



ÍNDICE

Articulado

CAPÍTULO I. PRINCIPIOS GENERALES **7**

Artículo 1.º Objeto

Artículo 2.º Campo de aplicación

Artículo 3.º Consideraciones generales

Artículo 4.º Condiciones generales

4.1. Condiciones administrativas

4.2. Condiciones técnicas para la conformidad con esta Instrucción

4.2.1. *Condiciones técnicas de los productos, equipos y sistemas*

4.2.2. *Condiciones técnicas del proyecto*

4.2.3. *Condiciones técnicas de la ejecución*

Artículo 5.º Requisitos

5.1. Exigencias

5.1.1. *Exigencias relativas al requisito de seguridad estructural*

5.1.1.1. *Exigencia de resistencia y estabilidad*

5.1.1.2. *Exigencia de aptitud al servicio*

5.1.2. *Exigencias relativas al requisito de seguridad en caso de incendio*

5.1.2.1. *Exigencia de resistencia de la estructura frente al fuego*

5.1.3. *Exigencias relativas al requisito de higiene, salud y medio ambiente*

5.1.3.1. *Exigencia de calidad medioambiental de la ejecución*



TÍTULO 1.º BASES DE PROYECTO

CAPÍTULO II. CRITERIOS DE SEGURIDAD Y BASES DE CÁLCULO

15

Artículo 6.º Criterios de seguridad

- 6.1. Principios
- 6.2. Comprobación estructural mediante cálculo
- 6.3. Comprobación estructural mediante ensayos

Artículo 7.º Situaciones de proyecto

Artículo 8.º Bases de cálculo

- 8.1. El método de los Estados Límite
 - 8.1.1. *Estados Límite*
 - 8.1.2. *Estados Límite Últimos*
 - 8.1.3. *Estados Límite de Servicio*
 - 8.1.4. *Estado Límite de Durabilidad*
- 8.2. Bases de cálculo adicionales orientadas a la durabilidad
 - 8.2.1. *Definición del tipo de ambiente*
 - 8.2.2. *Clases generales de exposición ambiental en relación con la corrosión de armaduras*
 - 8.2.3. *Clases específicas de exposición ambiental en relación con otros procesos de degradación distintos de la corrosión.*

CAPÍTULO III. ACCIONES

23

Artículo 9.º Clasificación de las acciones

Artículo 10.º Valores característicos de las acciones

- 10.1. Generalidades
- 10.2. Valores característicos de las acciones permanentes
- 10.3. Valores característicos de las acciones permanentes de valor no constante
- 10.4. Valores característicos de la acción del pretensado
 - 10.4.1. *Consideraciones generales*
 - 10.4.2. *Valor característico de la fuerza de pretensado*

Artículo 11.º Valores representativos de las acciones

Artículo 12.º Valores de cálculo de las acciones

- 12.1. Estados Límite Últimos
- 12.2. Estados Límite de Servicio

Artículo 13.º Combinación de acciones

- 13.1. Principios generales
- 13.2. Estados Límite Últimos



13.3. Estados Límite de Servicio

CAPÍTULO IV. MATERIALES Y GEOMETRÍA

29

Artículo 14.º Principios

Artículo 15.º Materiales

15.1. Valores característicos

15.2. Valores de cálculo

15.3. Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

15.3.1. *Modificación del coeficiente parcial de seguridad del acero*

15.3.2. *Modificación del coeficiente parcial de seguridad del hormigón*

Artículo 16.º Geometría

16.1. Valores característicos y de cálculo

16.2. Imperfecciones

TÍTULO 2.º ANÁLISIS ESTRUCTURAL

CAPÍTULO V. ANÁLISIS ESTRUCTURAL

32

Artículo 17.º Generalidades

Artículo 18.º Idealización de la estructura

18.1. Modelos estructurales

18.2. Datos geométricos

18.2.1. *Ancho eficaz del ala en piezas lineales*

18.2.2. *Luces de cálculo*

18.2.3. *Secciones transversales*

18.2.3.1. *Consideraciones generales*

18.2.3.2. *Sección bruta*

18.2.3.3. *Sección neta*

18.2.3.4. *Sección homogeneizada*

18.2.3.5. *Sección fisurada*

Artículo 19.º Métodos de cálculo

19.1. Principios básicos

19.2. Tipos de análisis

19.2.1. *Análisis lineal*

19.2.2. *Análisis no lineal*

19.2.3. *Análisis lineal con redistribución limitada*

19.2.4. *Análisis plástico*



Artículo 20.º Análisis estructural del pretensado

20.1. Consideraciones generales

20.1.1. *Definición de pretensado*

20.1.2. *Tipos de pretensado*

20.2. Fuerza de pretensado

20.2.1. *Limitación de la fuerza*

20.2.2. *Pérdidas en piezas con armaduras postesas*

20.2.2.1. *Valoración de las pérdidas instantáneas de fuerza*

20.2.2.1.1 *Pérdidas de fuerza por rozamiento*

20.2.2.1.2 *Pérdidas por penetración de cuñas*

20.2.2.1.3 *Pérdidas por acortamiento elástico del hormigón*

20.2.2.2. *Pérdidas diferidas de pretensado*

20.2.3. *Pérdidas de fuerza en piezas con armaduras pretesas*

20.3. Efectos estructurales del pretensado

20.3.1. *Modelización de los efectos del pretensado mediante fuerzas equivalentes*

20.3.2. *Modelización de los efectos del pretensado mediante deformaciones impuestas*

20.3.3. *Esfuerzos isostáticos e hiperestáticos del pretensado*

Artículo 21.º Estructuras reticulares planas, forjados y placas unidireccionales

Artículo 22.º Placas

Artículo 23.º Membranas y láminas

Artículo 24.º Regiones D

24.1. Generalidades

24.1.1. *Análisis lineal mediante teoría de la elasticidad*

24.1.2. *Método de las bielas y tirantes*

24.1.3. *Análisis no lineal*

Artículo 25.º Análisis en el tiempo

25.1. Consideraciones generales

25.2. Método general



CAPÍTULO VI. MATERIALES

47

Artículo 26.º Cementos

Artículo 27.º Agua

Artículo 28.º Áridos

28.1. Generalidades

28.2. Designación de los áridos

28.3. Tamaños máximo y mínimo de un árido

28.3.1. *Limitaciones del árido grueso para la fabricación del hormigón.*

28.4. Granulometría de los áridos

28.4.1. *Condiciones granulométricas del árido fino total*

28.4.2. *Calidad de los finos de los áridos*

28.5. Forma del árido grueso

28.6. Requisitos físico-mecánicos

28.7. Requisitos químicos

28.7.1. *Cloruros*

28.7.2. *Sulfatos solubles*

28.7.3. *Compuestos totales de azufre*

28.7.4. *Materia orgánica Compuestos que alteran la velocidad de fraguado y el endurecimiento del hormigón.*

28.7.5. *Estabilidad de volumen de las escorias de alto horno enfriadas por aire*

28.7.6. *Reactividad álcali-árido*

Artículo 29.º Aditivos

29.1. Generalidades

29.2. Tipos de aditivos

Artículo 30.º Adiciones

30.1. Prescripciones y ensayos de las cenizas volantes

30.2. Prescripciones y ensayos del humo de sílice

Artículo 31.º Hormigones

31.1. Composición

31.2. Condiciones de calidad

31.3. Características mecánicas

31.4. Valor mínimo de la resistencia

31.5. Docilidad del hormigón



Artículo 32.º Aceros para armaduras pasivas

- 32.1. Generalidades
- 32.2. Barras y rollos de acero corrugado soldable
- 32.3. Alambres corrugados y alambres lisos

Artículo 33.º Armaduras pasivas

- 33.1. Armaduras normalizadas
 - 33.1.1. *Mallas electrosoldadas*
 - 33.1.2. *Armaduras básicas electrosoldadas en celosía*
- 33.2. Ferralla armada

Artículo 34.º Aceros para armaduras activas

- 34.1. Generalidades
- 34.2. Características mecánicas
- 34.3. Alambres de pretensado
- 34.4. Barras de pretensado
- 34.5. Cordones de pretensado

Artículo 35.º Armaduras activas

- 35.1. Sistemas de pretensado
- 35.2. Dispositivos de anclaje y empalme de las armaduras postesas
 - 35.2.1. *Características de los anclajes*
 - 35.2.2. *Elementos de empalme*
- 35.3. Vainas y accesorios
 - 35.3.1. *Vainas*
 - 35.3.2. *Tipos de vainas y criterios de selección*
 - 35.3.3. *Accesorios*
- 35.4. Productos de inyección
 - 35.4.1. *Generalidades*
 - 35.4.2. *Productos de inyección adherentes*
 - 35.4.2.1. *Materiales componentes*
 - 35.4.2.2. *Requisitos de los productos de inyección*
 - 35.4.3. *Productos de inyección no adherentes*

Artículo 36.º Piezas de entrevigado en forjados



TÍTULO 4.º DURABILIDAD

CAPÍTULO VII. DURABILIDAD

86

Artículo 37.º Durabilidad del hormigón y de las armaduras

37.1. Generalidades

- 37.1.1. *Consideración de la durabilidad en la fase de proyecto*
- 37.1.2. *Consideración de la durabilidad en la fase de ejecución*

37.2. Estrategia para la durabilidad

- 37.2.1. *Prescripciones generales*
- 37.2.2. *Selección de la forma estructural*
- 37.2.3. *Prescripciones respecto a la calidad del hormigón*
- 37.2.4. *Recubrimientos*
 - 37.2.4.1. *Especificaciones respecto a recubrimientos de armaduras pasivas o activas pretensas*
 - 37.2.4.2. *Recubrimientos de armaduras activas postesas*
- 37.2.5. *Separadores*
- 37.2.6. *Valores máximos de la abertura de fisura*
- 37.2.7. *Medidas especiales de protección*

37.3. Durabilidad del hormigón

- 37.3.1. *Requisitos de dosificación y comportamiento del hormigón*
- 37.3.2. *Limitaciones a los contenidos de agua y de cemento*
- 37.3.3. *Impermeabilidad del hormigón*
- 37.3.4. *Resistencia del hormigón frente a la helada*
- 37.3.5. *Resistencia del hormigón frente al ataque por sulfatos*
- 37.3.6. *Resistencia del hormigón frente al ataque del agua de mar*
- 37.3.7. *Resistencia del hormigón frente a la erosión*
- 37.3.8. *Resistencia frente a la reactividad álcali-árido*

37.4. Corrosión de las armaduras

- 37.4.1. *Corrosión de las armaduras pasivas*
- 37.4.2. *Corrosión de las armaduras activas*
- 37.4.3. *Protección y conservación de las armaduras activas y de los anclajes*

TÍTULO 5.º CÁLCULO

CAPÍTULO VIII. DATOS DE LOS MATERIALES PARA EL PROYECTO

100

Artículo 38.º Características de los aceros

38.1. Generalidades

38.2. Diagrama tensión-deformación característico del acero en las armaduras pasivas

38.3. Resistencia de cálculo del acero en las armaduras pasivas



- 38.4. Diagrama tensión-deformación de cálculo del acero en las armaduras pasivas
- 38.5. Diagrama tensión-deformación característico del acero en las armaduras activas
- 38.6. Resistencia de cálculo del acero en las armaduras activas
- 38.7. Diagrama tensión-deformación de cálculo del acero en las armaduras activas
- 38.8. Módulo de deformación longitudinal del acero en las armaduras activas
- 38.9. Relajación del acero en las armaduras activas
- 38.10. Características de fatiga de las armaduras activas y pasivas
- 38.11. Características de fatiga de los dispositivos de anclaje y empalme de la armadura activa

Artículo 39.º Características del hormigón

- 39.1. Definiciones
- 39.2. Tipificación de los hormigones
- 39.3. Diagrama tensión-deformación característico del hormigón
- 39.4. Resistencia de cálculo del hormigón
- 39.5. Diagrama tensión-deformación de cálculo del hormigón
- 39.6. Módulo de deformación longitudinal del hormigón
- 39.7. Retracción del hormigón
- 39.8. Fluencia del hormigón
- 39.9. Coeficiente de Poisson
- 39.10. Coeficiente de dilatación térmica

CAPÍTULO IX. CAPACIDAD RESISTENTE DE BIELAS, TIRANTES Y NUDOS 112

Artículo 40.º Capacidad resistente de bielas, tirantes y nudos

- 40.1. Generalidades
- 40.2. Capacidad resistente de los tirantes constituidos por armaduras
- 40.3. Capacidad resistente de las bielas
 - 40.3.1. *Bielas de hormigón en zonas con estados de compresión uniaxial*
 - 40.3.2. *Bielas de hormigón con fisuración oblicua o paralela a la biela*
 - 40.3.3. *Bielas de hormigón con armaduras comprimidas*
 - 40.3.4. *Bielas de hormigón confinado*
 - 40.3.5. *Bielas con interferencias de vainas con armaduras activas*
- 40.4. Capacidad resistente de los nudos
 - 40.4.1. *Generalidades*
 - 40.4.2. *Nudos multicomprimidos*
 - 40.4.3. *Nudos con tirantes anclados*



Artículo 41.º Estado Límite de Equilibrio

Artículo 42.º Estado Límite de Agotamiento frente a sollicitaciones normales.

42.1. Principios generales de cálculo

42.1.1. *Definición de la sección*

42.1.1.1. *Dimensiones de la sección*

42.1.1.2. *Sección resistente*

42.1.2. *Hipótesis básicas*

42.1.3. *Dominios de deformación*

42.1.4. *Dimensionamiento o comprobación de secciones*

42.2. Casos particulares

42.2.1. *Excentricidad mínima*

42.2.2. *Efecto de confinamiento del hormigón*

42.2.3. *Armaduras activas no adherentes*

42.3. Disposiciones relativas a las armaduras

42.3.1. *Generalidades*

42.3.2. *Flexión simple o compuesta*

42.3.3. *Compresión simple o compuesta*

42.3.4. *Tracción simple o compuesta*

42.3.5. *Cuantías geométricas mínimas*

Artículo 43.º Estado Límite de Inestabilidad

43.1. Generalidades

43.1.1. *Definiciones*

43.1.2. *Campo de aplicación*

43.2. Método general

43.3. Comprobación de estructuras intraslacionales

43.4. Comprobación de estructuras trasnacionales

43.5. Comprobación de soportes aislados

43.5.1. *Método aproximado. Flexión compuesta recta*

43.5.2. *Método aproximado. Flexión compuesta esviada*

Artículo 44.º Estado Límite de Agotamiento frente a cortante

44.1. Consideraciones generales

44.2. Resistencia a esfuerzo cortante de elementos lineales, placas, losas y forjados unidireccionales o asimilables

44.2.1. *Definición de la sección de cálculo*

44.2.2. *Esfuerzo cortante efectivo*

44.2.3. *Comprobaciones que hay que realizar*

44.2.3.1. *Obtención de V_u*

44.2.3.2. *Obtención de V_u*



- 44.2.3.2.1 *Piezas sin armadura de cortante*
 - *Piezas sin armadura de cortante en regiones no fisuradas ($M_d \leq M_{fis,d}$)*
 - *Piezas sin armadura de cortante en regiones fisuradas a flexión ($M_d > M_{fis,d}$)*
- 44.2.3.2.2 *Piezas con armadura de cortante*
- 44.2.3.3. *Casos especiales de carga*
- 44.2.3.4. *Disposiciones relativas a las armaduras*
 - 44.2.3.4.1 *Armaduras transversales*
 - 44.2.3.4.2 *Armaduras longitudinales*
- 44.2.3.5. *Rasante entre alas y alma de una viga*
- 44.2.3.6. *Cortante vertical en las juntas entre placas alveolares*
- 44.2.3.7. *Punzonamiento en forjados unidireccionales*

Artículo 45.º Estado Límite de Agotamiento por torsión en elementos lineales

- 45.1. Consideraciones generales
- 45.2. Torsión pura
 - 45.2.1. *Definición de la sección de cálculo*
 - 45.2.2. *Comprobaciones que hay que realizar*
 - 45.2.2.1. *Obtención de T_u*
 - 45.2.2.2. *Obtención de T_u*
 - 45.2.2.3. *Obtención de T_u*
 - 45.2.2.4. *Alabeo producido por la torsión*
 - 45.2.3. *Disposiciones relativas a las armaduras*
- 45.3. Interacción entre torsión y otros esfuerzos
 - 45.3.1. *Método general*
 - 45.3.2. *Métodos simplificados*
 - 45.3.2.1. *Torsión combinada con flexión y axil*
 - 45.3.2.2. *Torsión combinada con cortante*

Artículo 46.º Estado Límite de Agotamiento frente a punzonamiento

- 46.1. Consideraciones generales
- 46.2. Superficie crítica de punzonamiento
- 46.3. Losas sin armadura de punzonamiento
- 46.4. Losas con armadura de punzonamiento
 - 46.4.1. *Zona con armadura transversal de punzonamiento*
 - 46.4.2. *Zona exterior a la armadura de punzonamiento*
 - 46.4.3. *Zona adyacente al soporte o carga*
- 46.5. Disposiciones relativas a las armaduras

Artículo 47.º Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones

- 47.1. Generalidades



47.2. Resistencia a esfuerzo rasante en juntas entre hormigones

47.2.1. *Secciones sin armadura transversal*

47.2.2. *Secciones con armadura transversal*

$$47.2.2.1. \text{ Secciones} \quad \tau_{r,d} \leq 2,5\beta \left(1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ctd}$$

$$47.2.2.2. \text{ Secciones} \quad \tau_{r,d} > 2,5\beta \left(1,30 - 0,30 \frac{f_{ck}}{25} \right) f_{ctd}$$

47.3. Disposiciones relativas a las armaduras

Artículo 48.º Estado Límite de Fatiga

48.1. Principios

48.2. Comprobaciones a realizar

48.2.1. *Hormigón*

48.2.2. *Armaduras activas y pasivas*

CAPÍTULO XI. CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO 161

Artículo 49.º Estado Límite de Fisuración

49.1. Consideraciones generales

49.2. Fisuración por sollicitaciones normales

49.2.1. *Aparición de fisuras por compresión*

49.2.2. *Estado Límite de Descompresión*

49.2.3. *Fisuración por tracción. Criterios de comprobación*

49.2.4. *Método general de cálculo de la abertura de fisura*

49.3. Limitación de la fisuración por esfuerzo cortante

49.4. Limitación de la fisuración por torsión

Artículo 50.º Estado Límite de Deformación

50.1. Consideraciones generales

50.2. Elementos sollicitados a flexión simple o compuesta

50.2.1. *Método general*

50.2.2. *Método simplificado*

50.2.2.1. *Cantos mínimos*

50.2.2.2. *Cálculo de la flecha instantánea*

50.2.2.3. *Cálculo de la flecha diferida*

50.3. Elementos sollicitados a torsión

50.4. Elementos sollicitados a tracción pura

Artículo 51.º Estado Límite de Vibraciones

51.1. Consideraciones generales

51.2. Comportamiento dinámico



TÍTULO 6.º ELEMENTOS ESTRUCTURALES

CAPÍTULO XII. ELEMENTOS ESTRUCTURALES

170

Artículo 52.º Elementos estructurales de hormigón en masa

- 52.1. Ámbito de aplicación
- 52.2. Hormigones utilizables
- 52.3. Acciones de cálculo
- 52.4. Cálculo de secciones a compresión
- 52.5. Cálculo de secciones a compresión y esfuerzo cortante
- 52.6. Consideración de la esbeltez
 - 52.6.1. *Anchura virtual*
 - 52.6.2. *Longitud de pandeo*
 - 52.6.3. *Esbeltez*
 - 52.6.4. *Excentricidad ficticia*

Artículo 53.º Vigas

Artículo 54.º Soportes

Artículo 55.º Placas, losas y forjados bidireccionales

- 55.1. Placas, losas y forjados bidireccionales sobre apoyos continuos
- 55.2. Placas, losas y forjados bidireccionales sobre apoyos aislados

Artículo 56.º Láminas

Artículo 57.º Muros

Artículo 58.º Elementos de cimentación

- 58.1. Generalidades
- 58.2. Clasificación de las cimentaciones de hormigón estructural
 - 58.2.1. *Cimentaciones rígidas*
 - 58.2.2. *Cimentaciones flexibles*
- 58.3. Criterios generales de proyecto
- 58.4. Comprobación de elementos y dimensionamiento de la armadura
 - 58.4.1. *Cimentaciones rígidas*
 - 58.4.1.1. *Zapatas rígidas*
 - 58.4.1.2. *Encepados rígidos*
 - 58.4.1.2.1 *Encepados sobre dos pilotes*
 - *Armadura principal*
 - *Armadura secundaria*
 - 58.4.1.2.2 *Encepados sobre varios pilotes*



- Armadura principal y secundaria horizontal
 - Armadura secundaria vertical
 - 58.4.2. *Cimentaciones flexibles*
 - 58.4.2.1. *Zapatas y encepados flexibles*
 - 58.4.2.1.1 *Cálculo a flexión*
 - 58.4.2.1.2 *Cálculo a tensiones tangenciales*
 - 58.4.2.1.3 *Comprobación a fisuración*
 - 58.4.2.2. *Losas de cimentación*
 - 58.5. *Vigas de centrado y atado*
 - 58.6. *Pilotes*
 - 58.7. *Zapatas de hormigón en masa*
 - 58.8. *Dimensiones y armaduras mínimas de zapatas, encepados y losas de cimentación*
 - 58.8.1. *Cantos y dimensiones mínimos*
 - 58.8.2. *Disposición de armadura*
 - 58.8.3. *Armadura mínima vertical*
- Artículo 59.º Estructuras construidas con elementos prefabricados**
- 59.1. *Aspectos aplicables a estructuras construidas con elementos prefabricados en general*
 - 59.1.1. *Generalidades*
 - 59.1.2. *Análisis estructural*
 - 59.1.3. *Conexión y apoyo de elementos prefabricados*
 - 59.1.3.1. *Materiales*
 - 59.1.3.2. *Diseño de conexiones*
 - 59.1.3.3. *Conexiones a compresión*
 - 59.1.3.4. *Conexiones de cortante*
 - 59.1.3.5. *Conexiones a flexión y a tracción*
 - 59.1.3.6. *Juntas a media madera*
 - 59.1.3.7. *Anclaje de las armaduras en los apoyos*
 - 59.1.3.8. *Consideraciones para el apoyo de piezas prefabricadas*
 - 59.1.3.8.1 *Generalidades*
 - 59.1.3.8.2 *Apoyos para elementos conectados entre sí (no aislados)*
 - 59.1.3.8.3 *Apoyos para elementos aislados*
 - 59.1.4. *Cálices*
 - 59.1.4.1. *Generalidades*
 - 59.1.4.2. *Cálices con llaves en su superficie*
 - 59.1.4.3. *Cálices con superficies lisas*
 - 59.1.5. *Sistemas de atado*
 - 59.2. *Forjados unidireccionales con viguetas o losas alveolares*
 - 59.2.1. *Condiciones geométricas*
 - 59.2.2. *Armadura de reparto*
 - 59.2.3. *Enlaces y apoyos*
 - 59.2.3.1. *Generalidades*



59.2.3.2. *Apoyos de forjados de viguetas*

59.2.3.3. *Apoyos de forjado de losas alveolares pretensadas*

59.2.4. *Disposición de las armaduras en los forjados*

59.3. Otros tipos de forjados contruidos con elementos prefabricados

Artículo 60.º Elementos estructurales para puentes

60.1. Tableros

60.1.1. *Consideraciones generales*

60.1.2. *Tableros constituidos por vigas prefabricadas*

60.1.3. *Tableros losa*

60.1.4. *Tableros nervados*

60.1.5. *Tableros de sección cajón*

60.2. Pilas

60.3. Estribos

60.4. Zonas de anclaje

60.5. Diafragmas en tableros

Artículo 61.º Cargas concentradas sobre macizos

61.1. Generalidades

61.2. Comprobación de nudos y bielas

61.3. Armaduras transversales

61.4. Criterios de disposición de armadura

Artículo 62.º Zonas de anclaje

Artículo 63.º Vigas de gran canto

63.1. Generalidades

63.2. Anchura mínima

63.3. Vigas de gran canto simplemente apoyadas

63.3.1. *Dimensionamiento de la armadura*

63.3.2. *Comprobación de nudos y bielas*

63.4. Vigas de gran canto continuas

63.4.1. *Dimensionamiento de la armadura*

63.4.2. *Comprobación de nudos y bielas*

Artículo 64.º Ménsulas cortas y apoyos de media madera

64.1. Ménsulas cortas

64.1.1. *Definición*

64.1.2. *Comprobación del elemento y dimensionamiento de las armaduras*

64.1.2.1. *Comprobación de nudos y bielas y diseño de la armadura*

64.1.2.1.1 *Dimensionamiento de la armadura*

64.1.2.1.2 *Comprobación de nudos y bielas*

64.1.2.1.3 *Anclaje de las armaduras*



64.1.3. *Cargas colgadas*

64.2. Apoyos de media madera

Artículo 65.º Elementos con empuje al vacío

TÍTULO 7.º EJECUCIÓN

CAPÍTULO XIII. EJECUCIÓN

223

Artículo 66.º Criterios generales para la ejecución de la estructura

66.1. Adecuación del proceso constructivo al proyecto

66.1.1. *Acciones del proceso durante la ejecución*

66.2. Gestión de los acopios de materiales en la obra

66.3. Consideraciones de carácter medioambiental y de contribución a la sostenibilidad

Artículo 67.º Actuaciones previas al comienzo de la ejecución

Artículo 68.º Procesos previos a la colocación de las armaduras

68.1. Replanteo de la estructura

68.2. Cimbras y apuntalamientos

68.3. Encofrados y moldes

68.4. Productos desencofrantes

Artículo 69.º Procesos de elaboración, armado y montaje de las armaduras

69.1. Suministro de productos de acero para armaduras pasivas

69.1.1. *Suministro de acero*

69.1.2. *Suministro de mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía*

69.2. Instalaciones de ferralla

69.2.1. *Generalidades*

69.2.2. *Maquinaria*

69.2.3. *Almacenamiento y gestión de los acopios*

69.2.4. *Control de producción*

69.3. Criterios generales para los procesos de ferralla

69.3.1. *Despiece*

69.3.2. *Enderezado*

69.3.3. *Corte*

69.3.4. *Doblado*

69.4. Armado de la ferralla

69.4.1. *Distancia entre barras de armaduras pasivas*

69.4.1.1. *Barras aisladas*



- 69.4.1.2. *Grupos de barras*
- 69.4.2. *Operaciones de pre-armado*
- 69.4.3. *Operaciones de armado*
 - 69.4.3.1. *Consideraciones generales sobre el armado*
 - 69.4.3.2. *Consideraciones específicas sobre la soldadura no resistente*
- 69.5. Criterios específicos para el anclaje y empalme de las armaduras
 - 69.5.1. *Anclaje de las armaduras pasivas*
 - 69.5.1.1. *Generalidades*
 - 69.5.1.2. *Anclaje de barras corrugadas*
 - 69.5.1.3. *Reglas especiales para el caso de grupos de barras*
 - 69.5.1.4. *Anclaje de mallas electrosoldadas*
 - 69.5.2. *Empalme de las armaduras pasivas*
 - 69.5.2.1. *Generalidades*
 - 69.5.2.2. *Empalmes por solapo*
 - 69.5.2.3. *Empalmes por solapo de grupos de barras*
 - 69.5.2.4. *Empalmes por solapo de mallas electrosoldadas*
 - 69.5.2.5. *Empalmes por soldadura resistente*
 - 69.5.2.6. *Empalmes mecánicos*
- 69.6. Suministro de las armaduras elaboradas y ferralla armada
- 69.7. Transporte y almacenamiento
- 69.8. Montaje de las armaduras
 - 69.8.1. *Generalidades*
 - 69.8.2. *Disposición de separadores*

Artículo 70.º Procesos de colocación y tesado de las armaduras activas

- 70.1. Sistemas de aplicación del pretensado
 - 70.1.1. *Generalidades*
 - 70.1.2. *Equipos para la aplicación del pretensado*
- 70.2. Procesos previos al tesado de las armaduras activas
 - 70.2.1. *Suministro y almacenamiento de elementos de pretensado*
 - 70.2.1.1. *Unidades de pretensado*
 - 70.2.1.2. *Dispositivos de anclaje y empalme*
 - 70.2.1.3. *Vainas y accesorios de pretensado*
 - 70.2.1.4. *Productos de inyección*
 - 70.2.2. *Colocación de las armaduras activas*
 - 70.2.2.1. *Colocación de vainas y tendones*
 - 70.2.2.2. *Colocación de desviadores*
 - 70.2.2.3. *Distancia entre armaduras activas pretesas*
 - 70.2.2.4. *Distancia entre armaduras activas postesas*



- 70.2.3. *Adherencia de las armaduras activas al hormigón*
- 70.2.4. *Empalmes de las armaduras activas*
- 70.3. *Procesos de tesado de las armaduras activas*
 - 70.3.1. *Generalidades*
 - 70.3.2. *Programa de tesado*
 - 70.3.3. *Tensión máxima inicial admisible en las armaduras*
 - 70.3.4. *Retesado de armaduras postesas*
- 70.4. *Procesos posteriores al tesado de las armaduras activas*
 - 70.4.1. *Inyección de las vainas en armaduras postesas*
 - 70.4.1.1. *Generalidades*
 - 70.4.1.2. *Preparación de la mezcla*
 - 70.4.1.3. *Programa de inyección*
 - 70.4.1.4. *Ejecución de la inyección*
 - 70.4.1.5. *Medidas de seguridad durante la inyección*
 - 70.4.2. *Destesado de armaduras pretesas*
- Artículo 71.º *Elaboración y puesta en obra del hormigón***
 - 71.1. *Prescripciones generales*
 - 71.2. *Instalaciones de fabricación del hormigón*
 - 71.2.1. *Generalidades*
 - 71.2.2. *Sistemas de gestión de los acopios de materias primas*
 - 71.2.3. *Instalaciones de dosificación*
 - 71.2.4. *Equipos de amasado*
 - 71.2.5. *Control de producción*
 - 71.3. *Fabricación del hormigón*
 - 71.3.1. *Suministro y almacenamiento de materiales componentes*
 - 71.3.1.1. *Áridos*
 - 71.3.1.2. *Cemento*
 - 71.3.1.3. *Adiciones*
 - 71.3.1.4. *Aditivos*
 - 71.3.2. *Dosificación de materiales componentes*
 - 71.3.2.1. *Criterios generales*
 - 71.3.2.2. *Cemento*
 - 71.3.2.3. *Áridos*
 - 71.3.2.4. *Agua*
 - 71.3.2.5. *Adiciones*
 - 71.3.2.6. *Aditivos*
 - 71.3.3. *Amasado del hormigón*
 - 71.3.4. *Designación y características*
 - 71.4. *Transporte y suministro del hormigón*



- 71.4.1. *Transporte del hormigón*
- 71.4.2. *Suministro del hormigón*
- 71.5. Puesta en obra del hormigón
 - 71.5.1. *Vertido y colocación del hormigón*
 - 71.5.2. *Compactación del hormigón*
 - 71.5.3. *Puesta en obra del hormigón en condiciones climáticas especiales*
 - 71.5.3.1. *Hormigonado en tiempo frío*
 - 71.5.3.2. *Hormigonado en tiempo caluroso*
 - 71.5.4. *Juntas de hormigonado*
- 71.6. Curado del hormigón
- Artículo 72.º Hormigones especiales**
- Artículo 73.º Desencofrado y desmoldeo**
- Artículo 74.º Descimbrado**
- Artículo 75.º Acabado de superficies**
- Artículo 76.º Elementos prefabricados**
 - 76.1. Transporte, descarga y manipulación
 - 76.2. Acopio en obra
 - 76.3. Montaje de elementos prefabricados
 - 76.3.1. *Viguetas y losas alveolares*
 - 76.3.1.1. *Colocación de viguetas y piezas de entrevigado*
 - 76.3.1.2. *Desapuntalado*
 - 76.3.1.3. *Realización de tabiques divisorios*
 - 76.3.2. *Otros elementos prefabricados lineales*
 - 76.4. Uniones de elementos prefabricados
- Artículo 77.º Aspectos medioambientales básicos y buenas prácticas**
 - 77.1. Aspectos medioambientales básicos para la ejecución
 - 77.1.1. *Generación de residuos derivados de la actividad constructiva*
 - 77.1.2. *Emisiones atmosféricas*
 - 77.1.3. *Generación de aguas residuales procedentes de la limpieza de plantas o elementos de transporte de hormigón*
 - 77.1.4. *Generación de ruido*
 - 77.1.5. *Consumo de recursos*
 - 77.1.6. *Afección potencial al suelo y acuíferos*
 - 77.2. Empleo de materiales y productos ambientalmente adecuados
 - 77.3. Buenas prácticas medioambientales para la ejecución



TÍTULO 8.º CONTROL

CAPÍTULO XIV. BASES GENERALES DEL CONTROL **274**

Artículo 78.º Criterios generales del control

- 78.1. Definiciones
- 78.2. Agentes del control de la calidad
 - 78.2.1. *Dirección Facultativa*
 - 78.2.2. *Laboratorios y entidades de control de calidad*
 - 78.2.2.1. *Laboratorios de control*
 - 78.2.2.2. *Entidades de control de calidad*

Artículo 79.º Condiciones para la conformidad de la estructura

- 79.1. Plan y programa de control
- 79.2. Conformidad del proyecto
- 79.3. Conformidad de los productos
 - 79.3.1. *Control documental de los suministros*
 - 79.3.2. *Control de recepción mediante distintivos de calidad*
 - 79.3.3. *Control de recepción mediante ensayos*
- 79.4. Conformidad de los procesos de ejecución
 - 79.4.1. *Control de la ejecución mediante comprobación del control de producción del Constructor*
 - 79.4.2. *Control de la ejecución mediante inspección de los procesos*
- 79.5. Comprobación de la conformidad de la estructura terminada

Artículo 80.º Documentación y trazabilidad

Artículo 81.º Niveles de garantía y distintivos de calidad

CAPÍTULO XV. Control de calidad del proyecto **283**

Artículo 82.º Control de proyecto

- 82.1. Generalidades
- 82.2. Niveles del control de proyecto
- 82.3. Documentación del control de proyecto

CAPÍTULO XVI. Control de la conformidad de los productos **286**

Artículo 83.º Generalidades

Artículo 84.º Criterios generales para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón y de las armaduras

- 84.1. Control documental
- 84.2. Inspección de las instalaciones



84.3. Toma de muestras y realización de los ensayos

Artículo 85.º Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón

85.1. Cementos

85.2. Áridos

85.3. Aditivos

85.4. Adiciones

85.5. Agua

Artículo 86.º Control del hormigón

86.1. Criterios generales para el control de la conformidad de un hormigón

86.2. Toma de muestras

86.3. Realización de los ensayos

86.3.1. *Ensayos de docilidad del hormigón*

86.3.2. *Ensayos de resistencia del hormigón*

86.3.3. *Ensayos de penetración de agua en el hormigón*

86.4. Control previo al suministro

86.4.1. *Comprobación documental previa al suministro*

86.4.2. *Comprobación de las instalaciones*

86.4.3. *Comprobaciones experimentales previas al suministro*

86.4.3.1. *Posible exención de ensayos*

86.5. Control durante el suministro

86.5.1. *Control documental durante el suministro*

86.5.2. *Control de la conformidad de la docilidad del hormigón durante el suministro*

86.5.2.1. *Realización de los ensayos*

86.5.2.2. *Criterios de aceptación o rechazo*

86.5.3. *Modalidades de control de la conformidad de la resistencia del hormigón durante el suministro*

86.5.4. *Control estadístico de la resistencia del hormigón durante el suministro*

86.5.4.1. *Lotes de control de la resistencia*

86.5.4.2. *Realización de los ensayos*

86.5.4.3. *Criterios de aceptación o rechazo de la resistencia del hormigón*

86.5.5. *Control de la resistencia del hormigón al por*

86.5.5.1. *Realización de los ensayos*

86.5.5.2. *Criterios de aceptación o rechazo*

86.5.6. *Control indirecto de la resistencia del hormigón*

86.5.6.1. *Realización de los ensayos*

86.5.6.2. *Criterios de aceptación o rechazo*

86.6. Certificado del hormigón suministrado

86.7. Decisiones derivadas del control



- 86.7.1. *Decisiones derivadas del control previo al suministro*
- 86.7.2. *Decisiones derivadas del control previas a su puesta en obra*
- 86.7.3. *Decisiones derivadas del control experimental tras su puesta en obra*
 - 86.7.3.1. *Decisiones derivadas del control de la resistencia*
 - 86.7.3.2. *Decisiones derivadas del control de la durabilidad*
- 86.8. Ensayos de información complementaria del hormigón
- 86.9. Control del hormigón para la fabricación de elementos prefabricados
 - 86.9.1. *Control de la conformidad en la docilidad del hormigón*
 - 86.9.1.1. *Realización de los ensayos*
 - 86.9.1.2. *Criterio de aceptación*
 - 86.9.2. *Control estadístico de la resistencia*
 - 86.9.2.1. *Realización de los ensayos*
 - 86.9.2.2. *Criterios de aceptación o rechazo de la resistencia del hormigón*
 - 86.9.2.3. *Decisiones derivadas del control de la resistencia del hormigón*

Artículo 87.º Control del acero para las armaduras pasivas

Artículo 88.º Control de las armaduras pasivas

- 88.1. Criterios generales para el control de las armaduras pasivas
- 88.2. Toma de muestras
- 88.3. Realización de los ensayos
 - 88.3.1. *Ensayos para la comprobación de la conformidad de las características mecánicas de las armaduras*
 - 88.3.2. *Ensayos para la comprobación de la conformidad de las características de adherencia de las armaduras*
 - 88.3.3. *Ensayos para la comprobación de la conformidad de la geometría de las armaduras*
- 88.4. Control previo al suministro
 - 88.4.1. *Comprobación documental previa al suministro*
 - 88.4.2. *Comprobación de las instalaciones*
- 88.5. Control durante el suministro
 - 88.5.1. *Control documental durante el suministro*
 - 88.5.2. *Comprobación de la recepción del acero para armaduras pasivas*
 - 88.5.3. *Comprobaciones experimentales durante el suministro*
 - 88.5.3.1. *Posible exención de las comprobaciones experimentales*
 - 88.5.3.2. *Lotes para la comprobación experimental de la conformidad de las armaduras*
 - 88.5.3.3. *Comprobación de la conformidad de las características mecánicas de las armaduras*
 - 88.5.3.4. *Comprobación de la conformidad de las características de adherencia de las armaduras*



88.5.3.5. *Comprobación de la conformidad de las características geométricas de las armaduras*

88.5.3.6. *Comprobaciones adicionales en el caso de procesos de elaboración con soldadura resistente*

88.6. Certificado del suministro

Artículo 89.º Control del acero para armaduras activas

Artículo 90.º Control de los elementos y sistemas de pretensado

90.1. Criterios generales para el control

90.2. Toma de muestras

90.3. Realización de ensayos

90.4. Control previo a la aplicación del pretensado

90.4.1. *Comprobación documental*

90.4.2. *Comprobación de los sistemas de pretensado*

90.5. Control durante la aplicación del pretensado

90.5.1. *Comprobación documental durante el suministro*

90.5.2. *Control experimental*

90.5.2.1. *Posible exención del control experimental*

90.5.2.2. *Control experimental de la conformidad de las unidades de pretensado*

90.5.2.3. *Control experimental de la conformidad de los dispositivos de anclaje y empalme*

90.5.2.4. *Control de las vainas y accesorios de pretensado*

90.5.2.5. *Control de los productos de inyección*

90.6. Certificado del suministro

Artículo 91.º Control de los elementos prefabricados

91.1. Criterios generales para el control de la conformidad de los elementos prefabricados

91.2. Toma de muestras

91.3. Realización de los ensayos

91.3.1. *Comprobación de la conformidad de los procesos de prefabricación*

91.3.2. *Ensayos para la comprobación de la conformidad de los productos empleados para la prefabricación de los elementos estructurales*

91.3.3. *Ensayos para la comprobación de la conformidad de la geometría de los elementos prefabricados*

91.3.4. *Comprobación de la conformidad del recubrimiento de la armadura*

91.3.5. *Otros ensayos*

91.4. Control previo al suministro

91.4.1. *Comprobación documental*

91.4.2. *Comprobación de las instalaciones*

91.4.3. *Posible exención de comprobaciones previas*

91.5. Control durante el suministro



- 91.5.1. *Control documental durante el suministro*
- 91.5.2. *Comprobación de la conformidad de los materiales empleados*
- 91.5.3. *Comprobaciones experimentales durante el suministro*
 - 91.5.3.1. *Posible exención de las comprobaciones experimentales*
 - 91.5.3.2. *Lotes para la comprobación de la conformidad de los elementos prefabricados*
 - 91.5.3.3. *Comprobación experimental de los procesos de prefabricación*
 - 91.5.3.4. *Comprobación experimental de la geometría de los elementos prefabricados*
 - 91.5.3.5. *Certificado del suministro*

CAPÍTULO XVII. CONTROL DE LA EJECUCIÓN

330

Artículo 92.º Criterios generales para el control de ejecución

- 92.1. Organización del control
- 92.2. Programación del control de ejecución
- 92.3. Niveles de control de la ejecución
- 92.4. Lotes de ejecución
- 92.5. Unidades de inspección
- 92.6. Frecuencias de comprobación

Artículo 93.º Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución

Artículo 94.º Control de los procesos de ejecución previos a la colocación de la armadura

- 94.1. Control del replanteo de la estructura
- 94.2. Control de las cimentaciones
- 94.3. Control de las cimbras y apuntalamientos
- 94.4. Control de los encofrados y moldes

Artículo 95.º Control del proceso de montaje de las armaduras pasivas

Artículo 96.º Control las operaciones de pretensado

- 96.1. Control del tesado de las armaduras activas
- 96.2. Control de la ejecución de la inyección



Artículo 97.º Control de los procesos de hormigonado

Artículo 98.º Control de procesos posteriores al hormigonado

Artículo 99.º Control del montaje y uniones de elementos prefabricados

Artículo 100.º Control del elemento construido

Artículo 101.º Controles de la estructura mediante ensayos de información complementaria

101.1. Generalidades

101.2. Pruebas de carga

101.3. Otros ensayos no destructivos

Artículo 102.º Control de aspectos medioambientales

TÍTULO 9.º	MANTENIMIENTO
------------	---------------

CAPÍTULO XVIII. MANTENIMIENTO

344

Artículo 103.º Mantenimiento

103.1. Definición

103.2. Estrategia de mantenimiento

103.3. Plan de mantenimiento