} = 0$$