



## **INDICE ARTICULADO**

### **TÍTULO PRELIMINAR. CONDICIONES GENERALES Y REQUISITOS**

#### **CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN**

##### **Artículo 1. Objeto**

##### **Artículo 2. Ámbito de aplicación**

##### **Artículo 3. Consideraciones generales**

##### **Artículo 4. 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. 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. PRINCIPIOS GENERALES Y MÉTODO DE LOS ESTADOS LÍMITE**

##### **Artículo 6. Criterios de seguridad**

###### 6.1. Principios

###### 6.2. Clases de ejecución

###### 6.2.1. Nivel de riesgo

###### 6.2.2. Condiciones de ejecución y uso

###### 6.2.2.1. Condiciones de uso

###### 6.2.2.2. Condiciones de ejecución

###### 6.2.3. Determinación de la clase de ejecución.

###### 6.3. Comprobación estructural mediante procedimientos de cálculo

###### 6.4. Comprobación estructural mediante ensayos

###### 6.4.1. Plan de ensayos

###### 6.4.2. Ejecución de ensayos

###### 6.4.3. Evaluación de ensayos

###### 6.4.4. Documentación

##### **Artículo 7. Situaciones de proyecto**

##### **Artículo 8. 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

###### 8.2. Bases de cálculo orientadas a la durabilidad

###### 8.2.1. Definición del tipo de ambiente

###### 8.2.2. Clases de exposición ambiental en relación con la corrosión del acero



### **CAPÍTULO III. ACCIONES**

#### **Artículo 9. Clasificación de acciones**

- 9.1. Clasificación de las acciones por su naturaleza
- 9.2. Clasificación de las acciones por su variación en el tiempo
- 9.3. Clasificación de las acciones por su variación en el espacio

#### **Artículo 10. Valores característicos de las acciones**

- 10.1. Generalidades
- 10.2. Valores característicos de las acciones permanentes

#### **Artículo 11. Valores representativos de las acciones**

#### **Artículo 12. Valores de cálculo de las acciones**

- 12.1. Estados límite últimos
- 12.2. Estados límite de servicio

#### **Artículo 13. Combinación de acciones**

- 13.1. Principios generales
- 13.2. Estados límite últimos
- 13.3. Estados límite de servicio

### **CAPÍTULO IV. MATERIALES Y GEOMETRÍA**

#### **Artículo 14. Generalidades**

#### **Artículo 15. Valores característicos y de cálculo de las propiedades de los materiales**

- 15.1. Valores característicos
- 15.2. Valores de cálculo
- 15.3. Coeficientes parciales para la resistencia del acero

#### **Artículo 16. Geometría**

- 16.1. Valores característicos y de cálculo
- 16.2. Imperfecciones

### **TÍTULO 2.º ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

### **CAPÍTULO V. ANÁLISIS ESTRUCTURAL**

#### **Artículo 17. Generalidades**

#### **Artículo 18. Idealización de la estructura**

- 18.1. Modelos estructurales
- 18.2. Modelos de los elementos
  - 18.2.1. Luces de cálculo
  - 18.2.2. Constantes estáticas de las secciones transversales
  - 18.2.3. Consideración de los efectos de la distorsión en elementos de sección cerrada
  - 18.2.4. Consideración de los efectos de la torsión mixta en elementos con secciones abiertas o cerradas
  - 18.2.5. Rigidez a torsión de secciones semicerradas con triangulaciones o marcos en alguna de sus caras
- 18.3. Modelos de la rigidez de las uniones
- 18.4. Modelos de la rigidez de las cimentaciones

#### **Artículo 19. Análisis global**

- 19.1. Métodos de análisis
- 19.2. Consideración de la no linealidad del material
- 19.3. Análisis global elástico
  - 19.3.1. Análisis global elástico con redistribución limitada
- 19.4. Análisis global plástico
- 19.5. Método general de análisis no lineal elastoplástico
  - 19.5.1. Secciones sin rigidizadores longitudinales
  - 19.5.2. Secciones con rigidizadores longitudinales de alma



- 19.5.3. Secciones con rigidizadores longitudinales de alas comprimidas
- 19.6. Influencia de la geometría deformada de la estructura

#### **Artículo 20. Clasificación de las secciones transversales**

- 20.1. Bases
- 20.2. Clasificación de las secciones transversales
- 20.3. Criterios de asignación de clase en secciones no rigidizadas
- 20.4. Criterios de asignación de clase en secciones con rigidizadores longitudinales
- 20.5. Condiciones de las secciones transversales para un análisis global plástico
- 20.6. Condiciones de las secciones transversales para un análisis global elástico
- 20.7. Características de la sección reducida de secciones transversales esbeltas

#### **Artículo 21. Consideración de los efectos del arrastre por cortante**

- 21.1. Bases
- 21.2. Anchura eficaz en función del tipo de análisis
- 21.3. Anchura eficaz de alas no rigidizadas en estados límite de servicio y fatiga
  - 21.3.1. Longitudes de referencia
  - 21.3.2. Coeficientes  $\psi_{el}$  elásticos. Cargas uniformemente repartidas en vigas continuas con luces compensadas
  - 21.3.3. Coeficientes  $\psi_{el}$  elásticos. Casos especiales
  - 21.3.4. Elementos bajo solicitaciones combinadas locales y globales
  - 21.3.5. Distribución aproximada de tensiones normales en las alas
- 21.4. Anchura eficaz de alas rigidizadas en estados límite de servicio y fatiga
- 21.5. Anchura eficaz de alas en estados límite últimos
- 21.6. Anchura eficaz para acciones localizadas aplicadas en el plano del alma

#### **Artículo 22. Consideración de las imperfecciones**

- 22.1. Bases
- 22.2. Método de aplicación
- 22.3. Imperfecciones en el análisis global de la estructura
  - 22.3.1. Imperfecciones laterales globales equivalentes
  - 22.3.2. Curvaturas iniciales equivalentes en los elementos comprimidos
  - 22.3.3. Fuerzas transversales equivalentes a las imperfecciones
  - 22.3.4. Imperfecciones para el análisis global de arcos
    - 22.3.4.1. Pandeo en el plano del arco
    - 22.3.4.2. Pandeo fuera del plano del arco
  - 22.3.5. Imperfecciones geométricas afines a las formas de pandeo en estructuras complejas
- 22.4. Imperfecciones en el análisis de sistemas de arriostramiento
  - 22.4.1. Fuerzas transversales equivalentes sobre el arriostramiento
- 22.5. Imperfecciones en el análisis local de elementos aislados

#### **Artículo 23. Estabilidad lateral de las estructuras**

- 23.1. Rigidez lateral
- 23.2. Clasificación de estructuras intraslacionales y traslacionales
  - 23.2.1. Criterio de intraslacionalidad en estructuras convencionales de edificación
- 23.3. Clasificación de estructuras arriostradas o no arriostradas
- 23.4. Análisis de los sistemas de arriostramiento

#### **Artículo 24. Métodos de análisis de la estabilidad global de estructuras**

- 24.1. Principios básicos
- 24.2. Análisis elástico de estructuras traslacionales
- 24.3. Análisis plástico de estructuras traslacionales
  - 24.3.1. Requisitos en los soportes para el análisis plástico
- 24.4. Método general de análisis no lineal en teoría de 2º orden

### **TÍTULO 3.º PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES Y DURABILIDAD**



## **CAPÍTULO VI. MATERIALES**

### **Artículo 25. Generalidades**

### **Artículo 26. Características de los aceros**

- 26.1. Composición química
- 26.2. Características mecánicas
- 26.3. Requisitos de ductilidad
- 26.4. Características tecnológicas
- 26.5. Determinación de las características de los aceros
  - 26.5.1. Composición química
  - 26.5.2. Características de tracción
  - 26.5.3. Resiliencia
  - 26.5.4. Tenacidad de fractura
  - 26.5.5. Soldabilidad (carbono equivalente)
  - 26.5.6. Características de doblado
  - 26.5.7. Resistencia al desgarro laminar

### **Artículo 27. Tipos de acero**

- 27.1. Aceros no aleados laminados en caliente
- 27.2. Aceros con características especiales
  - 27.2.1. Aceros soldables de grano fino, en la condición de normalizado
  - 27.2.2. Aceros soldables de grano fino, laminados termomecánicamente
  - 27.2.3. Aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica (aceros patinables)
  - 27.2.4. Aceros de alto límite elástico, en la condición de templado y revenido
  - 27.2.5. Aceros con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del producto

### **Artículo 28. Productos de acero**

- 28.1. Perfiles y chapas de sección llena laminados en caliente
- 28.2. Perfiles de sección hueca acabados en caliente
- 28.3. Perfiles de sección hueca conformados en frío
- 28.4. Perfiles de sección abierta conformados en frío
- 28.5. Perfiles y chapas no normalizados

### **Artículo 29. Medios de unión**

- 29.1. Generalidades
- 29.2. Tornillos, tuercas y arandelas
- 29.3. Tipos especiales de tornillos
  - 29.3.1. Tornillos de cabeza avellanada
  - 29.3.2. Tornillos calibrados
  - 29.3.3. Tornillos de inyección
- 29.4. Bulones
- 29.5. Material de aportación

### **Artículo 30. Sistemas de protección**

- 30.1. Tipos de pintura
- 30.2. Sistemas de pintura
- 30.3. Prescripciones y ensayos de los sistemas de pintura
- 30.4. Prescripciones para los sistemas de protección con proyección térmica de cinc y de galvanización en caliente

## **CAPÍTULO VII. DURABILIDAD**

### **Artículo 31. Durabilidad de las estructuras de acero**

- 31.1. Generalidades
  - 31.1.1. Consideración de la durabilidad en la fase de proyecto
  - 31.1.2. Consideración de la durabilidad en la fase de ejecución
- 31.2. Estrategia para la durabilidad



- 31.2.1. Prescripciones generales
- 31.2.2. Selección de la forma estructural
  - 31.2.2.1. Sobreespesores en superficies inaccesibles
  - 31.2.2.2. Utilización de aceros con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica
- 31.2.3. Detalles constructivos
- 31.2.4. Medidas especiales de protección
- 31.3. Condiciones para facilitar la inspección y el mantenimiento

## **TÍTULO 4.º DIMENSIONAMIENTO Y COMPROBACIÓN**

### **CAPÍTULO VIII. DATOS DE LOS MATERIALES PARA EL PROYECTO**

#### **Artículo 32. Datos de proyecto del acero estructural**

- 32.1. Valores de cálculo de las propiedades del material
- 32.2. Diagramas tensión-deformación
- 32.3. Tenacidad de fractura
- 32.4. Otros datos para el proyecto

### **CAPÍTULO IX. ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS**

#### **Artículo 33. Estado límite de equilibrio**

#### **Artículo 34. Estado límite de resistencia de las secciones**

- 34.1. Principios generales del cálculo
  - 34.1.1. Generalidades
  - 34.1.2. Características de las secciones transversales
    - 34.1.2.1. Características de la sección transversal bruta
    - 34.1.2.2. Área neta
    - 34.1.2.3. Características de la sección reducida en secciones con almas en clase 3 y alas en clase 1 ó 2
    - 34.1.2.4. Características de la sección reducida en secciones de clase 4
    - 34.1.2.5. Efectos del arrastre por cortante
- 34.2. Esfuerzo axial de tracción
- 34.3. Esfuerzo axial de compresión
- 34.4. Momento flector
- 34.5. Esfuerzo cortante
- 34.6. Torsión
- 34.7. Interacción de esfuerzos
  - 34.7.1. Flexión y cortante
  - 34.7.2. Flexión y esfuerzo axial
    - 34.7.2.1. Secciones transversales de clase 1 y 2
    - 34.7.2.2. Secciones transversales de clase 3
    - 34.7.2.3. Secciones transversales de clase 4
  - 34.7.3. Flexión, cortante y esfuerzo axial

#### **Artículo 35. Estado límite de inestabilidad**

- 35.1. Elementos sometidos a compresión
  - 35.1.1. Pandeo de elementos de sección constante
  - 35.1.2. Curvas de pandeo
  - 35.1.3. Esbeltez para pandeo por flexión
  - 35.1.4. Esbeltez para pandeo por torsión y pandeo por torsión y flexión
- 35.2. Elementos sometidos a flexión
  - 35.2.1. Pandeo lateral de elementos de sección constante
  - 35.2.2. Curvas de pandeo lateral. Caso general
    - 35.2.2.1. Curvas de pandeo lateral para perfiles laminados o secciones soldadas equivalentes



- 35.2.3. Método simplificado para comprobación de vigas con arriostramientos laterales en edificios
- 35.3. Elementos sometidos a compresión y flexión
- 35.4. Elementos planos rigidizados longitudinalmente
- 35.5. Abolladura del alma a cortante
  - 35.5.1. Generalidades
  - 35.5.2. Resistencia a la abolladura por cortante
    - 35.5.2.1. Contribución del alma
    - 35.5.2.2. Contribución de las alas
- 35.6. Resistencia del alma a cargas concentradas transversales
- 35.7. Interacción
  - 35.7.1. Cortante, flexión y esfuerzo axil
  - 35.7.2. Cargas concentradas transversales, flexión y esfuerzo axil
- 35.8. Abolladura del alma inducida por el ala comprimida
- 35.9. Rigidizadores
  - 35.9.1. Generalidades
  - 35.9.2. Tensiones longitudinales
  - 35.9.3. Cortante
    - 35.9.3.1. Panel extremo rígido
    - 35.9.3.2. Rigidizadores actuando como extremos no rígidos
    - 35.9.3.3. Rigidizadores transversales intermedios
    - 35.9.3.4. Rigidizadores longitudinales
    - 35.9.3.5. Soldaduras
  - 35.9.4. Cargas transversales concentradas

## **CAPÍTULO X. ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO**

### **Artículo 36. Bases**

- 36.1. Estados límite de servicio en edificios
- 36.2. Estados límite de servicio en puentes
- 36.3. Modelos de cálculo
- 36.4. Requisitos de proyecto

### **Artículo 37. Estado límite de deformaciones**

- 37.1. Consideraciones generales
- 37.2. Límites de deformaciones en edificios
  - 37.2.1. Deformaciones verticales
  - 37.2.2. Deformaciones horizontales
  - 37.2.3. Requisitos para la evacuación de aguas
- 37.3. Límites de deformaciones en puentes y pasarelas
  - 37.3.1. Puentes de carretera y pasarelas
  - 37.3.2. Puentes de ferrocarril
  - 37.3.3. Requisitos para el drenaje de las plataformas

### **Artículo 38. Estado Límite de vibraciones**

- 38.1. Consideraciones generales
- 38.2. Comprobación de vibraciones en edificaciones de uso público
- 38.3. Comprobación de vibraciones en puentes y pasarelas
  - 38.3.1. Puentes de carretera
  - 38.3.2. Pasarelas
  - 38.3.3. Puentes de ferrocarril
- 38.4. Vibraciones inducidas por el viento

### **Artículo 39. Estado límite de deslizamiento en uniones con tornillos pretensados de alta resistencia**

### **Artículo 40. Estado límite de deformaciones transversales en paneles esbeltos**

- 40.1. Consideraciones generales



40.2. Control de estabilidad de paneles

**Artículo 41. Estado límite de plastificaciones locales**

41.1. Consideraciones generales

41.2. Limitaciones tensionales

**CAPÍTULO XI. ESTADO LÍMITE DE FATIGA**

**Artículo 42. Estado límite de fatiga**

42.1. Generalidades

42.2. Símbolos

42.3. Comprobación de la fatiga

42.3.1 Método del daño acumulado

42.3.2 Método simplificado para puentes

42.3.2.1 Combinación de daño de carreras local y global de tensiones

42.3.2.2 Factores  $\lambda$  de daño equivalente para puentes de carretera

42.3.2.3 Factores  $\lambda$  de daño equivalente para puentes de carretera

42.4. Coeficientes parciales para la resistencia a la fatiga

42.5. Cálculo de las carreras de tensiones

42.6. Resistencia a la fatiga

**CAPÍTULO XII. PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO FRENTE AL INCENDIO**

**Artículo 43. Consideraciones generales**

43.1. Bases

43.2. Acción de incendio a considerar en el proyecto de estructuras de acero en edificación

43.3. Procedimientos de comprobación de la seguridad de las estructuras de acero ante el incendio

**Artículo 44. Acciones mecánicas e indirectas concomitantes con el incendio**

**Artículo 45. Propiedades de los materiales sometidos a la acción del incendio**

45.1. Características mecánicas de los aceros estructurales

45.2. Propiedades de los materiales de protección

**Artículo 46. Comprobación resistente de elementos prismáticos sometidos a la acción del incendio**

46.1. Clasificación de las secciones transversales

46.2. Elementos sometidos a esfuerzo axial de tracción

46.3. Elementos sometidos a esfuerzo axial de compresión

46.4. Vigas arriostradas frente al pandeo lateral

46.5. Pandeo lateral de elementos sometidos a flexión

46.6. Elementos sometidos a compresión y flexión

46.7. Elementos cuya sección es de clase 4

46.8. Comprobación en el dominio de las temperaturas

46.8.1. Elementos cuya sección es de clase 1, 2 ó 3

46.8.2. Elementos cuya sección es de clase 4

**Artículo 47. Comprobación de la resistencia de las uniones**

**Artículo 48. Cálculo de temperaturas en el acero**

48.1. Elementos sin protección

48.2. Elementos con revestimiento protector

48.3. Características exigidas a los materiales de protección

48.4. Conversión de valores experimentales



## **CAPÍTULO XIII. PROYECTO DE ESTRUCTURAS DE ACERO FRENTE AL SISMO**

### **Artículo 49. Generalidades**

### **Artículo 50. Bases de proyecto**

50.1. Estados límite

50.2. Acciones

### **Artículo 51. Análisis estructural**

### **Artículo 52. Materiales**

### **Artículo 53. Elementos estructurales**

53.1. Generalidades

53.2. Vigas

53.3. Soportes

53.4. Pórticos

### **Artículo 54. Uniones**

## **TÍTULO 5.º UNIONES Y ELEMENTOS ESTRUCTURALES.**

## **CAPÍTULO XIV. UNIONES**

### **Artículo 55. Generalidades**

55.1. Bases

55.2. Fabricación y montaje.

55.3. Transmisión de esfuerzos.

55.4. Nudos de estructuras trianguladas

55.5. Empalmes.

55.6. Uniones en obra

55.7. Uniones híbridas.

### **Artículo 56. Determinación de esfuerzos en las uniones y reparto entre los medios de unión**

56.1. Esfuerzos en las uniones.

56.2. Reparto de esfuerzos.

### **Artículo 57. Clasificación de las uniones sometidas a momento flector**

57.1. Generalidades

57.2. Diagramas momento-rotación.

57.3. Clasificación de las uniones en función de su resistencia.

57.4. Clasificación de las uniones en función de su rigidez.

57.5. Modelado de las uniones en el análisis global.

### **Artículo 58. Uniones atornilladas**

58.1. Tipos de tornillos.

58.2. Categorías de uniones atornilladas.

58.3. Agujeros para tornillos.

58.4. Disposiciones constructivas.

58.5. Resistencia de elementos con agujeros

58.5.1. Resistencia a desgarro

58.5.2. Angulares unidos por un lado y otros elementos asimétricamente unidos en tracción

58.5.3. Angulares de refuerzo

58.6. Resistencias de un tornillo a cortante y aplastamiento.

58.7. Resistencia a tracción.

58.7.1. Interacción cortante-tracción

58.8. Resistencia a deslizamiento.

58.9. Uniones con bulones

58.10. Reparto de esfuerzos entre tornillos.





## **Artículo 59. Uniones soldadas**

- 59.1. Generalidades
  - 59.1.1. Cualificaciones
  - 59.1.2. Métodos de soldadura autorizados
- 59.2. Tipos de uniones y de cordones
- 59.3. Disposiciones constructivas para cordones en ángulo
  - 59.3.1. Generalidades
  - 59.3.2. Espesor de garganta
  - 59.3.3. Terminación
  - 59.3.4. Cordones discontinuos
  - 59.3.5. Excentricidades
  - 59.3.6. Longitud mínima para cordones laterales
  - 59.3.7. Solapes
- 59.4. Disposiciones constructivas para cordones a tope
- 59.5. Soldaduras de botón y soldaduras en ranura
- 59.6. Desgarro laminar
- 59.7. Espesor de garganta
- 59.8. Resistencia de cordones en ángulo
  - 59.8.1. Longitud efectiva de un cordón de soldadura en ángulo
  - 59.8.2. Resistencia
- 59.9. Resistencia de cordones a tope
  - 59.9.1. Resistencia de cordones de penetración completa.
  - 59.9.2. Resistencia de cordones de penetración parcial
- 59.10. Resistencia de soldaduras de botón o en ranura
- 59.11. Reparto de esfuerzos entre los cordones de una unión

## **Artículo 60. Uniones entre elementos sometidos a esfuerzo axial.**

- 60.1. Uniones planas centradas
  - 60.1.1. Uniones planas centradas soldadas
  - 60.1.2. Uniones planas centradas atornilladas
- 60.2. Uniones planas excéntricas
  - 60.2.1. Uniones planas excéntricas soldadas
  - 60.2.2. Uniones planas excéntricas atornilladas
- 60.3. Uniones con cartelas

## **Artículo 61. Uniones entre elementos sometidos a flexión y cortante.**

- 61.1. Empalmes con cubrejuntas
- 61.2. Empalmes con chapa frontal
  - 61.2.1. Momento resistente de la unión
- 61.3. Uniones mediante doble casquillo de angular
- 61.4. Uniones mediante soldadura
  - 61.4.1. Uniones de vigas mediante soldadura directa del alma
- 61.5. Apoyo sobre casquillo no rigidizado
- 61.6. Apoyo sobre casquillo rigidizado

## **Artículo 62. Uniones viga-soporte**

- 62.1. Uniones viga-soporte soldadas.
  - 62.1.1. Anchura eficaz de ala y soldadura.
  - 62.1.2. Resistencia del soporte. Zonas traccionada y comprimida no rigidizadas
  - 62.1.3. Resistencia del soporte. Zonas traccionada y comprimida rigidizadas
  - 62.1.4. Resistencia del soporte. Zona a cortante
  - 62.1.5. Momento resistente de la unión
- 62.2. Uniones viga-soporte atornilladas
  - 62.2.1. Resistencia del lado soporte
  - 62.2.2. Momento resistente de la unión



- 62.3. Rigidez de la unión
- 62.4. Capacidad de rotación de la unión
  - 62.4.1. General
  - 62.4.2. Uniones soldadas
  - 62.4.3. Uniones atornilladas

#### **Artículo 63. Uniones híbridas con tornillos y soldadura**

- 63.1. Tipos de tornillos
- 63.2. Ejecución de la unión
- 63.3. Refuerzos

#### **Artículo 64. Uniones entre piezas de sección tubular**

- 64.1. Ámbito de aplicación
- 64.2. Definiciones y notación
- 64.3. Soldaduras
- 64.4. Fabricación
- 64.5. Modos de agotamiento de uniones entre perfiles huecos
- 64.6. Uniones soldadas entre perfiles huecos de sección circular SHC
  - 64.6.1. Generalidades
  - 64.6.2. Uniones planas
  - 64.6.3. Uniones espaciales
- 64.7. Uniones soldadas entre diagonales o montantes SHC ó SHR y cordones SHR
  - 64.7.1. Generalidades
  - 64.7.2. Uniones planas
    - 64.7.2.1. Uniones no reforzadas
    - 64.7.2.2. Uniones reforzadas
  - 64.7.3. Uniones espaciales
- 64.8. Uniones soldadas entre diagonales o montantes SHC o SHR y cordones de sección en I o H
- 64.9. Uniones soldadas entre diagonales o montantes SHC o SHR y cordones de sección en U

#### **Artículo 65. Uniones a la cimentación**

- 65.1. Generalidades
- 65.2. Placas de base
  - 65.2.1. Transmisión de tensiones tangenciales
  - 65.2.2. Transmisión de esfuerzos de compresión
  - 65.2.3. Transmisión de esfuerzos de tracción
  - 65.2.4. Transmisión de esfuerzos de flexión
  - 65.2.5. Rigidez de la placa de base
- 65.3. Otros métodos de unión de soportes a la cimentación

#### **Artículo 66. Elementos de apoyo**

- 66.1. Dispositivos de apoyo de neopreno
- 66.2. Dispositivos de apoyo metálicos

### **CAPÍTULO XV. ELEMENTOS ESTRUCTURALES**

#### **Artículo 67. Vigas**

- 67.1. Vigas de alma llena
- 67.2. Vigas de alma aligerada
  - 67.2.1. Tipos de vigas de alma aligerada.
    - 67.2.1.1. Comprobación en estado límite último.
    - 67.2.1.2. Comprobación en estado límite de servicio.

#### **Artículo 68. Entramados**

#### **Artículo 69. Forjados**

#### **Artículo 70. Soportes**

- 70.1. Soportes de sección constante



- 70.2. Soportes de sección variable
- 70.3. Soportes sometidos a esfuerzo axial variable continuo
- 70.4. Soportes sometidos a cargas puntuales según su directriz
- 70.5. Soportes de sección compuesta

#### **Artículo 71. Elementos compuestos**

- 71.1. Generalidades
- 71.2. Comprobación a pandeo de elementos compuestos
  - 71.2.1. Generalidades
  - 71.2.2. Comprobación a pandeo en un plano perpendicular al eje de inercia material
  - 71.2.3. Comprobación a pandeo en un plano perpendicular al eje de inercia libre
    - 71.2.3.1. Elementos triangulados
    - 71.2.3.2. Elementos empresillados

#### **Artículo 72. Estructuras trianguladas**

- 72.1. Generalidades
  - 72.1.1. Determinación de esfuerzos
- 72.2. Comprobación de los elementos
- 72.3. Longitud de pandeo de los elementos en el plano de la estructura
- 72.4. Longitud de pandeo de los elementos en la dirección perpendicular al plano de la estructura
  - 72.4.1. Cordón comprimido con arriostamiento transversal.
  - 72.4.2. Cordón comprimido sin arriostamiento transversal.
  - 72.4.3. Montantes y diagonales
- 72.5. Uniones

#### **Artículo 73. Estructuras ligeras**

- 73.1. Generalidades
- 73.2. Ámbito de aplicación
- 73.3. Espesor de cálculo
- 73.4. Modificación del límite elástico
- 73.5. Terminología y dimensiones
- 73.6. Relaciones anchura/ espesor
- 73.7. Combadura de alas
- 73.8. Distribución de tensiones no uniforme en alas
- 73.9. Abolladura por tensiones normales
  - 73.9.1. Introducción
  - 73.9.2. Esbeltez de chapa
  - 73.9.3. Ancho reducido
- 73.10. Abolladura por tensiones tangenciales.
- 73.11. Estado límite último
  - 73.11.1. Resistencia de secciones
  - 73.11.2. Resistencia de secciones de clase 3.
  - 73.11.3. Resistencia a pandeo
  - 73.11.4. Curvas de pandeo
- 73.12. Estado límite de servicio
  - 73.12.1. General
  - 73.12.2. Deformaciones plásticas.
  - 73.12.3. Flechas.
- 73.13. Uniones
  - 73.13.1. Generalidades
  - 73.13.2. Esfuerzos en las uniones y empalmes
  - 73.13.3. Uniones con fijaciones mecánicas.
    - 73.13.3.1. Tornillos roscachapa



- 73.13.3.2. Tornillos convencionales.
- 73.13.4. Uniones por puntos de soldadura
- 73.13.5. Uniones por solape
  - 73.13.5.1. Soldadura al arco de cordones de ángulo
  - 73.13.5.2. Soldadura de arco de puntos

#### **Artículo 74. Mallas**

- 74.1. Estructuras tubulares

### **TÍTULO 6.º EJECUCIÓN**

#### **CAPÍTULO XVI. FABRICACIÓN EN TALLER**

##### **Artículo 75. Fabricación en taller**

- 75.1. Generalidades
- 75.2. Planos de taller
  - 75.2.1. Contenido
  - 75.2.2. Revisión y modificaciones
- 75.3. Preparación del material
  - 75.3.1. Marcado, manipulación y almacenamiento
  - 75.3.2. Enderezado
  - 75.3.3. Corte
  - 75.3.4. Conformación
  - 75.3.5. Perforación
- 75.4. Ensamblado previo en taller

##### **Artículo 76. Fijación con elementos mecánicos**

- 76.1. Generalidades
- 76.2. Situación y tamaño de los agujeros
- 76.3. Utilización de tornillos
- 76.4. Utilización de tuercas
- 76.5. Utilización de arandelas
- 76.6. Apretado de tornillos sin pretensar
- 76.7. Apretado de tornillos pretensados
  - 76.7.1. Método de la llave dinamométrica
  - 76.7.2. Método de la arandela con indicación directa de tensión
  - 76.7.3. Método combinado
- 76.8. Superficies de contacto en uniones resistentes al deslizamiento
- 76.9. Fijaciones especiales.
- 76.10. Utilización de tipos especiales de tornillos
  - 76.10.1. Tornillos de cabeza avellanada
  - 76.10.2. Tornillos calibrados y bulones
  - 76.10.3. Tornillos de inyección

##### **Artículo 77. Soldadura**

- 77.1. Introducción
- 77.2. Plan de soldadura
- 77.3. Proceso de soldadura
- 77.4. Cualificación del proceso de soldadura
  - 77.4.1. Procedimiento de soldeo
  - 77.4.2. Cualificación de soldadores
  - 77.4.3. Coordinación del soldeo
- 77.5. Preparación y ejecución de la soldadura
  - 77.5.1. Preparación de bordes
  - 77.5.2. Almacenamiento de consumibles
  - 77.5.3. Protección contra la intemperie
  - 77.5.4. Montaje para el soldeo



- 77.5.5. Pre calentamiento
- 77.5.6. Uniones temporales
- 77.5.7. Soldaduras de punteo
- 77.5.8. Soldaduras en ángulo
- 77.5.9. Soldaduras a tope
  - 77.5.9.1. Generalidades
  - 77.5.9.2. Soldaduras por un solo lado
  - 77.5.9.3. Toma de raíz
- 77.5.10. Soldaduras de ranura
- 77.5.11. Soldadura de conectadores
- 77.5.12. Tratamiento post-soldadura
- 77.5.13. Enderezado
- 77.5.14. Ejecución en taller de soldaduras.

- 77.6. Criterios de aceptación de soldaduras

## **CAPÍTULO XVII. Ejecución en obra**

### **Artículo 78. Montaje**

- 78.1. Condiciones del emplazamiento
- 78.2. Programa de montaje
- 78.3. Soportes
  - 78.3.1. Replanteo y colocación
  - 78.3.2. Hormigonado
- 78.4. Ejecución del montaje
  - 78.4.1. Planos de montaje
  - 78.4.2. Marcado
  - 78.4.3. Manipulación y almacenamiento en montaje
  - 78.4.4. Montaje de prueba
  - 78.4.5. Métodos de montaje
  - 78.4.6. Alineaciones

### **Artículo 79. Tratamiento de protección**

- 79.1. Generalidades.
- 79.2. Preparación de las superficies
- 79.3. Métodos de protección
  - 79.3.1. Metalización
  - 79.3.2. Galvanización en caliente
  - 79.3.3. Pintado
- 79.4. Requisitos especiales
- 79.5. Protección de elementos de fijación

## **CAPÍTULO XVIII. TOLERANCIAS**

### **Artículo 80. Tolerancias**

- 80.1. Tolerancias normales. Generalidades
- 80.2. Tolerancias normales. Fabricación
- 80.3. Tolerancias normales. Montaje
  - 80.3.1. Apoyos de contacto total
- 80.4. Tolerancias normales para puentes
- 80.5. Tolerancias especiales



## **TÍTULO 7.º CONTROL**

### **CAPÍTULO XIX. BASES GENERALES DEL CONTROL**

#### **Artículo 81. Criterios generales del control**

- 81.1. Definiciones
- 81.2. Agentes del control de la calidad
  - 81.2.1. Dirección facultativa
  - 81.2.2. Laboratorios y entidades de control de calidad
    - 81.2.2.1. Laboratorios de control
    - 81.2.2.2. Entidades de control de calidad

#### **Artículo 82. Condiciones para la conformidad de la estructura**

- 82.1. Plan y programa de control
- 82.2. Conformidad del proyecto
- 82.3. Conformidad de los productos
  - 82.3.1. Control documental de los suministros
  - 82.3.2. Control de recepción mediante distintivos de calidad
  - 82.3.3. Control de recepción mediante ensayos
- 82.4. Conformidad con el proyecto
  - 82.4.1. Control de la ejecución mediante comprobación del control de producción del Constructor
  - 82.4.2. Control de la ejecución mediante inspección de los procesos
- 82.5. Comprobación de la conformidad de la estructura terminada

#### **Artículo 83. Documentación y trazabilidad**

#### **Artículo 84. Niveles de garantía y distintivos de calidad**

### **CAPÍTULO XX. CONTROL DE CALIDAD DEL PROYECTO**

#### **Artículo 85. Control de proyecto**

- 85.1. Generalidades
- 85.2. Niveles del control de proyecto
- 85.3. Documentación del control de proyecto

### **CAPÍTULO XXI. CONTROL DE LA CONFORMIDAD DE LOS PRODUCTOS**

#### **Artículo 86. Generalidades**

#### **Artículo 87. Criterios generales para la comprobación de la conformidad de los productos**

- 87.1. Control documental
- 87.2. Inspección de las instalaciones
- 87.3. Toma de muestras y realización de los ensayos

#### **Artículo 88. Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los productos**

- 88.1. Productos de acero
  - 88.1.1. Comprobación de la conformidad
  - 88.1.2. Toma de muestras
  - 88.1.3. Realización de los ensayos
- 88.2. Control de los medios de unión
  - 88.2.1. Control de los tornillos, tuercas, arandelas y bulones
    - 88.2.1.1. Especificaciones
    - 88.2.1.2. Ensayos
    - 88.2.1.3. Criterios de aceptación o rechazo
  - 88.2.2. Control del material de aportación para las soldaduras
    - 88.2.2.1. Especificaciones
    - 88.2.2.2. Ensayos
    - 88.2.2.3. Criterios de aceptación o rechazo
- 88.3. Control de los sistemas de protección
  - 88.3.1. Especificaciones



- 88.3.2. Ensayos
- 88.3.3. Criterios de aceptación o rechazo

## **CAPÍTULO XXII. CONTROL DE LA EJECUCIÓN**

### **Artículo 89. Criterios generales para el control de ejecución**

- 89.1. Organización del control
- 89.2. Programación del control de ejecución.
- 89.3. Niveles de control de la ejecución
- 89.4. Lotes de ejecución
- 89.5. Unidades de inspección
- 89.6. Frecuencias de comprobación

### **Artículo 90. Comprobaciones previas al comienzo de la ejecución**

#### **Artículo 91. Control del montaje en taller**

- 91.1. Comprobaciones previas al inicio del suministro
  - 91.1.1. Comprobación documental previa al suministro
  - 91.1.2. Comprobación de las instalaciones
- 91.2. Control durante el suministro
  - 91.2.1. Control documental durante el suministro
  - 91.2.2. Comprobaciones experimentales durante el suministro
    - 91.2.2.1. Control de las operaciones de corte
    - 91.2.2.2. Control dimensional de los elementos
    - 91.2.2.3. Comprobación de la cualificación del personal para la soldadura
    - 91.2.2.4. Control del procedimiento de soldeo
    - 91.2.2.5. Comprobación de la ejecución de las soldaduras
    - 91.2.2.6. Control de soldaduras reparadas
    - 91.2.2.7. Control de uniones atornilladas
    - 91.2.2.8. Control del armado en taller
- 91.3. Comprobación de la conformidad del montaje.
  - 91.3.1. Comprobaciones previas al montaje
    - 91.3.1.1. Memoria de montaje
    - 91.3.1.2. Planos de montaje
    - 91.3.1.3. Programa de inspección
  - 91.3.2. Comprobaciones durante el montaje

## **TÍTULO 8.º MANTENIMIENTO**

### **CAPÍTULO XXIII. MANTENIMIENTO**

#### **Artículo 92. Recomendaciones de diseño**

- 92.1. Detalles
- 92.2. Accesibilidad

#### **Artículo 93. Plan de inspección y mantenimiento**

#### **Artículo 94. Memoria de construcción**