



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

HORMIGÓN I (74.01 y 94.01)

**MATERIALES:  
EL HORMIGÓN y EL ACERO**



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

El objetivo de esta clase es repasar el comportamiento de los materiales que componen el hormigón armado (HORMIGÓN + ACERO), enfocando el tema desde el punto de vista estructural, es decir, pensando en cómo incide ese comportamiento en una estructura y presentando algunas hipótesis generalmente aceptadas.

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

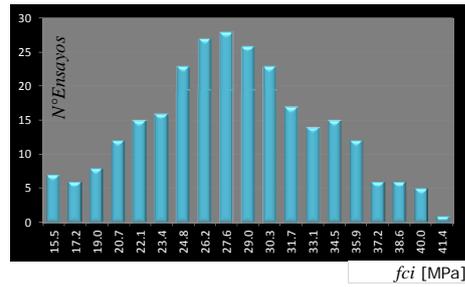
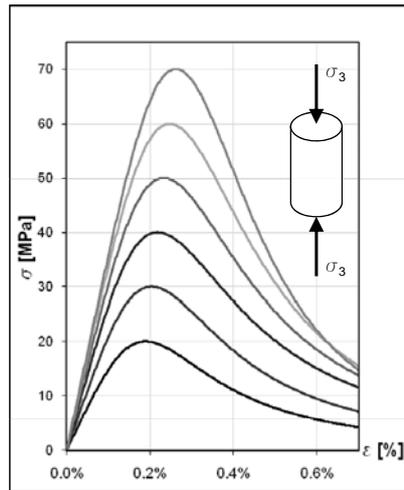
Lámina 2



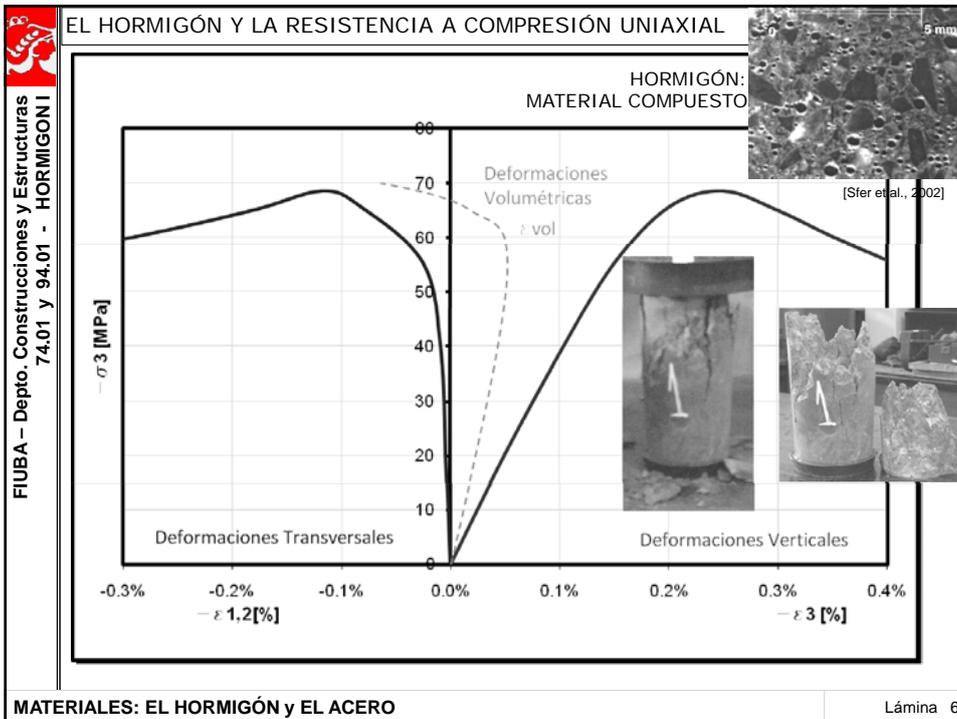
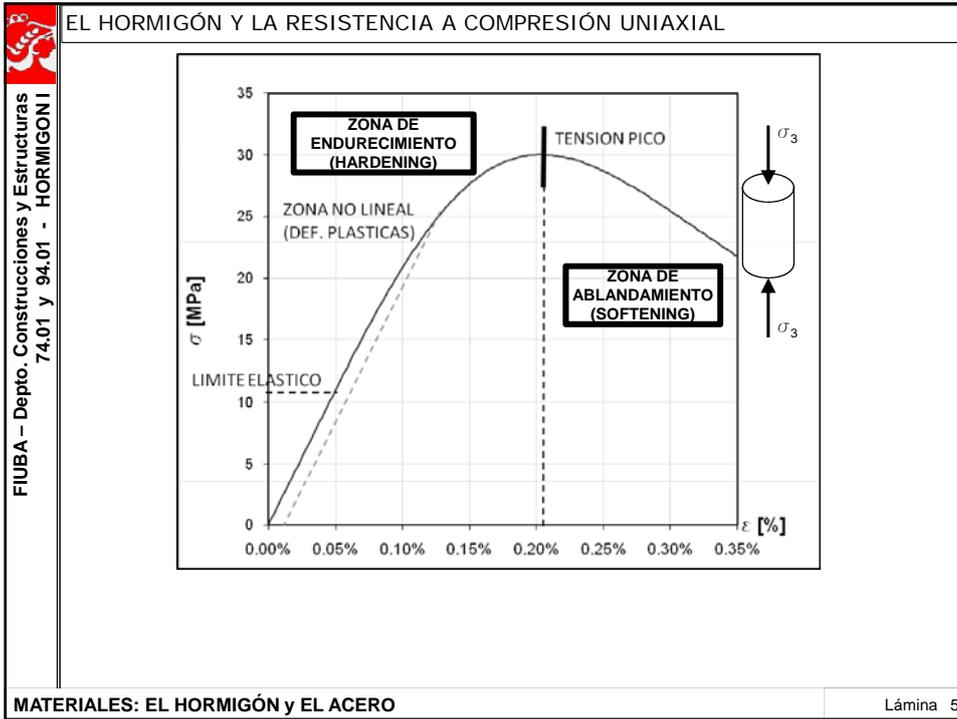
EL HORMIGÓN



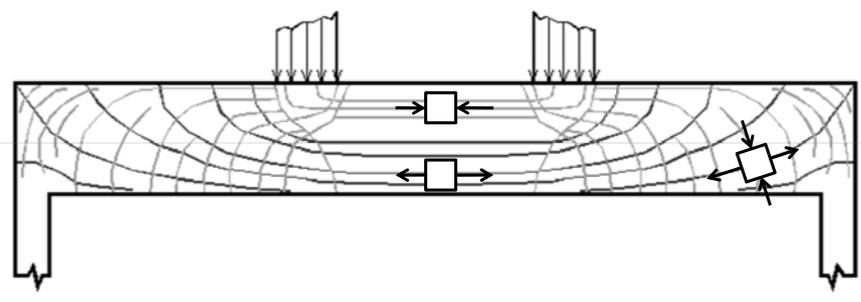
EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN UNIAxIAL

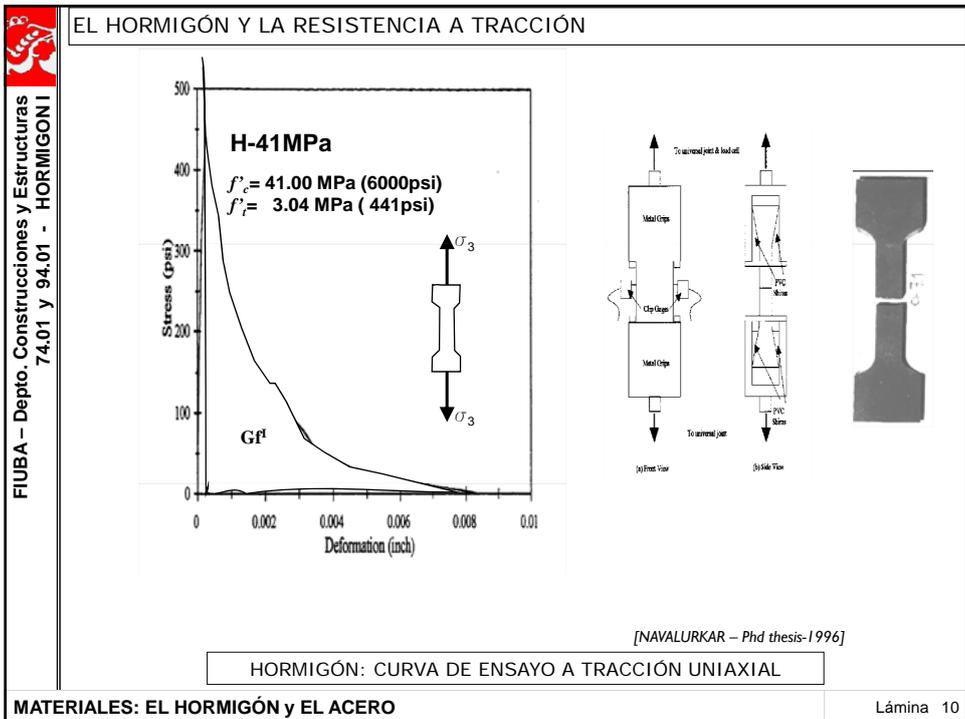
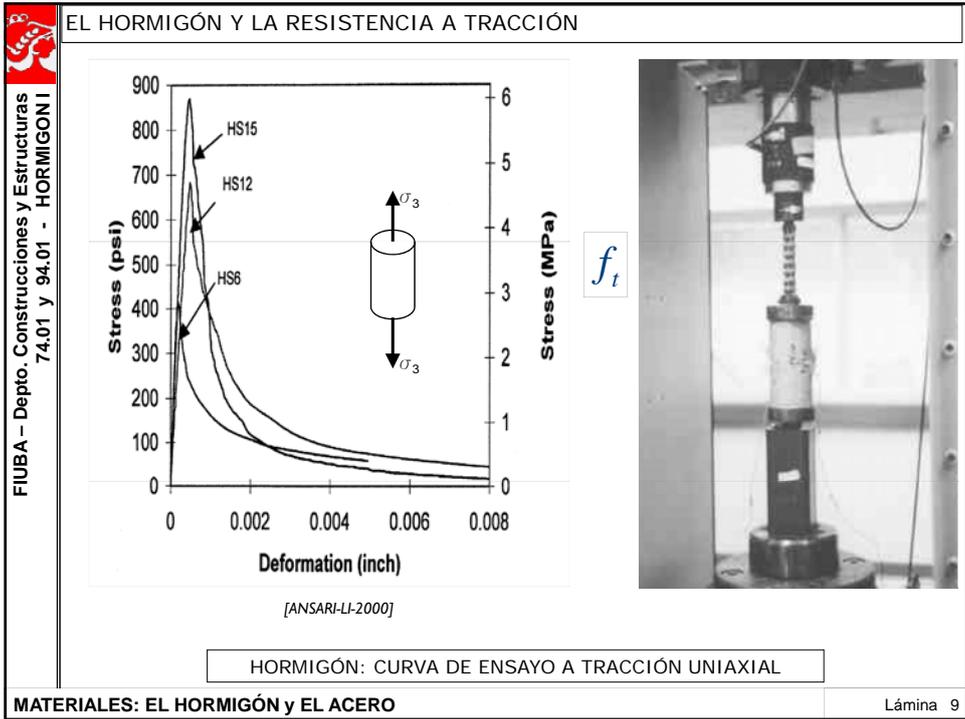


DISPERSIÓN DE RESULTADOS



 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A COMPRESIÓN
	<p>           QUÉ SUCEDE SI ENSAYAMOS A 28 DÍAS O A 90 DÍAS?             QUÉ SUCEDE SI UTILIZAMOS OTRAS FORMAS O TAMAÑOS DE PROBETAS?             QUÉ SUCEDE SI CAMBIAMOS EL DISPOSITIVO DE ENSAYO?             O SI CAMBIAMOS LA TEMPERATURA DE ENSAYO...             O SI MANTENEMOS LA CARGA APLICADA...         </p> <p style="text-align: center;">CAMBIA LA CURVA OBTENIDA !!</p>
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	 Lámina 7

 FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I	en una estructura:
	
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO	Lámina 8



**FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras**  
**74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I**

**EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A TRACCIÓN**

ENSAYOS ALTERNATIVOS PARA EVALUAR LA TRACCIÓN DE MANERA "INDIRECTA":

TRACCIÓN POR COMPRESIÓN DIAMETRAL (SPLITTING TEST)

**FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras**  
**74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I**

$$f_{ct} = \frac{2.P}{\pi.l.D}$$

ENSAYO DE CUÑA (WEDGE TEST)

[Figuras: Østergaard, 2003]

[NORMA ASTM C 496 – 2004]

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO**

Lámina 11

**FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras**  
**74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I**

**EL HORMIGÓN Y LA RESISTENCIA A FLEXOTRACCIÓN**

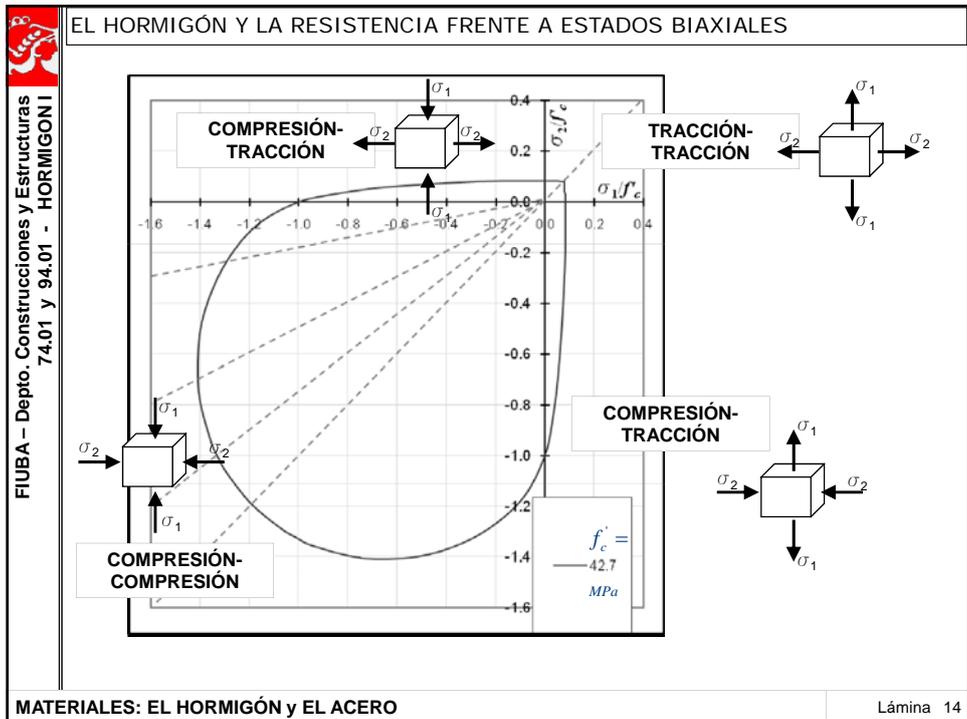
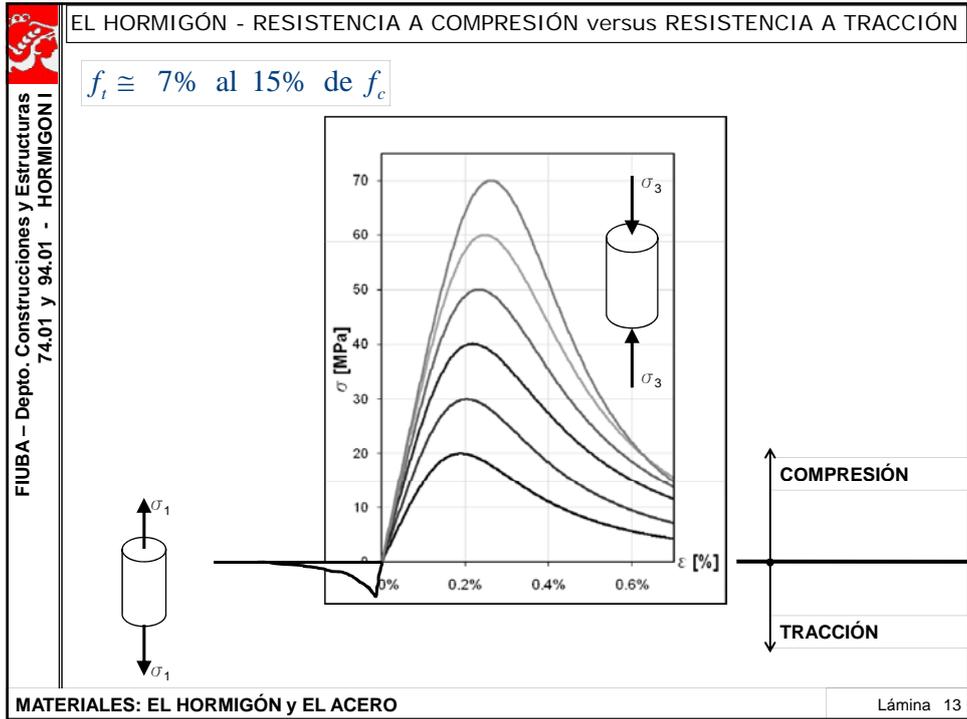
ENSAYOS ALTERNATIVOS PARA EVALUAR LA TRACCIÓN DE MANERA "INDIRECTA":

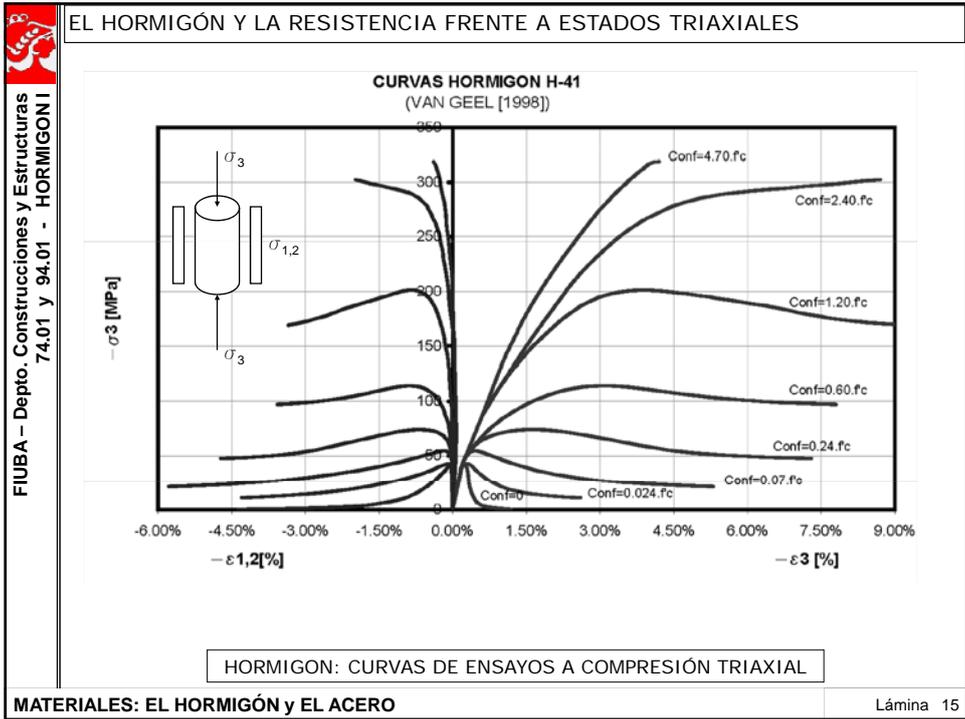
**FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras**  
**74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I**

$$f_r = \frac{6.M}{b.h^2} > f_t$$

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO**

Lámina 12





**LAS DEFORMACIONES DEL HORMIGÓN**

- DEFORMACIONES INDEPENDIENTES DE LAS CARGAS
  - RETRACCIÓN POR SECADO
  - CAMBIOS VOLUMÉTRICOS DEBIDOS A VARIACIÓN DE TEMPERATURA
- DEFORMACIONES DEPENDIENTES DE LAS CARGAS
  - DEFORMACIONES ELÁSTICAS
  - DEFORMACIONES PLÁSTICAS
  - FLUENCIA LENTA

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO** Lámina 17

**EL HORMIGÓN - RESISTENCIA A COMPRESIÓN CARGAS DE LARGA DURACIÓN**

**COMPRESIÓN**  
**CARGA SOSTENIDA**

PARA CARGAS DE LARGA DURACION LA RESISTENCIA SE REDUCE APROX. 15% RESPECTO AL VALOR OBTENIDO EN UN ENSAYO NORMAL A COMPRESION.

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO** Lámina 18

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

## LOS ACEROS PARA HORMIGÓN

Lámina 19

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### LOS ACEROS PARA HORMIGÓN ARMADO

CURVAS REALES (TRACCION Y COMPRESION)

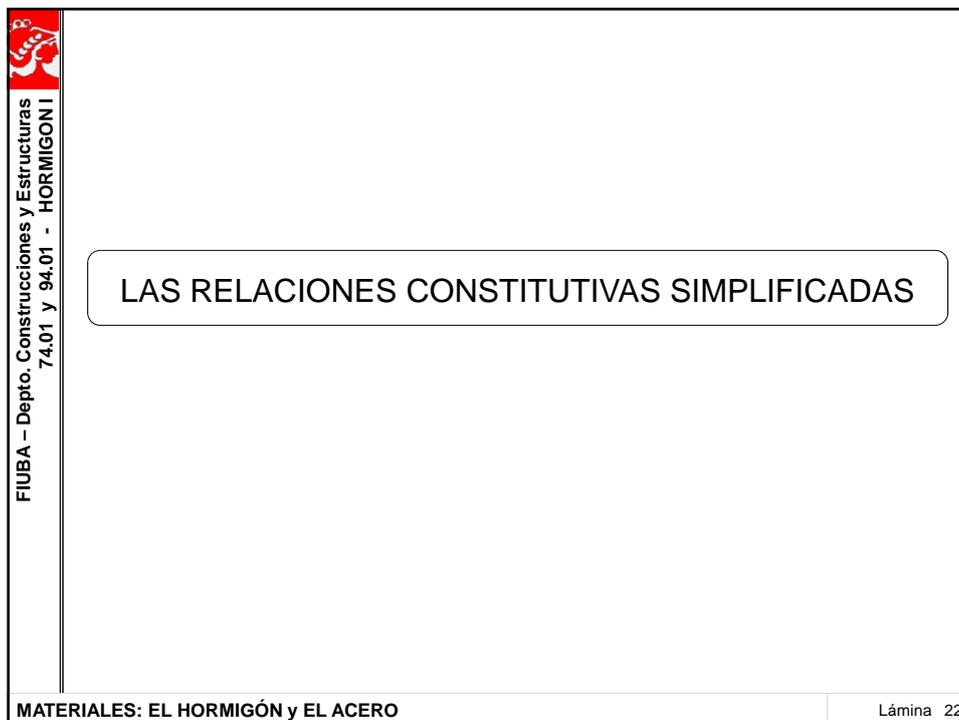
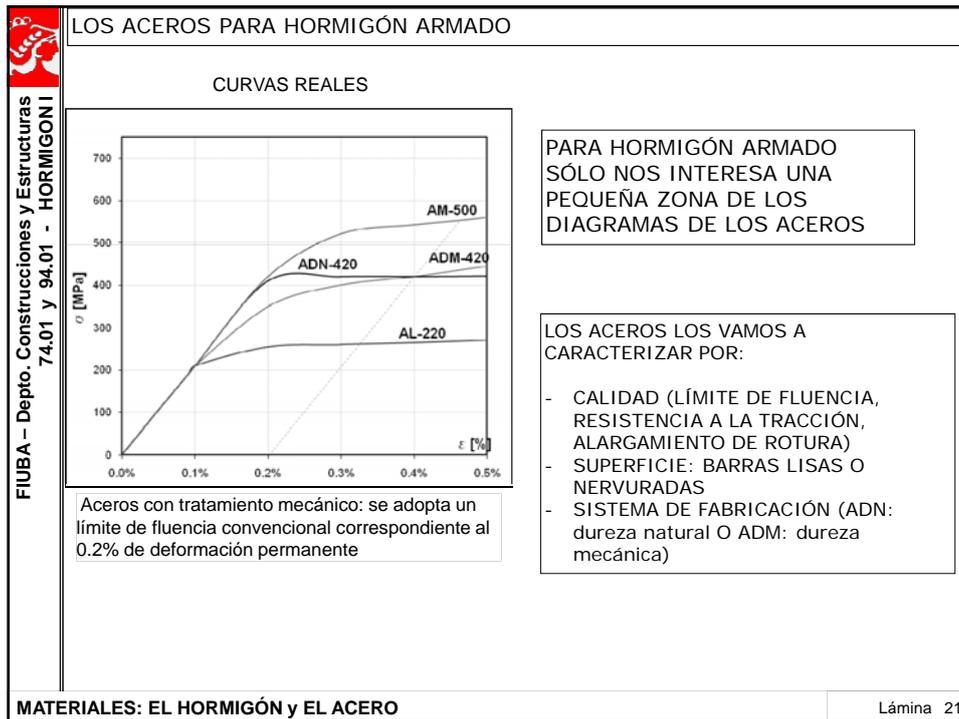
Acero	Tensión de fluencia característica [MPa]	Resistencia de tracción característica [MPa]	Alargamiento porcentual de rotura característico [%]
AM-500	~420	~500	~12
ADN-420	420	500	12
ADM-420	~420	~500	~12
AL-220	~220	~380	~26

**BARRAS ADN-420 (ACINDAR)**

**BARRAS ADM-420 (SIPAR GERDAU)**

**ADN-420:**  
 Tensión de fluencia característica= 420 MPa  
 Resistencia de tracción característica= 500 MPa  
 Alargamiento porcentual de rotura característico= 12%  
 Diámetros nominales [mm]: 6 – 8 – 10 – 12 – 16 – 20 – 25 – 32 – 40

Lámina 20



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

HEMOS VISTO QUE EL HORMIGÓN ES UN MATERIAL COMPLEJO

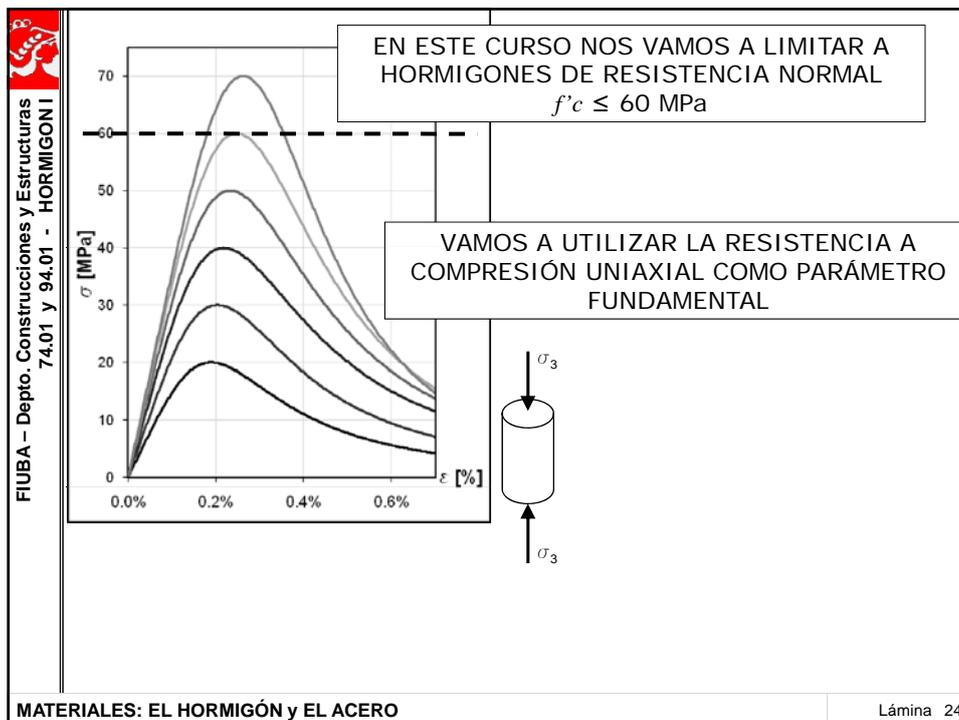
MODELOS SIMPLIFICADOS

MODELOS COMPLEJOS

AÚN HOY ES UN MATERIAL QUE SE INVESTIGA DE MANERA DE PODER PREDECIR CON MÁS EXACTITUD SU COMPORTAMIENTO

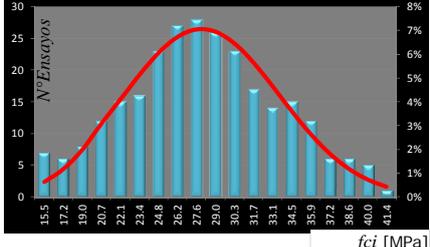
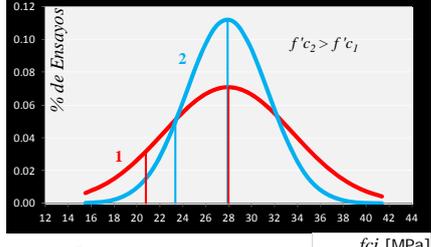
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 23



FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### CÓMO TRATAMOS EL PROBLEMA DE LA DISPERSIÓN?

$f'_{ci}$ : Resistencia de un ensayo [MPa];

$n$ : Cantidad de ensayos [---]

$f'_{cm}$ : Resistencia media [MPa]  $f'_{cm} = \frac{\sum f'_{ci}}{n}$

$s_n$ : Desviación estándar [MPa]  $s_n = \sqrt{\frac{\sum (f'_{ci} - f'_{cm})^2}{n-1}}$

$\delta$ : Coeficiente de variación [---]  $\delta = \frac{s_n}{f'_{cm}}$

DEFINIMOS LA "RESISTENCIA ESPECIFICADA O RESISTENCIA CARACTERÍSTICA de ROTURA A COMPRESIÓN"

$f'_c = f'_{cm} - 1.28 s_n$

Es la resistencia cuyo valor tiene la probabilidad de ser superado por un determinado % de resultados de ensayo. CIRSOC actual: 90%

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO
Lámina 25

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras 74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

- PARA EL DISEÑO, SE DEBE SELECCIONAR UNA CALIDAD DE HORMIGÓN.  
 - PARA EL ANÁLISIS DE ESTRUCTURAS EXISTENTES SE DEBE DETERMINAR LA CALIDAD DEL HORMIGÓN.

**TIPOS DE RESISTENCIA**

H-13  
H-17  
H-21  
H-30  
H-38  
H-47

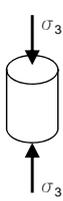
**Ej. H-21 →**  
 $\sigma'_{bk} = 21\text{MPa}$

CIRSOC 1982

Clase de hormigón	Resistencia especificada a compresión $f'_c$ (MPa)	A utilizar en hormigones
H - 15	15	simple
H - 20	20	simple y armados
H - 25	25	Simple, armados y pretensados
H - 30	30	
H - 35	35	
H - 40	40	
H - 45	45	
H - 50	50	
H - 60	60	

CIRSOC 2005 (ACI) EN VIGENCIA

**Ej. H-25 →**  
 $f'_c = 25\text{MPa}$



MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO
Lámina 26

Tabla 9.6.3. Valor mínimo de  $f_c$  a especificar en el proyecto estructural en función de las condiciones de exposición. (Ver la Tabla 2.5.)

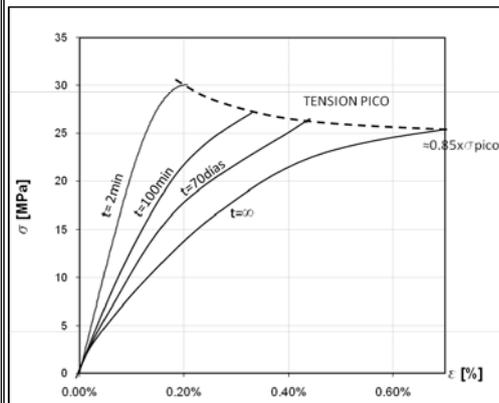
Clases de exposición (Tablas 2.1. y 2.2.)	Medio ambiente en contacto con la estructura	$f_{c\min}$ (MPa)	
		hormigón armado	hormigón pretensado
A1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Interiores de edificios no sometidos a condensaciones</li> <li>• Exteriores de edificios, revestidos. Hormigón masivo interior</li> <li>• Ambientes rurales y climas desérticos, con precipitación media anual &lt; 250 mm</li> </ul>	20	20
A2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambientes húmedos o muy húmedos (HR ≥ 65 % o con condensaciones) y temperatura moderada a fría, sin congelación</li> <li>• Exteriores expuestos a lluvias con precipitación media anual ≥ 600 mm</li> <li>• Elementos enterrados en suelos húmedos o sumergidos</li> </ul>	25	30
A3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Climas tropical y subtropical (precipitación media anual ≥ 1000 mm y temperatura media mensual durante más de 6 meses al año ≥ 25 °C).</li> </ul>	30	35
M1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente marino, a más de 1 km de la línea de marea alta y contacto eventual con aire saturado de sales (*).</li> </ul>	30	35
Q1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambientes con agresividad química moderada</li> </ul>		
C1	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congelación y deshielo sin uso de sales descongelantes</li> </ul>	30	30
C2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Congelación y deshielo con uso de sales descongelantes.</li> </ul>	35	35
CL	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficies de hormigón expuestas al rociado o la fluctuación del nivel de agua con cloruros. Hormigón expuesto a aguas naturales contaminadas por desagues industriales.</li> </ul>		
M2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente marino: a menos de 1 km de la línea de marea alta y contacto permanente o frecuente con aire saturado con sales; sumergidos en agua de mar, por debajo del nivel mínimo de mareas.</li> </ul>	35	40
Q2	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambientes con agresividad química fuerte.</li> </ul>		
M3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambiente marino, en la zona de fluctuación de mareas o expuesto a salpicaduras del mar</li> </ul>	40	45
Q3	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ambientes con agresividad química muy fuerte.</li> </ul>		

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 27

**CÓMO TRATAMOS EL PROBLEMA DE REDUCCIÓN DE RESISTENCIA PARA CARGAS DE LARGA DURACIÓN?**

REDUCIMOS LA "RESISTENCIA CARACTERÍSTICA" ENTRE UN 15% A UN 20%



PARA CARGAS DE LARGA DURACION LA RESISTENCIA SE REDUCE APROX. 15% RESPECTO AL VALOR OBTENIDO EN UN ENSAYO NORMAL A COMPRESION.

SE DEFINE

$$f''_c = k_3 \cdot f'_c < f'_c$$

$$k_3 \approx 0.85$$

CIRSOC 1982 (DIN)  
s/calidad del hormigón

$$\beta_r < \sigma_{bk}$$

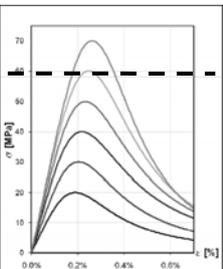
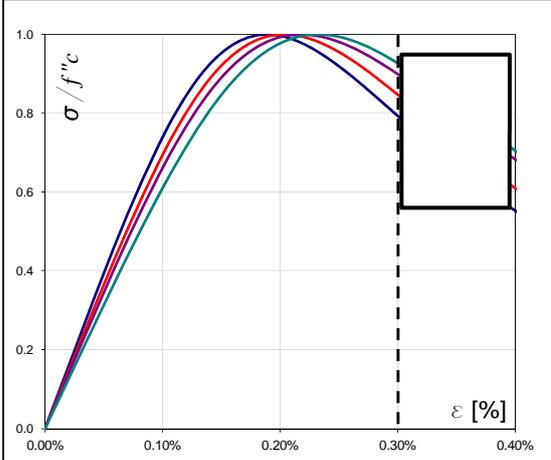
MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 28

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### CÓMO TRATAMOS EL PROBLEMA DE DESCONOCER LA CURVA EXACTA?

TRABAJAMOS CON CURVAS SIMPLIFICADAS

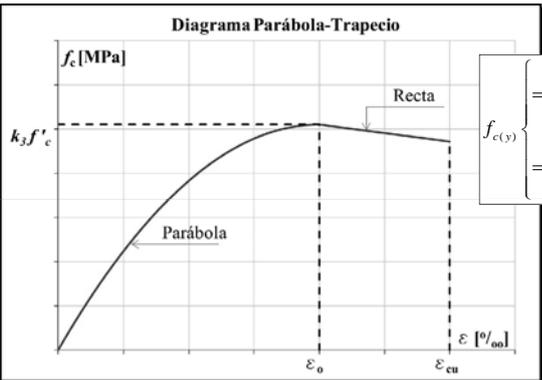
HORMIGÓN: CURVAS NORMALIZADAS DE ENSAYO A COMPRESION UNIAIXIAL A VELOCIDAD DE DEFORMACION CONSTANTE (HORMIGONES DE RESISTENCIA NORMAL  $f'c \leq 60$  MPa)

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 29

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

### H° - LEYES CONSTITUTIVAS CONVENCIONALES: CIRSOC 201-2005



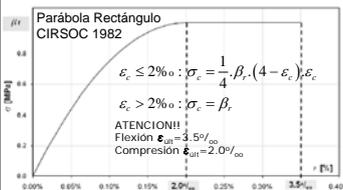
$$f_{c(y)} = \begin{cases} k_3 f'_c \left[ 2 \frac{\epsilon_{c(y)}}{\epsilon_o} - \left( \frac{\epsilon_{c(y)}}{\epsilon_o} \right)^2 \right] & \text{para: } \epsilon_{c(y)} \leq \epsilon_o \\ k_3 f'_c \left[ 1 - k_o \left( \frac{\epsilon_{c(y)} - \epsilon_o}{\epsilon_o} \right) \right] & \text{para: } \epsilon_{c(y)} > \epsilon_o \end{cases}$$

(deformaciones en valor absoluto)

$k_3 \cong 0.85$

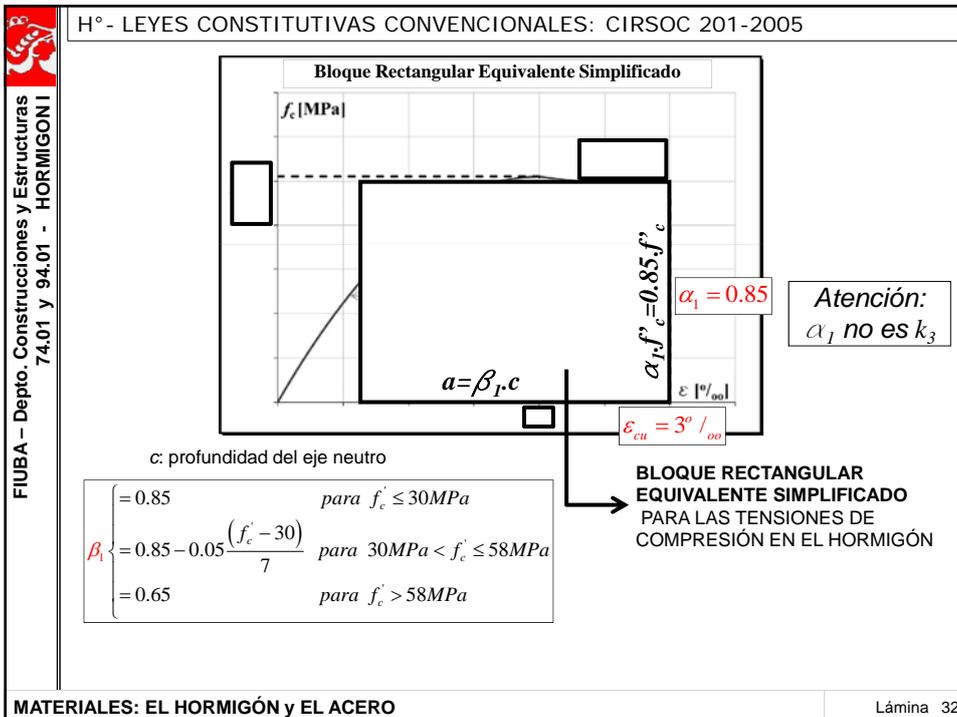
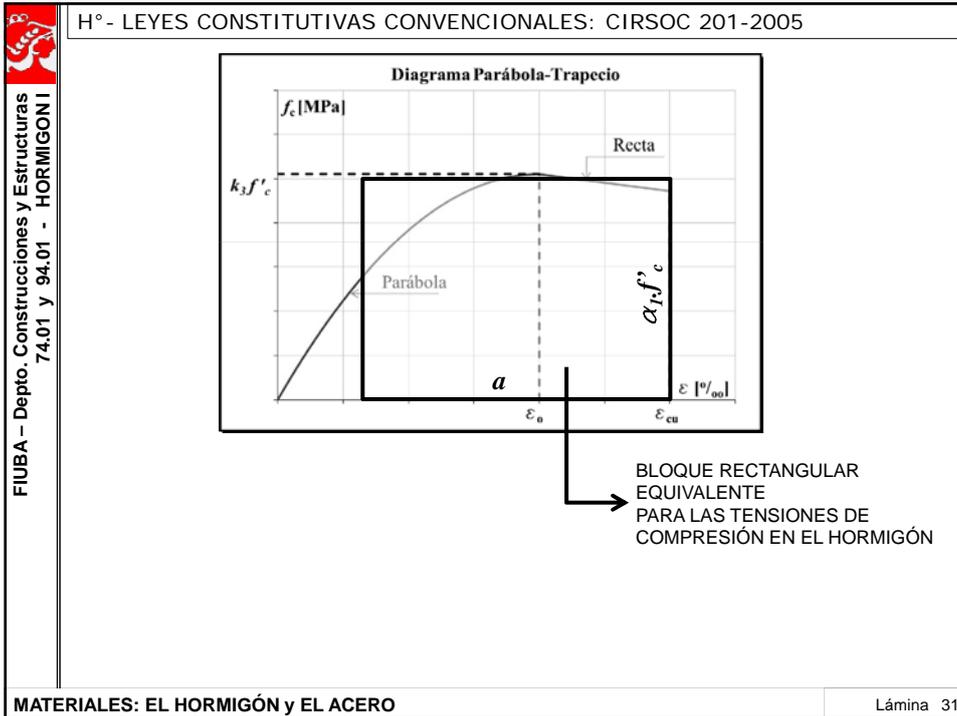
$k_o \cong 0.15$

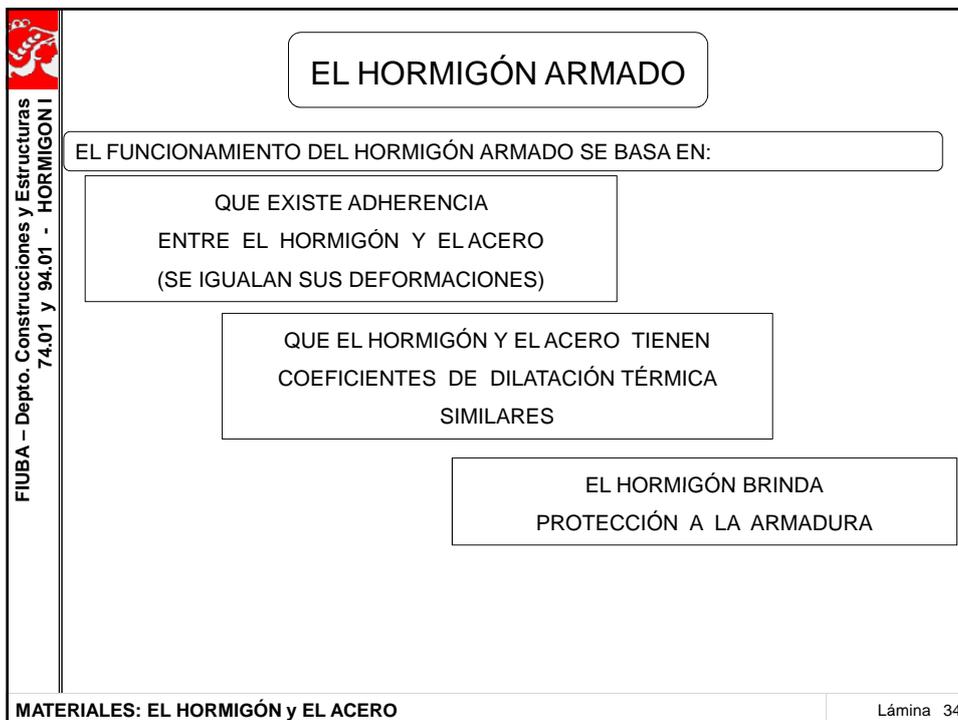
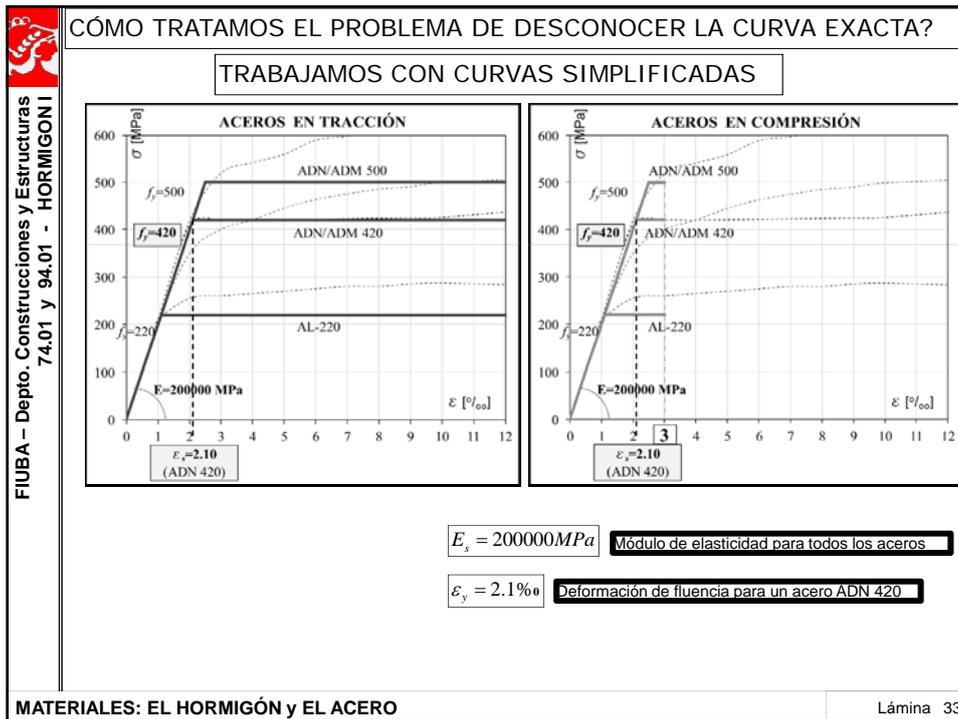
10.2.6. La relación entre la tensión de compresión en el hormigón y la deformación específica del hormigón, se debe suponer rectangular, trapezoidal, parabólica, o de cualquier otra forma que dé origen a una predicción de la resistencia que coincida en forma sustancial con los resultados de ensayos.



MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO

Lámina 30





FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**LA ADHERENCIA:**

ES LA UNIÓN RESISTENTE AL RESBALAMIENTO ENTRE EL ACERO Y EL HORMIGÓN

ASEGURA QUE LAS BARRAS DE ACERO EXPERIMENTEN LAS MISMAS DEFORMACIONES ESPECÍFICAS  $\varepsilon$  QUE LAS FIBRAS VECINAS DE HORMIGÓN

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 35

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

SECCION 1-1

$\sigma_s = \frac{P}{A_s}$

$\sigma_c$

$\mu$  (Tensión de adherencia)

ZONA CON  $\varepsilon_s = \varepsilon_c$

LONGITUD DE TRANSFERENCIA

$\mu$

LAS TENSIONES DE ADHERENCIA ESTAN ASOCIADAS A UN CAMBIO EN LA TENSION DEL ACERO

$dT_s = d\sigma_s \cdot A_s = \mu_{(x)} \cdot u \cdot dx$   
 $A_s$  : Área de acero  
 $u$  = Perímetro de la barra

MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO Lámina 36

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### EL ENSAYO DE ARRANCAMIENTO:

Layout de ensayo de arrancamiento (pull-out) según recomendación Rilem

Distribución de las tensiones de adherencia

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO**

Lámina 37

FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras  
 74.01 y 94.01 - HORMIGON I

### TIPOS DE ADHERENCIA:

Figura 4.10  
LEONHARDT, Tomo I  
(nomenclatura eurocódigos)

$N$   
 $\downarrow$   
 $H = \mu_{fricc} \cdot N$   
 $\mu_{fricc} = 0.30 \text{ a } 0.60$

- **POR CONTACTO:** ACERO/MORTERO (Rugosidad, limpieza de las barras)
- **POR ROZAMIENTO:** un desplazamiento relativo entre el acero y el hormigón, da origen a una resistencia por rozamiento, siempre que existan presiones normales a la armadura. ( $H = \mu_{fricc} \cdot N$ )
- **POR CORTE:** Endentado que actúa como ménsulas

Figura 4.7  
LEONHARDT, Tomo I

——— Trayectorias de tracción  
 - - - - - Trayectorias de compresión

(a) gran separación de nervaduras

(b) pequeña separación de nervaduras

**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO**

Lámina 38

 **FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras**  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**FACTORES QUE INCIDEN SOBRE LA ADHERENCIA:**

- CALIDAD DEL HORMIGÓN
- PERFILADO DE LA SUPERFICIE DE LAS BARRAS
- LA POSICIÓN DE LA BARRA AL HORMIGONAR
- UBICACIÓN DE LA BARRA AL HORMIGONAR



**MATERIALES: EL HORMIGÓN y EL ACERO** Lámina 39

 **FIUBA – Depto. Construcciones y Estructuras**  
74.01 y 94.01 - HORMIGÓN I

**FIN –  
MATERIALES:  
EL HORMIGÓN y EL ACERO**

**GRACIAS POR SU ATENCION !!!**