

## LECCIÓN 14

# Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Antonio Tomás Espín  
Dr. Ingeniero de Caminos, CC. y PP.



E.T.S. de Ingeniería de  
Caminos, Canales y Puertos  
y de Ingeniería de Minas



Departamento de Ingeniería  
Minera y Civil



## ÍNDICE

Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

### TÍTULO 7º. EJECUCIÓN.

#### CAPÍTULO XIII. EJECUCIÓN.

- Criterios generales
- Procesos previos al hormigonado
- Elaboración, armado y montaje de armaduras
- Elaboración y puesta en obra del hormigón
- Procesos posteriores al hormigonado
- Elementos prefabricados
- Aspectos medioambientales





## CRITERIOS GENERALES

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

- **Proceso constructivo adecuado al proyecto**
- **Sistema de gestión de acopios (trazabilidad)**
- **Aspectos medioambientales**



3 de 67

Antonio Tomás Espín



## CRITERIOS GENERALES

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

### PROCESO CONSTRUCTIVO ADECUADO AL PROYECTO

- Ejecución conforme a **proyecto** o, en su defecto, a **EHE-08**
- Cualquier **modificación** → Aprobación previa D.O.
- Contemplar las **acciones** del proceso durante la ejecución

### SISTEMA DE GESTIÓN DE ACOPIOS (TRAZABILIDAD)

- **Obligatorio** para el contratista
- Registro de **suministradores** - Sistema de **almacenamiento** de acopios - Registro de **unidades ejecutadas**
- **Trazabilidad origen** → Relacionar materiales con lotes ejecución
- **Trazabilidad ejecución** → Relacionar lotes con elementos estruct.

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

4 de 67

Antonio Tomás Espín



### ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

- La **Propiedad** puede establecer exigencias medioambientales:
  - En **proyecto** (un Anejo de “Evaluación Ambiental de la Estructura”, pudiendo considerar además el Anejo 13º “Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad”)
  - En el **contrato** con el constructor
- El **sistema de gestión medioambiental** de la ejecución debe contemplar los aspectos medioambientales básicos y buenas prácticas del **Art. 77**



- **Comprobaciones por la D.O.**
- **Comprobaciones por el Constructor**
- **Replanteo**
- **Cimbras y apuntalamientos**
- **Encofrados y moldes**
- **Productos desencofrantes**





Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

**Previos**

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

7 de 67

Antonio Tomás Espín

### POR LA D.O.

- **Libro de órdenes** en obra, facilitado por la D.O.
- **Directorio** de suministradores y agentes involucrados en la obra
- **Documentación** (de **equipos**: certificados de calibración, equipos de soldadura, etc.; y del **personal soldador**: cualificación suficiente)

### POR EL CONSTRUCTOR

- **Documentación** de productos
- Inexistencia de **alteraciones en la estructura** proyectada (p.ej. como consecuencia de la ubicación de nuevas instalaciones)
- Sistema de **gestión de acopios** (trazabilidad de materiales)



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

**Previos**

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

8 de 67

Antonio Tomás Espín

### REPLANTEO

- Comprobación de cotas y geometría (tolerancias Anejo 11º)

### CIMBRAS Y APUNTALAMIENTOS

- **Proyecto de cimbra** (seguridad y límites de deformación = 5 mm ó L/1000; planos de definición; PPTP de perfiles, grapas, elem. aux.)
- **Procedimiento escrito** en poder del Constructor (montaje y desmontaje, incluso cómo colocar el hormigón para limitar flechas)
- **Certificado** del Constructor firmado por persona física, garantizando correspondencia entre elementos empleados y PPTP del proyecto
- En **edificación**, las cimbras se realizarán de acuerdo a **EN 12812**
- **Durmientes** de reparto para el apoyo de puntales (si es sobre el terreno, comprobaciones de asiento)





Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### CIMBRAS Y APUNTALAMIENTOS

- **Estabilización en 2 direcciones:**
  - arriostramientos soportando  $H \geq 0,02 V$  ( $H$  acciones horizontales durante la ejecución del forjado;  $V = CP + SCC$ )
  - apoyando en pilares o muros → comprobación
- **Estudio de la cimbra/apuntalado en el proyecto de la estructura si:**
  - P.P. forjado  $> 5 \text{ kN/m}^2$ , o
  - Puntales  $h > 4 \text{ m}$
- **Viguetas HA:** Puntales nivelados con los apoyos
- **Viguetas HP:** 1) Puntales 3-4 cm bajo apoyos. 2) Ajuste leve contacto



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### ENCOFRADOS Y MOLDES

- **Estanqueidad** de las juntas (HAC, consistencias líquidas)
- **Resistencia** (presión hormigón fresco, efectos de la compactación)
- **Alineación y verticalidad** (pilares en su cruce con los forjados)
- Limpieza, no abolladuras, cuidar texturas (bajorrelieves, impresiones)
- Si son de **madera**, humectación previa
- Norma **UNE 180/201** (1ª norma europea específica para encofrados)





Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

**Previos**

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### PRODUCTOS DESENCOFRANTES

- **Selección** por el Constructor, salvo indicación del D.O.
- No deben alterar las propiedades del hormigón (color, durabilidad)  
→ No se permite **ni gasóleo ni grasa común**
- No impedir la posterior aplicación de **revestimientos superficiales**
- Aplicarlo **antes de colocar la armadura**, para no impregnarla
- El Constructor expedirá **certificado** firmado por persona física con las características del producto y sus efectos sobre el hormigón



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

- **Definición de procesos**
- **Instalaciones de ferralla**
- **Criterios generales para los procesos de ferralla**
- **Armado de la ferralla**
- **Anclaje de armaduras**
- **Empalme de armaduras**
- **Suministro, transporte y montaje**





## DEFINICIÓN DE PROCESOS

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

- **FERRALLA:** elaboración de armadura (enderezado, corte, doblado, soldadura).

Se obtiene la **armadura elaborada**.



- **ARMADO:** disposición geométrica (atado) de la armadura elaborada.

Se obtiene la **ferralla armada**.



- **MONTAJE:** colocación de la ferralla armada en el encofrado (solapos y separadores).

Se obtiene la **armadura pasiva**.



13 de 67

Antonio Tomás Espín



## INSTALACIONES DE FERRALLA

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### ACTIVIDADES MÍNIMAS A DESARROLLAR

- **Almacenamiento** del acero
- **Enderezado**, si hay suministros en rollo
- Procesos de **ferrallado** (corte, doblado, soldadura) y **armado**

### MAQUINARIA

- Acero en rollo **enderezado** con máquina propia, **no con dobladora**
- **Corte** de tipo mecánico (cizallas, cortadoras), **no con sopletes**
- Dobladoras que permitan emplear **mandriles** de distintos diámetros

### ALMACENAMIENTO Y GESTIÓN DE LOS ACOPIOS

- Es de aplicación a estas instalaciones el **Sistema de Gestión de Acopios** que se ha comentado (trazabilidad)
- Se permite óxido o picaduras si la **pérdida de sección**  $< 1 \%$

14 de 67

Antonio Tomás Espín



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

15 de 67

Antonio Tomás Espín

## SISTEMA DE CONTROL DE PRODUCCIÓN

- **Obligatorio** para cualquier instalación (exterior o en obra)
- **Control interno** de cada uno de los procesos de ferralla
- **Autocontrol** de la armadura elaborada (o de la ferralla armada) mediante ensayos y validaciones:
  - Enderezado (2 ens.tracc. / serie  $\varnothing$  / equipo / mes. DCOR  $\rightarrow$  1/mes)
  - Corte (5 determinaciones dimensionales / equipo / semana)
  - Doblado (5 plantillas de doblado / equipo / semana)
  - Soldadura (comprobaciones apdo. 7.1 UNE 36832 / trimestral)
- **Documentación** del autocontrol (ensayos y frecuencias)
- **Registro** documental de todo lo anterior



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

16 de 67

Antonio Tomás Espín

**PLANILLAS DE DESPIECE:** De acuerdo con planos del proyecto, firmadas por persona física en la instalación de ferralla

## DOBLADO

- A temperatura ambiente
- Se permiten **desdoblados** (armaduras en espera):
  - comprobar que no hay fisuras o fracturas en las mismas
  - si es en caliente, proteger el hormigón de las altas temperaturas

DIÁMETRO MÍNIMO ( $D$ ) DE LOS MANDRILES

Barras corrugadas	Ganchos, patillas y gancho en U		Barras dobladas y otras barras curvadas	
	Diámetro de la barra en mm		Diámetro de la barra en mm	
	$\varnothing < 20$	$\varnothing \geq 20$	$\varnothing \leq 25$	$\varnothing > 25$
B 400 S o SD	4 $\varnothing$	7 $\varnothing$	10 $\varnothing$	12 $\varnothing$
B 500 S o SD	4 $\varnothing$	7 $\varnothing$	12 $\varnothing$	14 $\varnothing$

Para estribos de diámetro  $\varnothing \leq 12$  mm  $\rightarrow$   $D \geq \begin{cases} 3\varnothing \\ 30 \text{ mm} \end{cases}$





Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

17 de 67

Antonio Tomás Espín

## DISTANCIAS ENTRE BARRAS

- Barras en distintas capas horizontales → Disposición vertical una sobre otra, **coincidiendo en planta** (permitir paso de un vibrador)

- **Barras aisladas**

$$d \geq \begin{cases} 2 \text{ cm (1,5 cm viguetas y losas pretens.)} \\ \varnothing \text{ de la mayor (o del grupo, si hay)} \\ 1,25 TMA \end{cases} \quad \text{Recomendable } d \geq 5 \text{ cm}$$

**Caso especial** (comentarios Art. 69.4.1): En las zonas de gran densidad de armaduras (cruces de elementos, zonas de anclaje, etc.) **se puede disminuir** estas distancias mínimas si se asegura que todas las barras quedan envueltas por el hormigón (puede ser útil parear los estribos y la armadura longitudinal).



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

18 de 67

Antonio Tomás Espín

## DISTANCIAS ENTRE BARRAS

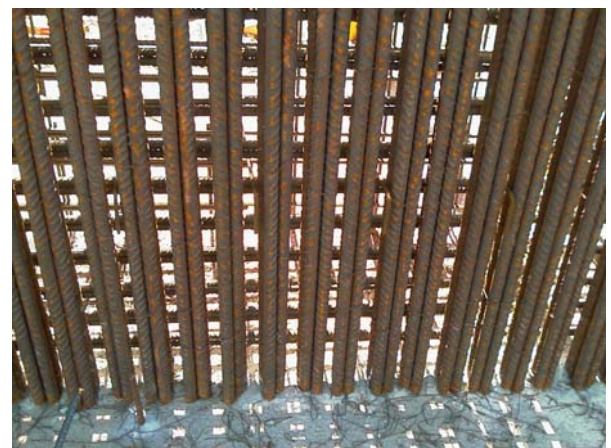
- **Grupos de barras:** Hasta 3 barras (ó 4 en piezas comprimidas, hormigonadas en vertical y sin empalmes)
- **Diámetro del grupo:** El de la sección circular de área equivalente a la suma de las áreas de las barras

$$\varnothing_{grupo} = \sqrt{\frac{4 \sum A_i}{\pi}} \leq \begin{cases} 50 \text{ mm} \\ 70 \text{ mm (*)} \end{cases}$$

(\*) Piezas comprimidas en vertical

$\varnothing_{grupo}$  se usa en:

- recubrim. mín.  $r_{min} \geq \varnothing_{grupo}$
- distancia mínima a las armaduras vecinas (ambos medidos a partir de su contorno real)



¿2Ø32/0,10? →  $\varnothing_{grupo} = 45 \text{ mm}$



## ARMADO DE LA FERRALLA

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

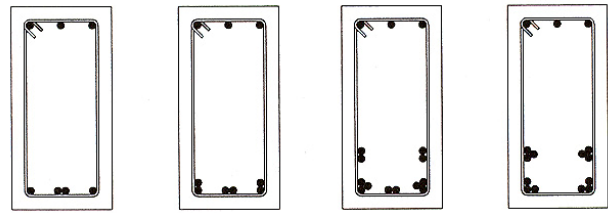
Prefabricados

Medioambiente

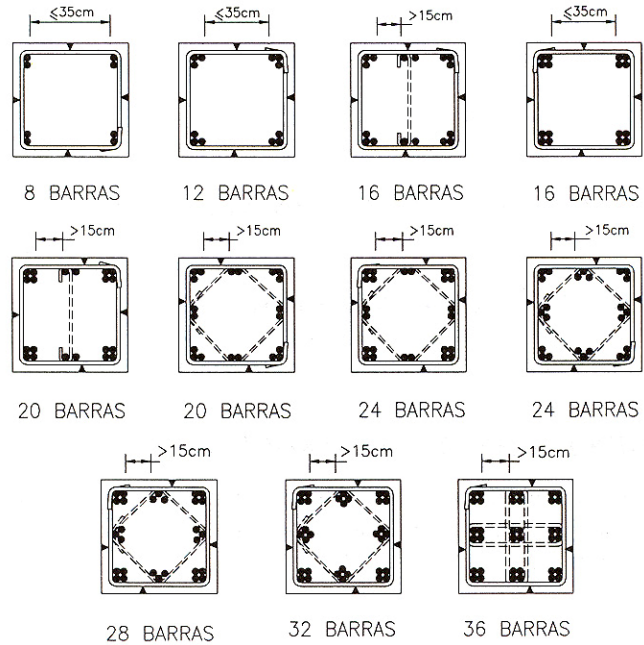
19 de 67

Antonio Tomás Espín

### VIGAS



### PILARES



Fuente: Calavera, 2009



## ARMADO DE LA FERRALLA

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

20 de 67

Antonio Tomás Espín

### OPERACIONES DE PRE-ARMADO

- **Acero auxiliar de montaje** (barras o alambres que posibiliten la disposición automática de estribos): No computa como sección de armadura, pero sí deben cumplir los recubrimientos mínimos

### OPERACIONES DE ARMADO

- Armado de la ferralla mediante **atado** o soldadura no resistente
- Armadura principal interior a la de cortante
- **Disposición** de los puntos de atado:
  - **Losas y placas:** Todos los nudos de perímetro, y el resto al tresbolillo ( $\emptyset \leq 12$ ) o aleatoriamente cada  $50\emptyset$  máximo ( $\emptyset > 12$ )
  - **Muros:** al tresbolillo



## ARMADO DE LA FERRALLA

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

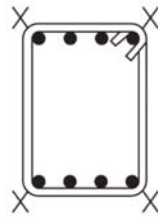
Hormigón

Posteriores

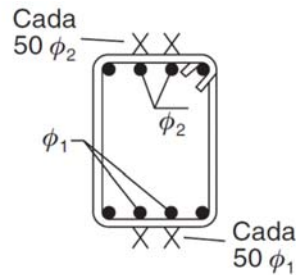
Prefabricados

Medioambiente

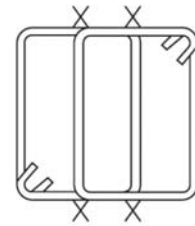
### - Pilares y vigas:



Barras de esquina en todos los estribos



Restantes barras



Estribos múltiples

Fuente: EHE-08, 2011



## ANCLAJE DE ARMADURAS

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

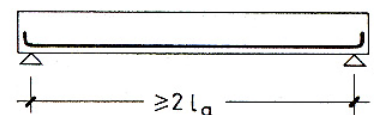
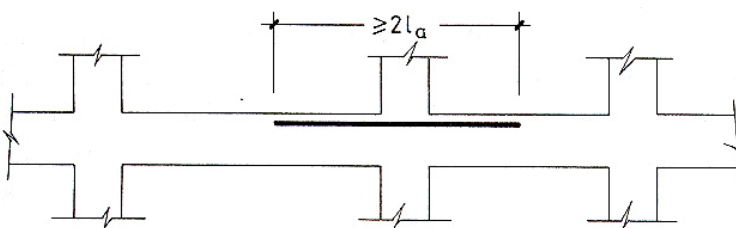
Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### GENERALIDADES

- Desde un extremo de la barra se van incrementando las tensiones (alcanzando **en cada sección el valor requerido por el cálculo**) hasta que comienzan a descargarse, llegando a anularse de nuevo en el otro extremo de la barra.
- Si una armadura ha de desarrollar su capacidad mecánica completa, su **longitud no podrá ser inferior al doble de su longitud de anclaje**



Fuente: Calavera, 2009



# ANCLAJE DE ARMADURAS

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## GENERALIDADES

- La longitud de anclaje depende de:
  - Propiedades de **adherencia** de las barras
  - Su **posición** en la pieza de hormigón
- Tipos de posición:
  - \* **Posición I** (adherencia buena):
    - Barras que forman un ángulo con la horizontal **entre 45° y 90°**
    - Barras situadas en la **mitad inferior de la sección**
    - Barras a  $\geq 30$  cm de la **cara sup.** de una capa de hormigonado
  - \* **Posición II** (adherencia deficiente) → Resto de casos

23 de 67

Antonio Tomás Espín



# ANCLAJE DE ARMADURAS

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

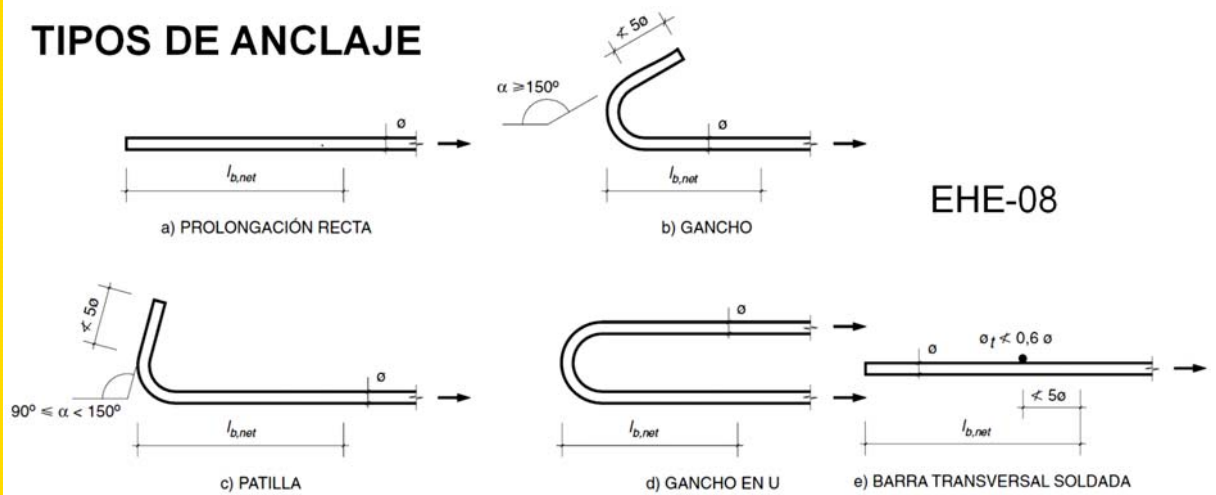
Hormigón

Posteriores

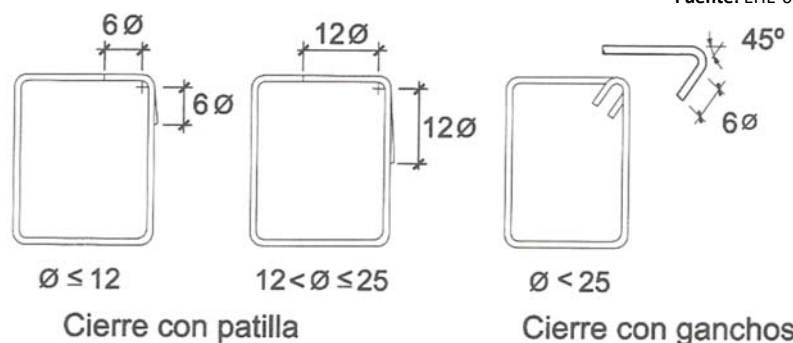
Prefabricados

Medioambiente

## TIPOS DE ANCLAJE



ACI 318-08



24 de 67

Antonio Tomás Espín





Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

25 de 67

Antonio Tomás Espín

## LONGITUD BÁSICA DE ANCLAJE

- Longitud básica de anclaje en prolongación recta en posición I

La necesaria para anclar una fuerza  $A_s f_{yd}$  en una barra, suponiendo tensión de adherencia constante

- **Formulación *beam test*. Simplificada:** Coeficiente experimental ( $m$ ), obtenido del ensayo de adherencia

$$* \text{ Posición I } \quad l_{bI} = m\varnothing^2 \geq \frac{f_{yk}}{20} \varnothing$$

$$* \text{ Posición II } \quad l_{bII} = 1,4m\varnothing^2 \geq \frac{f_{yk}}{14} \varnothing$$

[ $\varnothing$  en mm;  $f_{yk}$  en MPa]

- **Nueva formulación:** Adherencia por geometría de corrugas

$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$m$	
	B 400 S B 400 SD	B 500 S B 500 SD
25	1,2	1,5
30	1,0	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1,0
$\geq 50$	0,7	1,0



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

26 de 67

Antonio Tomás Espín

## LONGITUD NETA DE ANCLAJE

$$l_{b,neto} = l_b \beta \frac{A_s}{A_{s,real}} \geq \begin{cases} 10\varnothing \\ 150 \text{ mm} \\ \frac{1}{3} l_b \text{ (barras tracc.)} \\ \frac{2}{3} l_b \text{ (barras compr.)} \end{cases}$$

Valores de  $\beta$

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7 (*)	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

(\*) Si el recubrimiento de hormigón  $\perp$  al plano de doblado  $\leq 3\varnothing \Rightarrow \beta = 1$



## ANCLAJE DE ARMADURAS

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

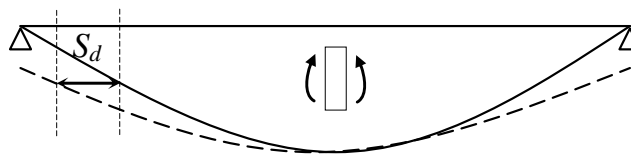
Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

- Si **efectos dinámicos**  $\Rightarrow$  Aumentar longitudes de anclaje **10 $\varnothing$**
- En **vigas**, desde la sección en que  $A_s$  deja de ser necesaria:
  - Prolongar **1/3**  $A_s$  para el máx.  $M_d(+)$  hasta **apoyos extremos**
  - Prolongar **1/4**  $A_s$  para el máx.  $M_d(+)$  hasta **apoyos intermedios**
  - A su vez, prolongar esta armadura  $l_{b,neta}$  **desde el eje del apoyo**
  - Considerar el **decalaje** de la ley de momentos debido al cortante para determinar la sección en que deja de ser necesaria  $A_s$



$$S_d = 0,9d \left( 1 - \frac{V_{su}}{2V_{rd}} (1 + \cotg \alpha) \right) \xrightarrow{\alpha=90^\circ} = 0,9d \left( 1 - \frac{V_{su}}{2V_{rd}} \right)$$

27 de 67

Antonio Tomás Espín



## ANCLAJE DE ARMADURAS

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

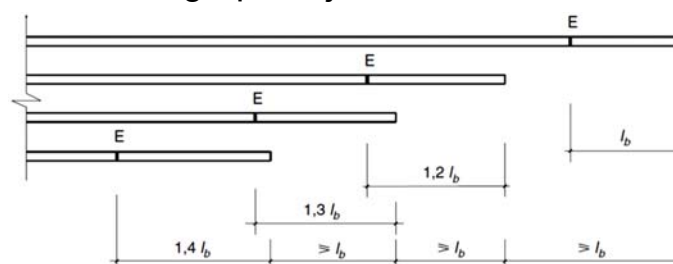
Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### GRUPOS DE BARRAS

- Preferible anclar por **prolongación recta**
- Si **todas** las barras del grupo dejan de necesitarse en **una sección**
  - 1,3  $l_b$  grupos de 2 barras
  - 1,4  $l_b$  grupos de 3 barras
  - 1,6  $l_b$  grupos de 4 barras ( $l_b$  longitud anclaje de una barra)
- Si las barras del grupo dejan de necesitarse en **secciones distintas**



Fuente: EHE-08, 2011

E: Sección en la que deja de ser necesaria cada barra

28 de 67

Antonio Tomás Espín



## ORIGEN

- Longitud comercial de las barras: 12 m
- Necesidad constructiva en el montaje de la ferralla

## TIPOS

- a) Empalmes por **solapo** (preferible)
- b) Empalmes por **soldadura**
- c) Otros (dispositivos **mecánicos**, manguitos, etc.) → Ensayos

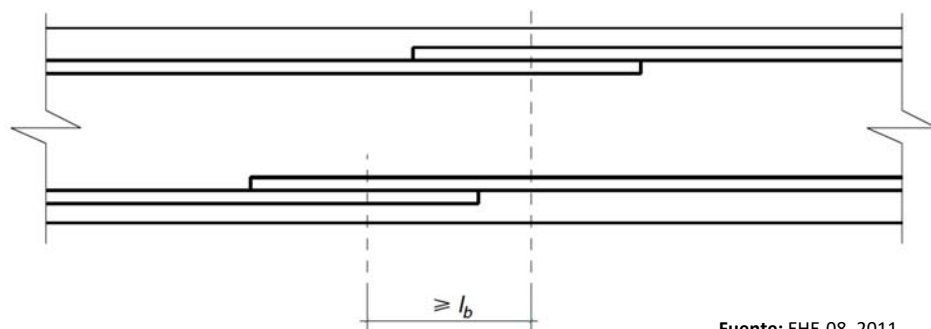
Se puede considerar emplear b) y c) en los siguientes casos:

- Cuando a) no sea posible constructivamente (falta de espacio en piezas fuertemente armadas)
- En serie gruesa, pues b) y c) permiten ahorros importantes
- En empalmes de  $\varnothing > 32$  → Solapo, si estudios especiales



## CRITERIOS DE DISEÑO

- Sólo disponer empalmes de los **planos** y los autorizados por **D.O.**
- **Alejar** los empalmes de las zonas donde  $A_s$  trabaje a máx. carga
- **Separar los centros** de los empalmes una distancia  $\geq l_b$



Fuente: EHE-08, 2011



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

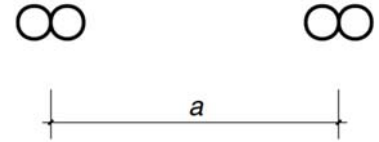
Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## EMPALMES POR SOLAPO DE BARRAS AISLADAS

- Las barras a solapar pueden estar **en contacto o separadas**  $\leq 4\varnothing$  (aunque  $\geq dist_{min}$  entre barras)
- En zona de solapo disponer  **$A\alpha$**  con sección  $\geq$  sección de la mayor barra solapada  $\rightarrow$  Parear cercos
- Longitud de solapo:  $l_s = \alpha l_{b,neta}$



Valores de  $\alpha$

Fuente: EHE-08, 2011

Distancia transversal entre los empalmes más próximos	Porcentaje de barras solapadas a tracción, con relación a la sección total de acero					Barras solapadas trabajando a compresión en cualquier porcentaje
	20	25	33	50	>50	
$a \leq 10\varnothing$	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,0
$a > 10\varnothing$	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4	1,0



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

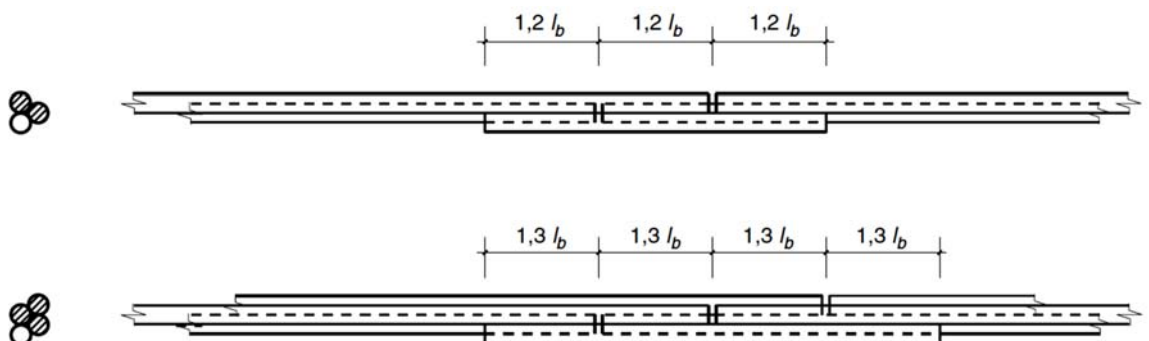
Medioambiente

## EMPALMES POR SOLAPO DE GRUPOS DE BARRAS

- Barra suplementaria** en la zona del empalme con  $\varnothing = \varnothing_{max}$
- Prohibido** empalme por solapo en grupos de **4 barras**
- Cada barra se enfrenta **a tope** a aquella que va a empalmar
- Separación entre empalmes y prolongación de barra suplementaria:

$1,2 l_b$  grupos de 2 barras

$1,3 l_b$  grupos de 3 barras con  $l_b \geq 10\varnothing \geq 150 \text{ mm}$







Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

- Se suministrarán **libres de pintura o grasa**
- Con **etiquetado** que permita trazabilidad del suministro
- **Proteger** contra lluvia, humedad del suelo y agresividad ambiental
- Los cercos dentro de encofrados **no se pueden soldar**, sino atar

## SEPARADORES Y CALZOS

- Piezas para garantizar el recubrimiento o la posición de las barras
- **SEPARADORES**
  - Piezas de hormigón, mortero, plástico rígido
  - Materiales **prohibidos**:
    - madera
    - material residual construcción (aunque sea ladrillo u hormigón)
    - metálicos (si quedan vistos)



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

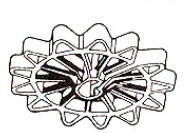
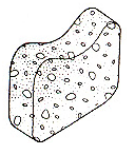
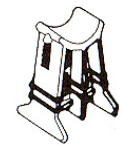
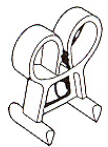
Prefabricados

Medioambiente

- Los más comunes: de **tipo rueda o taco**

Se fijan mediante:

- acción de grapa (clip)
- atado con alambre
- simple apoyo



Fuente: Calavera, 2009

- **Distancia entre separadores:**

	Elemento	Distancia máxima
Elementos superficiales horizontales (losas, forjados, zapatas, losas cim., etc.)	Emparrillado inferior	50Ø ó 100 cm
	Emparrillado superior	50Ø ó 50 cm
Muros	Cada emparrillado	50Ø ó 50 cm
	Separación entre emparrillados	100 cm
Vigas		100 cm
Soportes		100Ø ó 200 cm



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## • CALZOS

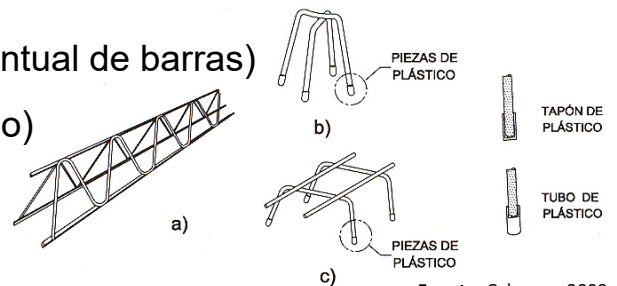
- Piezas de alambre de acero galvanizado o inoxidable
- **Misión:**
  - Mantener la separación de la armadura superior de losas respecto al terreno o encofrado
  - Mantener la separación entre emparrillados de armaduras de muros, losas
- Los más comunes son:

- **Tipo individual** (apoyo puntual de barras)

- **Continuos** (apoyo continuo)

- **Precaución:**

Deben apoyar en tacos de plástico o separadores adecuados



Fuente: Calavera, 2009



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

**Armaduras**

Hormigón

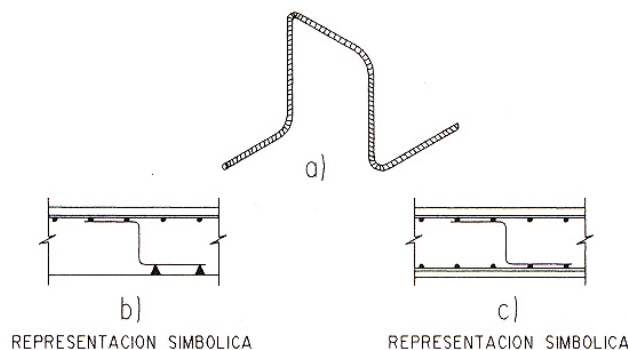
Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## • PIES DE PATO

- Piezas hechas con despuntes de ferralla
- Se usan cuando los calzos son antieconómicos (losas de gran canto, muros de gran espesor...)
- Si apoyan en encofrado  $\Rightarrow$  Separadores
- Si existe emparrillado  $\Rightarrow$  Se atan a éste



Fuente: Calavera, 2009



## ELABORACIÓN Y PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

- Prescripciones generales
- Instalaciones de fabricación
- Fabricación del hormigón
- Transporte y suministro
- Puesta en obra
- Curado
- Hormigones especiales



37 de 67

Antonio Tomás Espín



## ELABORACIÓN Y P.O. DEL HORMIGÓN

Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

### PRESCRIPCIONES GENERALES

- El hormigón estructural **debe fabricarse en CENTRAL** (industrial o en obra) con instalaciones para almacenar, dosificar y amasar. Sólo el hormigón de uso no estructural puede no fabricarse en central.
- La **dosificación** de cemento, áridos y adiciones será **en peso** (no en volumen, por las fuertes dispersiones)
- Debe conseguirse **uniformidad** (entre amasadas) y **homogeneidad** (dentro de la misma amasada)

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

38 de 67

Antonio Tomás Espín



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## GENERALIDADES

- Se habla de **hormigón preparado** al fabricado en una central, con número de registro industrial, que no pertenece a la obra
- **Central de fabricación de hormigón**
  - Almacenamiento de materiales componentes
  - Instalaciones de dosificación
  - Equipos de amasado
  - Equipos de transporte, en su caso
  - Obligatorio control de producción (hormigón preparado) o autocontrol equivalente (hormigón de central en obra)
- Debe haber una persona **responsable de fabricación**, distinta del responsable del control de producción



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## ACOPIOS

- Áridos sobre **base anticontaminante**, nunca sobre el terreno
- **Tabiques separadores** entre fracciones granulométricas distintas
- **Aditivos** (líquidos/pulverulentos) diluidos en agua: protegerlos de la helada y con agitadores para mantener los sólidos en suspensión

## INSTALACIONES DE DOSIFICACIÓN

- Alimentación a la tolva de la báscula con **corte preciso**
- **Apreciación de las básculas**: 0,5 % de la capacidad total
- A mayor  $f_{ck}$  más importante **precisar la humedad de los áridos** para evitar variaciones no previstas en a/c





Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

41 de 67

Antonio Tomás Espín

## EQUIPOS DE AMASADO

- Amasadoras **fijas o móviles**
- **Homogeneidad** satisfaciendo 2 de 2 (grupo A) y 2 de 4 (grupo B)

ENSAYOS		Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga)
Grupo A	1. Consistencia (UNE-EN 12350-2) Si el asiento medio es igual o inferior a 9 cm Si el asiento medio es superior a 9 cm 2. Resistencia (*) En porcentajes respecto a la media	3 cm 4 cm 7,5%
Grupo B	3. Densidad del hormigón (UNE-EN 12350-6) En kg/m <sup>3</sup> 4. Contenido de aire (UNE-EN 12350-7) En porcentaje respecto al volumen del hormigón 5. Contenido de árido grueso (UNE 7295) En porcentaje respecto al peso de la muestra tomada 6. Módulo granulométrico del árido (UNE 7295)	16 kg/m <sup>3</sup> 1% 6% 0,5

(\*) Por cada muestra, se fabricarán y ensayarán a compresión, a la edad 7 días, dos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Estas probetas serán confeccionadas, conservadas y ensayadas según los procedimientos contemplados en el apartado 86.3. Se determinará la medida de cada una de las dos muestras como porcentaje de la media total.

Fuente: EHE-08, 2011



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

42 de 67

Antonio Tomás Espín

## SUMINISTRO Y ALMACENAMIENTO DE MATERIALES

- Cada material llegará a la central con **documentación** de suministro
- **ÁRIDOS**
  - Almacenar protegidos de contaminación (terreno) y bajo techo
  - Evitar mezclas incontroladas entre fracciones granulométricas
  - Evitar segregación durante el transporte y almacenamiento
- **CEMENTO**
  - Hoja de suministro + inspección visual (carga y transporte)
  - Los DCOR amparan la carga y transporte del cemento
- **ADICIONES**
  - Silos impermeables (protección de la humedad y contaminación)
- **ADITIVOS**
  - Líquidos: evitar heladas y agitar. Pulvulentos: como el cemento.



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## DOSIFICACIÓN

- Contenido mínimo de cemento → Tabla 37.3.2
- Contenido máximo de cemento: 500 kg/m<sup>3</sup> (salvo autorización D.O.)
- Relación máxima a/c → Tabla 37.3.2
- Si no se tiene experiencia, ensayos previos

## PROCEDIMIENTOS DE AMASADO

En común: antes de transportar se debe realizar el amasado completo

- Totalmente en amasadora **fija**
- Inicio en amasadora **fija** y terminado en **móvil** (antes del transporte)
- En amasadora **móvil** (antes del transporte)
- **HAR**: Mejor amasadora fija. Ampliar tiempo de amasado un 50 %



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## DESIGNACIÓN

Designación por **propiedades** o, excepcionalmente, por **dosificación**

### T - R / C / TM / A

- T HM Masa HA Armado HP Pretensado HL Limpieza HNE No estructural
- R Resistencia característica a 28 días en MPa (por propiedades)
- Contenido de cemento en kg/m<sup>3</sup> (por dosificación)
- C Consistencia (S - P - B - F - L)
- TM Tamaño máximo del árido en mm (< 30 en HL; < 40 en HNE)
- A Ambiente

Ejemplos: HA-30/B/20/IIIa HNE-15/B/30 (sin ambiente)

HL-150/B/20 (dosificación mínima de cemento 150 kg/m<sup>3</sup>)



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### TRANSPORTE

- **Máximo 1,5 h** entre el vertido del agua y la colocación del hormigón (salvo que se utilicen **retardadores** de fraguado)
- En tiempo caluroso, reducir el tiempo límite
- Volumen de **llenado de cubas**:
  - **80 %** para hormigón amasado en **central**
  - **2/3** para hormigón amasado (o terminado) en amasadora **móvil**
- Transporte en **cualquier camión** (con o sin agitadores), siempre que tenga superficies lisas y redondeadas (sin ángulos en la caja)
- Si **HAR**, mejor transportarlo en camión hormigonera
- **Lavado**: en balsas de lavado impermeables (reciclado del agua)



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### SUMINISTRO

- Hoja de suministro
- Si el **asiento de cono** < especificado (con su tolerancia):
  - \* **Prohibido añadir agua**
  - \* Puede añadirse **plastificante** o **superplastificante**, reamasando el hormigón durante 1 min/m<sup>3</sup> (mín. 5 min), siempre que exista:
    - procedimiento escrito y aprobado por el fabricante
    - sistema dosificador de aditivo





Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

47 de 67

Antonio Tomás Espín

## VERTIDO Y COLOCACIÓN

- **Antes de hormigonar** hay que tener:
  - La **conformidad de la D.O.** al armado
  - los **ensayos de conformidad** de armaduras (salvo **control ejecución intenso** y que tengan **DCOR**)
- **No verter por montones** y posterior distribución con vibradores, pues implica segregación → repartirlo con bomba
- Vertido en **caída libre < 2 m** para que no aparezca disgregación
- Emplear consistencia adecuada (**evitar S-P**, descenso cono < 6 cm)
- A mayor fluidez puede emplearse mayor tamaño de tongada



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

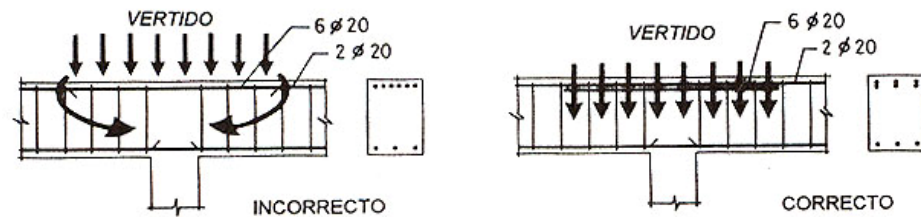
Medioambiente

48 de 67

Antonio Tomás Espín

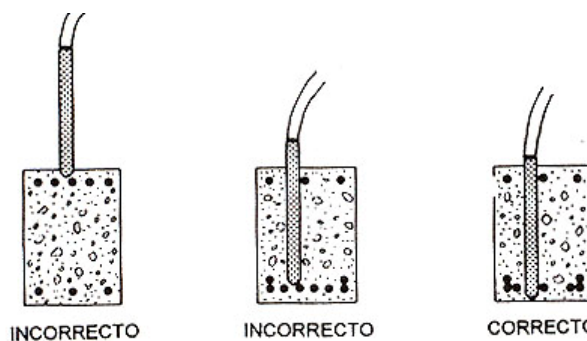
## VERTIDO Y COLOCACIÓN

- El hormigón debe llegar a su sitio definitivo con un recorrido vertical



Fuente: Calavera, 2009

- El vibrador debe poder llegar a la capa inferior de armaduras



Fuente: Calavera, 2009





Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## COMPACTACIÓN

- **Objetivo:** eliminar huecos y cerrar la masa
- **Espesor de capas o tongadas:** entre 30 y 60 cm
- **Duración:** Hasta que deje de salir aire y refluya la pasta a superficie
- Mejor vibrar **poco tiempo** (~ 20 s) **en muchos puntos** (que el radio de acción alcance toda la masa) que mucho tiempo en pocos puntos
- Compactación insuficiente → excesiva permeabilidad
- Para dar tiempo a compactar, verter con giro a  $v_{amasado}$  (no  $v_{agitación}$ )

Consistencia (Apartado 31.5)	Tipo de compactación
Seca	Vibrado enérgico
Plástica	Vibrado normal
Blanda	Vibrado normal o picado con barra
Fluida	Picado con barra



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## LAS LECCIONES DEL Prof. Bovedella

### UTILIZACIÓN DEL VIBRADOR DE HORMIGÓN

Teoría:



FINALIDAD: Eliminación del aire ocluido durante el vertido del hormigón y aumentar la compactación de éste.

1. Vibrado en muchos puntos durante poco tiempo cada uno para evitar la segregación del árido.
2. Posición siempre vertical.
3. Entra rápido y sale lento.
3. Evitar tocar la armadura, ya que también causa segregación de árido.

Realidad:



FINALIDAD: Ayudar a extender el hormigón durante el vertido y así tirar menos de legón.

1. Vibrado en un par de puntos durante cinco minutos cada uno y arreando.
2. Posición horizontal (dejado caer).
3. Como entra, sale. De golpe.
3. Si tocas la armadura, la vibración hará correr el hormigón todavía más.







Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

51 de 67

Antonio Tomás Espín

## HORMIGONADO EN TIEMPO FRÍO

- **Tiempo frío:** > 3 días a  $T^a$  media < 5 °C y  $\leq 10$  °C durante >1/2 día
- $T^a$  masa hormigón  $\geq 5$  °C
- $T^a$  **elementos** (armaduras, encofrados)  $\geq 0$  °C
- No hormigonar si en 48 h se prevé  $T^a < 0$  °C
- Si aparecen daños por heladas  $\rightarrow$  ensayos de información
- Empleo de aceleradores de fraguado: Con autorización de la D.O.
- Si riesgo de helada: cubrir/aislar el hormigón
- **Medidas:**  $\downarrow$  a/c,  $\uparrow$  contenido cem, cem  $\uparrow$  categoría resistente  $\Rightarrow \Rightarrow \uparrow$  vel. endurecimiento,  $\uparrow T^a$ ,  $\downarrow$  riesgo de helada



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

52 de 67

Antonio Tomás Espín

## HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

- **Tiempo caluroso:** combinación de  $T^a$ , viento y humedad relativa

Condiciones atmosféricas para riesgo de retracción plástica

Temperatura atmosférica (°C)	Velocidad del viento (km/h)	Humedad relativa
40 °C	10	$\leq 35\%$
	25	$\leq 45\%$
	40	$\leq 55\%$
35 °C	25	$\leq 25\%$
	40	$\leq 35\%$

Fuente: EHE-08, 2011

- **Consecuencias:**  $\uparrow$  vel. endurecim., de hidratación y la exigencia de agua,  $\downarrow$  resistencia,  $\downarrow$  plazo trabajabilidad,  $\uparrow$  fisuras retracc. plástica
- **Objetivo:** evitar evaporación agua amasado y reducir  $T^a$  de la masa
- Al verter,  $T^a$  **hormigón** < 35 °C (estructuras) y < 15 °C (grandes vol.)
- No hormigonar si  $T^a > 40$  °C o viento excesivo (salvo medidas especiales y autorización D.O.)
- Proteger del sol y viento



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

## JUNTAS DE HORMIGONADO

- Deberán en general estar previstas en el **proyecto**, si no, las indicará la **D.O.**
- **Disposiciones:**
  - Planos donde esté toda la **junta comprimida** ( $L/4$  para  $q$  uniforme)
  - Secciones a **cortante nulo** o muy reducido ( $L/2$  para  $q$  uniforme)
- **Limpiar** la junta con chorro de agua a presión (prohibido usar productos corrosivos), esperar 15-30 min y hormigonar
- **Otras técnicas** (productos de impregnación): En PPTP y justificado



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

- **Objetivo:** Asegurar el mantenimiento de la humedad
- **Métodos:** riego con agua o protección de superficies (materiales humedecidos, recubrimientos plásticos, agentes filmógenos)
- **HAR:** curado con agua durante 7 días y después producto filmógeno
- **Estimación del curado:** Método del Art. 71.6 o gráfico de Blomber
- **Ejemplo simplificado para Murcia**, aplicando el gráfico de Blomber, y según los valores medios de  $T^a$  y humedad relativa:
  - Octubre a marzo → 3 días (con viento: 3 a 5 días)
  - Abril a septiembre → 3 a 5 días (con viento: 5 a 7 días)



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

**Hormigón**

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

- Se pueden disponer **por requerimiento de:**
  - Proyecto
  - D.O.
- **Hormigones no convencionales**
  - Hormigón con fibras → Anejo 14
  - Hormigón reciclado → Anejo 15
  - Hormigón ligero → Anejo 16
  - Hormigón autocompactante → Anejo 17
- Hormigón (convencional) de **uso no estructural** → Anejo 18



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

- **Desencofrado, desmoldeo y descimbrado**
- **Acabado de superficies**





Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

**Posteriores**

Prefabricados

Medioambiente

## DESENCOFRADO, DESMOLDEO y DESCIMBRADO

- **Riesgos** de desencofrar prematuramente:
  - **Descantillado** (salta una zona próxima a una arista)
  - **Despellejado** (la superficie queda adherida al encofrado)
  - **Delaminado** (se fisura el plano tangente a la armadura)
- Se descimbra **desde el vano hacia los apoyos** (excepto en **voladizos: desde el extremo hacia el empotramiento**)

### • Plazos:

- Mediante la fórmula

$$j = \frac{400}{\left(\frac{Q}{G} + 0,5\right)(T + 10)}$$

donde:

- $j$  Número de días.
- $T$  Temperatura media, en grados centígrados, de las máximas y mínimas diarias durante los  $j$  días.
- $G$  Carga que actúa sobre el elemento al descimbrar (incluido el peso propio).
- $Q$  Carga que actuará posteriormente ( $Q+G$  = carga máxima total).



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

**Posteriores**

Prefabricados

Medioambiente

- Mediante la Tabla 74 (cementos de endurecimiento normal):  
Períodos de desencofrado y descimbrado de elementos de hormigón armado

Temperatura superficial del hormigón (°C)	≥ 24°	16°	8°	2°
Encofrado vertical	9 horas	12 horas	18 horas	30 horas
Losas				
Fondos de encofrado	2 días	3 días	5 días	8 días
Puntales	7 días	9 días	13 días	20 días
Vigas				
Fondos de encofrado	7 días	9 días	13 días	20 días
Puntales	10 días	13 días	18 días	28 días

Fuente: EHE-08, 2011

## ACABADO DE SUPERFICIES

- No debe haber **coqueras**/irregularidades que alteren aspecto exterior de la superficie
- **Recubrimientos o rellenos** (cabezas de anclaje, orificios, etc.): morteros similares al hormigón empleado pero sin el árido > 4 mm



- Transporte, descarga y manipulación
- Acopio en obra
- Montaje



## TRANSPORTE, DESCARGA Y MANIPULACIÓN

- Evitar **esfuerzos no previstos**:
  - En el transporte: inadecuada disposición de apoyos en caja camión
  - En la descarga: pérdidas de alineación o verticalidad
- Evitar **desección** al transportar piezas de edades tempranas
- **Rechazar** piezas con daños que afecten a su capacidad portante

## ACOPIO EN OBRA

- Sobre durmientes
- Vuelos  $\leq 0,50$  m
- Alturas de pila  $\leq 1,50$  m (salvo otra indicación del fabricante)







## ELEMENTOS PREFABRICADOS

Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

**Prefabricados**

Medioambiente

### MONTAJE

- Conforme al **proyecto** y a los **planos e instrucciones de montaje**
- **Apuntalado** de viguetas:
  - HA: puntales nivelados con apoyos
  - HP: puntales 3-4 cm bajo apoyos y posterior ajuste casi a contacto
- **Desapuntalar** respetando el orden comentado
- **Uniones:** Se debe asegurar la correcta transmisión de esfuerzos entre piezas, o entre éstas y la obra *in situ*
- **Vigas y losas:** evitar corrimientos en apoyos y asegurar entregas



61 de 67

Antonio Tomás Espín



## ASPECTOS MEDIOAMBIENTALES

Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

- **Aspectos medioambientales básicos para la ejecución**
- **Empleo de materiales y productos ambientalmente adecuados**
- **Buenas prácticas medioambientales para la ejecución**



62 de 67

Antonio Tomás Espín



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

63 de 67

Antonio Tomás Espín

## GENERACIÓN DE RESIDUOS

- Residuos **no peligrosos**: escombros, tierra, chatarra, madera, cartón, papel, plásticos, neumáticos, vegetación
- Residuos **peligrosos**: los de Orden MAM/304/2002 → líquidos de batería, aceites de maquinaria, algunos de las oficinas (lámparas fluorescentes, pilas, transformadores/equipos eléctricos)
- Separar, acopiar (< 6 meses) y retirar por gestores autorizados

Según Orden MAM/304/2002, de 8 de febrero, por la que se publican las operaciones de valorización y eliminación de residuos y la lista europea de residuos	Residuos inertes	RCD
Lodos bentoníticos, necesarios en trabajos de cimentación de muros pantalla, anclajes, etc	Envases de productos para el hormigón no tóxicos	Residuo seco de hormigón sobrante o de lavado de cubas en obra
Residuos de envases de productos para el hormigón	Plásticos	Demoliciones de elementos estructurales defectuosos
Aceites usados de maquinaria, líquidos de baterías	Maderas de encofrados	
Restos de agua de lavado de cuba de hormigón	Despuntes de acero estructural y restos metálicos de encofrados	

Fuente: EHE-08, 2011



Ejecución de Estructuras de Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

64 de 67

Antonio Tomás Espín

## EMISIONES ATMOSFÉRICAS

- En las proximidades de **zonas urbanas, evitar polvo** de:
  - movimiento de tierras
  - plantas de machaqueo o de fabricación de hormigón
  - acopios
- **Soluciones:**
  - Regar caminos, limitar velocidad, lonas sobre camiones y acopios
  - Plantas de machaqueo → minimizar períodos de uso, cubrir cintas transporte, captadores de polvo, pulverizadores de agua
  - Plantas de hormigón → filtros en los silos de cemento
- **Gases maquinaria:** limitar velocidad, mantenimiento, catalizadores
- **Soldaduras** con ventilación adecuada



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### AGUAS RESIDUALES DEL LAVADO DE PLANTAS/CAMIONES

- Verter sobre zonas específicas, **impermeables** y señalizadas
- Puede **reutilizarse como agua amasado** (con los requisitos Art. 27)

### RUIDO

- **Fuentes:** maquinaria, carga/descarga, tratamiento de áridos o fabricación de hormigón
- **Solución:** planificar actividades y cumplir RD 212/2002 (regula las emisiones sonoras debidas a la maquinaria al aire libre)

### AFECCIÓN AL SUELO Y ACUÍFEROS

- Si **vertido accidental** (hormigón, desencofrante, combustible, aceite, etc.) → Sanear terreno y retirar por gestor autorizado
- **Medidas preventivas:** impermeabilizar suelo en zonas de acopio de residuos y de mantenimiento, disponer material absorbente

65 de 67

Antonio Tomás Espín



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

### CRITERIOS DE SELECCIÓN

- Mayor **durabilidad**
- Menor **mantenimiento**
- Materiales **simples** (un único componente)
- Facilidad de P.O. y de **reciclar**
- Máxima **eficacia energética**
- Mayor **salubridad**
- Ubicaciones o almacenes **próximos a la obra** (transporte)

66 de 67

Antonio Tomás Espín



Ejecución de  
Estructuras de  
Hormigón Armado

Generalidades

Previos

Armaduras

Hormigón

Posteriores

Prefabricados

Medioambiente

- Incorporación de **cláusulas medioambientales en el contrato** con subcontratistas, definiendo responsabilidades por incumplimiento
- Contratación de **gestor autorizado** para la recogida de residuos
- Gestión del **consumo energético** de la obra (sistemas de medición de consumos, evitar grupos electrógenos, etc.)
- Si hay demolición: **deconstrucción** (recuperar, clasificar y reciclar)
- Minimizar **consumo combustible** (limitar velocidad, mantenimiento, vehículos bajo consumo)
- Gestión de **piezas de encofrados/cimbras** (evitar su incorporación al suelo por la maquinaria)
- **Montaje de armaduras** en zonas específicas (evitar aparición de alambres en los fondos de encofrado → paramentos del elemento)