

**LECCIÓN 9**

**ESTADO LÍMITE DE AGOTAMIENTO**

**FRENTE A CORTANTE**

**(Art. 44 EHE-08)**

1. INTRODUCCIÓN
2. ANALOGÍA DE LA CELOSÍA
3. ESTADO LÍMITE DE ESFUERZO CORTANTE
4. CORTANTE EFECTIVO
5. CORTANTES DE AGOTAMIENTO
6. COMPROBACIONES DEL ESTADO LÍMITE
7. REGLA DEL DECALAJE
8. LIMITACIONES Y DISPOSICIONES DE ARMADURAS

# 1. INTRODUCCIÓN

- **ESFUERZOS CORTANTE Y TORSOR**

- Comportamiento complejo  $\Rightarrow$  Mecanismos resistentes tridimensionales

- Efecto de las tensiones tangenciales:

Inclinar las tensiones principales de tracción respecto a la directriz de la pieza

- Ante cargas elevadas  $\Rightarrow$  Fisuración y complejo reajuste de tensiones entre hormigón y armaduras

- **FACTORES**

- Forma de la sección

- Variación de la sección a lo largo de la pieza

- Esbeltez de la pieza

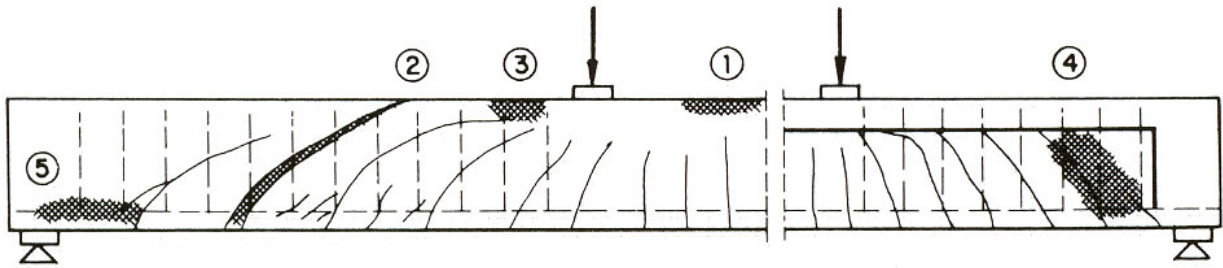
- Disposición de las armaduras longitudinales y transversales

- Adherencia entre el acero y el hormigón

- Tipo y situación de las cargas

- Tipo y situación de los apoyos

## • FORMAS DE ROTURA DE UNA VIGA ESBELTA



Fuente: Arroyo *et al*, 2018

1) **Por flexión pura:** Excesiva deformación de la armadura traccionada  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  Sube la f.n.  $\Rightarrow$  Horm. comprimido es incapaz de equilibrar tracciones

2) **Por cortante:** Fisuras inclinadas por las tensiones principales de tracción

- Si armad. transv. insuficiente  $\Rightarrow$  Zona horm. compr. resiste parte del  $Q$

- Si  $Q$  aumenta  $\Rightarrow$  Fisura progresa hasta borde superior

3) **Por flexión y cortante:** Si armad. transversal es ligeramente insuficiente  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  Fisuras progresan mucho  $\Rightarrow$   $\downarrow$  Capacidad resistente horm. compr.  $\Rightarrow$   
 $\Rightarrow$  Rotura en zonas donde el momento no es máximo

4) **Por compresión del alma:** En secciones en T y doble T, si  $\sigma > f_{ck}$

5) **Por deslizamiento de las armaduras**

Frente a un aumento de  $Q$  (o aumento de la variación del flector), puede haber rotura por fallo de anclaje

## • OBJETO DE LAS ARMADURAS TRANSVERSALES

- Proporcionar una seguridad razonable frente a estos tipos de rotura
- Mantener la fisuración dentro de los límites razonables

## 2. ANALOGÍA DE LA CELOSÍA

### • DISPOSICIÓN GENERAL DE ARMADURAS

\* *Armaduras transversales*  $\Rightarrow$  Estribos verticales (excepcionalm. inclinados)

- Independientes de las armaduras longitudinales de tracción y compresión

- Rodean a las armad. longitudinales y tienen un  $\varnothing$  inferior a las mismas

\* *Barras levantadas*: Son barras de tracción que, donde dejan de ser necesarias para resistir el momento flector, se doblan a  $45^\circ$  y se llevan hasta la cabeza comprimida, donde se anclan o prolongan

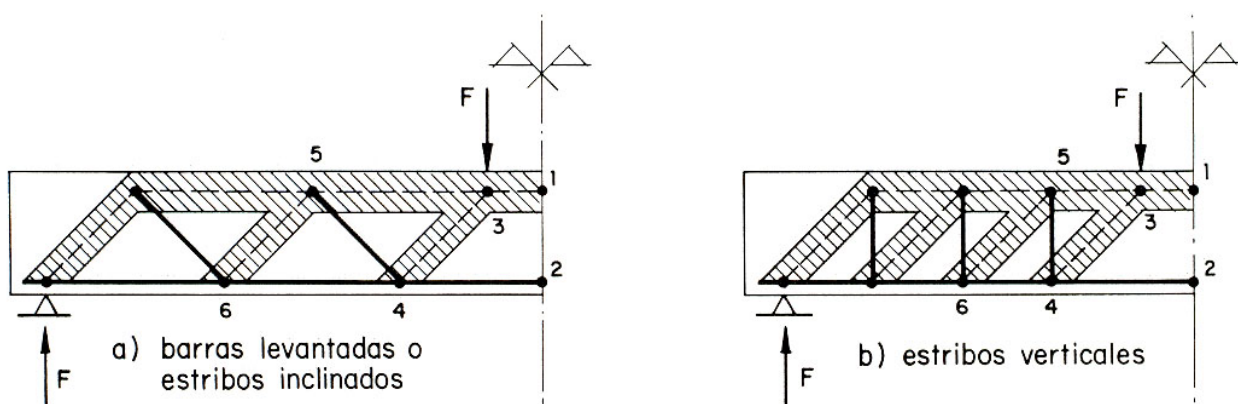
### • ANALOGÍA DE LA CELOSÍA

\* *Cordón superior*  $\Rightarrow$  Zona comprimida del hormigón

\* *Cordón inferior*  $\Rightarrow$  Armadura en tracción

\* *Montantes y diagonales traccionados*  $\Rightarrow$  Estribos y barras levantadas

\* *Diagonales comprimidas*  $\Rightarrow$  Bielas inclinadas de hormigón ( $45^\circ$  en hormigón armado)



Fuente: Arroyo *et al*, 2018

### **3. ESTADO LÍMITE DE ESFUERZO CORTANTE**

- ✓ **Método general: Bielas y Tirantes (art. 24 y 40 EHE-08)**
- ✓ **Casos particulares: elementos lineales, placas, losas y forjados unidireccionales o asimilables (art. 44 EHE-08)**

- **Elementos lineales**

- **Definición:**

- \* Se ha de cumplir H. Bernouilli  $\Rightarrow l_0 \geq 2h$

- $l_0 =$  Dist. entre puntos de momento nulo

- $h =$  Canto total

- \* Se ha de cumplirtambién  $\Rightarrow b \leq 5h$

- $b =$  Anchura del elemento

- De **directriz recta o curva**

- Pueden estar sometidos a **flexión, cortante y axil**

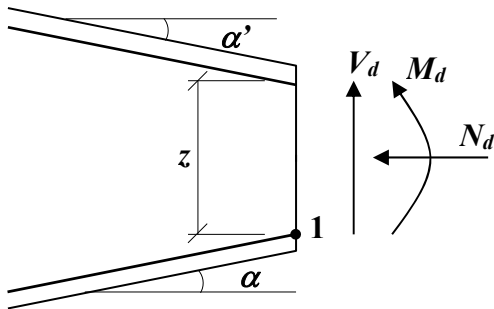
- **Placas y losas**

- **Definición:** Elementos superficiales planos, de sección llena o aligerada, cargados normalmente a su plano medio

- Trabajando fundamentalmente en **una dirección**

#### 4. CORTANTE EFECTIVO ( $V_{rd}$ )

Cortante actuante sobre una sección en piezas de sección variable, resultado de restar, al  $V_d$  debido a las acciones exteriores, la componente vertical  $V_{cd}$  (suma de las compresiones en el hormigón y de la tracción en la armadura longitudinal)



$$V_{cd} = \frac{M_{1d} \operatorname{tg} \alpha'}{d} + \left( \frac{M_{1d}}{z} - N_d \right) \operatorname{tg} \alpha$$

$$\text{siendo } M_{1d} = M_d + N_d \left( d - \frac{h}{2} \right)$$

Nota: Los signos deberán tomarse de forma que el cortante efectivo disminuya en valor absoluto, en el caso de aumentar el canto en la dirección de aumento del flector (como es lo habitual):

$$V_{rd} = V_d - V_{cd}$$

## 5. CORTANTES DE AGOTAMIENTO ( $V_{u1}$ y $V_{u2}$ )

### • POR COMPRESIÓN OBLICUA EN EL ALMA ( $V_{u1}$ )

$$V_{u1} = K f_{1cd} b_0 d \frac{\cotg \theta + \cotg \alpha}{1 + \cotg^2 \theta}$$

$K$  Coeficiente que depende del esfuerzo axial

$K = 1,00$  si no hay axial de compresión o pretensado

$K = 1 + \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}}$  para  $0 < \sigma'_{cd} \leq 0,25f_{cd}$

$K = 1,25$  para  $0,25f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq 0,50f_{cd}$

$K = 2,5 \left( 1 - \frac{\sigma'_{cd}}{f_{cd}} \right)$  para  $0,50f_{cd} < \sigma'_{cd} \leq f_{cd}$

donde:

$\sigma'_{cd}$  tens. axial efectiva en horm. (compresión +). En pilares debe contarse con la compres. absorbida por las armad. comprim.

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d - A'_s f_{yd}}{A_c}$$

$N_d$  Axil de cálculo (compresión +) incl. pretensado

$A_c$  Área total de la sección de hormigón

$A'_s$  Área total arm. compr. En compresión compuesta se supone toda la armadura sometida a la tensión  $f_{yd}$

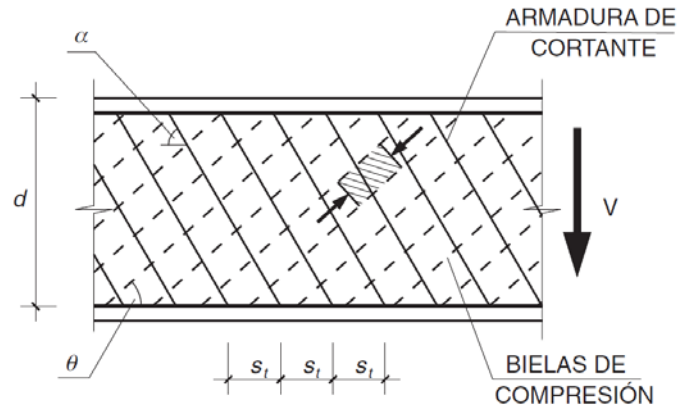
$f_{1cd}$  Resistencia a compresión del hormigón

$f_{1cd} = 0,60f_{cd}$  para  $f_{ck} \leq 60$  MPa

$f_{1cd} = (0,90 - f_{ck} / 200) f_{cd} \geq 0,50f_{cd}$  para  $f_{ck} > 60$  MPa

$b_0$  Anchura neta mínima del elemento (Art. 40.3.5 EHE-08)

- $\alpha$  Ángulo de la armadura de cortante con el eje de la pieza
- $\theta$  Ángulo de las bielas de compresión del hormigón con el eje de la pieza. Se adoptará un valor  $0,5 \leq \cotg\theta \leq 2,0$



Fuente: EHE-08, 2011

Caso habitual pilares: armadura de cortante  $\perp$  armadura longitudinal ( $\alpha = 90^\circ \rightarrow \cotg\alpha = 0$ );  $f_{ck} < 60$  MPa;  $\theta = 45^\circ$  ( $\cotg\theta = 1$ ). La expresión de  $V_{u1}$  queda:

$$V_{u1} = K0,30f_{cd}b_0d$$

Caso habitual vigas: armadura de cortante vertical ( $\alpha = 90^\circ$ ); sin esfuerzo axial;  $f_{ck} < 60$  MPa;  $\theta = 45^\circ$  ( $\cotg\theta = 1$ ). La expresión de  $V_{u1}$  queda:

$$V_{u1} = 0,30f_{cd}b_0d$$

Notas: - En pilares puede tomarse  $K = 1$  (queda del lado de la seguridad)

- En lo sucesivo,  $\theta = 45^\circ$  para definir el resto de cortantes de agotamiento



• **POR TRACCIÓN EN EL ALMA ( $V_{u2}$ )**

\* **SIN armadura cortante en regiones NO FISURADAS ( $M_d \leq M_{fis,d}$ )**

$$V_{u2} = \frac{I b_0 f_{ct,d}}{S}$$

donde:

$M_d$  Momento de cálculo de la sección

$M_{fis,d}$  Momento de fisuración de la sección calculado con  $f_{ct,d} = f_{ct,k} / \gamma_c$

$$f_{ct,k} = 0,70 f_{ct,m} \quad (\text{caso habitual: } f_{ck} \leq 50 \text{ MPa} \rightarrow f_{ct,k} = 0,21^3 \sqrt{f_{ck}^2})$$

$I$  Momento de inercia de la sección transversal

$b_0$  Ancho del alma (Art. 44.2.1 EHE-08)

$S$  Momento estático de la sección transversal ( $= bh^2/8$  secc. rectang.)

$f_{ct,d}$  Resistencia de cálculo a tracción del hormigón

Para secciones rectangulares: 
$$M_{fis,d} = f_{ct,d} \frac{bh^2}{6} \quad V_{u2} = \frac{2}{3} hb_0 f_{ct,d}$$

Esta comprobación se realizará en una sección situada a una distancia del borde del apoyo correspondiente con la intersección de la directriz de la pieza con una línea a 45° que parte del borde del apoyo (es decir, **a  $h/2$  del borde del apoyo** para secciones simétricas respecto a un eje horizontal)

**\* SIN armadura de cortante en regiones FISURADAS ( $M_d > M_{fis,d}$ )**

$$V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d \geq \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

donde:

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \quad \text{con } d \text{ en mm}$$

$$\rho_1 = \frac{A_s}{b_0 d} \leq 0,02 \quad (\text{Cuantía geométrica armad. longitudinal traccionada})$$

$f_{cv}$  Resistencia efectiva del hormigón a cortante

$$= f_{ck} \leq 60 \text{ MPa} (\leq 15 \text{ MPa si control indirecto resistencia hormigón})$$

$$\sigma'_{cd} = \frac{N_d}{A_c} < 0,30 f_{cd} \leq 12 \text{ MPa} \quad N_d \text{ Axil de cálculo (compresión +)}$$

$A_c$  Área sección de hormigón

$b_0$  Ancho del alma (Art. 44.2.1 EHE-08)

$d$  Canto útil (referido a la armadura longitudinal definitiva de flexión, es decir la que resiste el incremento de tracción producido por la interacción cortante-flexión → regla decalaje)

Esta comprobación se realizará en una sección situada a una **distancia  $d$  del borde del apoyo**

## \* CON armadura de cortante

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su}$$

 **$V_{cu}$  Contribución del horm. a la resistencia a esfuerzo cortante**

$$V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] \beta b_0 d \geq \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d$$

donde:

$f_{cv}$  Resistencia efectiva del hormigón a cortante

$= f_{ck} \leq 100 \text{ MPa}$  ( $\leq 15 \text{ MPa}$  si control indirecto resistencia horm.)

Nota: En este caso es 100 MPa porque debido a la presencia de armadura transversal, el mecanismo de engranamiento de áridos entre caras de fisuras es efectivo incluso para hormigones de alta resistencia

$$\beta = \frac{2 \cot g \theta - 1}{2 \cot g \theta_e - 1} \quad \text{si } 0,5 \leq \cot g \theta < \cot g \theta_e$$

$$\beta = \frac{\cot g \theta - 2}{\cot g \theta_e - 2} \quad \text{si } \cot g \theta_e \leq \cot g \theta \leq 2,0 \text{ (en ambos casos } \beta \leq 1,0)$$

$\theta_e$  Ángulo de referencia de inclinación de las fisuras. 2 métodos:

a) Método simplificado

$$0,5 \leq \cot g \theta_e = \frac{\sqrt{f_{ct,m}^2 - f_{ct,m}(\sigma_{xd} + \sigma_{yd}) + \sigma_{xd}\sigma_{yd}}}{f_{ct,m} - \sigma_{yd}} \leq 2,0$$

$\sigma_{xd}$   $\sigma_{yd}$  Tensiones normales de cálculo, a nivel del c.d.g. sección, paralelas a la directriz de la pieza y al cortante  $V_d$  respectivamente. Se obtienen según la Th. Elasticidad y en hipótesis de hormigón no fisurado (tracción +)

$$\text{Caso frecuente: } \sigma_{yd} = 0 \rightarrow \cot g \theta_e = \sqrt{1 + \frac{\sigma_{xd}}{f_{ct,m}}}$$

Si además es flexión simple,  $\sigma_{xd} = 0 \rightarrow \cot g \theta_e = 1$

b) Método general (Th. modificada campo compresiones, Collins)

$$\theta_e = 29 + 7\varepsilon_x$$

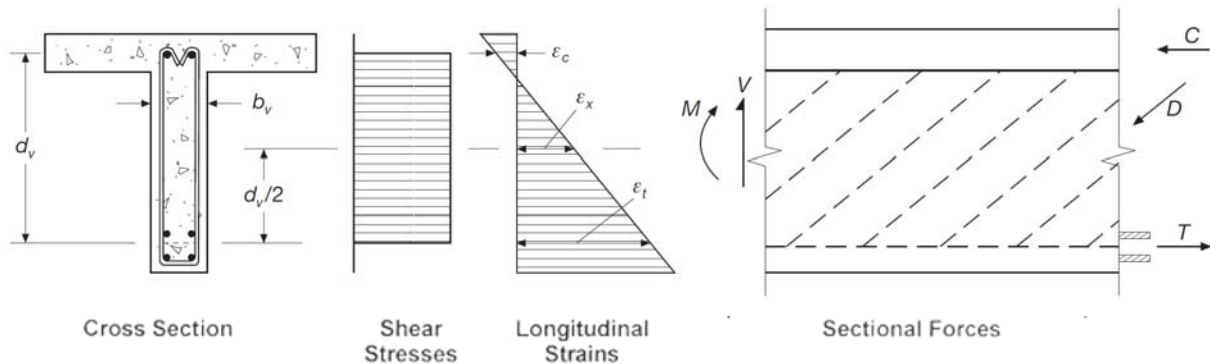
$\varepsilon_x$  Deformación longitudinal en el alma [%]

$$\varepsilon_x \approx \frac{\frac{M_d}{z} + V_{rd} - 0,5N_d}{2E_s A_s} \cdot 1000 \geq 0$$

$V_{rd}$  y  $M_d$  tomados como positivos;  $N_d$  (compresión +)

$M_d \geq zV_{rd}$  (en la práctica equivale a tomar el momento, como mínimo, a un canto útil del apoyo)

Secc. T: Si fisura la cabeza compr., adoptar  $2\varepsilon_x$  en vez de  $\varepsilon_x$



Fuente: EHE-08, 2011

**Caso habitual:**

- Flex. simple/compuesta despreciando el efecto favorable de las compresiones
- Estribos normales al eje de la pieza ( $\alpha = 90^\circ$ )
- $\theta = 45^\circ$  y  $\theta = \theta_e (\rightarrow \beta = 1)$  (\*)

$$V_{cu} = \left[ \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} \right] b_0 d \geq \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} \right] b_0 d$$

(\*) No es de extrañar que formándose las fisuras con ángulo  $\theta_e$  pueda adoptarse el mismo ángulo para el cálculo de las bielas de inclinación variable. La razón para adoptar otro diferente es que en el equilibrio del sistema interviene también el rozamiento entre labios de fisuras

## $V_{su}$ Contribución de la armadura transversal del alma a la resistencia a esfuerzo cortante

$$V_{su} = z \operatorname{sen} \alpha (\cotg \alpha + \cotg \theta) \Sigma A_{\alpha} f_{y\alpha, d}$$

$z$  Brazo mecánico

- En flexión simple o flexotracción y secc. rectangular:  $z = 0,9d$

- En flexión simple y secc. circular:  $z = 0,8h$

- En flexocompresión:  $0 < z = \frac{M_d + N_d z_0 - U'_s (d - d')}{N_d + U_s - U'_s} \leq 0,9d$

donde:

$z_0$  Distancia desde la armad. tracc. hasta el punto aplicación axil

$d, d'$  Distancia desde la fibra más comprimida de horm. hasta el c.d.g. armadura traccionada y comprimida, respectivamente

$U_s = A_s f_{yd}$  Capacidad mecánica armadura tracción

$U'_s = A'_s f_{yd}$  Capacidad mecánica armadura compresión

En flexocompr. se puede adoptar  $z = 0,9d$  aunque es recomendable realizar el cálculo preciso en piezas con compresiones considerables

$\alpha$  Ángulo de la armadura de cortante con el eje de la pieza

$\theta$  Ángulo de las bielas de compresión del hormigón con el eje de la pieza. Se adoptará un valor  $0,5 \leq \cotg \theta \leq 2,0$

$A_{\alpha}$  Área por udad. de longitud [ $\text{mm}^2/\text{mm}$ ] de cada grupo de armaduras transversales que forman un ángulo  $\alpha$  con la directriz de la pieza

$f_{y\alpha,d} = f_{yd}$  Resistencia de cálculo de la armadura  $A_\alpha$

Cuando no se estudien las condiciones de compatibilidad de una forma explícita, será necesario controlar la fisuración, limitando la deformación máxima del acero al 2 ‰, lo que supone limitar la tensión total de la armadura a 400 MPa  $\rightarrow f_{y\alpha,d} = f_{yd} \leq 400$  MPa

Caso de ramas de cercos no paralelas al eje del cortante (cercos circulares, octogonales, hexagonales): Tener en cuenta la pérdida de eficacia de esta armadura por la inclinación transversal de sus ramas  $\rightarrow V_{su} \times 0,85$

### **Caso habitual:**

- Flex. simple o compuesta con  $z = 0,9d$
- Estribos normales al eje de la pieza ( $\alpha = 90^\circ$ )
- $\theta = \theta_e = 45^\circ$

$$V_{su} = 0,9d \sum A_\alpha f_{y\alpha,d}$$

## 6. COMPROBACIONES DEL ESTADO LÍMITE

### • PIEZAS SIN ARMADURA DE CORTANTE

#### Regiones fisuradas ( $M_d > M_{fis,d}$ )

$$V_{rd} \leq V_{u2} = \left[ \frac{0,18}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d \geq$$

$$\geq \left[ \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d \quad (\text{a } d \text{ del borde del apoyo})$$

#### Regiones no fisuradas ( $M_d \leq M_{fis,d}$ )

$$V_{rd} \leq V_{u2} = \frac{I b_0 f_{ct,d}}{S} \quad (\text{a } h/2 \text{ del borde del apoyo, sección simétrica})$$

Para sección rectangular:  $M_{fis,d} = f_{ct,d} \frac{bh^2}{6} \quad V_{u2} = \frac{2}{3} h b_0 f_{ct,d}$

### • PIEZAS CON ARMADURA DE CORTANTE

$$V_{rd} \leq V_{u1} \quad (\text{en el borde del apoyo, no en su eje})$$

$$V_{rd} \leq V_{u2} \quad (\text{a un canto útil } d \text{ del borde del apoyo})$$

Para flexión simple o compuesta;  $\alpha = 90^\circ$ ;  $\theta = \theta_e = 45^\circ$

$$V_{u1} = K 0,30 f_{cd} b_0 d$$

$$V_{u2} = V_{cu} + V_{su} =$$

$$= \left[ \max \left( \frac{0,15}{\gamma_c} \xi (100 \rho_1 f_{cv})^{1/3} ; \frac{0,075}{\gamma_c} \xi^{3/2} f_{cv}^{1/2} \right) + 0,15 \sigma'_{cd} \right] b_0 d +$$

$$+ 0,9 d \Sigma A_\alpha f_{y\alpha,d} \Rightarrow A_\alpha \cdot 1000 \text{ [mm}^2/\text{m]}$$

Recomendación: En pilares y vigas empezar suponiendo CON armadura de cortante, y si  $V_{cu} > V_{rd}$  significaría que no hace falta dicha armadura; esto es válido porque la armadura mínima de cortante absorbe la escasa diferencia numérica entre los casos CON y SIN. En muros y zapatas ocurre al contrario, como no se arman a cortante, empezar suponiendo SIN armadura de cortante.

## 7. REGLA DEL DECALAJE



### • CONCEPTO

El efecto del trabajo en celosía provoca una modificación de las tensiones producidas por la flexión:

- Disminuye la compresión en el hormigón
- Aumenta la tracción en la armadura longitudinal

Advertencia 1: Para aplicar la regla del decalaje en una sección tienen que existir, ambos a la vez, momento flector y cortante en esa sección.

Advertencia 2: Es frecuente olvidarse aplicar la regla del decalaje. Siempre que haya momento flector y cortante en una sección, **NO OLVIDAR** aplicarla.

### • 2 MÉTODOS DE RESOLUCIÓN

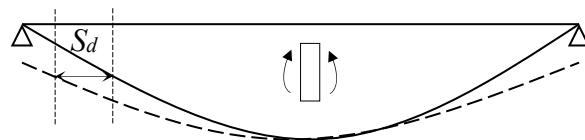
- 1) Obteniendo el incremento de tracción en la armadura longitudinal respecto a la producida por  $M_d$

$$\Delta T = V_{rd} \cot g \theta - \frac{V_{su}}{2} (\cot g \theta + \cot g \alpha)$$

$$\text{Para } \alpha = 90^\circ \text{ y } \theta = 45^\circ \Rightarrow \boxed{\Delta T = V_{rd} - \frac{V_{su}}{2}}$$

( $V_{su}$  para la armadura transversal realmente dispuesta)

- 2) Decalando la ley de momentos flectores una distancia  $S_d$  hacia el apoyo, si se trata de momentos positivos, y hacia el vano, si son negativos



$$S_d = z \left( \cot g \theta - \frac{V_{su}}{2V_{rd}} (\cot g \theta + \cot g \alpha) \right)$$

$$\text{Para } \alpha = 90^\circ, \theta = 45^\circ \text{ y } z = 0,9d: \quad S_d = 0,9d \left( 1 - \frac{V_{su}}{2V_{rd}} \right)$$



## 8. LIMITACIONES Y DISPOSICIONES DE ARMADURAS

### • ARMADURA MÍNIMA TRANSVERSAL

$$A_{\alpha, \min} = \frac{f_{ct,m} b_0 \operatorname{sen} \alpha}{7,5 f_{y\alpha,d}} \cdot 1000 \quad [\text{mm}^2/\text{m}]$$

### • SEPARACIONES MÁXIMAS

$$S_t \leq \begin{cases} 0,75d(1 + \cot g \alpha) \\ 600 \text{ mm} \end{cases} \quad V_{rd} \leq \frac{1}{5} V_{u1}$$

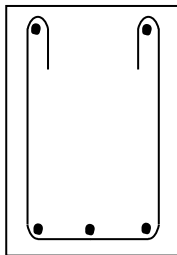
$$S_t \leq \begin{cases} 0,60d(1 + \cot g \alpha) \\ 450 \text{ mm} \end{cases} \quad \frac{1}{5} V_{u1} < V_{rd} \leq \frac{2}{3} V_{u1}$$

$$S_t \leq \begin{cases} 0,30d(1 + \cot g \alpha) \\ 300 \text{ mm} \end{cases} \quad \frac{2}{3} V_{u1} < V_{rd}$$

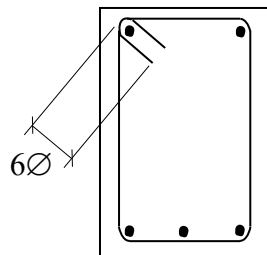
### • DISPOSICIÓN

- La armadura de cortante tendrá un  $\alpha$  entre  $45^\circ$  y  $90^\circ$  (preferible  $\alpha = 90^\circ$ )
- Al menos  $1/3$  de la arm. necesaria por cortante, y en todo caso la cuantía mínima, se dispondrá en forma de estribos con  $\alpha = 90^\circ$
- Usar  $\varnothing 6, 8$  ó  $10$  (12 a lo sumo)  $\varnothing > 10 \Rightarrow$  Dificultad en el doblado

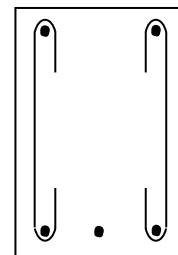
Estribos abiertos



Estribos cerrados (cercos)



Horquillas



- La armadura transversal debe rodear a la armadura longitudinal
- Emplear **doble cerco** (4 ramas): Para  $h > 30$  cm, si  $S_{t,trans} > d$  ó  $500$  mm

Para  $h \leq 30$  cm, si  $S_{t,trans} > 2d$  ó  $350$  mm

- **Se prolongará una longitud  $h/2$**  la colocación de los cercos o estribos más allá de la sección en que teóricamente dejen de ser necesarios. En **apoyos**, se dispondrán hasta el borde de los mismos.
- **Armadura resistente comprimida:** Arriostrarla mediante cercos o estribos separados  $S_t \leq 15\varnothing_{\min}$  y de diámetro  $\varnothing_t \geq \varnothing_{\max}/4$
- En **piezas comprimidas**  $\Rightarrow S_t < \text{Menor dimensión del elemento}$

$$S_t \leq 30 \text{ cm}$$

- Además, en **zona sísmica** cumplir la normativa específica