

Anejo 1

Relación de normas UNE

Contenidos del anejo

1 **NORMAS UNE 3**

2 **NORMAS UNE-EN..... 6**

3 **NORMAS UNE-EN ISO.....18**

4 **NORMAS UNE-EN ISO/IEC27**

El articulado de este Código Estructural establece una serie de comprobaciones de la conformidad de los productos y los procesos incluidos en su ámbito que, en muchos casos, están referidos a normativa UNE, UNE-EN o UNE-EN ISO.

La relación de las versiones correspondientes a las normas aplicable en cada caso, con referencia a su fecha de aprobación, es la que se indica en este anejo, excepto en los siguientes casos:

- (*) Normas armonizadas. Las normas armonizadas recogidas en este anejo se utilizarán en la última versión publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE)
- (**) Norma citada en norma armonizada. Se utilizará la versión recogida en este anejo excepto dentro del ámbito de la norma armonizada, para la que se debe aplicar la versión incluida en dicha norma armonizada.

1 Normas UNE

UNE 7133:1958	Determinación de terrones de arcilla en áridos para la fabricación de morteros y hormigones
UNE 7295:1976	Determinación del contenido, tamaño máximo característico y módulo granulométrico del árido grueso en el hormigón fresco
UNE 14618:2017	Inspectores de construcciones soldadas. Cualificación y certificación
UNE 22480:2015	Sistema de gestión minera sostenible. Requisitos
UNE 36060:2014	Mallas electrosoldadas de acero para uso estructural en armaduras de hormigón armado. Mallas electrosoldadas fabricadas con barras de acero B 500 SD
UNE 36065:2011	Barras corrugadas de acero soldable con características especiales de ductilidad para armaduras de hormigón armado
UNE 36068:2011	Barras corrugadas de acero soldable para uso estructural en armaduras de hormigón armado
UNE 36094:1997	Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado
UNE 36094:1997 Erratum	Alambres y cordones de acero para armaduras de hormigón pretensado
UNE 36521:1996	Productos de acero. Sección en I con alas inclinadas (antiguo IPN). Medidas

UNE 36522:2001	Productos de acero. Perfil U Normal (UPN). Medidas.
UNE 36523:2008	Productos de acero. Perfil U de alas paralelas (UPE). Medidas
UNE 36524:1994	Productos de acero laminados en caliente. Perfiles HE de alas anchas y caras paralelas. Medidas
UNE 36525:2001	Productos de acero. Perfil U comercial. Medidas
UNE 36526:1994	Productos de acero laminados en caliente. Perfiles IPE. Medidas
UNE 36740:1998	Determinación de la adherencia de las barras y alambres de acero para armaduras de hormigón armado. Ensayo de la viga
UNE 36831:1997	Armaduras pasivas de acero para hormigón estructural. Corte, doblado y colocación de barras y mallas. Tolerancias. Formas preferentes de armado
UNE 36901:2016	Sistemas de gestión de la sostenibilidad siderúrgica. Requisitos
UNE 41184:1990	Sistema de pretensado para armaduras postensas, definiciones, características y ensayos
UNE 48103:2014	Pinturas y barnices. Colores normalizados
UNE 53974:2011	Plásticos. Elementos aligerantes de poliestireno expandido (EPS) para forjados con nervios hormigonados en obra
UNE 67036:1999	Productos cerámicos de arcilla cocida. Ensayo de expansión por humedad
UNE 67037:1999	Bovedillas cerámicas de arcilla cocida. Ensayo de resistencia a flexión
UNE 83115:1989 EX	Áridos para hormigones. Medida del coeficiente de friabilidad de las arenas
UNE 83414:1990 EX	Adiciones del hormigón. Ceniza volante. Recomendaciones generales para la adición de cenizas volantes a los hormigones fabricados con cemento tipo I
UNE 83460-2:2005	Adiciones al hormigón. Humo de sílice. Parte 2: Recomendaciones generales para la utilización del humo de sílice

UNE 83515:2010	Hormigones con fibras. Determinación de la resistencia a la fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción. Método Barcelona
UNE 83951:2008	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Toma de muestras
UNE 83952:2008	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Determinación del PH. Método potenciométrico
UNE 83954:2008	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Determinación del contenido en ión amonio
UNE 83955:2008	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Determinación del contenido en ión magnesio
UNE 83956:2008	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Determinación del contenido en ión sulfato
UNE 83957:2008	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Determinación del residuo seco
UNE 83958:2014	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado y aguas abrasivas. Determinación del contenido en cloruros
UNE 83959:2014	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado. Determinación cualitativa de hidratos de carbono.
UNE 83960:2014	Durabilidad del hormigón. Aguas de amasado. Determinación del contenido de sustancias orgánicas solubles en éter.
UNE 83963:2008	Durabilidad del hormigón. Suelos agresivos. Determinación del contenido en ión sulfato
UNE 83963:2008 ERRATUM:2011	Durabilidad del hormigón. Suelos agresivos. Determinación del contenido en ión sulfato
UNE 83993-1:2013	Durabilidad del hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la velocidad de penetración de la carbonatación en el hormigón endurecido. Parte 1: Método natural
UNE 146507-2:1999 EX	Ensayo de áridos. Determinación de la reactividad potencial de los áridos. Método químico. Parte 2: Determinación de la reactividad álcali carbonato
UNE 146508:1999 EX	Ensayo de áridos. Determinación de la reactividad potencial alcali-sílice y alcali-silicato de los áridos. Método acelerado en probetas de mortero

UNE 146509:1999 EX	Determinación de la reactividad potencial de los áridos con los alcalinos. Método de los prismas de hormigón
UNE 146901:2008	Áridos designación
UNE 180201:2016	Encofrados. Diseño general, requisitos de comportamiento y verificaciones.

2 Normas UNE-EN

UNE-EN 196-1:2005(**)	Método de ensayo de cementos. Parte 1. Determinación de resistencias mecánicas
UNE-EN 196-2:2014(**)	Métodos de ensayo de cementos. Parte 2: Análisis químico de cementos
UNE-EN 196-3:2017(**)	Método de ensayo de cementos. Parte 3. Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen
UNE-EN 197-1: (*)	Cemento. Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad de los cementos comunes
UNE-EN 206-1:2008	Hormigón. Parte 1: Especificaciones, prestaciones, producción y conformidad
UNE-EN 445:2009	Lechadas para tendones de pretensado: Métodos de ensayo
UNE-EN 447:2009	Lechadas para tendones de pretensado. Especificaciones para lechadas corrientes
UNE-EN 450-1: (*)	Cenizas volantes para hormigón. Parte 1. Definiciones, especificaciones y criterios de conformidad
UNE-EN 451-1:2006(**)	Método de ensayo de cenizas volantes. Parte 1. Determinación del contenido de óxido de calcio libre
UNE-EN 451-2:1995(**)	Método de ensayo de cenizas volantes. Parte 2. Determinación de la finura por tamizado en húmedo
UNE-EN 480-14:2007	Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Métodos de ensayo. Parte 14: Determinación del efecto sobre la susceptibilidad a la corrosión del

	acero para armaduras por medio de un ensayo electroquímico potencioestático
UNE-EN 523: (*)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Terminología, requisitos, control de calidad
UNE-EN 523:2005 ERRATUM:2011	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Terminología, requisitos, control de calidad
UNE-EN 524-1:1997(**)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo. Parte 1: Determinación de la forma y las dimensiones
UNE-EN 524-2:1997(**)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo. Parte 2: Determinación del comportamiento a flexión
UNE-EN 524-3:1997(**)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo. Parte 3: Ensayo de flexión en dos direcciones
UNE-EN 524-4:1997(**)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo. Parte 4: Determinación de la resistencia a cargas laterales
UNE-EN 524-5:1997(**)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo. Parte 5: Determinación de la resistencia a tracción
UNE-EN 524-6:1997(**)	Vainas de fleje de acero para tendones de pretensado. Métodos de ensayo. Parte 6: Determinación de la estanquidad (determinación de la pérdida de agua)
UNE-EN 772-19(**)	Métodos de ensayo de piezas para fábricas de albañilería. Parte 19: Determinación de la dilatación a la humedad de los grandes elementos de albañilería de arcilla cocida, perforados horizontalmente.
UNE-EN 932-3:1997(**)	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología de la descripción petrográfica simplificada
UNE-EN 932-3:1997/A1:2004	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología de la descripción petrográfica simplificada
UNE-EN 933-1:2012(**)	Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1. Determinación

	de la granulometría de las partículas. Métodos del tamizado
UNE-EN 933-2:1996	Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, Tamaño nominal de las aberturas
UNE-EN 933-2:1996/1M:1999	Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, Tamaño nominal de las aberturas
UNE-EN 933-3:2012(**)	Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas
UNE-EN 933-8:2012+A1:2015(**)	Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8. Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena
UNE-EN 933-8:2012+A1:2015/1M:2016(**)	Ensayo para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8. Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena
UNE-EN 933-9:2010+A1:2013(**)	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 9. Evaluación de los finos. Ensayo de azul de metileno
UNE-EN 934-2 (*)	Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado
UNE-EN 934-5(*)	Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 5: Aditivos para hormigón proyectado. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado
UNE-EN 1062-3:2008(**)	Pinturas y barnices. Materiales de recubrimiento y sistemas de recubrimiento para albañilería exterior y hormigón. Parte 3: Determinación de la permeabilidad al agua líquida
UNE-EN 1065:1999	Puntales telescópicos regulables de acero. Especificaciones del producto, diseño y evaluación por cálculo y ensayos.
UNE-EN 1090-2:2011+A1:2011(**)	Ejecución de estructuras de acero y aluminio. Parte 2: Requisitos técnicos para la ejecución de estructuras de acero
UNE-EN 1097-2:2010(**)	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2.

	Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación
UNE-EN 1097-6:2014(**)	Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 6. Determinación de la densidad de partículas y la absorción de agua
UNE-EN 1367-2:2010(**)	Ensayos para determinar las propiedades térmicas y de alteración de los áridos. Parte 2: Ensayo de sulfato de magnesio
UNE-EN 1504-2 (*)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 2: Sistemas de protección superficial para el hormigón
UNE-EN 1504-3 (*)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural
UNE-EN 1504-4 (*)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 4: Adhesión estructural
UNE-EN 1504-5 (*)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 5: Productos y sistemas para la inyección del hormigón
UNE-EN 1504-5:2014	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 5: Productos y sistemas para la inyección del hormigón
UNE-EN 1504-6 (*)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 6: Anclaje de armaduras de acero.
UNE-EN 1504-7 (*)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y

	evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural
UNE-EN 1504-9:2011(**)	Productos y sistemas para la protección y reparación de estructuras de hormigón. Definiciones, requisitos, control de calidad y evaluación de la conformidad. Parte 3: Reparación estructural y no estructural
UNE-EN 1542:2000(**)	Productos y sistemas para la protección y preparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Determinación de la adhesión por tracción directa
UNE-EN 16031:2013	Puntales telescópicos regulables de aluminio. Especificaciones de producto, diseño y evaluación mediante cálculo y ensayos.
UNE-EN 16502:2015	Método de ensayo para la determinación del grado de acidez de un suelo de acuerdo con Baumann-Gully.
UNE-EN 1744-1:2010+A12013(**)	Ensayo para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1. Análisis químico
UNE-EN 1766:2000(**)	Productos y sistemas para la protección y preparación de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Hormigones de referencia para ensayos
UNE-EN 1990:2003/A1:2010	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras
UNE-EN 1990:2003	Eurocódigos. Bases de cálculo de estructuras
UNE-EN 1992-1-1:2013(**)	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación
UNE-EN 1992-1-2:2011	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego
UNE-EN 1992-2:2013	Eurocódigo 2: Proyecto de estructuras de hormigón. Parte 2: Puentes de hormigón. Cálculo y disposiciones constructivas
UNE-EN 1993-1-1:2013	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificios
UNE-EN 1993-1-2:2016	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego
UNE-EN 1993-1-4:2012	Eurocódigo 3. Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-4: Reglas generales. Reglas adicionales para los aceros inoxidables

UNE-EN 1993-1-5:2013	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-5: Placas planas cargadas en su plano
UNE-EN 1993-1-8:2013(**)	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-8: Uniones
UNE-EN 1993-1-9:2013	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-9: Fatiga
UNE-EN 1993-1-10:2013	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 1-10: Tenacidad de fractura y resistencia transversal
UNE-EN 1993-2:2013	Eurocódigo 3: Proyecto de estructuras de acero. Parte 2: Puentes
UNE-EN 1994-1-1:2013	Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Parte 1-1: Reglas generales y reglas para edificación
UNE-EN 1994-1-2:2016	Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Parte 1-2: Reglas generales. Proyecto de estructuras sometidas al fuego
UNE-EN 1994-2:2013	Eurocódigo 4: Proyecto de estructuras mixtas de acero y hormigón. Parte 2: Reglas generales y reglas para puentes
UNE-EN 6892-1:2017	Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente (ISO 6892-1:2016)
UNE-EN 10024:1995	Productos de acero laminados en caliente. Sección en I con alas inclinadas. Tolerancias dimensionales y de forma
UNE-EN 10025-1 (*)	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro
UNE-EN 10025-2:2006(**)	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 2: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales no aleados
UNE-EN 10025-3:2006(**)	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 3: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino en la condición de normalizado/laminado de normalización
UNE-EN 10025-4:2007(**)	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 4: Condiciones técnicas de suministro de los aceros estructurales soldables de grano fino laminados termomecánicamente
UNE-EN 10025-5:2007(**)	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 5: Condiciones técnicas de

	suministro de los aceros estructurales con resistencia mejorada a la corrosión atmosférica
UNE-EN 10025-6: 2007/A:2009(**)	Productos laminados en caliente de aceros para estructuras. Parte 6: Condiciones técnicas de suministro de los productos planos de aceros estructurales de alto límite elástico en la condición de templado y revenido
UNE-EN 10029:2011	Chapas de acero laminadas en caliente, de espesor igual o superior a 3 mm. Tolerancias dimensionales y sobre la forma
UNE-EN 10034:1994	Perfiles I y H de acero estructural. Tolerancias dimensionales y de forma. (Versión oficial EN 10034:1993)
UNE-EN 10055:1996	Perfil T de acero con alas iguales y aristas redondeadas laminado en caliente. Medidas y tolerancias dimensionales y de forma
UNE-EN 10056-1:1999	Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 1: Medidas
UNE-EN 10056-2:1994	Angulares de lados iguales y desiguales de acero estructural. Parte 2: tolerancias dimensionales y de forma. (Versión oficial EN 10056-2:1993)
UNE-EN 10058:2004	Barras rectangulares de acero laminadas en caliente para usos generales. Dimensiones y tolerancias dimensionales y de forma
UNE-EN 10059:2004	Barras cuadradas de acero laminadas en caliente para usos generales. Dimensiones y tolerancias dimensionales y de forma
UNE-EN 10060:2004	Barras redondas de acero laminadas en caliente para usos generales. Dimensiones y tolerancias dimensionales y de forma
UNE-EN 10061:2005(**)	Barras hexagonales de acero laminadas en caliente para usos generales. Dimensiones y tolerancias dimensionales y de forma
UNE-EN 10080:2006	Acero para el armado del hormigón. Acero soldable para armaduras de hormigón armado. Generalidades
UNE-EN 10083-1:2008	Aceros para temple y revenido. Parte 1: Condiciones técnicas generales de suministro
UNE-EN 10088-1:2015(**)	Aceros inoxidables. Parte 1: Relación de aceros inoxidables
UNE-EN 10088-4 (*)	Aceros inoxidables. Parte 4: Condiciones técnicas de suministro para chapas y bandas de aceros

	resistentes a la corrosión para usos en construcción
UNE-EN 10088-5 (*)	Aceros inoxidables. Parte 5: Condiciones técnicas de suministro para barras, alambrón, alambre, perfiles y productos brillantes de aceros resistentes a la corrosión para usos en construcción
UNE-EN 10149-2:2014	Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío. Parte 2: Condiciones de suministro para aceros en estado de laminado termomecánico
UNE-EN 10149-3:2014	Productos planos laminados en caliente de alto límite elástico para conformado en frío. Parte 2: Condiciones de suministro para aceros en estado de normalizado o de laminado de normalización
UNE-EN 10162:2005(**)	Perfiles de acero conformados en frío. Condiciones técnicas de suministro. Tolerancias dimensionales y de la sección transversal
UNE-EN 10164:2007(**)	Aceros de construcción con resistencia mejorada a la deformación en la dirección perpendicular a la superficie del producto. Condiciones técnicas de suministro
UNE-EN 10204:2006(**)	Productos metálicos. Tipos de documentos de inspección.
UNE-EN 10210-1 (*)	Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado y de grano fino. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro
UNE-EN 10210-2 (*)	Perfiles huecos para construcción, acabados en caliente, de acero no aleado y de grano fino. Parte 2: Tolerancias, dimensiones y propiedades de sección
UNE-EN 10219-1:2007	Perfiles huecos para construcción soldados, conformados en frío de acero no aleado y de grano fino. Parte 1: Condiciones técnicas de suministro
UNE-EN 10219-2:2007	Perfiles huecos para construcción soldados, conformados en frío de acero no aleado y de grano fino. Parte 2: Tolerancias, dimensiones y propiedades de sección
UNE-EN 10279:2001(**)	Perfiles en U de acero laminado en caliente. Tolerancias dimensionales, de la forma y de la masa

UNE-EN 10346:2015	Productos planos de acero recubiertos en continuo por inmersión en caliente. Condiciones técnicas de suministro
UNE-EN 12350-1:2009	Ensayos de hormigón fresco. Parte 1. Toma de muestras
UNE-EN 12350-2:2009(**)	Ensayos de hormigón fresco. Parte 2. Ensayo de asentamiento
UNE-EN 12350-3:2009(**)	Ensayos de hormigón fresco. Parte 3. Ensayo Vebe
UNE-EN 12350-6:2009	Ensayos de hormigón fresco. Parte 6: Determinación de la densidad
UNE-EN 12350-7:2010(**)	Ensayos de hormigón fresco. Parte 7. Determinación del contenido del aire. Métodos de presión
UNE-EN 12350-8:2011	Ensayos de hormigón fresco. Parte 8: Hormigón autocompactante. Ensayo del escurrimiento
UNE-EN 12350-9:2011	Ensayos de hormigón fresco. Parte 9: Hormigón autocompactante. Ensayo del embudo en V
UNE-EN 12350-10:2011	Ensayos de hormigón fresco. Parte 10: Hormigón autocompactante. Método de la caja en L
UNE-EN 12350-11:2010	Ensayos de hormigón fresco. Parte 11: Hormigón autocompactante. Ensayo de segregación por tamiz
UNE-EN 12350-12:2011	Ensayos de hormigón fresco - Parte 12: Hormigón autocompactante. Ensayo con el anillo japonés
UNE-EN 12390-1:2013	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 1: Forma, dimensiones y otras características de las probetas y moldes
UNE-EN 12390-2:2009	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia
UNE-EN 12390-2:2009/1M:2015	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia
UNE-EN 12390-3:2009(**)	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas
UNE-EN 12390-3:2009/AC:2011	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas

UNE-EN 12390-5:2009	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 5. Resistencia a flexión de probetas
UNE-EN 12390-6:2010	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 6. Resistencia a tracción indirecta de probetas
UNE-EN 12390-8:2009	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 8: Profundidad de penetración de agua bajo presión
UNE-EN 12390-13:2009	Ensayos de hormigón endurecido. Parte 13: Determinación del módulo secante de elasticidad en compresión
UNE-EN 12407:2007	Métodos de ensayo para piedra natural. Estudio petrográfico
UNE-EN 12499:2003	Protección catódica interna de estructuras metálicas
UNE-EN 12504-1:2009	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.
UNE-EN 12504-2:2013	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 2: Ensayos no destructivos. Determinación del índice de rebote
UNE-EN 12504-4:2006	Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 4: Determinación de la velocidad de los impulsos ultrasónicos
UNE-EN 12620 (*)	Áridos para hormigón
UNE-EN 12812:2008	Cimbras. Requisitos de comportamiento y diseño general
UNE-EN 13036-4:2012(**)	Características superficiales de carreteras y superficies aeroportuarias. Parte 4: Método para la medición de la resistencia al deslizamiento/derrape. Ensayo del péndulo
UNE-EN 13055-1 (*)	Áridos ligeros. Parte 1: Áridos ligeros para hormigón, mortero e inyectado
UNE-EN 13263-1 (*)	Humo de sílice para hormigón. Parte 1. Definiciones, requisitos y criterios de conformidad
UNE-EN 13438:2014	Pinturas y barnices. Recubrimientos orgánicos en polvo para productos de acero galvanizado en caliente o sherardizado, empleados en la construcción
UNE-EN 13479 (*)	Consumibles para el soldeo. Norma general de producto para metales de aportación y fundentes para el soldeo por fusión de materiales metálicos

UNE-EN 13501-1:2007+A1:2010(**)	Clasificación en función del comportamiento frente al fuego de los productos de construcción y elementos para edificación. Parte 1: Clasificación en función de datos obtenidos de reacción al fuego
UNE-EN 13577:2008	Ataque químico del hormigón. Determinación del contenido en dióxido de carbono agresivo contenido en el agua
UNE-EN 13579:2003(**)	Productos y sistemas para la reparación y protección de estructuras de hormigón. Métodos de ensayo. Ensayo de secado por impregnación hidrofóbica
UNE-EN 13670:2013	Ejecución de estructuras de hormigón
UNE-EN 14399-1 (*)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 1: Requisitos generales
UNE-EN 14399-2:2016(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 2: Aptitud a la precarga.
UNE-EN 14399-3:2016(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 3: Sistema HR. Conjuntos de tornillo y tuerca de cabeza hexagonal
UNE-EN 14399-4:2016(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 4: Sistema HV. Conjuntos de tornillo y tuerca de cabeza hexagonal.
UNE-EN 14399-5:2016(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 5: Arandelas planas
UNE-EN 14399-6:2016(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 6: Arandelas planas achaflanadas
UNE-EN 14399-7:2009(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 7: Sistema HR - Conjuntos de tornillo de cabeza avellanada y tuerca
UNE-EN 14399-8:2009(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 8: Sistema HV. Conjuntos de tornillo calibrado y tuerca de cabeza hexagonal
UNE-EN 14399-10:2010(**)	Conjuntos de elementos de fijación estructurales de alta resistencia para precarga. Parte 10:

	Sistema HRC. Conjuntos de tornillo y tuerca con precarga calibrada
UNE-EN 14487-1:2008	Hormigón proyectado. Parte 1. Definiciones, especificaciones y conformidad
UNE-EN 14488-1:2006	Ensayos de hormigón proyectado. Parte 1. Toma de muestras de hormigón fresco y endurecido
UNE-EN 14630:2007(**)	Productos y sistemas para la reparación y protección de estructuras de hormigón. Parte 1: Métodos de ensayo. Determinación de la profundidad de carbonatación en un hormigón endurecido por el método de la fenolftaleína
UNE-EN 14647(*)	Cemento de aluminato de calcio. Composición, especificaciones y criterios de conformidad
UNE-EN 14651:2007+A1:2008	Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación de la resistencia a la tracción por flexión (límite de proporcionalidad (LOP), resistencia residual
UNE-EN 14721:2006+A1:2008	Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación del contenido en fibras en el hormigón fresco y en el endurecido
UNE-EN 14721:2015	Método de ensayo para hormigón con fibras metálicas. Determinación del contenido en fibras en el hormigón fresco y en el endurecido
UNE-EN 14889-1 (*)	Fibras para hormigón. Parte 1: Definiciones, especificaciones y conformidad
UNE-EN 14889-2 (*)	Fibras para hormigón. Parte 2: Fibras poliméricas. Definiciones, especificaciones y conformidad
UNE-EN 14889-7:2007	Fibras para hormigón. Parte 7: Contenido en fibras del hormigón reforzado con fibras.
UNE-EN 15037-2:2009+A1:2011	Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de viga y bovedilla. Parte 2: Bovedillas de hormigón.
UNE-EN 15037-3 (*)	Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de viga y bovedilla. Parte 3: Bovedillas de arcilla cocida
UNE-EN 15037-4 (*)	Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjados de viga y bovedilla. Parte 4: Bovedillas de poliestireno expandido (EPS).
UNE-EN 15037-5 (*)	Productos prefabricados de hormigón. Sistemas de forjado de viga y bovedilla. Parte 5: Bovedillas ligeras para encofrados simples

UNE-EN 15048-1 (*)	Uniones atornilladas estructurales sin precarga. Parte 1: Requisitos generales
UNE-EN 15048-2:2008(**)	Uniones atornilladas estructurales sin precarga. Parte 2: Ensayo de aptitud
UNE-EN 15305:2008	Ensayos no destructivos. Método de ensayo para el análisis de la tensión residual por difracción de rayos X
UNE-EN 15773:2010	Aplicación industrial de recubrimientos orgánicos en polvo sobre artículos de acero galvanizados en caliente o sherardizados [sistemas dúplex]. Especificaciones, recomendaciones y directrices
UNE-EN 15804:2012+A1:2014	Sostenibilidad en la construcción. Declaraciones ambientales de producto. Reglas de categoría de producto básicas para productos de construcción
UNE-EN 16247-1:2012	Auditorías energéticas. Parte 1: Requisitos generales
UNE-EN 83460-2:2005	Adiciones al hormigón. Humo de sílice. Parte 2: Recomendaciones generales para la utilización de humo de sílice
UNE-EN 83503:2004	Hormigones con fibras. Medida de la docilidad por medio del cono invertido
UNE-EN 83510:2004	Hormigones con fibras. Determinación del índice de tenacidad y resistencia a primera fisura
UNE-EN 83515:2010	Hormigones con fibras. Determinación de la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción. Método Barcelona
UNE-EN 83516:2015	Fibras para hormigón. Fibras de vidrio resistentes a los álcalis (AR). Definiciones, clasificación y especificaciones
UNE-EN 83607:2014 IN	Hormigón proyectado. Recomendaciones de utilización

3 Normas UNE-EN ISO

UNE-EN-ISO 148-1:2017	Materiales metálicos. Ensayo de flexión por choque con péndulo Charpy. Parte 1: Método de ensayo. (ISO 148-1:2016)
UNE-EN-ISO 286-2:2011	Especificación geométrica de productos (GPS). Sistema de codificación ISO para las tolerancias

	en dimensiones lineales. Parte 2: Tablas de las clases de tolerancia normalizadas y de las desviaciones límite para agujeros y ejes. (ISO 286-2:2010)
UNE-EN-ISO 643:2013	Aceros. Determinación micrográfica del tamaño de grano aparente. (ISO 643:2012)
UNE-EN-ISO 868:2003(**)	Plásticos y ebonita. Determinación de la dureza de indentación por medio de un durómetro (dureza shore). (ISO 868:2003)
UNE-EN-ISO 898-1:2015(**)	Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 1: Pernos, tornillos y bulones con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino. (ISO 898-1:2013)
UNE-EN-ISO 898-2:2013(**)	Características mecánicas de los elementos de fijación de acero al carbono y de acero aleado. Parte 2: Tuercas con clases de calidad especificadas. Rosca de paso grueso y rosca de paso fino. (ISO 898-2:2012)
UNE-EN-ISO 1461:2010	Recubrimientos de galvanización en caliente sobre piezas de hierro y acero. Especificaciones y métodos de ensayo. (ISO 1461:2009)
UNE-EN-ISO 2063:2005	Proyección térmica. Recubrimientos metálicos y otros recubrimientos inorgánicos. Cinc, aluminio y sus aleaciones (ISO 2063:2005)
UNE-EN-ISO 2409:2013(**)	Pinturas y barnices. Ensayo de corte por enrejado. (ISO 2409:2013)
UNE-EN-ISO 2812-1:2007(**)	Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 1: Inmersión en líquidos distintos al agua. (ISO 2812-1:2007)
UNE-EN-ISO 2812-2:2007	Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a líquidos. Parte 2: Método de inmersión en agua. (ISO 2812-2:2007)
UNE-EN-ISO 3452-1:2013	Ensayos no destructivos. Ensayo por líquidos penetrantes. Parte 1: Principios generales. (ISO 3452-1:2013, versión corregida 2014-05-01)
UNE-EN-ISO 3834-2:2006	Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 2: Requisitos de calidad completos (ISO 3834-2:2005)
UNE-EN-ISO 3834-3:2006	Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 3: Requisitos de calidad normales. (ISO 3834-3:2005)

UNE-EN-ISO 3834-4:2006	Requisitos de calidad para el soldeo por fusión de materiales metálicos. Parte 4: Requisitos de calidad elementales. (ISO 3834-4:2005)
UNE-EN-ISO 4014:2011	Pernos de cabeza hexagonal. Productos de clases A y B. (ISO 4014:2011)
UNE-EN-ISO 4016:2011	Pernos de cabeza hexagonal. Productos de clase C. (ISO 4016:2011)
UNE-EN-ISO 4017:2015	Elementos de fijación. Tornillos de cabeza hexagonal. Productos de clases A y B. (ISO 4017:2014)
UNE-EN-ISO 4018:2011	Tornillos de cabeza hexagonal. Productos de clase C. (ISO 4018:2011)
UNE-EN-ISO 4032:2013	Tuercas hexagonales normales, tipo 1. Productos de clases A y B. (ISO 4032:2012)
UNE-EN-ISO 4033:2013	Tuercas hexagonales altas, tipo 2. Productos de clases A y B. (ISO 4033:2012)
UNE-EN-ISO 4034:2013	Tuercas hexagonales normales, tipo 1. Producto de clase C. (ISO 4034:2012)
UNE-EN-ISO 4063:2011	Soldeo y técnicas conexas. Nomenclatura de procesos y números de referencia. (ISO 4063:2009, versión corregida 2010-03-01)
UNE-EN-ISO 4624:2016	Pinturas y barnices. Ensayo de adherencia por tracción. (ISO 4624:2016)
UNE-EN-ISO 4628-2:2016(**)	Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 2: Evaluación del grado de ampollamiento. (ISO 4628-2:2016)
UNE-EN-ISO 4628-3:2016	Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 3: Evaluación del grado de oxidación. (ISO 4628-3:2016)
UNE-EN-ISO 4628-4:2016(**)	Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 4: Evaluación del grado de agrietamiento. (ISO 4628-4:2016)
UNE-EN-ISO 4628-5:2016(**)	Pinturas y barnices. Evaluación de la degradación de los recubrimientos. Designación de la intensidad, cantidad y tamaño de los tipos más comunes de defectos. Parte 5: Evaluación del grado de descamación. (ISO 4628-5:2016)

UNE-EN-ISO 4628-5:2017	Productos siderúrgicos. Tratamientos térmicos. Vocabulario. (ISO 4885:2017)
UNE-EN-ISO 5470-1:2017(**)	Tejidos recubiertos de plástico y caucho. Determinación de la resistencia a la abrasión. Parte 1: Aparato de ensayo de abrasión Taber (ISO 5470-1:2016)
UNE-EN-ISO 5817:2014	Soldeo. Uniones soldadas por fusión en acero, níquel, titanio y sus aleaciones (excluido el soldeo por haz de electrones). Niveles de calidad para las imperfecciones. (ISO 5817:2014)
UNE-EN-ISO 6270-1:2002	Pinturas y barnices. Determinación de la resistencia a la humedad. Parte 1: Condensación continua. (ISO 6270-1:1998)
UNE-EN-ISO 6272-1:2012(**)	Pinturas y barnices. Ensayos de deformación rápida (resistencia al impacto). Parte 1: Ensayo de caída de una masa con percutor de gran superficie. (ISO 6272:2011)
UNE-EN-ISO 6507-1:2006(**)	Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 1: Método de ensayo (ISO 6507-1:2005)
UNE-EN-ISO 6507-2:2007	Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 2: Verificación y calibración de las máquinas de ensayo (ISO 6507-2:2005)
UNE-EN-ISO 6507-3:2007	Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 3: Calibración de los bloques patrón (ISO 6507-3:2005)
UNE-EN-ISO 6507-4:2007	Materiales metálicos. Ensayo de dureza Vickers. Parte 4: Tabla de valores de dureza (ISO 6507-4:2005)
UNE-EN-ISO 6520-1:2009	Soldeo y técnicas afines. Clasificación de las imperfecciones geométricas en los materiales metálicos. Parte 1: Soldeo por fusión (ISO 6520-1:2007)
UNE-EN-ISO 6892-1:2017	Materiales metálicos. Ensayo de tracción. Parte 1: Método de ensayo a temperatura ambiente. (ISO 6892-1:2016)
UNE-EN-ISO 7089:2000	Arandelas planas. Serie normal. Producto de clase A. (ISO 7089:2000)
UNE-EN-ISO 7090:2000	Arandelas planas achaflanadas. Serie normal. Producto de clase A. (ISO 7090:2000)
UNE-EN-ISO 7091:2000	Arandelas planas. Serie normal. Producto de clase C. (ISO 7091:2000)

UNE-EN-ISO 7092:2000	Arandelas planas. Serie estrecha. Producto de clase A. (ISO 7092:2000)
UNE-EN-ISO 7093-1:2000	Arandelas planas. Serie ancha. Parte 1: Producto de clase A. (ISO 7093-1:2000)
UNE-EN-ISO 7093-2:2000	Arandelas planas. Serie ancha. Parte 2: Producto de clase C. (ISO 7093-2:2000)
UNE-EN-ISO 7094:2000	Arandelas planas. Serie extra ancha. Producto de clase C. (ISO 7094:2000)
UNE-EN-ISO 7438:2016	Materiales metálicos. Ensayo de doblado (ISO 7438:2016).
UNE-EN-ISO 7783:2012	Pinturas y barnices. Determinación de permeabilidad al vapor de agua. Método de la cápsula. (ISO 7783:2011)
UNE-EN-ISO 8501-1:2008	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Evaluación visual de la limpieza de las superficies. Parte 1: Grados de óxido y de preparación de sustratos de acero no pintados después de eliminar totalmente los recubrimientos anteriores. (ISO 8501-1:2007)
UNE-EN-ISO 8502-3:2017	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Ensayos para la evaluación de la limpieza de las superficies. Parte 3: Determinación del polvo sobre superficies de acero preparadas para ser pintadas (método de la cinta adhesiva sensible a la presión). (ISO 8502-3:2017)
UNE-EN-ISO 8503-1:2012	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 1: Especificaciones y definiciones relativas a las muestras ISO de comparación táctil-visual para la evaluación de superficies preparadas mediante proyección de agentes abrasivos. (ISO 8503-1:2012)
UNE-EN-ISO 8503-2:2012	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 2: Método para caracterizar un perfil de superficie de acero decapado por proyección de agentes abrasivos. Utilización de muestras ISO de comparación táctil-visual. (ISO 8503-2:2012)

UNE-EN-ISO 8503-3:2012	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 3: Método de calibración de las muestras ISO de comparación táctil-visual y de caracterización de un perfil de superficie. Utilización de un microscopio óptico. (ISO 8503-3:2012)
UNE-EN-ISO 8503-4:2012	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 4: Método para la calibración de las muestras ISO de comparación táctil-visual y de caracterización de un perfil de superficie. Utilización de un palpador. (ISO 8503-4:2012)
UNE-EN-ISO 8503-5:2006	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos afines. Características de la rugosidad de los sustratos de acero chorreados. Parte 5: Método de la cinta réplica para la determinación del perfil de superficie (ISO 8503-5:2003)
UNE-EN-ISO 8504-1:2002	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 1: Principios generales. (ISO 8504-1:2000)
UNE-EN-ISO 8504-2:2002	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 2: Limpieza por chorreado abrasivo. (ISO 8504-2:2000)
UNE-EN-ISO 8504-3:2002	Preparación de sustratos de acero previa a la aplicación de pinturas y productos relacionados. Métodos de preparación de las superficies. Parte 3: Limpieza manual y con herramientas motorizadas. (ISO 8504-3:1993)
UNE-EN-ISO 9001:2015(**)	Sistemas de gestión de la calidad. Requisitos. (ISO 9001:2008)
UNE-EN-ISO 9013:2003/A1:2004	Corte térmico. Clasificación de los cortes térmicos. Especificación geométrica de los productos y tolerancias de calidad. (ISO 9013:2002)
UNE-EN-ISO 9227:2012	Ensayos de corrosión en atmósferas artificiales. Ensayos de niebla salina. (ISO 9227:2012)

UNE-EN-ISO 9606-1:2014	Cualificación de soldadores. Soldeo por fusión. Parte 1: Aceros (ISO 9606-1:2012 incluido Cor 1:2012)
UNE-EN-ISO 9692-1:2014	Soldeo y procesos afines. Tipos de preparación de uniones. Parte 1: Soldeo por arco con electrodos revestidos, soldeo por arco protegido con gas y electrodo de aporte, soldeo por llama, soldeo por arco con gas inerte y electrodo de wolframio y soldeo por haz de alta energía de aceros. (ISO 9692-1:2013).
UNE-EN-ISO 9692-2:1998/AC:1999	Soldeo y procesos afines. Preparación de uniones. Parte 2: Soldeo por arco sumergido de aceros. (ISO 9692-2:1998)
UNE-EN-ISO 9712:2012	Ensayos no destructivos. Cualificación y certificación del personal que realiza ensayos no destructivos. (ISO 9712:2012)
UNE-EN-ISO 10675-1:2017	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Niveles de aceptación para los ensayos radiográficos. Parte 1: Acero, níquel, titanio y sus aleaciones. (ISO 10675-1:2016)
UNE-EN-ISO 10684:2006	Elementos de fijación. Recubrimientos por galvanización en caliente (ISO 10684:2004)
UNE-EN-ISO 11666:2011	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos. Niveles de aceptación. (ISO 11666:2010)
UNE-EN-ISO 12696:2012	Protección catódica del acero en el hormigón. (ISO 12696:2012)
UNE-EN-ISO 12944-3:1999	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 3: Consideraciones sobre el diseño. (ISO 12944-3:1998)
UNE-EN-ISO 12944-4:1999	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 4: Tipos y preparación de superficies. (ISO 12944-4:1998)
UNE-EN-ISO 12944-5:2008	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 5: Sistemas de pintura protectores. (ISO 12944-5:2007)
UNE-EN-ISO 12944-6:1999	Pinturas y barnices. Protección de estructuras de acero frente a la corrosión mediante sistemas de pintura protectores. Parte 6: Ensayos de comportamiento en laboratorio. (ISO 12944-6:1998)

UNE-EN-ISO 13918:2009	Soldeo. Espárragos y férulas cerámicas para el soldeo por arco de espárragos (ISO 13918:2008)
UNE-EN-ISO 14001:2015	Sistemas de gestión ambiental. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 14001:2015)
UNE-EN-ISO 14025:2010	Etiquetas y declaraciones ambientales. Declaraciones ambientales tipo III. Principios y procedimientos. (ISO 14025:2006)
UNE-EN-ISO 14555 2014	Soldeo. Soldeo por arco de espárragos de materiales metálicos. (ISO 14555:2014, versión corregida 2014-06-01).
UNE-EN-ISO 14713-1:2011	Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de cinc. Parte 1: Principios generales de diseño y resistencia a la corrosión. (ISO 14713-1:2009)
UNE-EN-ISO 14713-2:2011	Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de cinc. Parte 2: Galvanización en caliente. (ISO 14713-2:2009)
UNE-EN-ISO 14713-3:2011	Directrices y recomendaciones para la protección frente a la corrosión de las estructuras de hierro y acero. Recubrimientos de cinc. Parte 3: Sherardización. (ISO 14713-3:2009)
UNE-EN-ISO 14731:2008	Coordinación del soldeo. Tareas y responsabilidades. (ISO 14731:2006)
UNE-EN-ISO 14732:2014	Personal de soldeo. Ensayos de cualificación de operadores de soldeo y ajustadores de soldeo para el soldeo automático y mecanizado de materiales metálicos. (ISO 14732:2013)
UNE-EN-ISO 15609-1:2005	Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Especificación del procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldeo por arco. (ISO 15609-1:2004)
UNE-EN-ISO 15610:2004	Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación basada en el empleo de consumibles de soldeo ensayados (ISO 15610:2003)
UNE-EN-ISO 15611:2004	Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante experiencia previa de soldeo (ISO 15611:2003)
UNE-EN-ISO 15612:2005	Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación

	por adopción de un procedimiento de soldeo estándar. (ISO 15612:2004)
UNE-EN-ISO 15613:2005	Especificación y cualificación de procedimientos de soldeo para materiales metálicos. Cualificación mediante ensayos de soldeo anteriores a la producción (ISO 15613:2004)
UNE-EN-ISO 15614-1:2005	Especificación y cualificación de los procedimientos de soldeo para los materiales metálicos. Ensayo de procedimiento de soldeo. Parte 1: Soldero por arco y con gas de aceros y soldero por arco de níquel y sus aleaciones. (ISO 15614-1:2004)
UNE-EN-ISO 15630-1:2011	Aceros para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 1: Barras, alambres y alambrón para hormigón armado. (ISO 15630-1:2010)
UNE-EN-ISO 15630-2:2011	Aceros para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 2: Mallas electrosoldadas. (ISO 15630-2:2010)
UNE-EN-ISO 15630-3:2011	Aceros para el armado y el pretensado del hormigón. Métodos de ensayo. Parte 3: Aceros para pretensar.
UNE-EN-ISO 17024:2012	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para los organismos que realizan certificación de personas. (ISO/IEC 17024:2012)
UNE-EN-ISO 17635:2017	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Reglas generales para los materiales metálicos. (ISO 17635:2016)
UNE-EN-ISO 17636-1:2013	Ensayo no destructivo de soldaduras. Ensayo radiográfico. Parte 1: Técnicas de rayos X y gamma con película. (ISO 17636-1:2013)
UNE-EN-ISO 17636-2:2013	Ensayo no destructivo de soldaduras. Ensayo radiográfico. Parte 2: Técnicas de rayos X y gamma con detectores digitales. (ISO 17636-2:2013)
UNE-EN-ISO 17637:2017	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Examen visual de uniones soldadas por fusión. (ISO 17637:2016)
UNE-EN-ISO 17638:2017	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo mediante partículas magnéticas. (ISO 17638:2016).

UNE-EN-ISO 17640:2011	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo por ultrasonidos. Técnicas, niveles de ensayo y evaluación. (ISO 17640:2010)
UNE-EN-ISO 17660-1:2008	Soldeo. Soldeo de armaduras de acero. Parte 1: Uniones soldadas que soportan carga (ISO 17660-1:2006)
UNE-EN-ISO 17660-2:2008	Soldeo. Soldeo de armaduras de acero. Parte 2: Uniones soldadas que no soportan carga. (ISO 17660-2:2006)
UNE-EN-ISO 23277:2015	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo mediante líquidos penetrantes. Niveles de aceptación. (ISO 23277:2015)
UNE-EN-ISO 23278:2015	Ensayo no destructivo de uniones soldadas. Ensayo de uniones soldadas mediante partículas magnéticas. Niveles de aceptación. (ISO 23278:2015)
UNE-EN-ISO 50001:2011	Sistemas de gestión de la energía. Requisitos con orientación para su uso. (ISO 50001:2011)
UNE-EN-ISO 150008:2008	Análisis y evaluación del riesgo ambiental

4 Normas UNE-EN ISO/IEC

UNE-EN-ISO/IEC TS 17021:2015	Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión (ISO/IEC 17021:2006)
UNE-EN-ISO/IEC 17021-1:2015	Evaluación de la conformidad. Requisitos para los organismos que realizan la auditoría y la certificación de sistemas de gestión. Parte 1: Requisitos. (ISO/IEC 17021-1:2015)
UNE-EN-ISO/IEC TS 17025:2005	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y de calibración
UNE-EN-ISO/IEC TS 17065:2012	Evaluación de la conformidad. Requisitos generales para entidades que realizan la certificación de producto

Anejo 2

Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

Contenidos del anejo

A2 Contribución de las estructuras a la sostenibilidad.....	3
A2.1 Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES).....	3
A2.1.1 Definición del ICES	3
A2.1.2 Obtención del ICES.....	3
A2.1.3 Tipos de elementos de la estructura	4
A2.1.4 Factor de composición tipológica.....	4
A2.2 Índice de contribución del proceso a la sostenibilidad (ICPS)	5
A2.2.1 Procesos a considerar para cada tipo de elemento.....	5
A2.2.2 Agentes que participan en la estructura.....	7
A2.2.3 Definición del ICPS	7
A2.2.4 Obtención del ICPS.....	8
A2.2.5 Requisitos relacionados con la sostenibilidad.....	9
A2.3 Índice de contribución del agente a la sostenibilidad (ICAS).....	9
A2.3.1 Cálculo del ICAS	9
A2.3.2 Criterios e indicadores de sostenibilidad del agente.....	10
A2.3.3 Contribución del agente a la sostenibilidad (CAS).....	11
A2.3.4 Criterios de valoración	11
A2.4 Índice complementario de contribución a la sostenibilidad (ICS)	12
A2.4.1 Cálculo del ICS	12
A2.4.2 Criterios e indicadores de sostenibilidad del proceso o producto	14
A2.4.3 Contribución complementaria del proceso a la sostenibilidad (CCS)	14
A2.4.4 Criterios de valoración	14
APÉNDICE A. Contribución del agente a la sostenibilidad	16
APÉNDICE B. Contribución complementaria a la sostenibilidad	63
APÉNDICE C. Ejemplo	78

A2 Contribución de las estructuras a la sostenibilidad

A2.1 Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES)

A2.1.1 Definición del ICES

Se define como “índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad (ICES)” a la suma de las contribuciones de cada uno de los procesos involucrados en su proyecto y construcción, incluyendo los de fabricación y transformación de los materiales que incorpora.

A2.1.2 Obtención del ICES

El ICES deberá obtenerse siguiendo los siguientes pasos:

- Identificación de los tipos de elementos que forman la estructura, según A2.1.3,
- Cálculo de los factores de composición tipológica α_i , según A2.1.4.
- Identificación de los procesos involucrados en cada uno de los tipos de elementos estructurales obtenidos en a), según tabla A2.2.
- Identificación de las organizaciones, con sus productos o servicios concretos, que aportan en cada proceso, según el apartado A2.2.2.
- Obtención del índice de contribución a la sostenibilidad de cada proceso, $ICPS_{i,j}$ según A2.2.

NOTA: En el caso de que participe más de un producto o servicio para un proceso determinado, se obtendrá el valor ponderado por la participación correspondiente.

- Cálculo del ICES, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$ICES = \sum_{i=1}^4 \alpha_i \cdot \sum_{j=1}^{11} \beta_{i,j} \cdot ICPS_{i,j}$$

Siendo:

α_i : Factor de composición tipológica correspondiente al tipo i , según A2.1.4.

$\beta_{i,j}$: Factor de contribución correspondiente al tipo i para el proceso o producto j según la tabla A2.2.

$ICPS_{i,j}$: Índice de contribución a la sostenibilidad para el proceso o producto j en el elemento i , según el apartado A2.2.4.

A2.1.3 Tipos de elementos de la estructura

Se dividirá la estructura por tipos de elementos, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tipo, i	Definición
1	Elementos de hormigón armado in situ
2	Elementos de hormigón pretensado in situ
3	Elementos prefabricados de hormigón
4	Elementos de acero estructural

Tabla A2.1

A2.1.4 Factor de composición tipológica

Para cada uno de los tipos de elementos i de la tabla A2.1, se define un factor de composición tipológica vinculado a su capacidad mecánica. Esta se obtiene en función de la resistencia característica del hormigón y del límite elástico del acero estructural que compone cada uno de los elementos asociados a cada tipo de estructura, ponderado en función de sus correspondientes masas.

El factor de composición tipológica se obtendrá a partir de las características definidas en el proyecto salvo si se han modificado en la ejecución, en cuyo caso deben emplearse las características finales.

Para cada tipo de elemento i , se define un factor de composición tipológica α_i definido de acuerdo con la siguiente expresión

$$\alpha_i = \frac{\sum_{r=1}^n m_{r,i} \cdot R_{r,i}}{\sum_{r=1}^N m_r \cdot R_r}$$

Donde:

- $m_{r,i}$ es la medición de todos los elementos que pertenecen al tipo i , con resistencia característica o límite elástico R_r , expresada en toneladas
- $R_{r,i}$ es la resistencia característica del hormigón o el límite elástico del acero de los elementos asociados al tipo i , expresada en MPa.
- n es el número total de resistencias características del hormigón o límites elásticos del acero de los elementos asociados al tipo de elementos i

m_r	es la medición de todos los elementos contemplados en el proyecto con resistencia característica o límite elástico R_r , expresada en toneladas
R_r	es la resistencia característica del hormigón o el límite elástico del acero contemplado por el proyecto, expresada en MPa.
N	es el número total de resistencias características del hormigón o límites elásticos del acero contemplados en el proyecto

Estos factores de composición tipológica se deberían facilitar en el proyecto.

A2.2 Índice de contribución del proceso a la sostenibilidad (ICPS)

A2.2.1 Procesos a considerar para cada tipo de elemento

En función del tipo de elemento, se pueden identificar aquellos procesos que están involucrados en su proyecto y ejecución, y los productos que incorpora.

La tabla A2.2 recoge los factores de contribución de proceso y producto $\beta_{i,j}$, definidos como los porcentajes de participación de cada proceso o producto j en los elementos de cada tipo i .

Factores de contribución de proceso y producto $\beta_{i,j}$ [$\times 10^{-2}$]						
j	Proceso y producto		$\beta_{i,j}$ (según el tipo de elemento, i)			
			Tipo 1 Elementos de hormigón armado <i>in situ</i>	Tipo 2 Elementos de hormigón pretensado <i>in situ</i>	Tipo 3 Elementos prefabricados hormigón	Tipo 4 Elementos de acero estructural
1	Proyecto		5	5	5	5
2	Fabricación de productos básicos	Cemento	27	26	27	0
3		Áridos	3	3	3	0
4		Aditivos	3	3	3	0
5		Acero (1)	27	26	27	55/ 45 (4)
6	Fabricación de productos transformados	Hormigón preparado	10	10	0/ 6,6	0
7		Central de prefabricación (2)	0	0	20/ 13,4/ 6,8	0
8		Acero transformado (3)	10	4	0 /6,6	0/ 10 (4)
9		Taller de estructuras metálicas	0	0	0	25
10		Sistema de Pretensado "in situ" (5)	0	8	0	0
11	Construcción en obra		15	15	15	15

NOTAS:

- (1) Incluye los procesos de producción de acero y fabricación de los siguientes productos:
- Productos largos fabricados por laminación en caliente (barras y rollos de acero para armaduras pasivas, alambrón para su posterior transformación, perfiles para acero estructural).
 - Productos planos fabricados por laminación en caliente o en frío (chapas para acero estructural, bobinas y flejes para su posterior transformación).
- (2) En el caso de centrales de prefabricación que incluyan los procesos de fabricación del hormigón y de transformación del acero, el factor de contribución será 20. Para aquellas centrales que no contemplen la fabricación del hormigón o la transformación del acero, el factor de contribución se verá reducido en 6,6 y en 13,2 si no incluyera ninguno de los dos procesos anteriores.
- (3) Incluye los procesos de fabricación de los siguientes productos:
- Perfiles de sección hueca acabados en caliente o conformados en frío y perfiles de sección abierta conformados en frío para acero estructural.
 - Productos de acero trefilados o estirados en frío para armaduras pasivas y activas.
 - Armaduras pasivas (ferralla armada, malla electrosoldada y armadura básica electrosoldada en celosía).

En el caso de que un producto transformado incluya dos procesos de transformación consecutivos, se considerarán ambos ponderándolos al 50%. Por ejemplo, la fabricación de armaduras pasivas a partir de productos de acero obtenidos por trefilación en frío (incluye los procesos de trefilación en frío y de elaboración de malla)

Los productos del fabricante de acero transformado se definen en el articulado de este Código. Así, las armaduras pasivas quedan definidas en el artículo 35 y el porcentaje de participación debe repartirse en función del peso relativo de los tipos de elementos que compongan una armadura pasiva determinada (ferralla armada, etc.).

- (4) En el caso de elementos de acero estructural fabricados que no utilicen productos transformados de acero, el porcentaje de participación del producto básico acero será 55 por ejemplo, los perfiles y chapas de sección llena laminados en caliente. En el caso de elementos de acero estructural que utilicen productos transformados de acero, el porcentaje de participación del producto básico acero será 45 y el de producto transformado será 10 por ejemplo, la transformación de productos planos laminados en caliente (bobina, fleje) para la fabricación de productos estructurales de acero (perfiles estructurales de sección abierta o perfiles de sección hueca). En el caso de elementos de acero estructural que utilicen productos transformados de acero y no transformados de acero, para el cálculo de ICES se deberá ponderar según la cantidad de cada tipo.
- (5) Incluye los Elementos propios (Kits) del Sistema de Pretensado "in Situ" y la Aplicación de la carga de pretensado en la obra.

Tabla A2.2. Factores de contribución de proceso y producto $\beta_{i,j}$ [$\times 10^{-2}$]

A2.2.2 Agentes que participan en la estructura

A efectos de este Código se entiende por agente la persona pública o privada, que elabora proyectos de estructuras, construye estructuras o fabrica los productos básicos o transformados indicados en la tabla A2.2. El desempeño de las funciones de los agentes se realizará a través de una organización.

A2.2.3 Definición del ICPS

El índice de contribución del proceso o producto j a la sostenibilidad en el elemento estructural i , $ICPS_{i,j}$ representa la contribución del agente (ICAS, véase el apartado A2.3) y del proyecto, producto u obra concreta (ICS, véase el apartado A2.4).

En el caso de contar con más de un agente en un proceso o producto j , debe ponderarse en función de la participación correspondiente.

Esta ponderación tendrá en cuenta los suministros reales de la obra y asegurará la trazabilidad entre los agentes intervinientes y sus ICPS. El desglose de productos básicos que suministran a los diferentes agentes proveedores de productos transformados debe realizarse, con carácter general, caso por caso. La documentación que permita realizar los cálculos del ICES final de obra incluirá la referida en el Anejo 4 de este Código.

A2.2.4 Obtención del ICPS

Para cada tipo de elemento i y para cada tipo de proceso o producto j , se define el índice de contribución del proceso o producto a la sostenibilidad, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$ICPS_{i,j} = (\varepsilon_{a,j} \cdot ICAS_{j,n} + \varepsilon_{c,j} \cdot ICS_{j,n})$$

donde:

$ICAS_{j,n}$ es el índice de contribución del agente j a la sostenibilidad, según A2.3,

$ICS_{j,n}$ es el índice de contribución complementaria del proyecto, producto u obra, según el caso, a la sostenibilidad, según A2.4,

$\varepsilon_{a,j}, \varepsilon_{c,j}$ son sendos factores de ponderación, que toman los valores indicados en la tabla A2.3 en función del tipo de proceso o producto j pertinente.

FACTORES DE PONDERACIÓN $\varepsilon_{a,j}$ Y $\varepsilon_{c,j}$				
j	Proceso o producto		Factor de ponderación	
			$\varepsilon_{a,j}$	$\varepsilon_{c,j}$
1	Proyecto		0,25	0,75
2	Productos básicos	Cemento	0,70	0,30
3		Áridos	0,70	0,30
4		Aditivos	0,70	0,30
5		Acero	0,70	0,30
6	Productos transformados	Hormigón preparado	0,65	0,35
7		Central de prefabricación	0,65	0,35
8		Acero transformado	0,65	0,35
9		Taller Estructuras metálicas	0,65	0,35
10		Sistema de Pretensado "in situ"	0,50	0,50
11	Construcción en obra		0,70	0,30

Tabla A2.3. Factores de ponderación

A2.2.5 Requisitos relacionados con la sostenibilidad

Los indicadores empleados en este anejo se estructuran según las tres dimensiones de la sostenibilidad (económica, medioambiental y social) junto con criterios de calidad o prestacionales, como se refleja en la tabla A2.4 siguiente.

n	Tipo de requisito
1	Prestacional
2	Económico
3	Medioambiental
4	Social

Tabla A2.4

A2.3 Índice de contribución del agente a la sostenibilidad (ICAS)

A2.3.1 Calculo del ICAS

Los procesos y productos de una estructura pueden ser desempeñados por diferentes agentes (autor del proyecto, fabricante de materiales básicos, fabricante de productos transformados o constructor).

Para cada uno de los procesos o productos j , se define un “Índice de contribución del agente a la sostenibilidad”, ICAS, que se obtiene mediante la ecuación siguiente:

$$ICAS_{j,n} = \sum_n^4 \delta_{j,n}^a \cdot CAS_{j,n}$$

donde:

$\delta_{j,n}^a$ es un factor de ponderación del tipo de requisito n para el proceso j , de acuerdo con la tabla A2.5. Para cada proceso o producto j , la suma de los factores de ponderación de sus requisitos es la unidad.

$CAS_{j,n}$ es la contribución del agente j a la sostenibilidad, relativo para cada tipo de requisito n (prestacional, económico, medioambiental o social) calculado conforme al apartado A2.3.3.

FACTOR DE PONDERACIÓN $\delta_{j,n}^a$ (ICAS)						
j	Tipo de proceso o producto		Tipo de requisito			
			Prestacional $n = 1$	Económico $n = 2$	Medioambiental $n = 3$	Social $n = 4$
1	Proyecto		0,25	0,25	0,25	0,25
2	Productos básicos	Cemento	0,25	0,10	0,45	0,20
3		Áridos	0,15	0,10	0,40	0,35
4		Aditivos	0,15	0,15	0,50	0,20
5		Acero	0,05	0,05	0,50	0,40
6	Productos transformados	Hormigón preparado	0,25	0,10	0,50	0,15
7		Central de prefabricación	0,25	0,30	0,35	0,10
8		Acero transformado	0,10	0,05	0,45	0,40
9		Taller Estructuras metálicas	0,10	0,05	0,45	0,40
10		Sistema de Pretensado "in situ"	0,25	0,25	0,25	0,25
11	Construcción en obra		0,30	0,20	0,30	0,20

Tabla A2.5. Valores de $\delta_{j,n}^a$ para el cálculo del ICAS**A2.3.2 Criterios e indicadores de sostenibilidad del agente**

Este Código contempla para cada proceso o producto j una serie de criterios I para cada tipo de requisito n . El Apéndice A define los indicadores asociados, con el objeto de calcular la contribución del agente a la sostenibilidad.

Con carácter general, salvo indicación expresa, el periodo de evaluación de los indicadores será de un año.

A2.3.3 Contribución del agente a la sostenibilidad (CAS)

Para cada agente j , se calcula su contribución a la sostenibilidad asociada a cada tipo de requisito n (prestacional, medioambiental, económico o social), CAS_{jn} de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CAS_{j,n} = \sum_{l=1}^{10} \gamma_{j,l} \cdot \lambda_{j,l}^a$$

donde:

$\gamma_{j,l}$ es un factor de ponderación del criterio l para el agente j , de acuerdo con las tablas del Apéndice A. Para cada requisito n , la suma de los factores γ_{jn} es la unidad

$\lambda_{j,l}^a$ es la valoración de los indicadores obligatorios y voluntarios relativos al criterio l y aplicables para el agente j de acuerdo con lo indicado en A2.3.4.

A2.3.4 Criterios de valoración

Para cada agente j , se identificarán todos los indicadores aplicables para cada criterio l , según lo indicado en el apartado 3 del Apéndice A. Estos indicadores serán:

- los obligatorios, y
- en su caso, los que hayan sido voluntariamente adoptados por el agente, de entre los así recogidos para dicho criterio en el apartado 3 del Apéndice A.

Para cada criterio l y para cada agente j , su valoración λ_{jl} se determinará como:

$$\lambda_{j,l}^a = \lambda_{j,l,B}^a + \lambda_{j,l,V}^a \neq 100$$

Donde:

$\lambda_{j,l}^a$ es la valoración obtenida para el criterio l por el agente j .

$\lambda_{j,l,B}^a$ es la valoración de la parte obligatoria obtenida para el criterio l por el agente j de acuerdo con los sistemas indicados en la columna 5 “Sistemas de valoración” de las tablas de indicadores incluidas en el apartado 1 del Apéndice A.

$\lambda_{j,l,V}^a$ es la valoración de la parte voluntaria obtenida para el criterio l por el agente j de acuerdo con los sistemas indicados en la columna 5 “Sistemas de valoración” de las tablas de indicadores incluidas en el apartado 1 del Apéndice A.

Para cada agente j y cada criterio l , la valoración de la parte obligatoria del criterio $\lambda_{j,l,B}^a$ se determinará como:

$$\lambda_{j,l,B}^a = \frac{\sum_{b=1}^{M_{j,l}^b} \lambda_{j,l,b}^a}{M_{j,l}^b}$$

siendo:

$\lambda_{j,l,b}^a$ la valoración del indicador obligatorio b para el criterio l y el agente j, de acuerdo con lo indicado en el Apéndice A.

$M_{j,l}^b$ el número total de indicadores obligatorios correspondientes al criterio l y el agente j, de acuerdo con lo indicado en el Apéndice A.

Por su parte, la valoración de la parte voluntaria del criterio $\lambda_{j,l,V}^a$, se obtendrá mediante la ecuación siguiente:

$$\lambda_{j,l,V}^a = \sum_{v=1}^{M_{j,l}^v} \frac{\lambda_{j,l,v}^a}{5 \cdot M_{j,l}^v} \neq \frac{\lambda_{j,l,B}^a}{2}$$

siendo:

$\lambda_{j,l,v}^a$ la valoración del indicador voluntario v para el criterio l y el agente j, de acuerdo con lo indicado en el Apéndice A.

$M_{j,l}^v$ el número total de indicadores voluntarios correspondientes al criterio l y el proceso o producto j, de acuerdo con lo indicado en el Apéndice A.

En cualquier caso, la valoración final de cada conjunto de indicadores que pertenecen a un mismo criterio nunca será negativa.

A2.4 Índice complementario de contribución a la sostenibilidad (ICS)

A2.4.1 Cálculo del ICS

Para cada proyecto, producto u obra j, se define un “índice de contribución complementaria a la sostenibilidad”, ICS definido como:

$$ICS_{j,n} = \sum_n^4 \delta_{j,n}^c \cdot CCS_{j,n}$$

donde:

$\delta_{j,n}^c$ es un factor de ponderación del tipo de requisito n para el proceso o producto j , de acuerdo con la tabla A2.6. Para cada proyecto, producto u obra j , la suma de los factores de ponderación de sus requisitos es la unidad.

$CCS_{j,n}$ es la contribución complementaria a la sostenibilidad de cada proyecto, producto u obra j , relativo para cada tipo de requisito n , (prestacional, económico, medioambiental o social) calculado conforme al apartado A2.4.3.

FACTOR DE PONDERACIÓN $\delta_{j,n}^c$ (ICS)						
j	Tipo de proceso o producto		Tipo de requisito			
			Prestacional $n = 1$	Económico $n = 2$	Medioambiental $n = 3$	Social $n = 4$
1	Proyecto		0,34	0,33	0,33	-
2	Productos básicos	Cemento	0,8	-	0,20	-
3		Áridos	0,50	-	0,50	-
4		Aditivos	0,50	-	0,50	-
5		Acero	0,10	-	0,90	-
6	Productos transformados	Hormigón preparado	0,35	-	0,65	-
7		Central de prefabricación	0,50		0,50	
8		Acero transformado	0,20	-	0,80	-
9		Taller Estructuras metálicas	0,40	-	0,60	-
10		Sistema de Pretensado "in situ"	0,50	-	0,25	0,25
11	Construcción en obra		0,35	-	0,40	0,25

Tabla A2.6. Valores de $\delta_{j,n}^c$ para el cálculo del ICS

A2.4.2 Criterios e indicadores de sostenibilidad del proceso o producto

Este Código contempla para cada proceso o producto j una serie de criterios l para cada tipo de requisito n . El Apéndice B define los indicadores asociados, con el objeto de calcular la contribución del proceso o producto a la sostenibilidad.

Con carácter general, salvo indicación expresa, el periodo de evaluación de los indicadores será de un año.

A2.4.3 Contribución complementaria del proceso a la sostenibilidad (CCS)

Para cada proyecto, producto u obra j , se calcula su contribución complementaria a la sostenibilidad $CCS_{j,n}$ asociada a cada tipo de requisito n (prestacional, económico, medioambiental o social), de acuerdo con la siguiente expresión:

$$CCS_{j,n} = \sum_{l=1}^5 \gamma_{j,l} \cdot \lambda_{j,l}^c$$

donde:

$\gamma_{j,l}$ es un factor de ponderación del criterio l para el proyecto, producto u obra j , de acuerdo con las tablas del Apéndice B. Para cada tipo de requisito n , la suma de los factores $\gamma_{j,l}$ es la unidad.

$\lambda_{j,l}^c$ es la valoración de los indicadores relativos al criterio l y aplicables para el proyecto, producto u obra j de acuerdo con lo indicado en 14.4.4.

A2.4.4 Criterios de valoración

Para cada proyecto, producto u obra j , se identificarán todos los indicadores aplicables para cada criterio l , según lo indicado en el apartado 3 del Apéndice B.

Para cada uno de los indicadores m así identificados, se procederá a determinar su valoración $\lambda_{j,l}^c$.

La valoración de cada criterio $\lambda_{j,l}^c$ será la media de las valoraciones obtenidas para todos los indicadores pertenecientes al criterio, del siguiente modo:

$$\lambda_{j,l}^c = \frac{\sum_{m=1}^{M_{j,l}^m} \lambda_{j,l,m}^c}{M_{j,l}^m}$$

siendo:

$\lambda_{j,l,m}^c$ la valoración del indicador m para el criterio l y el proyecto, producto u obra j , de acuerdo con los sistemas indicados en la columna 5 "Sistemas de valoración" de las tablas de indicadores incluidas en el apartado 1 del Apéndice B.

$M_{j,l}^m$ el número total de indicadores correspondientes al criterio l y el proyecto, producto u obra j , de acuerdo con lo indicado en el Apéndice B.

En cualquier caso, la valoración final de cada conjunto de indicadores que pertenecen a un mismo criterio nunca será negativa.

APÉNDICE A. Contribución del agente a la sostenibilidad

1. Definición de indicadores para los agentes en función del tipo de criterio

NOTA 1. Mejora continua.

La mayoría de indicadores miden la mejora continua aunque no se incluye expresamente en las tablas. Algunos indicadores de forma alternativa, pueden medirse también a través de clases. En muchos de los indicadores de mejora continua se indica también si la tendencia debe ser creciente o decreciente.

NOTA 2. Objetivos de referencia.

En algunos de los indicadores/parámetros se establecen objetivos de referencia con valores límite, definidos en este Apéndice. En otros casos el objetivo de referencia debe ser establecido por la empresa y debe quedar documentado internamente.

Los objetivos o límites siempre deben ser más restrictivos que el límite legal; en el caso de discrepancia entre un valor definido en este Apéndice y el valor reglamentario aplicable, siempre debe emplearse el valor más restrictivo.

En general, y en línea con el principio de mejora continua, los objetivos de referencia de una organización deberían ser mejores que los resultados de años anteriores y que el límite legal aplicable, salvo que existan limitaciones técnicas o económicas que deberán justificarse al definir el objetivo. Cuando los objetivos de referencia no se mantengan o aumenten progresivamente a valores más exigentes respecto a los resultados obtenidos el año anterior, se debería justificar que:

- el valor está asociado a las mejores técnicas disponibles (MTD) o
- el año anterior ha sido excepcionalmente bueno o se prevé una reducción importante en la producción para el año siguiente.

NOTA 3. Entorno local y ámbito territorial.

Aunque el concepto de entorno local puede ser variable en función de cada organización, a los efectos de este Anejo se entiende como el radio de acción sobre el cual pueden afectar las decisiones tomadas por la instalación y que influyen sobre el conjunto de valores naturales, sociales y culturales existentes así como, sobre la vida de las personas y el conjunto de la sociedad. Es decir, no se trata sólo del espacio en el que se desarrolla actividad industrial sino que incluye seres vivos, objetos, agua, suelo, aire y las interacciones entre ellos, así como elementos inmateriales como la cultura. Una vez definido este concepto para cada instalación, debe mantenerse el mismo criterio a lo largo del tiempo.

A modo de ejemplo, el entorno local puede ser definido como el municipio en que se encuentra la instalación, el conjunto de municipios englobados bajo un radio de acción previamente definido (radio en km), e incluso, un área más extensa como puede ser la provincia.

En cualquier caso, la influencia de las acciones sobre el conjunto de valores naturales, sociales y culturales, así como, sobre la vida de las personas y el conjunto de la sociedad queda limitada al ámbito territorial (país) donde se encuentre situada físicamente la instalación.

NOTA 4. Sistemas de Gestión.

Las referencias a Sistemas de Gestión conformes a Normas Internacionales deben entenderse siempre como certificados en vigor emitidos por un organismo de certificación acreditados por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) o por otro organismo nacional de acuerdo al Reglamento (CE) nº 765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio de 2008. El alcance de dichos Sistemas de Gestión debe incluir la actividad (proceso) pertinente, por ejemplo, en el caso de fabricantes, el proceso de producción y control de calidad de los productos a los que aplique el distintivo de sostenibilidad.

NOTA 5. Proyectos a efectos de los indicadores

A efectos de los indicadores, se consideran proyectos aquellas actuaciones que respondan a una planificación previa documentada (una orden de trabajo de mantenimiento modificativo se consideraría suficiente), con un objetivo, medios y plazos definidos, y que tenga una evaluación posterior de los resultados.

Los proyectos sólo pueden tenerse en cuenta en una de las categorías posibles (ahorro de agua, eficiencia energética, de reducción de emisiones de CO₂, de mejora ambiental y de conservación y restauración de espacios naturales). Excepcionalmente, sólo los proyectos de I+D+i pueden incluirse en la categoría de proyectos de I+D+i y en alguna de las categorías citadas anteriormente.

Si existen proyectos que se desarrollan a lo largo de varios años, se puede optar por dividir la inversión total a partes iguales a lo largo de dichos años, o bien, considerar el desembolso anual realmente realizado. La organización debe optar por uno de los dos criterios cuando comienza el proyecto, definiendo su duración y manteniéndolo en el tiempo. En los años de inicio y finalización se contabilizará un proyecto siempre que su duración en el año sea, al menos, de seis meses.

NOTA 6. Autorización Ambiental Integrada (AAI)

El artículo 3 de la Ley 16/2002, de 1 de julio (que desarrolla la Directiva IPPC), define la Autorización Ambiental Integrada (AAI) como la resolución del órgano competente de la Comunidad Autónoma en la que se ubique la instalación, por la que se permite, a los efectos de la protección del medio ambiente y de la salud de las personas, explotar la totalidad o parte de una instalación industrial en España, bajo determinadas condiciones destinadas a garantizar que la misma cumple el objeto y las disposiciones de la Ley 16/2002 (Ley IPPC).

En la Autorización Ambiental Integrada (AAI) se fijan las condiciones ambientales que se exigirán para la explotación de las instalaciones y se especificarán los valores límite (legales) de emisiones de contaminantes a la atmósfera, emisiones de ruido y contaminantes de los vertidos.

NOTA 7. Parámetros con obligación de medición

La medición de los parámetros sometidos a valores legales límite en la AAI la realizan Entidades de Colaboración con la Administración (ECA). Las mediciones quedan reflejadas en un informe disponible en la instalación

NOTA 8. Parámetros sin obligación de medición

La medición de los parámetros no sometidos a valores legales límite en la AAI la realizan Organismos de Control Acreditados. Las mediciones quedan reflejadas en un informe disponible en la instalación.

NOTA 9: Definición de la organización

A los efectos de este Código se entiende por organización aquella empresa, compañía, corporación, firma o institución, o parte o combinación de ellas, sean o no sociedad, pública o privada, que elabora proyectos de estructuras, construye estructuras, aplica procesos de construcción o fabrica los productos básicos o transformados indicados en la tabla A2.3.1 y que tiene sus propias funciones, administración y NIF.

Para el cálculo de los ICPS debe por tanto hacerse referencia a cada organización, definida por su NIF y razón social, y calculados según este anejo en función del tipo de proceso o producto con el que participan en la estructura.

De acuerdo con lo indicado en este anejo, el valor del ICES depende a su vez de la suma de los índices de contribución de cada producto o proceso a la sostenibilidad, ICPS, correspondientes a cada uno de los agentes. Estos índices ICPS se obtienen, a su vez, como adición de dos sumandos denominados, índice de contribución del agente, ICAS, e índice complementario de contribución a la sostenibilidad, ICS.

En el caso de que una organización aporte varios procesos o productos a la estructura, tanto el ICAS como el ICS deben calcularse para cada uno de dichos procesos o productos.

La organización es responsable del ICPS que declara y los valores de ICAS y el ICS que lo determinan sólo pueden declararse por la organización que realiza el proceso y producto pertinente, no pudiendo ser sustituido por los de otra organización con independencia del nexo contractual que pudiera existir entre ellas.

En el caso de fabricantes de productos básicos o transformados, si la organización está compuesta por más de una instalación, el ICAS e ICS debe calcularse a nivel de instalación a no ser que la definición del indicador indique lo contrario.

En el caso de construcción en obra, se debe definir el alcance de “la organización” con las actividades/centros sobre las que aplicará los indicadores para calcular el ICAS. El alcance debe cubrir al menos las obras que se encuentran en el ámbito de aplicación de este Código.

Para el adecuado cálculo del ICES deberá tenerse en cuenta, en cada producto o proceso interviniente, el porcentaje de participación que, en dicho producto o proceso, tienen sus distintos proveedores con sus correspondientes aportaciones al mismo.

Considerando como proveedores, a estos efectos, a los diferentes agentes que aportan los productos o procesos identificados en el apartado A2.2.

Cuando corresponda y con carácter general, el agente que aporte los productos o procesos declarará la participación en los mismos de aquellos otros productos o procesos, básicos y/o transformados, identificados en la Tabla A2.2 (apartado A2.2.1), cuantificando dicha participación e indicando los agentes que actúan como proveedores de estos últimos.

1. INDICADORES PRESTACIONALES				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
1.1	UNE-EN ISO 9001	Sistema de gestión de la calidad conforme con UNE-EN ISO 9001 certificado.	Dispone de certificado en vigor emitido por un organismo acreditado. Máxima valoración en el caso de poseer distintivo de calidad oficialmente reconocido (DCOR).	10 (n=100)
1.2	Auditorías sobre la instalación	Auditorías externas a la empresa que avalan el cumplimiento de cuestiones técnicas, ambientales y de prevención de riesgos laborales en el proceso de fabricación del hormigón con un nivel de exigencia incluso superior al estrictamente legal.	Existe evidencia de su cumplimiento. Máxima valoración en el caso de poseer DCOR.	10 (n=100)
1.3	Personal específico dedicado a temas ambientales	Técnico y/o departamento en la empresa dedicado, parcial o exclusivamente, con competencias específicas, a temas ambientales.	Existe evidencia de su cumplimiento.	10 (n=100)
1.4	Gestión de calidad de proveedores	Porcentaje de empresas proveedoras con sistemas de gestión de calidad conformes con UNE-EN ISO 9001 certificados por organismo acreditado.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7 Pretensado in situ 17
1.5	Gestión de calidad de contratistas y proveedores	Porcentaje de contratistas y proveedores que disponen de sistema de gestión de la calidad UNE-EN ISO 9001, certificado por un organismo acreditado, respecto al total (% CC).	Valor de CC (%).	10 (n=%CC)
1.6	Seguro de responsabilidad civil I	Seguro de responsabilidad civil, con una cobertura mínima de 600.000 €.	Dispone de seguro	10 (n=100)
1.7	Seguro de responsabilidad civil II	Seguro de responsabilidad civil, con una cobertura C, expresada en euros, superior a 6 P, siendo P la producción anual en áridos para hormigón expresada en toneladas. La cobertura mínima ha de ser de 600.000 euros y si como consecuencia del producto 6P se supera el valor de cobertura de 1.200.000 euros, se permite mantener ese valor como máximo.	Dispone de seguro	10 (n=100)
1.8	Seguro de responsabilidad civil III	Seguro de responsabilidad civil, con una cobertura igual o superior a 3 millones de euros.	Dispone de seguro	10 (n=100)

Tabla A2.A.1.1

2. INDICADORES ECONÓMICOS				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
2.1	Producción anual I	Producción total de cada producto final, producida anualmente (toneladas o metros cúbicos). Para el taller, la producción anual no se medirá en toneladas o metros cúbicos, se medirá en Horas* = (Horas ingeniería + Horas montaje)/Horas taller.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7
2.2	Producción anual II	Facturación total anual (Prod). Se compara con el valor del objetivo de facturación incluido en el presupuesto anual (Pres).	1. Prod $\geq$ 0,9 Pres 2. 0,9 Pres > Prod $\geq$ 0,75 Pres 3. 0,75 Pres > Prod $\geq$ 0,5 Pres 4. Prod < 0,5 Pres	13
2.3	Resultado bruto de explotación (EBITDA)	Resultado bruto de explotación EBITDA (Earnings Before Interests, Taxes, Depreciation and Amortizations) relacionado con el NIF de referencia. El EBITDA sería el resultado empresarial antes de intereses, impuestos y amortizaciones productivas.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7
2.4	Índice o margen de rentabilidad	EBITDA/Ventas totales relacionado con el NIF de referencia.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7
2.5	Rentabilidad de producción	Índice de producción (m ³) por trabajador fijo (PTF) de cada centro de producción de hormigón. Se entiende que es por instalación y referido únicamente al personal dedicado exclusivamente a la producción.	1. PTF > 12.500 2. 12500 > PTF > 10000 3. 10000 > PTF > 7500 4. PTF < 7500	13
2.6	Incremento salarial	Incremento salarial (%) respecto al IPC o al PIB, entendiéndose como el aumento en porcentaje de la remuneración total de los asalariados en dinero o en especie. Se compara el incremento salarial real con el incremento del IPC o del PIB del año analizado. Para su valoración se escogerá el IPC o PIB y se mantendrá en el tiempo.	Incremento del IPC o del PIB.	5
2.7	Relación salarial mínima/media I	Relación entre el salario mínimo/medio bruto definido por la organización y el salario mínimo interprofesional (SMI). Parámetros (2): 1. Relación entre el salario mínimo bruto de la organización y el salario mínimo interprofesional (SMI) 2. Relación entre el salario medio bruto de la organización y el salario mínimo interprofesional (SMI)	Objetivo para cada parámetro: Dato del año anterior Tendencia: Creciente	2

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

2.8	Relación salarial mínima/media II	Relación entre el salario mínimo bruto de la organización, definido como la media del salario bruto que percibe el conjunto de los empleados de menor cualificación profesional, y el salario mínimo interprofesional (SMI) legalmente establecido antes de ser complementado por los diferentes convenios sectoriales, provinciales o regionales, colectivos o de empresa, que legalmente sean de aplicación (RS = Salario mínimo bruto/SMI).	1. $RS \geq 1,30$ 2. $1,30 > RS \geq 1,20$ 3. $1,20 > RS \geq 1,10$ 4. $RS < 1,10$	3
2.9	Valor añadido	Valor añadido generado durante el año (euros) que puede obtenerse a partir de la cuenta de pérdidas y ganancias. Para ello, al resultado antes de impuestos se le añadirán los gastos de personal.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7
2.10	Inversiones I+D+i I	Valor total en euros de todas las inversiones en I+D+i realizadas por la organización, respecto al valor de la producción (incluidas las subvenciones). En el valor de la inversión, debe contabilizarse únicamente la inversión en I+D+i y no el gasto asociado a la amortización de inmovilizado.	Dato del año anterior Tendencia: Creciente	5
2.11	Inversiones I+D+i II	Ratio de inversión en I+D+i con respecto a las ventas netas anuales.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7
2.12	Inversiones I+D+i III	En el ámbito de la construcción la inversión mínima en I+D+i equivale al 0,1% del importe de la facturación.	Existe evidencia de su cumplimiento.	10 (n=100)
2.13	Sistema de gestión de I+D+i	Sistema de gestión de la I+D+i conforme a UNE 166002.	Dispone de certificado en vigor emitido por un organismo acreditado.	10 (n=100)
2.14	Nº de proyectos de I+D+i finalizados	Nº de proyectos de I+D+i finalizados a lo largo del año.	Dato del año anterior Tendencia: Creciente	5
2.15	Otras inversiones (prod/calidad/mejoras ambientales)	Valor total en euros de las inversiones ejecutadas en Producción/Calidad de producto/mejora ambiental. Se mide el cumplimiento del presupuesto (Pres) en relación con la ejecución de las mismas (Prod).	1. $Prod \geq 0,9 Pres$ 2. $0,9 Pres > Prod \geq 0,75 Pres$ 3. $0,75 Pres > Prod \geq 0,5 Pres$ 4. $Prod < 0,5 Pres$	13
2.16	Inversiones en medioambiente	Importe de las inversiones ambientales respecto a los beneficios (inversiones/beneficios).	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7

2.17	Productividad de la mano de obra	Nº de trabajadores por línea (NTL) considerando únicamente el personal propio que esté directamente asignado a actividades de producción (cantera, producción, mantenimiento, expedición, calidad, prevención, medioambiente).	1. $NTL < 90$ 2. $90 \leq NTL \leq 180$ 3. $NTL > 180$ Para fábricas con dos líneas se aumentarán los criterios numéricos de corte (90 y 180) en un 50% y para fábricas con tres líneas en otro 50% adicional.	16
2.18	Productividad de la energía	Evaluación de la productividad respecto al uso eficiente de la energía a través de auditorías energéticas y la implantación de medidas de eficiencia energética en las instalaciones.	1. Dispone de certificado en vigor conforme con UNE-EN ISO 50001 emitido por organismo acreditado. 2. Haber realizado una auditoría energética de acuerdo al RD 56/2016 o las partes pertinentes de la serie de las normas UNE-EN 16247. 3. No se ha establecido ninguna de las medidas anteriores	16
2.19	Productividad de los materiales	Uso de materias primas naturales ($t_{MMPPnat}$) por tonelada de clínker de origen con el que se han fabricado los cementos ($t_{clínker}$). En el caso de que haya más de un origen, se ponderará por producción. Se expresará en toneladas secas. Indicador de productividad respecto al uso eficiente de los recursos naturales, definido como $TMTC = t_{MMPPnat}/t_{clínker}$	1. $TMTC < 1,60$ 2. $1,60 \leq TMTC < 1,70$ 3. $TMTC \geq 1,70$	16
2.20	Productividad del agua	Consumo de agua (C) de la planta de fabricación de hormigón por metro cúbico fabricado (l/m^3).	1. $C \leq 235$ 2. $235 < C \leq 250$ 3. $250 < C < 265$ 4. $C \geq 265$	13

Tabla A2.A.1.2

3. INDICADORES MEDIOAMBIENTALES				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
3.1	Sistemas de gestión ambiental I	Sistemas de gestión ambiental conforme con UNE-EN ISO 14001.	Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado.	10 (n=100)
3.2	Sistemas de gestión ambiental II	Para el acero y el acero transformado (solo las armaduras activas): Parámetros (2): 1. Sistemas conformes con UNE-EN ISO 14001. 2. Sistema de Gestión de Sostenibilidad según UNE 36901.	Objetivo para cada parámetro: Parámetro 1 Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado. Parámetro 2 Dispone de certificado en vigor	10 (n=50)
3.3	Sistemas de gestión ambiental III	Para áridos: Parámetros (2): 1. Sistemas conformes con UNE-EN ISO 14001. 2. Sistema de Gestión Minera Sostenible según UNE 22480 (árido).	Objetivo para cada parámetro: 1. Dispone de ambos certificados en vigor emitidos por organismo acreditado. 2. Dispone de uno de los dos certificados en vigor 3. No dispone de ninguno.	16
3.4	Sistemas de gestión ambiental IV	Para la producción de cemento: Parámetros (3): 1. Sistema de Gestión conforme al Reglamento Comunitario de Ecogestión y Ecoauditoría, EMAS. 2. Sistemas conformes con UNE-EN ISO 14001. 3. No dispone de sistema de gestión ambiental.	Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado.	16
3.5	Sistemas de gestión ambiental V	Sistema de gestión ambiental conforme con la UNE-EN ISO 14001 para las actividades de construcción.	Dispone de certificado en vigor emitido por un organismo acreditado.	10 (n=100)
3.6	Sistema de gestión energética	Sistema de gestión conforme con UNE-EN ISO 50001.	Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado.	10 (n=100)
3.7	Emisiones directas relativas de GEI I	Emisiones relativas de GEI (CO ₂ y otros gases que puedan resultar relevantes) en toneladas de CO ₂ equivalentes por tonelada de producto. Las emisiones directas de gases de efecto invernadero (GEI) se denominan emisiones del «alcance 1» en un inventario de emisiones GEI, de acuerdo con los criterios del Greenhouse Gas Protocol.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6
3.8	Emisiones directas relativas de GEI II	Informe verificado favorable de emisiones de gases de efecto invernadero emitido por una tercera parte independiente.	Dispone del informe.	10 (n=100)
3.9	Emisiones indirectas relativas de GEI I	Emisiones relativas de Gases de Efecto Invernadero, GEI, (CO ₂ y otros gases que puedan resultar relevantes) en toneladas de CO ₂ equivalentes por tonelada de	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6 Pretensado in situ

		producto, asociadas a la producción de la energía eléctrica y térmica adquirida. Las emisiones indirectas de gases de efecto invernadero (GEI) se denominan emisiones del «alcance 2» en un inventario de emisiones GEI, de acuerdo con los criterios del Greenhouse Gas Protocol.		4
3.10	Emisiones indirectas relativas de GEI II	Aplicación del Régimen de Comercio de Derecho de Emisión Europeo o sistema cap and trade similar. En el caso de sistemas cap and trade distintos al sistema europeo se requerirá verificación por tercera parte para la notificación anual de emisiones.	Se evidencia su cumplimiento.	10 (n=100)
3.11	Compromiso ambiental I: Energía y emisiones de GEI	Compromiso con la mejora del desempeño en materia de energía y emisiones de GEI.	1. Definición de objetivos medibles mediante indicadores 2. Existencia de compromiso	1
3.12	Consumo de materiales I	Total de materiales consumidos (materias primas, auxiliares y consumibles) por producción anual. Para el acero y el acero transformado (solo las armaduras activas) se tendrán en cuenta al menos los siguientes materiales: • Acería (Chatarra, arrabios, prerreducidos, ferroaleaciones, cal, carbón, aceites y grasas) • Laminación (Palanquilla, aceites y grasas) • Armaduras activas (Alambrón, aceites y grasas) Para el taller, sólo se tendrá en cuenta la materia prima transformada directamente en instalaciones propias.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6
3.13	Consumo de materiales II	Ratio de los materiales consumibles en la extracción y tratamiento de recursos minerales o en investigación y exploración geológica con respecto a la producción anual.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6
3.14	Valorización de residuos	Existencia de reciclador para valorización de residuos de hormigón generados en la planta y su uso en la fabricación del hormigón u otro uso en la construcción o fabricación de áridos reciclados a partir de hormigón endurecido de los retornos.	Evidenciar la existencia del reciclador o verificación del proceso de tratamiento del hormigón endurecido	10 (n=100)
3.15	Consumo de energía I	Consumo específico de energía por tonelada de producto final producido (GJ/t) o por ventas totales (GJ/TEP). Para el taller, el consumo de energía se puede categorizar para cuatro tipos de proceso (corte, armado, soldadura y pintura). Cada actividad se asocia a un porcentaje del total de energía consumida	1. Objetivo empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6 Pretensado in situ 4

		(ratio de Consumo Kwh/ Tonelada de producto generado o Kwh/Euros facturados o Kwh/nº personal o plantilla en fábrica).		
3.16	Consumo de energía II	Consumo específico de energía (GJ/t). Parámetros (2): 1. en el proceso de acería por tonelada de palanquilla producida. 2. en el proceso de laminación por tonelada de producto final producido (GJ/t).	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo: - 2,7GJ/t (acería) - 1,8 GJ/t (laminación) 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	8
3.17	Consumo de energía III	Consumo específico de energía (GJ/t) en el proceso de elaboración de las armaduras activas (trefilado del alambón) por tonelada de producto final producido.	1. Objetivo: 1,55 GJ/t 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	8
3.18	Consumo de energía IV	Consumo específico de energía (GJ/t) para el acero inoxidable: Parámetros (3): 1. en el proceso de acería por tonelada de producto as cast. 2. en el proceso de laminación caliente por tonelada de producto as cast. 3. en el proceso de laminación en frío, por tonelada de producto as cast.	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo: - 4,2GJ/t (acería) - 3,0 GJ/t (laminación caliente) - Objetivo de la instalación (laminación frío) 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	8
3.19	Consumo de energía V	Disminución progresiva del consumo unitario de energía por trabajador respecto a la del año anterior (CET).	1. $CET \geq 1,00$ 2. $1,00 > CET \geq 0,95$ 3. $0,95 > CET \geq 0,90$ $0,90 > CET$	13
3.20	Uso de energías renovables I	Porcentaje de uso de energía renovable, respecto al consumo total de energía según fuentes primarias.	Dato del año anterior Tendencia: Creciente	9
3.21	Uso de energías renovables II	Contribución de la energía renovable a la combinación energética del suministro eléctrico consumida por la instalación incluyendo las fuentes renovables que pudieran existir en el recinto de la instalación.	Valor mayor o igual al 20%	10 (n=100)
3.22	Ahorro y eficiencia energética	Parámetros (2): 1. Porcentaje de ahorro energético conseguido respecto al año de referencia por unidad de producción de producto final. 2. Nº de proyectos de ahorro y eficiencia energética finalizados a lo largo del año. El año de referencia que se adopte debe permanecer fijo en el tiempo.	Objetivo para cada parámetro: Dato del año anterior Tendencia: Creciente	2

3.23	Consumo agua I	Consumo anual de agua en el centro productivo por tonelada producida o por metro cúbico producido.	1. Objetivo: - Objetivo de empresa (general) -0,8 m ³ /t (acero) - 1 m ³ /t (armaduras activas) 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6
			Pretensado in situ 1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	4
3.24	Consumo agua II	Porcentaje de ahorro de consumo de agua respecto a un año que se tome como referencia, por unidad de producción de producto final (m ³ /t o m ³ /m ³).	Dato del año anterior Tendencia: Creciente	5
3.25	Consumo agua III	Ratio del consumo neto anual de agua primaria con respecto a la producción anual de la organización. El cálculo se hará de acuerdo a la norma UNE 22470.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	6
3.26	Consumo agua IV	Disminución progresiva del consumo unitario de agua por trabajador respecto a la del año anterior (CAT).	1. CAT $\geq$ 1,002. 1,00 > CAT $\geq$ 0,95 3. 0,95 > CAT $\geq$ 0,90 4. 0,90 > CAT	13
3.27	Compromiso ambiental: Agua	Compromiso con la mejora del desempeño en materia de agua.	1. Definición de objetivos medibles mediante indicadores 2. Existencia de compromiso	1
3.28	Proyectos de ahorro y reutilización de agua	Nº de proyectos de ahorro y reutilización de agua finalizados a lo largo del año.	Dato del año anterior Tendencia: Creciente	5
3.29	Proyectos de conservación o restauración de espacios naturales	Parámetros (2): 1. Importe (euros) de los proyectos de conservación o restauración de espacios naturales, incluyendo las medidas compensatorias. 2. Nº de proyectos de conservación o restauración de espacios naturales finalizados a lo largo del año.	Objetivo para cada parámetro: Dato del año anterior Tendencia: Creciente	9
3.30	Proyectos de restauración en actividades extractivas	Puesta en práctica de proyectos de integración y conservación ambiental, en los que se evalúa la implantación de actividades relacionadas con el mantenimiento y cuidado de la diversidad biológica del entorno de la fábrica o instalación extractiva. En cemento, la evaluación se aplicará, al menos, a la cantera principal de la fábrica integral y/o en el área de influencia de las actividades productivas.	1. Se dispone de planes de integración/conservación de especies en relación con la flora o fauna, introducción de especies autóctonas, producción agrícola, estudios de biodiversidad, etc. 2. Se dispone de planes de restauración avalados de acuerdo a la ley de minas para las explotaciones	16

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

		En otros casos, la evaluación se referirá necesariamente al clinker de origen con el que se han fabricado los cementos.	mineras vinculadas a la instalación 3. No se dispone de planes de restauración en las actividades extractivas.	
3.31	Emisiones: Contaminantes convencionales (horno acería)	Concentración de emisiones (mg/Nm³). Parámetros (12): 1. Partículas 2. CO 3. NO_x 4. SO_x/SO₂ 5. Mercurio 6. Metales [As, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb y Zn] 7. ClH 8. HF 9. COT 10. Benceno/Clorobenceno 11. HAP 12. Dioxinas (PCDF) y Furanos (PCDD) NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. Partículas (5) 2. CO (150) 3. NO_x (50) 4. SO_x/SO₂ (30) 5. Mercurio (0,05) 6. Metales (5) 7. ClH (5) 8. HF (1) 9. COT (10) 10. Benceno/Clorobenceno (0,5) 11. HAP (0,1) 12. Dioxinas PCDF (0,1) y Furanos PCDD (0,1) Tendencia: Decreciente	10 (n=20)
3.32	Emisiones: Contaminantes convencionales en hornos de acería (aceros inoxidables)	Concentración de emisiones (mg/Nm³) en focos incluidos en procesos de acería. Parámetros (3): 1. Partículas en trenes desbastador y acabador plates, y granalladora plates. 2. NO_x (óxidos de nitrógeno) en horno calentamiento desbastes y horno plates, y decapado plates. 3. CO (monóxido de carbono) en decapado plates. NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro en focos de emisión: 1. Partículas en trenes desbastador y acabador plates (15), y granalladora plates (20) 2. NO_x en horno calentamiento desbastes y horno plates (320), y decapado plates (20) 3. CO en decapado plates (2) Casos valoración: 1. El 100% de los focos alcanza el objetivo 2. El 60% de los focos alcanza el objetivo 3. Otros casos Tendencia: Decreciente	Para cada parámetro: 21
3.33	Otras emisiones: Contaminantes convencionales (acería)	Concentración de emisiones (mg/Nm³) Parámetros (2): 1. Metales [Co, Te, Se, Sb, Mn, Sn, V]. 2. Policlorobifenilos (PCB).	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. Metales (5) 2. PCB (0,1) Tendencia: Decreciente	10 (n=50)

		NOTA 7 y 8.		
3.34	Emisiones: Contaminantes convencionales en laminación en caliente (aceros inoxidables)	Concentración de emisiones (mg/Nm³) en focos incluidos en procesos de acería. Parámetros (3): 1. Partículas en trenes desbastadores y acabador plates, y granalladora plates. 2. NO_x (óxidos de nitrógeno) en horno calentamiento desbastes y horno plates. 3. HF (fluoruro de hidrógeno) en decapado plates. NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro en focos de emisión: 1. Partículas en trenes desbastador y acabador plates (15), y granalladora plates (20) 2. NO_x en horno calentamiento desbastes (320) y horno plates (20) 3. HF en decapado plates (2) Casos de valoración para todos los parámetros: 1. El 100% de los focos alcanza el objetivo 2. El 60% de los focos alcanza el objetivo 3. Otros casos Tendencia: Decreciente	Para cada parámetro: 21
3.35	Emisiones: Contaminantes convencionales (horno laminación)	Concentración de emisiones (mg/Nm³). Parámetros (4): 1. Partículas 2. CO (monóxido de carbono). 3. NO_x (óxidos de nitrógeno). 4. SO_x/SO₂. NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. Partículas (10). 2. CO (50) 3. NO_x (250 si se dispone de quemadores regenerativos, 600 en otro caso) 4. SO_x/SO₂ (35) Tendencia: Decreciente	10 (n=30)
3.36	Emisiones: Contaminantes convencionales en laminación en frío (aceros inoxidables)	Concentración de emisiones (mg/Nm³) en focos incluidos en procesos de acería. Parámetros (3): 1. Partículas en granalladoras. 2. NO_x (óxidos de nitrógeno) en hornos de recocido y decapado. 3. HC (hidrocarburos) en laminadores. NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro en focos de emisión: 1. Partículas en granalladoras (20) 2. NO_x en hornos de recocido y decapado (325) 3. HC en laminadores (10) Casos de valoración para todos los parámetros: 1. El 100% de los focos alcanza el objetivo	Para cada parámetro: 21

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

			- El 60% de los focos alcanza el objetivo - Otros casos Tendencia: Decreciente	
3.37	Otras Emisiones: Contaminantes convencionales (horno laminación)	Concentración de emisiones (mg/Nm³). Parámetros (6): - H₂S - Metales [As, Hg, Cd, Cr, Ni, Cu, Pb, Zn, Co, Te, Se, Sb, Mn, Sn, V] - CIH - HF - COT - Dioxinas (PCDF) y Furanos (PCDD). NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: - H₂S (50) - Metales (1,5) - CIH (5) - HF (1) - COT (5) - Dioxinas PCDF (0,1) y Furanos PCDD (0,1) Tendencia: Decreciente	10 (n=20)
3.38	Emisiones: Contaminantes convencionales (armaduras activas)	Concentración de emisiones (mg/Nm³). Parámetros (5): - Partículas - CO - NO_x - CIH - H₂SO₄ NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: - Partículas (10) - CO (100) - NO_x (250) - CIH (10) - H₂SO₄ (5)	10 (n=25)
3.39	Emisiones: Contaminantes convencionales en procesos auxiliares (aceros inoxidables)	Concentración de emisiones (mg/Nm³) en focos incluidos en procesos de acería. Parámetros (3): - Partículas en planta de recuperación de ácidos. - NO_x (óxidos de nitrógeno) en torre catalítica y calderas. - HF (fluoruro de hidrógeno) en torre catalítica. NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro en focos de emisión: - Partículas en planta de recuperación de ácidos (20). - NO_x en torre catalítica (200) y calderas (200). - HF en torre catalítica (3) Casos de valoración para todos los parámetros: - El 100% de los focos alcanza el objetivo - El 60% de los focos alcanza el objetivo - Otros casos Tendencia: Decreciente	Para cada parámetro: 21

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

3.40	Emisiones: NO _x y partículas	Concentración de emisiones (mg/Nm³) referidas a las del horno de clinker (necesariamente, al horno de clinker de origen con el que se han fabricado los cementos). Las medidas se referirán a las condiciones establecidas en la Autorización ambiental integrada como cómputo anual. Parámetros (2): 1. NO_x (óxidos de nitrógeno). 2. Partículas.	Objetivo para cada parámetro: Emisión de NO_x: 1. ≤ 500 2. > 500 Emisión de partículas: 1. ≤ 20 2. > 20 Para cementos tipo CAC, se considerarán sus límites específicos.	18
3.41	Índices de ruidos	Índice de ruido corregido a lo largo del periodo temporal de evaluación. Parámetros (3): 1. Día (L_{x,d}) 2. Tarde (L_{x,t}) 3. Noche (L_{x,n}) NOTA 7 y 8	Objetivo para cada parámetro: El índice de ruido es menor que el límite legal en al menos 5 dB. Los límites legales de aplicación serán los que se establezcan en la autorización o en la normativa local aplicable a la instalación. Cuando no existan límites aplicables al periodo de tarde, se considerarán los correspondientes al periodo de día. Tendencia: Decreciente	10 (n=40) Se restarán 40 puntos por cada parámetro con superación puntual del límite legal durante el periodo de evaluación
3.42	Vertidos de aguas: Residuales industriales I	Vertidos por punto de vertido. Parámetros (2): 1. Caudal de vertido (m³/año) 2. Aceites y grasas (mg/l) NOTA 7 y 8	Objetivo para cada parámetro: Objetivo de empresa Tendencia: Decreciente	10 (n=100)

3.43	Vertidos de aguas: Residuales industriales II	Vertidos por punto de vertido para el acero: Parámetros (21): 1. Caudal de vertido (m³/año) 2. pH (unidades) 3. Conductividad (uS/cm) 4. T^a (incremento °C) del medio receptor 5. Sólidos en suspensión (mg/l) 6. DBO₅ (mg/l) 7. DQO (mg/l) 8. Aceites y grasas (mg/l) 9. Amoníaco (mg/l) 10. Metales [Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg, Pb] (mg/l) 11. Fe (mg/l) 12. Zn (mg/l) 13. Ni (mg/l) 14. Cr total (mg/l) 15. Cianuro (mg/l) 16. Fluoruros (mg/l) 17. Sulfuros (mg/l) 18. AOX (mg/l) 19. P total (mg/l) 20. Ni total (mg/l) 21. Ag (mg/l) NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. Caudal de vertido (objetivo empresa) 2. pH (6-9) 3. Conductividad (<4.000) 4. T^a (1,5) 5. Sólidos suspensión (20) 6. DBO₅ (30) 7. DQO (100) 8. Aceites y grasas (5) 9. Amoníaco (15) 10. Metales [Al, As, Cd, Cu, Mn, Hg, Pb] (12) 11. Fe (5) 12. Zn (2) 13. Ni (0,5) 14. Cr total (0,5) 15. Cianuro (1,0) 16. Fluoruros (1,5) 17. Sulfuros (2,5) 18. AOX (0,5) 19. P total (10) 20. Ni total (15) 21. Ag (0,1) Tendencia: Decreciente	10 (n=10)
3.44	Vertidos de aguas: Residuales industriales III	Vertidos por punto de vertido para las armaduras activas: Parámetros (10): 1. DQO (mg/l) 2. Fe (mg/l) 3. Zn (mg/l) 4. Cr total (mg/l) 5. Ni (mg/l) 6. N total (mg/l) 7. P total (mg/l) 8. Sulfatos (mg/l) 9. Sulfuros (mg/l) 10. Aceites y grasas (mg/l) NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. DQO (100) 2. Fe (5) 3. Zn (2) 4. Cr total (0,2) 5. Ni (0,5) 6. N total (0,2) 7. P total (10) 8. Sulfatos (1.000) 9. Sulfuros (2,5) 10. Aceites y grasas (5) Tendencia: Decreciente	10 (n=10)

3.45	Vertidos de aguas: Residuales industriales IV (aceros inoxidables)	Vertidos por punto de vertido para el acero inoxidable: Parámetros (14): 1. Caudal de vertido (m ³ /año) 2. pH (unidades) 3. Sólidos en suspensión (kg/año) 4. COT (kg/año) 5. Aceites y grasas (kg/año) 6. Fluoruros (kg/año) 7. Amonio (kg/año) 8. Ni total (kg/año) 9. Nitratos (kg/año) 10. Cr total (kg/año) 11. P total (kg/año) 12. Zn (kg/año) 13. Ni (kg/año) 14. Cu (kg/año) NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. Caudal de vertido (objetivo empresa) 2. pH (6-9) 3. Sólidos en suspensión (57.600) 4. COT (41.400) 5. Aceites y grasas (14.500) 6. Fluoruros (14.000) 7. Amonio (70.000) 8. Ni total (995.000) 9. Nitratos (4.000.000) 10. Cr total (360) 11. P total (1.320) 12. Zn (360) 13. Ni (975) 14. Cu (60) Tendencia: Decreciente	10 (n=10)
3.46	Otros vertidos de aguas residuales industriales	Vertidos por punto de vertido: Parámetros (19): 1. Sólidos sedimentables (SS) (mg/l) 2. Ba (mg/l) 3. B (mg/l) 4. Cr III (mg/l) 5. Sn (mg/l) 6. Se (mg/l) 7. Mo (mg/l) 8. Fenoles (mg/l) 9. Cloruros (mg/l) 10. Sulfitos (mg/l) 11. Detergentes (mg/l) 12. Trihalometanos (THM) 13. Benceno-tolueno-etilbenceno-xileno (BTEX) (mg/l) 14. Hidrocarburos aromáticos policíclicos (PAH) (mg/l) 15. Hidrocarburos totales (TPH) 16. Carbono orgánico total (COT) (mg/l) 17. Nitratos (mg/l) 18. Cloro residual libre (mg/l) 19. Toxicidad para Daphnia Magna (unidades equitox/m ³) NOTA 7 y 8	Objetivo (valor) para cada parámetro: 1. SS (0,5) 2. Ba (2) 3. B (0,6) 4. Cr III (2) 5. Sn (2) 6. Se (0,01) 7. Mo (1) 8. Fenoles (0,4) 9. Cloruros (800) 10. Sulfitos (3) 11. Detergentes (4) 12. THM (0,005) 13. BTEX (0,05) 14. PAH (0,01) 15. TPH (5) 16. COT (100) 17. Nitratos (30) 18. Cloro residual libre (2) 19. Toxicidad (3) Tendencia: Decreciente	10 (n=10)
3.47	Vertidos de aguas	Vertido cero o aprovechamiento del 100% del agua residual procedente de la producción del hormigón o de la limpieza de los camiones.	Existe evidencia de su cumplimiento.	10 (n=100)
3.48	Residuos generados	Parámetros (2 ó 3): 1. Producción anual de residuos peligrosos, por tonelada de producto final	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior	8

		2. Producción anual de residuos industriales no peligrosos, por tonelada de producto final 3. N° de alarmas confirmadas de camiones con chatarras contaminadas con residuos radioactivos/1000 camiones (parámetro adicional sólo para el acero)	Tendencia: Decreciente	
3.49	Compromiso ambiental : Residuos generados	Compromiso con la mejora del desempeño en materia de gestión de residuos.	1. Definición de objetivos medibles mediante indicadores 2. Existencia de compromiso	1
3.50	Gestión de residuos	Parámetros (2): 1. Residuos que se destinan a reciclaje o recuperación por tonelada de producto final ($t_{rec}/t_{producto\ final}$) o por ventas totales ($t_{rec}/euros$). 2. Residuos que se destinan a valorización energética por tonelada de producto final ($t_{rec}/t_{producto\ final}$) o por ventas totales ($t_{rec}/euros$).	Dato del año anterior Tendencia: Creciente	2
3.51	Gestión de residuos (hormigón)	Procedimiento de gestión de residuos especiales o peligrosos generados por la planta o por las empresas de mantenimiento de la misma, así como por la maquinaria móvil en su caso, por ejemplo: - Procedimiento escrito del tratamiento que se da a todos los residuos que salen de la central. - Gestión de lodos de balsas; probetas, en el caso de que el laboratorio esté en la central, distinguiendo si tienen refrentado de azufre o pulido/cúbicas; residuos de taller. - Existencia de contenedores clasificados (chatarra, papel, envases, peligrosos). - Comprobación documental de recepción en vertederos y/o, de retirada de contenedores.	Existe evidencia del cumplimiento.	10 (n=100)
3.52	Gestión de residuos (áridos) I	Residuos que se destinan a reciclaje o recuperación por tonelada de producto final ($t_{rec}/t_{producto\ final}$).	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	1
3.53	Gestión de residuos (áridos) II	Sistema de gestión de residuos especiales o peligrosos, por ejemplo: - Procedimiento escrito del tratamiento que se da a todos los residuos que salen de la central. - Existencia de contenedores clasificados (chatarra, papel, envases, peligrosos).	Existe evidencia del cumplimiento.	10 (n=100)

		- Comprobación documental de recepción en vertederos. - Comprobación documental de retirada de contenedores.		
3.54	Evaluación de riesgos ambientales	Análisis o Evaluación de riesgos ambientales del centro productivo de acuerdo a la norma UNE 150008. El análisis puede haber sido realizado para dar cumplimiento a lo exigido en la Ley 26/2007 de Responsabilidad Medioambiental y su normativa relacionada.	1. Se cuenta con ARA según el cual se especifica que no es necesaria garantía financiera, seguro o aval, de acuerdo a lo definido en la Ley 26/07 de responsabilidad medioambiental 2. Se cuenta con ARA y se dispone de seguro o aval para cubrir los riesgos ambientales de la instalación según la evaluación del fabricante. 3. No se cuenta con ARA de la instalación.	16
3.55	Uso de combustibles alternativos	Tasa de sustitución (TS) obtenida como la suma porcentual de los combustibles alternativos utilizados en la instalación con respecto a los combustibles convencionales (en términos de energía). Los combustibles alternativos son los informados oficialmente por la instalación como tales a efectos estadísticos. La tasa de sustitución se calculará en cómputo anual.	1. $TS \geq 25\%$ 2. $15\% \leq TS < 25\%$ 3. $5\% \leq TS < 15\%$ 4. $5\% > TS$	19
3.56	Incidentes en el medioambiente	Número de incidentes ambientales anuales ocurridos respecto de la cifra de negocio (por ejemplo, emisiones o vertidos fuera de límites, derrames, pérdidas o escapes de residuos, sucesos no controlados con daños al medioambiente, no conformidades ambientales, etc) En caso de que se registren varias superaciones de un límite legal a lo largo del año, deben considerarse como incidentes diferentes.	Incidentes nulos o inferiores al dato del año anterior Tendencia: Decreciente	10 (n=100)
3.57	Uso de sustancias peligrosas	Reducción del consumo de sustancias peligrosas por tonelada de producto final ($t_{\text{sust. peligrosa}}/t_{\text{producto final}}$) como por ejemplo: - Líquidos inflamables y combustibles, excepto productos petrolíferos - Gases comprimidos y licuados a presión en botellas y botellones, excepto gas natural - Productos petrolíferos, excepto aceites y grasas - Gas natural - Líquidos corrosivos - Productos tóxicos - Aceites y grasas - Jabones de trefilado	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	6

3.58	Buenas prácticas de gestión de sustancias peligrosas	Buenas prácticas implantadas por la organización relacionadas con la gestión de sustancias peligrosas. Parámetros (3): - Definición de buenas prácticas en la manipulación de sustancias peligrosas (por ejemplo procedimiento, instrucción interna) - Definición de la actuación ante emergencias por manejo de sustancias peligrosas - Realización de simulacros que consideren escenarios de derrame o fugas de sustancias peligrosas.	Objetivo para todos los parámetros: Existe evidencia del cumplimiento.	10 (n=40)
3.59	Buenas prácticas de gestión ambiental	Buenas prácticas implantadas por la organización relacionadas con la gestión ambiental. Parámetros (3): - Existencia, disponibilidad y distribución de un Manual de Buenas Prácticas Ambientales (n=50) - Comunicación y difusión interna en la organización (n=25) - Comunicación y difusión exterior a contratistas, proveedores, etc. (n=25)	Objetivo para todos los parámetros: Existe evidencia del cumplimiento.	10 (n=según parámetro)
3.60	Afección a suelos	Grado de afección a suelos [superficie (m²) y volumen (m³) de suelos contaminados]. La inexistencia de suelos contaminados debe justificarse documentalmente. Se considera válido un informe preliminar en el que se afirme que no existe contaminación, siempre que no exista petición de información adicional o de realización de una investigación de suelos por parte de la Administración.	- Valor nulo - Dato del año anterior	6
3.61	Actuaciones de remediación	Parámetros (2): - Nº acumulado de actuaciones de remediación desde la realización de la caracterización de suelos. - Superficie (m²) y volumen (m³) acumulados de suelos remediados. La inexistencia de suelos contaminados debe justificarse documentalmente. Se considera válido un informe preliminar en el que se afirme que no existe	Objetivo para cada parámetro: Superación del año anterior Tendencia: Creciente	10 (n=50)

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

		contaminación, siempre que no exista petición de información adicional o de realización de una investigación de suelos por parte de la Administración.		
3.62	Proyectos de mejora ambiental	Nº de proyectos de mejora ambiental finalizados durante el año, distintos de los indicados en 3.19.	Superación del dato del año anterior Tendencia: Creciente	10 (n=100)
3.63	Gestión ambiental de contratistas	Porcentaje de empresas contratistas que están sujetas a sistemas de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7
3.64	Gestión ambiental de contratistas y proveedores	Número de contratistas y proveedores que disponen de sistema de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001, certificado por empresa acreditada, entre el número total de contratistas y proveedores, en tanto por cien (CR).	Valor de CR (%).	10 (n=%CR)
3.65	Gestión ambiental de proveedores	Porcentaje de empresas proveedoras que disponen de sistemas de gestión medioambiental UNE-EN ISO 14001.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7 Pretensado in situ 17
3.66	Emisiones difusas: generación de polvo en acopios y viales	Adopción de medidas específicas y verificables para la disminución de la generación de polvo en acopios (como por ejemplo, carenado o riego) teniendo en cuenta que en el caso del árido húmedo no es necesaria la misma protección.	Existe evidencia del sistema y justificación técnica de la idoneidad de la solución adoptada.	10 (n=100)
3.67	Emisiones difusas: generación de polvo	Adopción de medidas específicas y verificables para la disminución de la generación de polvo en plantas de hormigón: — Carenado de cintas — Carenado de báscula — Sistemas de captación de polvo en zonas de transferencia de material — Captador y carenado en bocas de carga sin amasadora	Existe evidencia de la adopción de la totalidad de las medidas.	10 (n=100)
3.68	Utilización de papel reciclado	Reciclado de papel (PR) como porcentaje del papel comprado. Se considera como PR aquellos que tengan un porcentaje mínimo del 50% de fibra reciclada post consumo para papel no estucado y mínimo del 30% para estucados, siendo siempre papeles procesados sin cloro o sus derivados TFC.	1. $PR \geq 33\%$ 2. $33\% > PR > 20\%$ 3. $20\% \geq PR > 10\%$ 4. $PR \leq 10\%$	14
3.69	Consumo de papel	Reducción del consumo anual de papel (RCAP) como porcentaje del papel usado el año anterior.	1. $RCAP > 25\%$ 2. $25\% \geq RCAP > 10\%$ 2. $10\% \geq RCAP > 5\%$ 3. $RCAP \leq 5\%$	14
3.70	Aprovechamiento de escorias	Aprovechamiento de al menos el 50% de las escorias producidas en la fabricación de productos de acero.	Se aporta certificado en vigor que incluye el aprovechamiento del 50% de escorias entre los requisitos evaluados, emitido por un	10 (n=100)

			organismo de certificación acreditado.	
3.71	Delimitación de las instalaciones	Existencia de delimitación física en la totalidad del contorno de los terrenos de la planta de hormigón, con sistemas no provisionales.	Existe evidencia de la delimitación	10 (n=100)
3.72	Instalación permanente de almacenaje	Existencia de, al menos, una Instalación de carácter permanente que la organización debe disponer para almacenar el material constituyente del Sistema de Pretensado "in situ", dotándola con los servicios técnicos suficientes para calibración, conservación y mantenimiento de equipos, utillajes y medios auxiliares para la instalación de dicho Sistema en obra.	Disponer de Licencia Municipal de Apertura de la Instalación para la actividad correspondiente. El contorno de los terrenos en los que se ubica deberá estar delimitado en su totalidad con sistemas no provisionales.	10 (n=100)

Tabla A2.A.1.3

4. INDICADORES SOCIALES				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
4.1	Estabilidad en empleo I	Porcentaje de empleo indefinido sobre el total de empleo directo	1. Objetivo de empresa o 100% 2. Dato del año anterior	7
4.2	Estabilidad en empleo II	Número de empleos con contrato indefinido en relación al número total de empleos directos, en tanto por cien (%EI)	Valor de EI (%)	10 (n=%EI)
4.3	Empleo directo e indirecto	Parámetros (2): 1. Empleo directo: Nº total de trabajadores de la organización (puestos de trabajo equivalentes) [=a/b] Siendo: (a) Total de horas trabajadas por empleo directo. Se obtiene a través de los datos del total de horas trabajadas de toda la plantilla (Fuente: Departamento de personal, cotizaciones a la seguridad social). (b) Media anual de horas trabajadas en puestos de trabajo a tiempo completo. Se utiliza el dato de horas anuales de convenio (por ejemplo 1.670 h) multiplicado por el número de trabajadores de plantilla. 2. Empleo indirecto: Nº total de trabajadores que presta servicio en la organización contratados por terceros, ya sea por actividad propia o auxiliar (puestos de trabajo equivalentes) [=a*/b] Siendo:	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	1

		(a*) Total de horas trabajadas por empleo indirecto. Se obtiene a través de los datos del total de horas trabajadas del personal de contratas (Fuente: Departamento de personal, cotizaciones a la seguridad social)		
4.4	Empleo directo	Número total de trabajadores de la organización (puestos de trabajo equivalentes estimados como el cociente entre el total de horas trabajadas y la media anual de horas trabajadas en puestos de trabajo a tiempo completo) respecto del volumen de facturación.	Dato del año anterior Tendencia creciente	5
4.5	Empleo indefinido respecto al directo	Relación entre el número de empleos indefinidos y el número total de empleos directos, referido al personal propio de la fábrica de origen del cemento o clinker, relacionado directamente con actividades de producción (cantera, producción, mantenimiento, expedición, calidad, seguridad y medioambiente). $EIED (\%) = \frac{N^{\circ} \text{empleos indefinidos}}{N^{\circ} \text{total empleos directos}} * 100$	1. EIED > 80% 2. 70% < EIED ≤ 80% 3. EIED ≤ 70	16
4.6	Costes de formación	Costes de formación respecto al total de la masa salarial. La masa salarial se define como la remuneración de los asalariados en dinero o en especie, que un establecimiento o industria paga a un asalariado como contraprestación por el trabajo que éste realiza, más el valor de las contribuciones sociales a pagar por el empleador a los sistemas de seguridad social obligatoria, o a los sistemas privados de seguro social.	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7 Pretensado in situ 17
4.7	Acciones de formación I	Parámetros (2): 1. N° de acciones de formación realizadas durante el año. 2. Horas de formación respecto al total de la plantilla.	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	7 Pretensado in situ 17
4.8	Acciones de formación II	Horas totales de formación respecto al número total de trabajadores de la organización (puestos de trabajo equivalentes estimados como el cociente entre el total de horas trabajadas y la media anual de horas trabajadas en puestos de trabajo a tiempo completo.)	Dato del año anterior. Tendencia : Creciente	5
4.9	Libertad de asociación y convenios colectivos	Disponibilidad de políticas, prácticas y procedimientos para facilitar la representación de los trabajadores.	Objetivo para todos los parámetros:	10 (n=40)

		Parámetros (3): 1. Normas o procedimientos que garanticen que los trabajadores puedan afiliarse a sindicatos sin temor a sufrir represalias, aplicables en particular a selección y promoción del personal, archivo de información y datos personales y decisiones sobre despidos o traslados 2. Convenio colectivo en vigor 3. Mecanismos de comunicación con los representantes de los trabajadores	Existe la política, norma o procedimiento mencionada.	
4.10	Sistemas de gestión de riesgos laborales I	Sistema de gestión de riesgos laborales según OHSAS 18001 o ISO 45001.	Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado.	10 (n=100)
4.11	Sistemas de gestión de riesgos laborales II	Sistema de gestión de riesgos laborales en el centro productivo	1. Dispone de un certificado en vigor conforme a OSHAS 18001 emitida por una entidad acreditada. 2. Se cuenta con un sistema de gestión de riesgos laborales propio de la empresa/grupo auditado en el último ejercicio. 3. No se cuenta con sistema de gestión de riesgos laborales auditado o certificado.	16
4.12	Sistemas de gestión de riesgos laborales III	Sistema de gestión de riesgos laborales según OHSAS 18001 o ISO 45001.	Dispone de certificado en vigor.	10 (n=100)
4.13	Índices de siniestralidad de personal propio I	Parámetros (4): 1. Índice de frecuencia (I_f) 2. Índice de incidencia (I_i) 3. Índice de gravedad (I_g) 4. Índice de frecuencia (mortales) ($I_{f(mortales)}$) Siendo: $I_f = \frac{N^{\circ}_{\text{total accidentes con baja}}}{N^{\circ}_{\text{total horas hombre trabajadas}}} * 10^6$ $I_i = \frac{N^{\circ}_{\text{total accidente con baja}}}{N^{\circ}_{\text{total personas expuestas}}} * 10^5$ $I_g = \frac{N^{\circ}_{\text{total jornadas perdidas por accidente}}}{N^{\circ}_{\text{total horas hombre trabajadas}}} * 10^3$	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo de empresa o valor nulo. 2. Dato del año anterior Construcción Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	8 10 (n=25)

		$I_f(\text{mortales}) = \frac{N^{\circ}_{\text{total accidentes mortales en jornada de trabajo}}}{N^{\circ}_{\text{total horas hombre trabajadas}}} * 10^8$ Se entiende por "horas hombre" la suma de horas reales de trabajo del personal propio, descontando toda ausencia en el trabajo por permisos, vacaciones, bajas por enfermedad o accidente, etc.		
4.14	Índices de siniestralidad de personal propio en plantas de hormigón	Valor del índice medio de la empresa en los últimos 3 años (I_m) respecto al índice del sector en el último informe sectorial (I_s). Parámetros (3): 1. Índice de frecuencia (I_f) 2. Índice de incidencia (I_i) 3. Índice de gravedad (I_g)	Objetivo para cada parámetro: 1. $I_m \leq 50\% I_s$ 2. $75\% I_s \geq I_m > 50\% I_s$ 3. $I_s \geq I_m > 75\% I_s$ 4. $I_m > I_s$	13
4.15	Índices de siniestralidad de personal de contratas I	Parámetros (4): 1. Índice de frecuencia (I_f) 2. Índice de incidencia (I_i) 3. Índice de gravedad (I_g) 4. Índice de frecuencia (mortales) ($I_f(\text{mortales})$)	Objetivo para cada parámetro: 1. Objetivo de empresa o valor nulo. 2. Dato del año anterior Tendencia: Decreciente	8
4.16	Índices de siniestralidad de personal de contratas II	Índice de frecuencia (mortales)	Dato del año anterior. Tendencia: Decreciente	5
4.17	Acciones específicas de prevención	Parámetros (2): 1. Acciones de prevención: N° de acciones de reducción de riesgos laborales, iniciadas, en curso o finalizadas durante el año. 2. Programas de formación en materia de salud y seguridad: Horas de formación, en materia de seguridad y salud y seguridad laboral, realizadas durante el año incluyendo las impartidas por la empresa al personal de contratas.	Objetivo para cada parámetro: Parámetro 1: Objetivo a elegir entre los siguientes y que deberá mantenerse en el tiempo: 1. Dato del año anterior 2. N° de acciones planificadas en el plan de prevención Parámetro 2: 1. Horas planificadas en el plan de formación. 2. Dato del año anterior Tendencia: Creciente	Par.1: General 2 Pretensado in situ 5 Par.2: General 11 Pretensado in situ 17
4.18	Acciones específicas de prevención con formación superior a la mínima legal exigible	Cursos de Prevención de Riesgos Laborales con duración superior a la mínima legal exigible realizados durante el año	1.- Cursos citados planificados en el plan de formación 2.- Dato del año anterior Tendencia: Creciente	17

4.19	Índices de seguridad y salud laboral	Parámetros (3): - Índice de incidencia de fallecimientos: $IIF = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes mortales} * 1.000}{N^{\circ} \text{ trabajadores}}$ - Índice de incidencia de accidentes con incapacidad temporal: $IIACIT = \frac{N^{\circ} \text{ accidentes con incapacidad temporal} * 1.000}{N^{\circ} \text{ trabajadores}}$ - Índice de gravedad: $IGACIT = \frac{N^{\circ} \text{ jornadas perdidas por incapacidad temporal} * 1.000}{N^{\circ} \text{ total horas trabajadas}}$ El número de trabajadores incluirá a empleados propios, incluidos los contratados a jornada completa, a tiempo parcial y los temporales (estos dos últimos, estimados como equivalentes de jornada completa). Se incluyen empleados de todas las empresas donde exista un control de la dirección y de las empresas con las que se haya firmado un acuerdo técnico o de gestión. Los indicadores pueden ser calculados a nivel de empresa o a nivel de instalación.	Objetivo para cada parámetro: Parámetro 1: - IIF=0 - - IIF > 0 Parámetro 2: - IIACIT < 25 25 ≤ IIACIT < 50 - IIACIT ≥ 50 Parámetro 3: - IG < 0,80 0,80 ≤ IG < 1,0 - IG ≥ 1,0	20
4.20	Buen Gobierno/ Responsabilidad Corporativa	Disponibilidad de políticas, prácticas y procedimientos de buen gobierno. Parámetros (3): - Existencia de una política sobre buen gobierno, pero sin definición de acciones concretas. - Normas o procedimientos con criterios para evitar la corrupción en el ámbito interno (por ejemplo respecto a los proveedores). - Normas o procedimientos con criterios para evitar la corrupción en el ámbito externo (por ejemplo respecto a los clientes, etc.)	Objetivo para cada parámetro: Existe la política, norma o procedimiento mencionada. Tendencia: Creciente	10(n=33,4)

4.21	Buen Gobierno y Responsabilidad Social Corporativa	Realización de las actividades indicadas. Parámetros (8): 1. Se dispone de un código ético o de conducta que indique las normas y pautas generales que marcan los principios de actuación corporativos y éste se transmite a todos los grupos de interés 2. Disponer de un comité o comisión de ética. 3. Definir normas o procedimientos éticos de actuación en los procesos de compra y selección de proveedores 4. Definir normas o procedimientos éticos de actuación relacionadas con los clientes 5. Herramientas para preservar la privacidad del cliente, protección y tratamiento de datos personales e información confidencial 6. Adhesión a iniciativas que impulsen el comportamiento ético (Pacto Mundial de Naciones Unidas) 7. Desarrollo de sistemas de mejora para la excelencia en el servicio y para incrementar la gestión responsable (por ejemplo: Sistema de gestión ética y socialmente responsable SGE 21. etc.) 8. Existencia de acciones concretas para la diversidad de género.	Objetivo para cada parámetro: Existe evidencia de la implantación de la actividad.	10 (n=20)
4.22	Acciones de integración o igualdad	Acciones de integración o de fomento de la igualdad, realizadas durante el año. Parámetros (6): 1. Existencia de una política contra la discriminación pero sin definición de acciones concretas. 2. Normas o procedimientos de contratación/promoción con criterios contra la discriminación suficientemente detallados. 3. Medidas de mejora de condiciones para las mujeres en estado de gestación u otros grupos con necesidades especiales. 4. Equiparación de hombres y mujeres en los puestos de trabajo (existencia de trabajadores de ambos sexos	Objetivo para todos los parámetros: Existe la política, norma, procedimiento o medida mencionada.	10 (n=20)

		en todas las combinaciones de categoría/área). 5. Contratación de trabajadores discapacitados por encima del mínimo legalmente requerido (cuando no exista cuota fijada por normativa estatal, debe ser al menos de un 2%, para empresas de más de 50 trabajadores) 6. Convenios con administraciones públicas.		
4.23	Beneficios sociales	Beneficios sociales no obligatorios adoptados por la organización, incluidas las medidas de conciliación. Parámetros (8): 1. Flexibilización de la jornada laboral 2. Reducción de jornada para atención de niños o personas discapacitadas, por encima de lo reconocido por la legislación o programas o convenios con guarderías. 3. Comedor social, cheque restaurante u otros programas análogos. 4. Transporte al centro de trabajo (siempre que pueda acogerse a él, en función de su residencia, al menos la mitad de la plantilla). 5. Actividades culturales, deportivas o recreativas para trabajadores y sus familias. 6. Becas, préstamos o subvenciones a la formación para los trabajadores y sus familias en cualquier ámbito. 7. Seguros o programas de salud para los trabajadores y sus familias, con un coste reducido respecto al precio de mercado. 8. Programas de asistencia en caso de infortunio familiar grave, incluidos seguros de vida.	Objetivo para todos los parámetros: Existe la política, norma, procedimiento o medida mencionada.	10 (n=20)
4.24	Patrocinios y proyectos culturales, deportivos y ambientales	Parámetros (3): 1. Proyectos culturales 2. Proyectos deportivos 3. Proyectos ambientales Para los tres parámetros se elegirá uno de los siguientes métodos de cálculo, que deberá mantenerse en el tiempo: a) Importe de las aportaciones a los proyectos realizados o patrocinados por la empresa respecto al valor de la	Objetivos para cada parámetro: 1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior Pretensado in situ 1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior	12 22

		producción en unidades monetarias o toneladas. (euros/euros o euros/t). b) Importe de los proyectos finalizados respecto al valor de la producción en unidades monetarias o toneladas. (euros/euros o euros/t).		
4.25	Colaboración con agentes del entorno.	Existen colaboraciones con Instituciones o entidades locales (ayuntamientos, clubs deportivos, etc.)	Existe evidencia de la existencia de colaboraciones.	10(n=100)
4.26	Proyectos sociales	Proyectos sociales como por ejemplo: - Programas de formación profesional - Apoyo a discapacitados - Convenios con universidades y centros de investigación - Cátedras singularizadas - Donaciones/acción social Para el cálculo del parámetro se elegirá uno de los siguientes métodos, que deberá mantenerse en el tiempo: a) Importe de las aportaciones a proyectos sociales realizados o patrocinados por la empresa respecto al valor de la producción en unidades monetarias o toneladas (euros/euros o euros/t). b) Nº de los proyectos sociales finalizados respecto al valor de la producción en unidades monetarias o toneladas (Nº proyectos/euros o Nº proyectos/t).	1. Objetivo de empresa 2. Dato del año anterior	7
4.27	Comunicación sobre la Responsabilidad Social I	Mecanismos de comunicación con las partes interesadas de la organización o grupo empresarial al que pertenezca, para informar sobre su actuación social, económica y medioambiental. Parámetros (4): 1. Publicación de memorias o informes de responsabilidad social (n=40) 2. Reuniones con partes interesadas (n=20) 3. Comunicaciones relacionadas con los productos (n=20) 4. Encuestas públicas dirigidas a conocer la opinión de las partes interesadas sobre la actuación de la organización (n=20)	Objetivo para cada parámetro: Existe el mecanismo de comunicación mencionado. Tendencia: Creciente	10 (n= según parámetro)

4.28	Comunicación sobre la Responsabilidad Social II	Dispone de una memoria de comunicación con las partes interesadas.	Dispone de la memoria.	10 (n=100)
4.29	Actividades en comunidad	Realización de las actividades indicadas. Parámetros (9): 1. Fundaciones laborales 2. Relaciones con las universidades 3. Redacción de memorias de sostenibilidad, incluso a nivel de grupo 4. Participación en actividades sectoriales y de promoción 5. Participación en comités de normalización 6. Acuerdos de colaboración con entidades del tercer sector (ONGs o Fundaciones) para desarrollar proyectos conjuntos 7. Requerimientos sociales para la selección de proveedores, favoreciendo la contratación de proveedores locales 8. Información sobre la gestión social en la comunicación de la empresa 9. Programas de promoción del voluntariado corporativo	Objetivo para cada parámetro: Existe evidencia de la implantación de la actividad.	10 (n=20)
4.30	Comportamiento con los empleados	Realización de las actividades indicadas. Parámetros (7): 1. Iniciativas que favorecen la conciliación entre vida profesional y personal (flexibilidad de horarios, posibilidad de jornada reducida, teletrabajo, etc.) 2. Programas de formación y desarrollo profesional según necesidades y niveles, con presupuesto anual para formación 3. Programas de evaluación del desempeño 4. Canales de comunicación que fomenten la participación e implicación de los trabajadores 5. Programas de Seguridad, Salud y Bienestar Laboral 6. Estudios de clima laboral 7. Gestión de la diversidad (culturas, religiones, orígenes, sexo y raza, entre otros) en la selección, formación, desarrollo y retribución de la plantilla	Objetivo para cada parámetro: Existe evidencia de la implantación de la actividad.	10 (n=20)

4.31	Reclamaciones de clientes	Nº de reclamaciones de clientes por tonelada de producto final. Se considerarán solo las registradas durante el año y evaluadas como procedentes, relacionadas con la calidad del producto o con aspectos comerciales. Parámetros (2): 1. Reclamaciones de calidad 2. Reclamaciones comerciales	Objetivo para cada parámetro: Valor nulo o inferior al dato del año anterior Tendencia: Decreciente	10 (n=50)
4.32	Satisfacción del cliente I	Número de reclamaciones de cliente por millón de toneladas vendidas (R). Se considerarán solo las registradas y evaluadas como procedentes y relacionadas con la calidad del producto y no con la calidad del servicio. Ser realizará la evaluación por empresa.	1.- $0 \leq R \leq 30$ 2.- $30 < R \leq 60$ 3.- $R > 60$	16
4.33	Satisfacción del cliente II	Realización de las actividades indicadas. Parámetros (5): 1. Encuestas de satisfacción de clientes 2. Evaluación de la satisfacción del cliente por medios alternativos 3. Sistemas CRM (Customer Relationship Management o Gestión basada en la relación con los clientes) 4. Cursos, formación y orientación de clientes 5. Existencia de servicios de asistencia técnica.	Objetivo para cada parámetro: Existe evidencia de la implantación de la actividad.	10 (n=20)
4.34	Satisfacción del cliente III	Realización de las actividades indicadas. Parámetros (2): 1. Existencia de encuestas de satisfacción de clientes 2. Puntuación media de los clientes con un valor mínimo del 70%	Objetivo para cada parámetro: Existe evidencia de la implantación de la actividad.	10 (n=50)
4.35	Satisfacción del cliente y terceros	Protocolo de registro de quejas de terceros o reclamaciones de clientes, en relación con temas de calidad, ambientales o sociales, y de su tratamiento.	Disponer del protocolo.	10(n=100)
4.36	Auditorías de protección de datos	Realización de auditorías de protección de datos al menos cada dos años valorando el resultado de la última auditoría.	Según el informe de auditoría: 1. Ninguna desviación 2. Se han implantado en plazo medidas para resolver al menos el 75% de las desviaciones	7
4.37	Empleo local I	Empleo asociado a los contratistas de la organización que procedan del entorno	Superación del dato del año anterior	10 (n=100)

		local y que trabajen en el interior de las instalaciones (puestos de trabajo equivalentes estimados como la relación entre el total de horas trabajadas y la media anual de horas trabajadas en puesto de trabajo a tiempo completo.)	Tendencia: Creciente	
4.38	Empleo local II	Empleo generado por la organización en el entorno de 50 km alrededor de cada una de sus sedes, en proporción al número total de empleados (EML). En el caso de las empresas constructoras, este indicador se refiere a la sede central donde están ubicados los servicios centrales de la empresa	1. EML > 75% 2. 75% ≥ EML > 65% 3. 65% ≥ EML > 50% 4. EML ≤ 50%	14
4.39	Compras locales I	Porcentaje de compras locales de bienes y servicios. Parámetros (3): 1. Porcentaje de compras locales de chatarra (acero) 2. Porcentaje de compras locales de palanquilla (acero) 3. Porcentaje de compras locales de otros bienes y servicios (todos los agentes)	Objetivo para cada parámetro: General Superación del dato del año anterior Tendencia: Creciente Pretensado in situ 1.Dato del presupuesto anual 2.Dato del año anterior Tendencia: Creciente	2 17
4.40	Compras locales II	Compra de materias primas para la fabricación de hormigón: Parámetros (2): 1. Áridos: a menos de 30 km de la central 2. Cementos: a una de las dos instalaciones más próximas a la central.	Objetivo para cada parámetro: Existe evidencia del cumplimiento.	10 (n=50)
4.41	Compras y empleo local	Porcentaje de suministros locales de las principales materias primas constituyentes (propias o ajenas) de clinker y cemento en un radio de 100 km, medidos sobre el porcentaje de compras de la instalación en toneladas (R).	1.- R ≥ 60% 2.- 60% > R ≥ 40% 3.- R < 40%	16

Tabla A2.A.1.4

2. Criterios de valoración de los indicadores

La siguiente tabla define los sistemas de valoración para obtener $\lambda_{j,l,m}$ en función del sistema indicado para cada caso en la columna 5 "Sistema de valoración" de las tablas del apartado anterior.

SISTEMAS DE VALORACIÓN			
Nº sistema	$\lambda_{j,l,m}$	Nº sistema	$\lambda_{j,l,m}$
1	+100 Si alcanza objetivo 1 +50 Si no alcanza objetivo 1 pero supera objetivo 2 -50 Si no alcanza objetivo 1 ni objetivo 2	2	+100 Si supera objetivo 0 Si se iguala objetivo -50 Si inferior a objetivo
3	1. +100 2. +75 3. +25 4. + 0	4	+100 si no se supera objetivo 1 +50 si se supera objetivo 1 pero no supera objetivo 2 0 si se supera objetivo 1 y se supera objetivo 2 Cuando objetivo 1 = objetivo 2 se aplicará: +100 si no se supera objetivo 1 +50 si se supera objetivo 1 pero no supera (1,35 . objetivo 1) 0 si supera (1,35 . objetivo 1) Considerando como objetivo 2 el mejor valor de los obtenidos en años anteriores. En el caso de producción en regresión (producción presupuestada para el año < producción real del año anterior) podrá aceptarse que objetivo 1 > objetivo 2 y se podrá aplicar la misma tabla de valoración indicada para el caso en el que objetivo 1 = objetivo 2.
5	+100 Si supera objetivo +50 Si se iguala objetivo 0 Si inferior a objetivo	6	+100 Si alcanza objetivo 1 +50 Si no alcanza objetivo 1 pero inferior objetivo 2 0 Si no alcanza objetivo 1 ni inferior objetivo 2
7	+100 Si alcanza objetivo 1 +50 Si no alcanza objetivo 1 pero supera objetivo 2 0 Si no alcanza objetivo 1 ni superior objetivo 2	8	+100 Si alcanza objetivo 1 +50 Si no alcanza objetivo 1 pero inferior objetivo 2 -50 Si no alcanza objetivo 1 ni inferior objetivo 2
9	+100 Si supera objetivo +50 Si no supera objetivo 0 Otros casos	10 (n)	+n Si alcanza objetivo 0 Otros casos
11	+100 Si alcanza objetivo 1 y supera objetivo 2 +50 Si alcanza objetivo 1 e iguala objetivo 2 0 Si no alcanza objetivo 1 pero iguala objetivo 2 -50 Otros casos	12	+100 Si alcanza objetivo 1 +50 Si no alcanza objetivo 1 pero supera objetivo 2 0 Si no alcanza objetivo 1 pero iguala objetivo 2 -50 Otros casos

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

13	1. + 100 2. + 75 3. + 25 4. + 0	14	1. + 100 2. + 50 3. + 25 4. + 0
15	Para cada parámetro 1 y 2: 1. +50 2. +25 3. + 0	16	1. + 100 2. + 60 3. + 0
17	+100 si se alcanza objetivo 1 +50 si no alcanza objetivo 1 pero supera objetivo 2 0 si no alcanza objetivo 1 ni supera objetivo 2 Cuando objetivo 1 = objetivo 2 se aplicará: +100 si alcanza objetivo 1 +50 si no alcanza objetivo 1 pero alcanza o supera (0,65 . objetivo 1) 0 si no alcanza (0,65 . objetivo 1) Considerando como objetivo 2 el mejor valor de los obtenidos en años anteriores	18	Para cada parámetro 1 y 2: 1. + 50 2. + 0
19	1. +100 2. +75 3. +50 4. +25	20	Para cada parámetro: 1. + 34 2. + 10 3. + 0
21	1. + 40 2. + 20 3. + 0	22	+100 si alcanza objetivo 1 +50 si no alcanza objetivo 1 pero supera objetivo 2 0 si no alcanza objetivo 1 pero iguala objetivo 2 -50 Otros casos Cuando objetivo 1 = objetivo 2 se aplicará: +100 si alcanza objetivo 1 +50 si no alcanza objetivo 1 pero alcanza o supera (0,65 . objetivo 1) 0 si no alcanza (0,65 . objetivo 1) Considerando como objetivo 2 el mejor valor de los obtenidos en años anteriores. En el caso de producción en regresión (producción presupuestada para el año < producción real del año anterior) podrá aceptarse que objetivo 1 < objetivo 2 y se podrá aplicar la misma tabla de valoración indicada para el caso en el que objetivo 1 = objetivo 2.

Tabla A2.A.2

En el caso de que la aplicación de los criterios de valoración anteriores conllevaran valores de $\lambda_{j,l,m} > 100$, se tomará un valoración máxima de $\lambda_{j,l,m} = 100$.

NOTA: En el caso de existir varios parámetros, la valoración de cada indicador se obtiene como la suma de la valoración positiva o negativa de cada uno de los parámetros que incluye. La puntuación positiva del indicador queda limitada a un máximo de 100 puntos. La puntuación del indicador queda limitada inferiormente a un mínimo de 0 puntos.

Ejemplo: Indicador con 4 parámetros P1, P2, P3 y P4.

Se indica entre paréntesis la puntuación obtenida en cada parámetro:

Caso 1: P1 (100), P2 (+50), P3 (0), P4 (-50)

Puntuación del indicador (PI) = Σ Puntuación de los 4 parámetros = $100 + 50 + 0 - 50 = 100$

Valor final del indicador PI = 100

Caso 2: P1 (100), P2 (100), P3 (0), P4 (-50)

Puntuación del indicador PI = Σ Puntuación de los 4 parámetros = $100 + 100 + 0 - 50 = 150$

Valor final del indicador PI = 100

Caso 3: P1 (+50), P2 (-50), P3 (0), P4 (-50)

Puntuación del indicador = Σ Puntuación de los 4 parámetros = $50 - 50 + 0 - 50 = -50$

Valor final del indicador PI = 0

3. Selección de indicadores aplicables a cada agente

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICAS (PROYECTO, $j = 1$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	-
Económicos	1	Producción/productividad	0,5	2.2	-
	2	Índices de rentabilidad	0,5	2.3, 2.4	-
	3	Inversiones	-	-	-
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,4	3.1	-
	2	Emisiones GEI			-
	3	Materiales	-	-	-
	4	Energía	0,15	3.19	-
	5	Agua	0,15	3.26	-
	6	Biodiversidad	-	-	-
	7	Otras emisiones	-	-	-
	8	Vertidos	-	-	-
	9	Residuos	0,15	3.49	-
	10	Otros aspectos ambientales	0,15	3.68, 3.69	-
Sociales	1	Empleo	0,2	4.1	4.3, 4.6, 4.7, 4.9
	2	Salud y seguridad laboral	0,25	4.11	4.15, 4.17, 4.19
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,2	4.23	4.20, 4.22
	4	Comunidad	0,1	4.29	-
	5	Satisfacción clientes	0,15	4.34	4.31
	6	Compras y empleo local	0,1	4.38	

Tabla A2.A.3.1

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICAS (CEMENTO, $j = 2$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	-
Económicos	1	Producción/productividad	1	2.17, 2.18, 2.19	-
	2	Índices de rentabilidad	-	-	-
	3	Inversiones	-	-	-
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,15	3.4	-
	2	Emisiones GEI	0,15	3.10	-
	3	Materiales	0,14	3.55	-
	4	Energía	0,14	3.21	-
	5	Agua	-	-	-
	6	Biodiversidad	0,14	3.30	-
	7	Otras emisiones	0,14	3.40	-
	8	Vertidos	-	-	-
	9	Residuos	-	-	-
	10	Otros aspectos ambientales	0,14	3.54	-
Sociales	1	Empleo	0,2	4.5	-
	2	Salud y seguridad laboral	0,3	4.19, 4.11	-
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,2	4.20	-
	4	Comunidad	0,2	4.29, 4.30	-
	5	Satisfacción clientes	0,05	4.33	4.32
	6	Compras y empleo local	0,05	4.41	-

Tabla A2.A.3.2

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICAS (ÁRIDOS, $j = 3$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	1.7
Económicos	1	Producción/productividad	0,50	2.2	2.1
	2	Índices de rentabilidad	0,25	-	2.6, 2.7, 2.9
	3	Inversiones	0,25	-	2.11, 2.16
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,25	3.3	-
	2	Emisiones GEI	-	-	-
	3	Materiales	0,15	3.13	-
	4	Energía	0,10	-	3.15, 3.20,

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

	5	Agua	0,1 0	3.24	3.25
	6	Biodiversidad	0,2 5	3.30	3.29, 3.54
	7	Otras emisiones	-	-	-
	8	Vertidos	-	-	-
	9	Residuos	0,1 0	3.48	3.52 3.53
	10	Otros aspectos ambientales	0,0 5	-	3.56, 3.58
Sociales	1	Empleo	0,1 7	4.7, 4.9	4.1, 4.3, 4.6
	2	Salud y seguridad laboral	0,1 7	4.11, 4.13, 4.17	4.15
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,1 7	4.20	4.22, 4.23
	4	Comunidad	0,1 6	-	4.24, 4.25, 4.27, 4.29, 4.30
	5	Satisfacción clientes	0,1 7	4.31	4.33
	6	Compras y empleo local	0,1 6	4.38	4.39

Tabla A2.A.3.3

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICAS (ADITIVOS, $j = 4$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	-
Económicos	1	Producción/productividad	0,33	2.1	-
	2	Índices de rentabilidad	0,34	2.3, 2.4, 2.6	2.7, 2.9
	3	Inversiones	0,33	2.10	2.14, 2.15
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,12	3.1	-
	2	Emisiones GEI	-	-	-
	3	Materiales	0,11	3.12	-
	4	Energía	0,11	3.23	3.20, 3.22
	5	Agua	0,11	3.24	3.28
	6	Biodiversidad	0,11	3.29	-
	7	Otras emisiones	0,11	3.41	-
	8	Vertidos	0,11	3.42	-
	9	Residuos	0,11	3.48	3.50
	10	Otros aspectos ambientales	0,11	3.57	3.56, 3.58, 3.62
Sociales	1	Empleo	0,17	4.1, 4.3, 4.6, 4.9	4.7

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

	2	Salud y seguridad laboral	0,17	4.13, 4.15	4.10, 4.17
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,17	4.20	4.22, 4.23
	4	Comunidad	0,17	4.24	4.26, 4.27, 4.29
	5	Satisfacción clientes	0,16	4.31	4.33, 4.36
	6	Compras y empleo local	0,16	4.37, 4.40	

Tabla A2.A.3.4

Factor de ponderación γ_{ji} e indicadores ICAS (ACERO, $j = 5$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{ji}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	-
Económicos	1	Producción/productividad	0,3	2.1	-
	2	Índices de rentabilidad	0,5	2.3, 2.4	2.6, 2.7, 2.9
	3	Inversiones	0,2	2.10	2.14, 2.16
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,05	3.2	
	2	Emisiones GEI	0,25	3.7, 3.9	-
	3	Materiales	0,05	3.12	-
	4	Energía	0,15	3.6, 3.16(1), 3.18(2)	3.20, 3.22
	5	Agua	0,15	3.23, 3.24	3.28
	6	Biodiversidad	0,05	3.29	-
	7	Otras emisiones	0,1	3.31(1), 3.32(2), 3.34(2), 3.35(1), 3.36(2), 3.39(2), 3.41	3.33(1), 3.37(1)
	8	Vertidos	0,1	3.43(1), 3.45(2)	3.46(1)
	9	Residuos	0,05	3.48, 3.70	3.50
	10	Otros aspectos ambientales	0,05	3.57, 3.60, 3.63	3.56, 3.58, 3.61, 3.62, 3.65
Sociales	1	Empleo	0,3	4.1, 4.3, 4.9	4.6, 4.7
	2	Salud y seguridad laboral	0,3	4.10, 4.13, 4.15	4.17
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,25	4.20, 4.22, 4.23	-
	4	Comunidad	0,05	4.24, 4.26	4.27, 4.29
	5	Satisfacción clientes	0,05	4.31	4.33, 4.36
	6	Compras y empleo local	0,05	4.37, 4.39	-

(1)Sólo aplica a aceros al carbono

(2)Sólo aplica a los aceros inoxidables

Tabla A2.A.3.5

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICAS (HORMIGÓN, $j = 6$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.2, 1.3	1.1
Económicos	1	Producción/productividad	0,5	2.20	
	2	Índices de rentabilidad	0,5	2.5	
	3	Inversiones			
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,1	3.1	
	2	Emisiones GEI			
	3	Materiales	0,15	3.14	
	4	Energía			
	5	Agua			
	6	Biodiversidad			
	7	Otras emisiones			
	8	Vertidos	0,2	3.47	
	9	Residuos	0,2	3.51	
	10	Otros aspectos ambientales	0,35	3.66, 3.67, 3.71	
Sociales	1	Empleo	0,2	4.3, 4.9	4.7
	2	Salud y seguridad laboral	0,2	4.11, 4.14	
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,15	4.20	
	4	Comunidad	0,15	4.29	4.25
	5	Satisfacción clientes	0,15	4.35	4.36
	6	Compras y empleo local	0,15	4.40	

Tabla A2.A.3.6

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICAS (PREFABRICADOS DE HORMIGÓN, $j = 7$)					
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	
Económicos	1	Producción/productividad	0,1	2.1	-
	2	Índices de rentabilidad	0,6	2.3, 2.4	
	3	Inversiones	0,3	2.10	2.14
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,50	3.1	
	2	Emisiones GEI	-	-	-
	3	Materiales	0,1	3.12	-
	4	Energía	0,05	3.15	3.20

	5	Agua	0,05	3.24	
	6	Biodiversidad	-	-	-
	7	Otras emisiones	0,05	3.41	-
	8	Vertidos	0,06	3.42	-
	9	Residuos	0,12	3.48	3.50
	10	Otros aspectos ambientales	0,07	3.57, 3.66	3.56
Sociales	1	Empleo	0,25	4.1, 4.9	4.7
	2	Salud y seguridad laboral	0,30	4.13	4.10, 4.17
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,15	4.22	4.20
	4	Comunidad	0,05	4.24	-
	5	Satisfacción clientes	0,20	4.31	4.36
	6	Compras y empleo local	0,05	4.38	-

Tabla A2.A.3.7

Factor de ponderación $\gamma_{j,l}$ e indicadores ICAS (ACERO TRANSFORMADO, j=8)					
Requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación $\gamma_{j,k,l}$	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	-
Económicos	1	Producción/productividad	0,3	2.1	-
	2	Índices de rentabilidad	0,5	2.3, 2.4	2.6, 2.7, 2.9
	3	Inversiones	0,2	2.10	2.14, , 2.16
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,1/0,05 (1)	3.1, 3.2(1)	-
	2	Emisiones GEI (1)	0,25 (1)	3.7(1), 3.9(1)	-
	3	Materiales	0,1 /0,05 (1)	3.12	-
	4	Energía	0,3/0,15 (1)	3.15, 3.17 (1)	3.6, 3.20,3.22
	5	Agua	0,1/0,15(1)	3.23, 3.24(1)	3.28
	6	Biodiversidad (1)	0,05 (1)	3.29(1)	-

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

	7	Otras emisiones	0,1	3.38(1), 3.41	-
	8	Vertidos	0,1	3.42, 3.44(1)	-
	9	Residuos	0,1/0,05 (1)	3.48	3.50
	10	Otros aspectos ambientales	0,1/0,05 (1)	3.57, 3.60(1), 3.63	3.56, 3.58, 3.61(1), 3.62, 3.65
Sociales	1	Empleo	0,3	4.1, 4.3	4.6, 4.7, 4.9
	2	Salud y seguridad laboral	0,3	4.13, 4.15, 4.17	4.10
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,25	4.20	4.22, 4.23
	4	Comunidad	0,05	4.29	4.24, 4.26, 4.27
	5	Satisfacción clientes	0,05	4.31	4.33, 4.36
	6	Compras y empleo local	0,05	4.37, 4.39	-

(1) Sólo aplica a armaduras activas

Tabla A2.A.3.8

Factor de ponderación $\gamma_{j,l}$ e indicadores ICAS (TALLER ESTRUCTURAS METÁLICAS, j=9)					
Requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación $\gamma_{j,k,l}$	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1	-
Económicos	1	Producción/productividad	0,3	2.1	-
	2	Índices de rentabilidad	0,5	2.3, 2.4	2.6, 2.7, 2.9
	3	Inversiones	0,2	2.10	2.14, 2.16

Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,1	3.1	-
	2	Materiales	0,1	3.12	-
	3	Energía	0,3	3.15	3.6, 3.20,3.22
	4	Agua	0,1	3.23	3.28
	5	Otras emisiones	0,1	3.41	-
	6	Vertidos	0,1	3.42	-
	7	Residuos	0,1	3.48	3.50
	8	Otros aspectos ambientales	0,1	3.57, 3.63	3.56, 3.58, 3.62, 3.65
Sociales	1	Empleo	0,3	4.1, 4.3	4.6, 4.7, 4.9
	2	Salud y seguridad laboral	0,3	4.13, 4.15, 4.17	4.10
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,25	4.20	4.22, 4.23
	4	Comunidad	0,05	4.24, 4.26, 4.29	4.27
	5	Satisfacción clientes	0,05	4.31, 4.36, 4.33	
	6	Compras y empleo local	0,05	4.37, 4.39	-

Tabla A2.A.3.9

(Factor de ponderación $\gamma_{j,l}$ e indicadores ICAS (PRETENSADO, j=10))					
Requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación $\gamma_{j,k,l}$	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1,1.8	1.4
Económicos	1	Producción/productividad	0,3	2.2	-
	2	Índices de rentabilidad	0,5	2.8	-
	3	Inversiones	0,2	2.15	-
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,24	3.1	3.65
	2	Emisiones GEI	0,34	3.9	-
	3	Materiales	-	-	-
	4	Energía	0,16	3.15	-
	5	Agua	0,16	3.23	-
	6	Biodiversidad	-	-	-
	7	Otras emisiones	-	-	-
	8	Vertidos	-	-	-
	9	Residuos	-	-	-
	10	Otros aspectos ambientales	0,10	3.72	3.68
Sociales	1	Empleo	0,35	4.6, 4.7	4.30
	2	Salud y seguridad laboral	0,25	4.13, 4.17	4.18

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,20	4.20	-
	4	Comunidad	0,05	4.22	4.24, 4.29
	5	Satisfacción clientes	0,10	4.31, 4.33	-
	6	Compras y empleo local	0,05	4.39	-

Tabla A2.A.3.10

Factor de ponderación $\gamma_{j,l}$ e indicadores ICAS (CONSTRUCCION EN OBRA, j=11)					
Requisitos	Criterios			Indicadores	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación $\gamma_{j,k,l}$	Obligatorios	Voluntarios
Prestacionales	1	Calidad	1	1.1, 1.6	1.5
Económicos	1	Índices de rentabilidad	0,7	2.6	2.7
	2	Inversiones	0,3	2.12, 2.13	
Medioambientales	1	Sistemas de Gestión	0,08	3.5	
	2	Emisiones GEI	0,34	3.8	-
	3	Materiales	-		-
	4	Energía	0,16	3.11	
	5	Agua	0,16	3.27	
	6	Biodiversidad	-		
	7	Otras emisiones	-		
	8	Vertidos	-		
	9	Residuos	0,16	3.49	

	10	Otros aspectos ambientales	0,10		3.56, 3.59, 3.64
Sociales	1	Empleo	0,35	4.8	4.2, 4.4
	2	Salud y seguridad laboral	0,30	4.12, 4.13	4.16,4.17
	3	Buen Gobierno, diversidad, igualdad y beneficios sociales	0,25	4.21	4.22
	4	Comunidad	0,10	4.28	4.24, 4.29
	5	Satisfacción clientes	-		
	6	Compras y empleo local	-		

Tabla A2.A.3.11

APÉNDICE B. Contribución complementaria a la sostenibilidad

1. Definición de indicadores relacionados con la contribución complementaria de los procesos

NOTA 1: Distintivos de calidad oficialmente reconocidos

Los distintivos oficialmente reconocidos deben cumplir los requisitos establecidos en el artículo 7 del Capítulo 2 de este Código.

NOTA 2: Declaraciones ambientales de producto

El administrador de programa que emite la declaración ambiental de producto (DAP) deberá hacerlo de acuerdo a los productos de construcción de la tabla A2.2 y contar con unas instrucciones generales públicamente disponibles, conforme a la Norma UNE-EN ISO 14025:2010.

El organismo verificador deberá cumplir las Instrucciones generales del administrador de programa que emite la declaración ambiental de producto.

El organismo verificador deberá estar acreditado conforme a la Norma UNE-EN ISO/IEC 17065:2012 por la Entidad Nacional de Acreditación (ENAC) o por otro organismo nacional de acuerdo al Reglamento (CE) nº 765/2008 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 9 de julio de 2008. El alcance de la acreditación debe incluir las Reglas de Categoría de Producto (RCP) que le corresponda, de las indicadas en este anejo.

Las declaraciones ambientales de producto deben elaborarse, verificarse y emitirse conforme a lo establecido en las Normas:

- UNE-EN ISO 14025:2010
- UNE-EN 15804:2012+A1:2014
- Regla de Categoría de Producto específica elaborada por el Comité Técnico del Producto correspondiente

PRODUCTO	REGLA DE CATEGORÍA DE PRODUCTO
Cemento	UNE EN 16908:
Áridos	
Aditivos	
Acero	UNE 36904-1
Hormigón	UNE EN 16757
Prefabricados de hormigón	UNE EN 16757
Acero transformado	UNE 36904-2
Taller de estructuras metálicas	UNE 36904-2

Tabla A2.B.1

En el caso de declaraciones ambientales de producto medias o sectoriales solo podrán ser parte de las mismas, aquellos productos que hayan sido incluidos en el inventario de datos que soporta el análisis de ciclo de vida de dicha declaración.

La declaración ambiental debe contener, adicionalmente, la siguiente información:

- Referencia explícita a la conformidad con las normas de referencia y las RCP indicadas en este Código Estructural incluidos los anejos nacionales en el caso de que existan.
- Identificación del administrador de programa y del organismo verificador, incluyendo los datos de contacto del administrador de programa.
- Identificación inequívoca del producto.
- Alcance geográfico de la DAP. En el caso de productos fabricados fuera de España debe incluirse un escenario de transporte, al menos, una capital de provincia española.

1. INDICADORES PRESTACIONALES				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
1.1	DCOR	Distintivo Oficialmente Reconocido (DCOR) conforme al artículo 8 de este Código.	Dispone de DCOR	2 (n=100)
1.2	Análisis conceptual	El proyecto dispone de un estudio de concepción estructural, realizado antes del inicio del mismo, al objeto de identificar sus puntos críticos.	Dispone del estudio Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
1.3	Control de proyecto	El proyecto ha sido objeto de un autocontrol por parte del autor del proyecto, documentado y verificable.	Dispone del autocontrol Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
1.4	Control de ejecución	El proceso de construcción está sometido a un control de ejecución a nivel intenso, de acuerdo con lo indicado en este Código.	Dispone del control intenso. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
1.5	Fomento de la industrialización de la armadura I	El proyecto contempla un porcentaje de armaduras con formas normalizadas (ARN), según UNE 36831.	1. ARN > 90% 2. 90% ≥ ARN > 80% 3. 80% ≥ ARN > 75% 4. ARN ≤ 75%	4
1.6	Fomento de la industrialización de la armadura II	Las uniones no resistentes entre armaduras se realizan con soldadura no resistente, en lugar de atado con alambre. Se evalúa por el porcentaje de la armadura suministrada a la obra como ferralla armada (ARS).	1. ARS > 75% 2. 75% ≥ ARS > 50% 3. 50% ≥ ARS > 25% 4. ARS ≤ 25%	4
1.7	Certificado de garantía del control estadístico para productos de acero	Los productos de acero para la fabricación de armaduras pasivas, armaduras activas y estructuras de acero que cumplen los siguientes requisitos relativos a su control estadístico: 1. Para barras y rollos de acero para armaduras pasivas debe cumplir: a) control estadístico que garantice, para todas las coladas, con un nivel de confianza del 90%, que al menos una proporción “p” del producto cumple el nominal correspondiente (donde p=0.95 para el R _e y el R _m ; p=0.90 para A _{gt} y A ₅)	Dispone de un certificado en vigor emitido por organismo acreditado. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)

		b) control estadístico que garantice que la desviación típica total estimada del límite elástico no supera el 5.5% del valor nominal. 2. Para otros productos de acero para estructuras de acero (perfiles, chapas, bobinas y flejes) y alambón para su posterior transformación: control estadístico que garantice que la desviación típica total estimada del límite elástico no supera el 10% del valor nominal.		
1.8	Certificado de garantía del control estadístico para transformados de acero	Los productos de acero transformados para la fabricación de armaduras pasivas, armaduras activas, mallas y armaduras básicas, cumplen los siguientes requisitos relativos a su control estadístico: 1. Para barras y rollos de acero para armaduras pasivas (debe cumplir a) y b): a) control estadístico que garantice, para todas las coladas, con un nivel de confianza del 90%, que al menos una proporción “p” del producto cumple el nominal correspondiente (donde $p=0.95$ para el R_e y el R_m; $p=0.90$ para A_{gt} y A_5) b) control estadístico que garantice que la desviación típica total estimada del límite elástico no supera el 5.5% del valor nominal. 2. Para productos de acero transformados para armaduras activas, mallas y armaduras básicas: control estadístico que garantice que la desviación típica total estimada del límite elástico no supera el 10% del valor nominal.	Dispone de un certificado en vigor emitido por organismo acreditado. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
1.9	Uso de productos con control estadístico	El 100% de los productos de acero utilizados para la fabricación de ferralla armada y estructuras de acero cumplen con el control estadístico establecido en 1.7 y/o 1.8, según corresponda.	Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado que verifique el cumplimiento. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
1.10	Seguro Responsabilidad Civil I	Certificado de vigencia de Póliza de Seguro de Responsabilidad Civil por posibles productos defectuosos	Dispone de certificado en vigor, emitido por organismo acreditado.	2 (n=100)

		fabricados, con una cuantía suficiente que ampare las posibles responsabilidades en que se pudiera incurrir.	Máxima valoración si posee DCOR.	
1.11	Seguro Responsabilidad Civil II	Póliza de Seguro de Responsabilidad Civil por posibles productos (cementos) defectuosos fabricados, con una cuantía mínima de 5.000.000€.	Dispone de póliza en vigor Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
1.12	Seguro de responsabilidad civil para plantas de hormigón	Existencia de un seguro de responsabilidad civil con cláusula específica de unión y mezcla con una cobertura C, expresada en euros, superior a 12 P, siendo P la producción anual expresada en metros cúbicos de hormigón. La cobertura mínima ha de ser de 600.000 euros y si como consecuencia del producto 12P se supera el valor de cobertura de 1.200.000 euros, se permite mantener ese valor como máximo.	Dispone de la cobertura. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)

Tabla A2.B.1.1

2. INDICADORES ECONÓMICOS				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
2.1	Estudio económico de alternativas	El proyecto incluye un estudio económico de la estructura, comparando al menos 3 soluciones viables.	Dispone del estudio económico. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
2.2	Análisis de costes de ciclo de vida	El proyecto incluye un estudio de análisis de costes durante el ciclo de vida completo.	Dispone del análisis de costes. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)

Tabla A2.B.1.2

3. INDICADORES MEDIOAMBIENTALES				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
3.1	Contenido de chatarra en el acero	El acero incorpora una cierta cantidad de material reciclado (porcentaje en peso de chatarra = CCA): Porcentaje en peso de chatarra respecto al total de aporte férreo en acería (chatarra, arrabio, prerreducidos y ferroaleaciones).	Dispone del certificado en vigor emitido por organismo acreditado que verifique el cumplimiento especificado para cada producto.	
		Para productos largos fabricados por laminación en caliente: - barras y rollos de acero para armaduras pasivas, - alambión para su posterior transformación en productos de acero para armaduras pasivas	CCA $\geq$ 80%	2 (n=100)
		Para productos estructurales largos fabricados por laminación en caliente: - alambión para su posterior transformación en productos de acero para armaduras activas.	1. CCA $\geq$ 60% 2. CCA $\geq$ 20%	1
		Para productos estructurales planos fabricados por laminación en caliente o en frío (chapas para acero estructural, bobinas y flejes para su posterior transformación).	CCA $\geq$ 20%	2 (n=100)
		Para todos los productos de acero inoxidable : - productos largos fabricados por laminación en caliente (barras y rollos de acero para armaduras pasivas, alambión para su posterior transformación, perfiles para acero estructural), - productos planos fabricados por laminación en caliente o en frío (chapas para acero estructural, bobinas y flejes para su posterior transformación).	CCA $\geq$ 60%	2 (n=100)
			Máxima valoración si posee DCOR.	
3.2	Declaraciones ambientales de producto	El producto dispone de una declaración ambiental de producto (DAP) elaborada y verificada conforme a la Nota 2 del Apéndice B.	El producto dispone de una DAP.	2 (n=100)
3.3	Uso de hormigón fabricado a	El hormigón empleado para la estructura se ha fabricado a partir de áridos que incorporan una cierta cantidad de	Existen evidencias de dicha práctica.	2 (n=100)

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

	partir de materiales reciclados o recuperados	material reciclado o bien recuperado de otros hormigones procedentes de retornos a la central.		
3.4	Uso de hormigón fabricado a partir de materiales reciclados	El hormigón incorpora agua reciclada procedente del lavado de las cubas, de acuerdo con lo indicado en este Código.	Existen evidencias de dicha práctica.	2 (n=100)
3.5	Uso de armaduras normalizadas	El proyecto contempla el uso de armaduras normalizadas (mallas electrosoldadas o armaduras básicas electrosoldadas en celosía). Se evalúa en función de la relación entre el peso de armaduras normalizadas dispuestas en el proyecto y la medición de las armaduras correspondientes a elementos planos de la estructura: losas, forjados, etc (MAL).	1. MAL > 50% 2. 50% ≥ MAL > 30% 3. 30% ≥ MAL > 10% 4. MAL ≤ 10%	3
3.6	Control radiológico del acero	El fabricante del acero tiene implantado un Sistema de vigilancia y control de material radioactivo en las materias primas y durante el proceso de producción conforme a la Guía de Seguridad de Control Radiológico de Actividades de Recuperación y Reciclado de Chatarras del Consejo de Seguridad Nuclear, que permita asegurar: 1. Que el producto está por debajo de los límites de exención establecidos en el anexo VII de la Directiva Europea 2013/59 EURATOM del Consejo, de 5/12/2013 2. Que los posibles materiales radioactivos (no exentos) detectados son debidamente gestionados.	Dispone de un certificado en vigor emitido por organismo acreditado. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.7	Análisis de ciclo de vida en el proyecto	El proyecto incorpora un análisis de ciclo de vida (ACV) de la solución estructural adoptada para el proyecto.	Dispone del ACV. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.8	Vida útil de 100 años del Sistema de Pretensado	El Sistema de Pretensado "in situ" incorpora, como propios de dicho Sistema, Elementos (Kits) conforme a un Documento de Idoneidad Técnica Europeo basado en la asunción de una Vida Útil de dicho Sistema de Pretensado de 100 años.	Dispone del DITE correspondiente Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.9	Uso de coeficientes reducidos para la ponderación de materiales	Porcentaje de proyectos que contemplan el uso de los coeficientes de ponderación reducidos que se admiten en este Código respecto al total de proyectos realizados (% CPR). Se considera que un proyecto ha usado coeficientes de ponderación reducidos cuando en elementos de hormigón se aplica al menos en el 50% del hormigón y 50% de las armaduras pasivas, y en	Valor de CPR (%).	2 (n=% CPR)

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

		elementos de acero estructural en el 100% del acero.		
3.10	Uso de coeficientes de minoración reducidos en el Sistema de Pretensado	La Instalación del Sistema de Pretensado "in situ" incorpora las condiciones necesarias para introducir la fuerza de pretensado con los coeficientes de minoración reducidos que se admiten en este Código, con objeto de alcanzar la máxima tensión de tesado admisible	Dispone de Distintivo Oficialmente Reconocido (DCOR)	2 (n=100)
3.11	Reducción de emisiones en la obra I	La obra dispone de sistemas para evitar la emisión de polvo a las zonas colindantes, tales como uso de aspersores, de estabilizantes químicos, pantallas u otros dispositivos de retención de polvos, etc.	Existencia y utilización del sistema Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.12	Reducción de emisiones en la obra II	Existencia de sistemas de limpieza para evitar la suciedad en el pavimento de las vías colindantes.	Existencia y utilización del sistema. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.13	Reutilización de productos de excavación	El constructor reutiliza la máxima cantidad de productos de excavación correspondientes a la estructura, minimizando el volumen de residuos enviados a vertedero	Reutilizar en la propia obra el 100% de los productos de excavación correspondientes a la estructura. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.14	Gestión de residuos en la obra	El constructor hace una reserva de espacio en la obra para depositar y gestionar los residuos de la misma. Dicho espacio, contenedor o zona de acopio, deberá estar señalizado indicándose el tipo de residuo que contendrá.	Existencia de un espacio definido y utilizado durante la obra para gestionar los residuos. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.15	Gestión de residuos de control contaminados con azufre	El autocontrol de resistencia correspondiente a la central evaluada, realizado por la empresa o por terceros, en la instalación de la central o en otra, se hace con probetas no refrentadas con azufre: cilíndricas pulidas o cúbicas.	El 100% de probetas de hormigón sin necesidad de refrentado	2 (n=100)
3.16	Gestión del agua de proceso	El constructor dispone de sistemas para la recogida, almacenamiento y reutilización de agua de proceso. Esta reutilización podrá estar destinada a otras aplicaciones de la obra y no necesariamente para la construcción de la estructura. En su caso, el agua deberá ser conforme con las exigencias técnicas establecidas para su uso como material de construcción.	Existencia y uso continuado de este tipo de sistemas de reutilización del agua de proceso. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
3.17	Extensión de la vida útil	El proyecto incluye una vida útil nominal superior a los mínimos establecidos en la reglamentación vigente que sea aplicable. Se evalúa a partir del parámetro (VU) definido como la relación entre el incremento de vida útil y el valor	1. $VU > 30\%$ 2. $30\% \geq VU > 20\%$ 3. $20\% \geq VU > 10\%$ 4. $VU \leq 10\%$	3

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 2. Índice de contribución de la estructura a la sostenibilidad

		mínimo establecido por la reglamentación aplicable según el anejo de cálculo de este Código. No es de aplicación en el caso de estructuras temporales.	Máxima valoración si posee DCOR.	
3.18	Disminución de residuos en armaduras pasivas	La armadura procede de acero suministrado en rollo. Se determina a partir del porcentaje de armadura que cumple esta condición (ARO)	1. ARO > 95% 2. 95% ≥ ARO > 75% 3. 75% ≥ ARO > 50% 4. ARO ≤ 50%	3
3.19	Distancia instalación / obra	Suma de las distancias parciales entre la instalación productiva de productos básicos, la central de prefabricación, la instalación de productos transformados o taller, y la obra en la que se entregan los productos (km).	1. Dist < 800 2. 800 ≤ Dist < 1.000 3. 1.000 ≤ Dist < 1.500 4. Dist ≥ 1.500	4
3.20	Contenido de chatarra en transformados	Porcentaje de material reciclado (CTT) (chatarra) contenido en los productos transformados. Este porcentaje se calcula como media ponderada a partir de los valores del contenido de chatarra en el acero (CCA) de los productos básicos, que han sido verificados por organismo acreditado según el indicador 3.1.	Dispone de certificado en vigor emitido por organismo acreditado que verifique el cumplimiento. 1. CCT ≥ 80% 2. 80% > CCT ≥ 50% 3. 50% > CCT ≥ 20% 4. 20% > CCT	4

Tabla A2.B.1.3

4. INDICADORES SOCIALES				
Nº	Indicador	Definición/Parámetros	Objetivos	Sistema de valoración
4.1	Interés general de la obra	La obra esté declarada como de interés general, por cualquier Administración Pública competente	Declaración de obra de interés general.	2 (n=100)
4.2	Recursos humanos. Formación	Media de los trabajadores, incluidos los subcontratistas, que han recibido formación específica en aspectos técnicos, de calidad, ambientales o de seguridad y salud, ponderada por la proporción de días que trabajan en la obra.	Valor superior al 50%. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
4.3	Formación del personal en la instalación del Sistema de Pretensado	El personal especializado asignado a la Instalación del Sistema de Pretensado estará en posesión de un documento que reconoce su capacitación profesional, como Operario Especialista, Técnico Especialista o Responsable de los Trabajos, en la Instalación de dicho Sistema de Pretensado.	Dispone de la documentación requerida. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)
4.4	Seguridad y salud	Porcentaje de elementos de seguridad colectiva y equipos de trabajo en altura, certificados, que se utilicen en la obra contemplados en los parámetros siguientes: Parámetros (3):	Objetivo para cada parámetro: Valor del porcentaje (%). N: Número de parámetros del indicador empleados en la obra.	2 (n=%/N)

		1. Redes de seguridad conforme a la Norma UNE-EN 1263-1. 2. Sistemas periféricos de protección de borde (barandillas), conforme a la Norma UNE-EN 13374. 3. Andamios, conforme a la Norma UNE-EN 12810-1.	Máxima valoración si posee DCOR.	
4.5	Información al ciudadano	La obra dispone de un sistema de información (por ejemplo, página web, oficina de atención al público, teléfono de atención, etc.) relativa a las características de la obra, plazos de ejecución, grado de evolución de la obra en el tiempo, implicaciones económicas y sociales, etc.	Existencia y accesibilidad del sistema de información. Máxima valoración si posee DCOR.	2 (n=100)

Tabla A2.B.1.4

2. Criterios de valoración de los indicadores

Para cada uno de los indicadores m , definidos para cada criterio l y agente j , la siguiente tabla define los criterios de valoración para obtener $\lambda_{j,l,m}$ en función del sistema indicado para cada caso en la columna 5 “Sistema de valoración” de las tablas del apartado anterior.

SISTEMAS DE VALORACIÓN			
Nº sistema	$\lambda_{j,l,m}$	Nº sistema	$\lambda_{j,l,m}$
1	+100 Si alcanza objetivo 1 +50 Si no alcanza objetivo 1 pero supera objetivo 2 0 Si no alcanza objetivo 1 ni superior objetivo 2	2 (n)	+n Si alcanza objetivo 0 Otros casos
3	1. + 100 2. + 75 3. + 25 4. + 0	4	1. + 100 2. + 50 3. + 25 4. + 0

Tabla A2.B.2

En el caso de que la aplicación de los criterios de valoración anteriores conllevaran valores de $\lambda_{j,l,m} > 100$, se tomará un valoración máxima de $\lambda_{j,l,m} = 100$ (véase Nota del apartado 2 del Apéndice A)

3. Selección de indicadores relativos a la contribución complementaria en función del tipo de criterio

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (PROYECTO, j = 1)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,1	1.1
Prestacionales	2	Análisis conceptual	0,3	1.2
	3	Control de proyecto	0,3	1.3
	4	Industrialización armadura	0,3	1.5, 1.6
Económicos	1	Estudio de alternativas	0,5	2.1
	2	Análisis de costes de ciclo de vida	0,5	2.2
Medioambientales	1	Prescripción de materiales procedentes de reciclado	0,15	3.3, 3.4
	2	Optimización de la armadura	0,15	3.5
	3	Análisis de ciclo de vida	0,3	3.7
	4	Minimización de recursos	0,15	3.9
	5	Extensión de la vida útil	0,25	3.17
Sociales	N/A			

Tabla A2.B.3.1

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (CEMENTO, j = 2)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,8	1.1
	2	Control de producto	0,2	1.11
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Declaración ambiental de producto	1	3.2
Sociales	N/A			

Tabla A2.B.3.2

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (ÁRIDOS, ADITIVOS j = 3 y 4)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,2	1.1
	2	Seguro de responsabilidad civil	0,8	1.10
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Declaración ambiental de producto	1,0	3.2
Sociales	N/A			

Tabla A2.B.3.3 y 4

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (ACERO, j=5)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,7	1.1
	2	Seguro Responsabilidad Civil	0,15	1.10
	3	Control estadístico	0,15	1.7
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Acero procedente reciclado de chatarra	0,45	3.1
	2	Control radiológico	0,45	3.6
	3	Declaración ambiental de producto	0,1	3.2
Sociales	N/A			

Tabla A2.B.3.5

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (HORMIGÓN, j=6)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,35	1.1
	2	Seguro Responsabilidad Civil	0,65	1.12
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Declaración ambiental de producto	0,4	3.2
	2	Uso material reciclado	0,3	3.3, 3.4
	3	Residuos contenido azufre	0,3	3.15
Sociales	N/A			

Tabla A2.B.3.6

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (PREFABRICADOS DE HORMIGÓN, $j = 7$)										
Tipo de requisitos	Criterios		A		B		C		D	
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	Indicadores	Factor de ponderación γ_{jl}	Indicadores	Factor de ponderación γ_{jl}	Indicadores	Factor de ponderación γ_{jl}	Indicadores
Prestacionales	1	(DCOR)	0,6	1.1	0,7	1.1	0,6	1.1	0,7	1.1
	2	Control estadístico	0,15	1.9			0,15	1.9		
	3	Seguro Responsabilidad Civil	0,25	1.10	0,3	1.10	0,25	1.10	0,3	1.10
Económicos	N/A									
Medioambientales	1	DAP	0,4	3.2	0,53	3.2	0,53	3.2	0,57	3.2
	2	Uso de material reciclado	0,2	3.3, 3.4	0,26	3.3, 3.4			0,29	3.3, 3.4
	3	Minimización de recursos	0,05	3.9	0,07	3.9	0,07	3.9	0,07	3.9
	4	Residuos contenido azufre	0,05	3.15	0,07	3.15				
	5	Disminución de residuos	0,05	3.18			0,07	3.18		
	6	Distancia instalación/obra	0,05	3.19	0,07	3.19	0,07	3.19	0,07	3.19
	7	Contenido de chatarra en transformados	0,20	3.20			0,26	3.20		
Sociales	N/A									

Tabla A2.B.3.7

En función de los procesos que se incluyan en la fabricación de los productos prefabricados de hormigón se pueden contemplar cuatro escenarios:

- A. Procesos de prefabricación, fabricación del hormigón y de la ferralla.
- B. Procesos de prefabricación y fabricación del hormigón.
- C. Procesos de prefabricación y fabricación de la ferralla.
- D. Procesos de prefabricación únicamente.

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (ACERO TRANSFORMADO, j=8)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,7	1.1
	2	Seguro Responsabilidad Civil	0,15	1.10
	3	Control estadístico	0,15	1.8 1.9(2)
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Disminución de residuos (1)	0/0,10 ⁽¹⁾	3.18(1)
	2	Distancia instalación/obra	0,45/0,40 ⁽¹⁾	3.19
	3	Contenido de chatarra en transformados	0,45/0,40 ⁽¹⁾	3.20
	4	Declaración ambiental de producto	0,10	3.2
Sociales	N/A			

(1) Sólo aplica a armaduras pasivas

(2) Solo es aplicable a ferralla armada.

Tabla A2.B.3.8

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (TALLER DE ESTRUCTURAS METÁLICAS, j=9)				
Tipo de requisitos	Criterios			Indicadores
	Nº	Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,7	1.1
	2	Seguro Responsabilidad Civil	0,15	1.10
	3	Control estadístico	0,15	1.9
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Distancia instalación/obra	0,45	3.19
	2	Contenido de chatarra	0,45	3.20
	3	Declaración ambiental de producto	0,1	3.2
Sociales	N/A			

Tabla A2.B.3.9

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (PRETENSADO, $j=10$)				
Tipo de requisitos	Nº	Criterios		Indicadores
		Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	1	1.1
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Vida útil	0,60	3.8
	2	Minimización de recursos	0,30	3.10
	3	Gestión de residuos en la obra	0,10	3.14
Sociales	1	Recursos humanos. Formación	0,05	4.2
	2	Recursos humanos. Formación específica	0,90	4.3
	3	Seguridad y salud	0,05	4.4

Tabla A2.B.3.10

Factor de ponderación γ_{jl} e indicadores ICS (CONSTRUCCIÓN EN OBRA, $j = 11$)				
Tipo de requisitos	Nº	Criterios		Indicadores
		Nombre	Factor de ponderación γ_{jl}	
Prestacionales	1	Distintivo de Calidad Oficialmente Reconocido (DCOR)	0,2	1.1
	2	Control de ejecución	0,8	1.4
Económicos	N/A			
Medioambientales	1	Reducción de emisiones en la obra	0,30	3.11, 3.12
	2	Reutilización de productos de excavación	0,25	3.13
	3	Gestión de residuos en la obra	0,25	3.14
	4	Gestión del agua de lluvia en la obra	0,20	3.16
Sociales	1	Carácter de obra de interés general	0,17	4.1
	2	Recursos humanos. Formación	0,33	4.2
	3	Seguridad y salud	0,33	4.4
	4	Información al ciudadano	0,17	4.5

Tabla A2.B.3.11

Anejo 3

Lista de comprobación para el control de proyecto

Contenidos del anejo

1	MEMORIA Y ANEJO DE CÁLCULO.....	3
1.1	DEFINICIÓN GEOMÉTRICA DE LA ESTRUCTURA.....	3
1.2	ACCIONES.....	3
1.2.1	<i>Identificación y congruencia.....</i>	3
1.2.2	<i>Acciones durante el proceso constructivo.....</i>	3
1.3	PROPUESTA ESTRUCTURAL.....	3
1.4	MODELOS ESTRUCTURALES.....	3
1.5	CÁLCULO DE ESFUERZOS.....	4
1.5.1	<i>Combinaciones de acciones.....</i>	4
1.5.2	<i>Coefficientes de ponderación.....</i>	4
1.5.3	<i>Programas o métodos de cálculo empleados.....</i>	4
1.5.4	<i>La entrada de datos en los programas de cálculo de esfuerzos.....</i>	4
1.5.5	<i>Las salidas de resultados de los programas de cálculo.....</i>	4
1.5.6	<i>Consideración del proceso constructivo.....</i>	5
1.6	COMPROBACIÓN DE ESTADOS LÍMITE.....	5
1.6.1	<i>Congruencia entre resultados del cálculo y esfuerzos de comprobación.....</i>	5
1.6.2	<i>Características de los materiales y coeficientes de minoración.....</i>	5
1.6.3	<i>Dimensionamiento y comprobación.....</i>	6
1.6.4	<i>Durabilidad.....</i>	6
1.6.5	<i>Resistencia al fuego.....</i>	6
1.6.6	<i>Resistencia al sismo.....</i>	7
1.6.7	<i>Resistencia a fatiga.....</i>	7
1.6.8	<i>Dimensionamiento de aparatos de apoyo y juntas.....</i>	7
1.6.9	<i>Congruencia del dimensionamiento con los modelos.....</i>	7
1.6.10	<i>Incidencia en el proceso constructivo.....</i>	8
1.6.11	<i>Caso de elementos singulares.....</i>	8
1.6.12	<i>Congruencia con el informe geotécnico.....</i>	8
1.7	COMPROBACIONES ADICIONALES.....	8
2	PLANOS.....	9
2.1	CONGRUENCIA CON LA MEMORIA Y EL ANEJO DE CÁLCULO.....	9
2.2	CONGRUENCIA CON OTROS PLANOS DE DEFINICIÓN DE LA OBRA.....	9
2.3	DOCUMENTACIÓN GRÁFICA.....	10
3	PLIEGO DE PRESCRIPCIONES TÉCNICAS PARTICULARES.....	12
3.1	CONGRUENCIA CON LA MEMORIA, ANEJOS Y PLANOS.....	12
3.2	TOLERANCIAS.....	12
3.3	CONGRUENCIA CON EL PRESUPUESTO.....	12
4	PRESUPUESTO.....	12

El control de calidad del proyecto de la estructura se realizará a partir de los documentos del mismo y conforme al alcance del encargo realizado por la propiedad. Para cada documento, la lista de comprobaciones será la siguiente, de forma orientativa.

1 Memoria y Anejo de cálculo

1.1 Definición geométrica de la estructura

1.2 Acciones

1.2.1 Identificación y congruencia

- a) Tipos de acciones:
 - a.1) directas e indirectas;
 - a.2) fijas y variables; y
 - a.3) permanentes, variables y accidentales.
- b) Son acordes con:
 - b.1) la reglamentación de acciones correspondiente al tipo de estructura en cuestión;
 - b.2) el informe geotécnico; y
 - b.3) documentos específicos sobre acciones a considerar, aceptados por la propiedad.

1.2.2 Acciones durante el proceso constructivo

Se comprobará si se han evaluado las acciones durante el proceso constructivo, analizando:

- a) su incidencia en el cálculo de esfuerzos; y
- b) su influencia en el dimensionamiento.

1.3 Propuesta estructural

Se comprobará si el esquema estructural adoptado garantiza:

- a) la estabilidad del conjunto de la estructura;
- b) la estabilidad de cada una de sus partes;
- c) la estabilidad en las fases del proceso constructivo;
- d) la repercusión en la respuesta estructural y la estabilidad de los elementos no estructurales en los casos en que sea necesario (por ejemplo, obras de edificación sometidas a acciones sísmicas); y
- e) una correcta concepción de los detalles en el caso de estructuras sometidas a fatiga

1.4 Modelos estructurales

Se comprobará si:

- a) son correctos y congruentes con los criterios de dimensionamiento en lo que respecta a la estructura terminada;
- b) son correctos y congruentes con el dimensionamiento en lo que respecta a las fases del proceso constructivo;
- c) las constantes estáticas de las secciones transversales son correctas y representan con fidelidad la realidad; y
- d) el sistema de vinculaciones y apoyos modelizado representa la realidad.

1.5 Cálculo de esfuerzos

1.5.1 Combinaciones de acciones

Se comprobará si:

- a) las combinaciones de acciones consideradas son las relevantes; y
- b) las combinaciones de acciones no consideradas no son relevantes.

1.5.2 Coeficientes de ponderación

Se comprobará si:

- a) los coeficientes parciales de seguridad de acciones se ajustan a los establecidos por la reglamentación específica vigente;
- b) los coeficientes de combinación se ajustan a los establecidos por la reglamentación específica vigente; y
- c) se cumplen las condiciones para la disminución, en su caso, de los coeficientes parciales de los materiales.

1.5.3 Programas o métodos de cálculo empleados

Se comprobará si los programas o métodos de cálculo empleados:

- a) están correctamente especificados de acuerdo con lo establecido por este Código; y
- b) están sancionados como aceptables.

1.5.4 La entrada de datos en los programas de cálculo de esfuerzos

Se comprobará si es acorde con:

- a) la propuesta estructural adoptada;
- b) el modelo adoptado;
- c) la geometría de la estructura; y
- d) las hipótesis de combinación de acciones relevantes.

1.5.5 Las salidas de resultados de los programas de cálculo

Se comprobará si los resultados son congruentes con los modelos empleados y las acciones adoptadas, habiéndose realizado una evaluación por vía independiente de los esfuerzos sobre una muestra significativa de elementos elegida de acuerdo con criterios de importancia estructural y representatividad. De acuerdo con el nivel de control y del elemento analizado (acorde con las tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se dejará constancia de los siguientes aspectos:

- a) muestra seleccionada;
- b) criterios de selección;
- c) procesos de comprobación;
- d) hipótesis adoptadas; y
- e) resultados obtenidos.

1.5.6 Consideración del proceso constructivo

Se comprobará si el proyecto define un proceso constructivo viable, si se han evaluado los esfuerzos en la estructura durante el mismo, y si se establecen los criterios o exigencias que deban cumplir los elementos auxiliares necesarios para la ejecución de manera que el proceso constructivo definido sea factible.

De forma general, en particular en el caso de estructuras ejecutadas con cimbras (cuajadas, porticadas, cimbras autolanzables, etc...) y especialmente en el caso de estructuras de edificación con procesos de ejecución con varias plantas cimbradas de forma simultánea, se dejará constancia, acorde con el nivel de control y el elemento analizado (según las tablas 55.1 y 96.1 de este Código), de sí:

- a) se valoran los esquemas resistentes y las cargas transmitidas a la estructura durante el cimbrado o el proceso constructivo;
- b) son correctas las evaluaciones de esquemas resistentes y cargas transmitidas;
- c) tiene influencia la rigidez de la cimbra o medio auxiliar en la obtención de esfuerzos en la estructura definitiva durante el proceso constructivo;
- d) son correctas las conclusiones;
- e) hace falta realizar estudios complementarios, en función determinados condicionantes impuestos por el proceso constructivo.

1.6 Comprobación de Estados Límite

1.6.1 Congruencia entre resultados del cálculo y esfuerzos de comprobación

Se comprobará la idoneidad de los esfuerzos adoptados en las comprobaciones de Estados Límite. Para ello, de acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente a los elementos estructurales incluidos en dichas tablas.

1.6.2 Características de los materiales y coeficientes de minoración

Se comprobará si están correctamente especificadas las características de los materiales y sus coeficientes parciales de seguridad para:

- a) hormigón;
- b) acero pasivo y activo;
- c) acero estructural; y
- d) elementos de unión y conexión.

1.6.3 Dimensionamiento y comprobación

Se examinará si el dimensionamiento de secciones y elementos, así como su comprobación frente a los estados límite últimos y de servicio, respeta las imposiciones de este Código. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará como mínimo la muestra correspondiente a los elementos estructurales incluidos en dichas tablas.

1.6.4 Durabilidad

Se comprobará si se ha adoptado una estrategia específica para la consecución de unas condiciones adecuadas de durabilidad, en particular si se cumplen las especificaciones relacionadas con la durabilidad en lo referente a:

- a) identificación del tipo de ambiente;
- b) especificaciones para el hormigón (dosificación, tipo de cemento, recubrimientos nominales,...);
- c) especificaciones para eventuales sistemas de protección anticorrosiva de armaduras activas o pasivas
- d) especificaciones para los sistemas de protección anticorrosiva de elementos de acero estructural y de sus uniones, definiendo la clase de exposición y el grado de durabilidad requerido, acorde con el artículo 86 de este Código;
- e) formas, detalles constructivos, medidas especiales de protección y condiciones para facilitar el mantenimiento y la inspección. En particular, en secciones en cajón, se verificará si se ha previsto un sistema para el acceso a su interior; y
- f) sustitución de aparatos de apoyo. Se verificará que se ha previsto en proyecto una eventual sustitución de aparatos de apoyo, se definen las reacciones para la sustitución, se han definido los posibles refuerzos para permitirla, y se define el proceso para poder realizarla.

1.6.5 Resistencia al fuego

Se comprobará con carácter general que en el proyecto se detalla, para cada elemento estructural, la correspondiente exigencia reglamentaria de resistencia frente al fuego y la justificación de su cumplimiento, y en particular si se cumplen las especificaciones relacionadas en cuanto a:

- a) tiempos de resistencia a fuego;
- b) recubrimientos mecánicos, espesores, revestimientos.
- c) tipología, dimensionamiento y justificación de las protecciones necesarias. Compatibilidad de éstas con los sistemas de protección para la durabilidad.

- d) estudios complementarios necesarios.

1.6.6 Resistencia al sismo

Se comprobará si se cumplen las especificaciones relacionadas con el comportamiento sísmico en cuanto a:

- a) idoneidad del planteamiento estructural;
- b) zona sísmica;
- c) clase de construcción;
- d) ductilidad;
- e) atados;
- f) existencia de detalles constructivos suficientes y adecuados;
- g) consideración del efecto del sismo en la respuesta de los elementos no estructurales y de su estabilidad; y
- h) otros aspectos.

1.6.7 Resistencia a fatiga

En el caso de estructuras sometidas a fatiga se verificará que el proyecto incluye la verificación explícita de este Estado Límite, y en particular se verificará que:

- a) las acciones de fatiga consideradas son correctas;
- b) los coeficientes parciales considerados son adecuados;
- c) se verifica el cumplimiento del Estado Límite; y
- d) en estructuras de acero estructural, los detalles definidos y su categoría frente a fatiga, son acordes con las verificaciones realizadas.

1.6.8 Dimensionamiento de aparatos de apoyo y juntas

Se verificará que el proyecto define los movimientos y reacciones para el dimensionamiento de aparatos de apoyo y juntas, y en el caso que la rigidez de los apoyos tenga influencia en el cálculo, que el dimensionamiento realizado y las hipótesis adoptadas en el cálculo global sean adecuadas.

1.6.9 Congruencia del dimensionamiento con los modelos

Se comprobará si los resultados del dimensionamiento son congruentes con los modelos empleados, realizando una evaluación por vía independiente del dimensionamiento, mediante comprobaciones de seguridad, de deformabilidad y de otros estados límite relevantes, en una muestra significativa de elementos elegida de acuerdo con criterios de importancia estructural y representatividad. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente, identificando:

- a) muestra seleccionada;
- b) criterios de selección;

- c) procesos de comprobación;
- d) hipótesis adoptadas; y
- e) resultados obtenidos.

1.6.10 Incidencia en el proceso constructivo

Se comprobará si se han evaluado los efectos que en el dimensionamiento tiene el proceso constructivo acorde con lo descrito en el apartado 1.5.6 de este anejo.

1.6.11 Caso de elementos singulares

Si existen elementos singulares, tales como apoyos especiales, ménsulas cortas o vigas pared, comprobación por muestreo para evaluar si su dimensionamiento es correcto. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente, haciendo constar:

- a) muestra seleccionada;
- b) criterios de selección;
- c) procesos de comprobación y justificación de su validez, en particular si se emplea el Método de Bielas y Tirantes;
- d) hipótesis adoptadas; y
- e) resultados obtenidos.

1.6.12 Congruencia con el informe geotécnico

Se comprobará si en el dimensionamiento de los elementos de cimentación se han respetado las conclusiones del informe geotécnico en lo relativo a:

- a) tipología de la cimentación y de los elementos de contención, así como las recomendaciones geotécnicas para el proyecto de la cimentación
- b) las características de agresividad del terreno y del agua, y su influencia en las calidades del hormigón y acero estructural en su caso;
- c) recubrimientos, sobreespesores;
- d) las propiedades resistentes, deformacionales y de estabilidad del terreno;
- e) parámetros geotécnicos del terreno necesarios para el cálculo de las cimentaciones; y
- f) criterios para el control de asientos de elementos aislados y de asientos diferenciales

1.7 Comprobaciones adicionales

Además de las comprobaciones expuestas en los apartados anteriores podrá comprobarse, de conformidad con el contenido del presente Código, los siguientes aspectos:

- a) el contenido de la documentación justificativa del cumplimiento de las exigencias relativas a la gestión medioambiental de la ejecución, si el Proyecto indicara su necesidad por expreso deseo de la propiedad.
- b) El contenido del Proyecto en relación con la estrategia para la contribución de la estructura a la sostenibilidad, de conformidad con el artículo 6 del presente Código.
- c) La existencia del anejo de la Memoria correspondiente al Plan y programa de control de la estructura, y la conformidad de su contenido en relación con lo indicado en el Artículo 19 del presente Código.
- d) La consideración en el Proyecto de un Plan de Inspección y Mantenimiento, y su conformidad en relación al contenido del artículo 23 del presente Código.
- e) El contenido del Proyecto en cuanto a la justificación del cumplimiento de requisitos adicionales a los considerados en el presente Código, por expreso deseo de la propiedad, en su caso.

Se deberá comprobar, además, que el proyecto cumple el resto de legislación vigente en otros ámbitos (como por ejemplo, seguridad y salud, medioambiente, etc.).

2 Planos

2.1 Congruencia con la memoria y el anejo de cálculo

Se comprobará si se han respetado los resultados del cálculo de esfuerzos y del dimensionamiento mediante la comprobación de una muestra significativa de elementos elegida de acuerdo con criterios de importancia estructural y representatividad. De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente, haciendo constar:

- a) muestra seleccionada;
- b) criterios de selección;
- c) procesos de comprobación;
- d) hipótesis adoptadas; y
- e) resultados obtenidos.

2.2 Congruencia con otros planos de definición de la obra

Se comprobará si las cotas de replanteo, las escuadrías y dimensiones de los diferentes elementos estructurales, los huecos que afecten a los elementos en su comportamiento estructural y otros condicionantes que puedan afectar a la estructura definidos en los planos no estructurales han sido tomados en consideración en los planos estructurales y para definir el modelo estructural.

De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente haciendo constar:

- a) muestra seleccionada;
- b) criterios de selección;

- c) procesos de comprobación;
- d) hipótesis adoptadas; y
- e) resultados obtenidos.

2.3 Documentación gráfica

De acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código), se tomará la muestra correspondiente a todos los elementos estructurales incluidos en el proyecto, sobre los que se hará constar:

- a) muestra seleccionada;
- b) criterios de selección;
- c) procesos de comprobación;
- d) hipótesis adoptadas; y
- e) resultados obtenidos.

Se comprobará por muestreo, de acuerdo con el nivel de control (tablas 55.1 y 96.1 de este Código):

- a) si se incluye un cuadro de materiales en el que se defina de forma completa todas las características de los mismos, junto con los coeficientes parciales de seguridad de acciones y resistencias adoptados, y sus niveles de control asociados;
- b) si se definen los recubrimientos de acuerdo con las condiciones de exposición ambiental y la resistencia al fuego;
- c) si las cotas de replanteo y las escuadrías y dimensiones de los diferentes elementos estructurales son acordes con las previsiones del modelo estructural adoptado;
- d) si están previstos los huecos para el mantenimiento o de paso de las instalaciones y si ellos son acordes con las hipótesis adoptadas para el cálculo de esfuerzos y el dimensionamiento;
- e) si se definen las disposiciones de la armaduras en la sección transversal de las piezas y los esquemas de armado que permitan la posterior realización detallada de los despieces para la elaboración de la ferralla y facilitar la colocación de las armaduras en las piezas haciéndolo viable;
- f) si están definidos los solapos y anclajes de armaduras y sus radios de doblado o si existen criterios claros para su definición;
- g) si se definen los criterios para el tesado de tendones de pretensado: fuerzas de tesado, alargamientos de tesado previstos, escalones de tesado, anclajes activos y pasivos, etc...
- h) si están definidas las transiciones de armaduras en los nudos y evaluada su viabilidad constructiva;
- i) si están definidos completamente todos los elementos y detalles de la estructura metálica, que permitan al taller metálico, el desarrollo de los planos

de taller, los planos de montaje y las hojas de despiece. Se deberá verificar que los planos definen, al menos:

- los espesores y dimensiones de todas las chapas
 - las ubicaciones de las soldaduras de emplame de chapas
 - los detalles de soldaduras, transiciones de espesores y dimensiones, y el acceso para su soldeo, así como los requisitos de fatiga mínimos a exigir a la hora de su ejecución y control.
 - En soldaduras a tope se debe verificar si las soldaduras se ejecutan desde dos lados, si se ejecuta desde un lado con saneo de la raíz, o si se emplea chapa de respaldo.
 - En soldaduras a penetración parcial, se debe verificar que se defina el porcentaje de penetración parcial.
 - En soldaduras en ángulo se debe comprobar que se define el espesor de la garganta.
 - los elementos de unión y conexión
 - contraflechas
 - especificaciones para los sistemas de protección anticorrosiva de elementos de acero estructural y de sus uniones, definiendo la clase de exposición y el grado de durabilidad requerido, acorde con el artículo 86 de este Código
- j) si están definidos los detalles de apoyo de las piezas prefabricadas o compuestas en función de las coacciones supuestas en el modelo estructural y de sus condiciones exigibles de estabilidad;
- k) si están definidos las condiciones de tipo geométrico y otros detalles que deben cumplir los contornos de las piezas de carácter aligerante en función de su influencia en la definición de la sección resistente de las piezas compuestas;
- l) si todos los elementos estructurales están definidos, no existiendo lagunas en la definición de los mismos o carencias de información sobre elementos en particular sobre los detalles constructivos (nudos, transiciones, huecos, quiebros, apoyos, enlaces, fijaciones...);
- m) si se describen los parámetros y exigencias geotécnicas utilizadas para el proyecto;
- n) si se definen los apoyos y juntas, así como si se incluyen los criterios para la realización de una eventual sustitución de aparatos de apoyo;
- o) si se define un proceso constructivo viable, acorde con el proyecto; y
- p) si se establecen los criterios o exigencias que deban cumplir los elementos auxiliares necesarios para la ejecución de la estructura, y si se definen las posibles afecciones que los medios auxiliares puedan tener en la estructura definitiva.

3 Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares

En general, el objeto del control de calidad del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del Proyecto es el de asegurar que los materiales, equipos, procedimientos de fabricación, puesta en obra, ensayos, tratamientos, condiciones de suministro, recepción, conservación, almacenamiento y manipulación de productos, criterios de aceptación y rechazo, las acciones a adoptar en caso de no conformidades, etc. son acordes a los condicionantes de la obra.

Se deberá verificar que este documento se haya particularizado para la obra en cuestión, que refiera a las normas de control y de criterios de aceptación actualizadas, y que incluya un Plan de control específico para la obra.

En su caso, la comprobación se podrá realizar, por muestreo, de acuerdo con el siguiente procedimiento, a título orientativo:

3.1 Congruencia con la memoria, anejos y planos

Se comprobará:

- a) si se han respetado las especificaciones de los materiales y de la ejecución y sus niveles de control de recepción asociados que figuran en la memoria, el anejo de cálculo y planos;
- b) si se han especificado aspectos tales como las condiciones de los rellenos en trasdós de muros que condicionan los empujes de tierras respetando las hipótesis establecidas en la memoria y el anejo de cálculo; y
- c) si se han especificado los aspectos esenciales del proceso constructivo que condicionan los modelos estructurales y las acciones adoptadas en el cálculo de esfuerzos y en las comprobaciones de los estados límite últimos y de servicio.

3.2 Tolerancias

Se comprobará si se han especificado las tolerancias dimensionales o se hace referencia expresa para adoptar las que figuran en este Código.

3.3 Congruencia con el Presupuesto

Se comprobará que se han definido las formas o criterios de medición y abono para las distintas unidades de obra asociadas a la estructura y que son coherentes con la descripción de las partidas del Presupuesto.

4 Presupuesto

En general el control del contenido de este documento del Proyecto tiene por objeto establecer las posibles omisiones y contradicciones en las unidades de obra definidas en las Mediciones y Presupuesto con respecto a la Memoria, los Planos del Proyecto y

el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, así como verificar la correcta medición de las distintas partidas. Asimismo podrá analizarse, en función del alcance del encargo, aspectos relativos a la configuración de los precios.

Las comprobaciones anteriores se realizarán en general sobre un muestreo estadísticamente representativo de las diferentes partidas o con el alcance solicitado por la Propiedad.

A título orientativo se podrá comprobar:

- a) que las definiciones de las partidas correspondientes a las unidades de obra de cimentación y estructura son suficientes, completas, correctas y congruentes con el resto de los documentos del Proyecto.
- b) que las Mediciones de las distintas partidas se corresponden con las que se deducen a partir de la definición técnica de la estructura. Para ello podrá realizarse una verificación independiente por muestreo;
- c) que el Proyecto contiene los correspondientes Cuadros de Precios y su justificación y que la descomposición de los precios es razonable y congruente con la descomposición de las partidas. En su caso, verificación por muestreo de la adecuación de los precios del Presupuesto a Bases de referencia.

Anejo 4

Documentación de suministro y control de los productos recibidos directamente en obra

Contenidos del anejo

1	DOCUMENTACIÓN PREVIA AL SUMINISTRO.....	3
1.1	DOCUMENTACIÓN GENERAL.....	3
1.1.1	<i>Cementos.....</i>	3
1.1.2	<i>Agua.....</i>	3
1.1.3	<i>Áridos.....</i>	3
1.1.4	<i>Aditivos.....</i>	4
1.1.5	<i>Adiciones.....</i>	4
1.1.6	<i>Hormigón.....</i>	4
1.1.7	<i>Acero para armaduras pasivas.....</i>	6
1.1.8	<i>Acero para armaduras activas.....</i>	7
1.1.9	<i>Armaduras pasivas.....</i>	8
1.1.10	<i>Elementos y sistemas de aplicación de pretensado.....</i>	11
1.1.11	<i>Elementos prefabricados.....</i>	12
1.1.12	<i>Productos de acero para estructuras de acero.....</i>	13
1.2	DOCUMENTACIÓN DEL DISTINTIVO DE CALIDAD OFICIALMENTE RECONOCIDO.....	13
2	DOCUMENTACIÓN DURANTE EL SUMINISTRO	14
2.1	CEMENTOS	14
2.2	ÁRIDOS	14
2.3	ADITIVOS.....	14
2.4	ADICIONES.....	14
2.5	HORMIGÓN	15
2.6	ACERO PARA ARMADURAS PASIVAS.....	15
2.7	ACERO PARA ARMADURAS ACTIVAS.....	16
2.8	ARMADURAS PASIVAS	16
2.9	ELEMENTOS Y SISTEMAS DE APLICACIÓN DE PRETENSADO	17
2.10	ELEMENTOS PREFABRICADOS	17
2.11	PRODUCTOS DE ACERO PARA ESTRUCTURAS DE ACERO	18
3	DOCUMENTACIÓN TRAS EL SUMINISTRO. CERTIFICADO FINAL DEL SUMINISTRO	18
4	ACTA DE TOMA DE MUESTRAS	21

1 Documentación previa al suministro

El suministrador deberá entregar la documentación relevante contemplada en los Capítulos 13 y 23 del Código Estructural y que se detalla a continuación.

1.1 Documentación general

1.1.1 Cementos

La documentación a aportar será la relativa al marcado CE (declaración de prestaciones y marcado CE) o el certificado de conformidad con los requisitos reglamentarios.

1.1.2 Agua

En el caso de aguas sin antecedentes en su utilización o procedentes del lavado de las cubas en las centrales de hormigonado, el suministrador del hormigón o productos prefabricados, aportará la siguiente documentación:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas en el Artículo 29 de este Código, en la que constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones y la fecha de emisión del informe o acta de ensayo.
- Informe o acta de ensayo, con una antigüedad inferior a 6 meses, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de todas las características referidas en el Artículo 29 de este Código
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.

1.1.3 Áridos

Se entregará, en su caso, la declaración de prestaciones y el marcado CE.

En el caso de que los áridos estén en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, se entregará la documentación a que hace referencia el apartado 1.2 de este Anejo.

En el caso de áridos de autoconsumo, se entregará la siguiente documentación:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas en el Artículo 30 de este Código, en la que constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones, las fechas de emisión de los informes o actas de ensayo y garantía de que el tratamiento estadístico es equivalente al exigido en el Marcado CE.

- Informes o actas de ensayo, emitidos por un laboratorio que incluya los resultados de todas las características referidas en el Artículo 30 de este Código.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.

1.1.4 Aditivos

Se entregará en su caso, la declaración de prestaciones y el marcado CE.

Para los aditivos que no dispongan de marcado CE, el suministrador aportará la siguiente documentación:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas en el Artículo 31 de este Código, en la que constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones, las fechas de emisión de los informes o actas de ensayo, y garantía de que el tratamiento estadístico es equivalente al exigido en el Marcado CE.
- Informe o acta de ensayo, con una antigüedad inferior a 6 meses, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de todas las características referidas en el Artículo 31 de este Código.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.

1.1.5 Adiciones

Se entregará en su caso, la declaración de prestaciones y el marcado CE.

1.1.6 Hormigón

En el caso de que el hormigón disponga de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, será suficiente con la presentación de la documentación establecida en el apartado 1.2 de este Anejo.

Si el hormigón no dispone un distintivo oficialmente reconocido el suministrador del hormigón aportará la siguiente documentación:

- Declaración responsable, cuyo modelo se incluye en este apartado.
- En su caso, informe o acta de ensayo, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de los ensayos a los que se hacen referencia en la declaración.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código, en el caso de que se adjunten informes o actas de ensayos.

DECLARACION RESPONSABLE DEL FABRICANTE DE HORMIGÓN PREVIA AL SUMINISTRO A UNA OBRA**Datos de la persona declarante:**

Nombre.....ApellidosNIF/CIF/NIE.....,

Hace esta declaración responsable en calidad de

Datos del fabricante de hormigón:

Central :

Ubicación:

Municipio: Código Postal:

Tipo de Vía: Nombre de la vía: Número:

Polígono: Km: Isla: Sector: Parcela:

Declaro :

1. Que como fabricante suministraré a la obra
situada en
los hormigones tipificados siguientes: T-R/C/TM/A.....
2. Que dispongo de las instalaciones conforme a las especificaciones indicadas en el Código Estructural.
3. Que los materiales que utilizaré serán conformes a las especificaciones indicadas en el Código Estructural y que está a disposición de la dirección facultativa, si se solicita, la documentación de identificación de los materiales componentes (procedencia, suministrador, certificaciones, etc
4. Que los datos de la dosificación del hormigón que suministraré son los siguientes:
 - Contenido mínimo de cemento (Kg/m3): $\pm$ valor de la tolerancia
 - Relación máxima agua/cemento: $\pm$ valor de la tolerancia
 - Contenido de adiciones, en su caso (Kg/m3):
 - Cantidad de aditivo (% respecto de peso del cemento):
5. Que en todos los casos se cumplen las dosificaciones de la tabla 43.2.1^a.

6. Que el hormigón que suministraré cumplirá con las condiciones técnicas establecidas en el Código estructural vigente, y en el contrato o pedido de suministro.
7. Que dispongo de un sistema de aseguramiento de la calidad documentado.
8. Que cada suministro irá acompañado del correspondiente albarán u hoja de suministro, conforme a las condiciones técnicas establecidas en el Código estructural, en el proyecto de ejecución y en el pedido.
9. Que para los hormigones de ambientes XA, XS, XD, XF y XM o cualquier clase específica de exposición; se ha comprobado la impermeabilidad al agua del hormigón, conforme a lo indicado en este Código Estructural. Al efecto se adjunta informe o acta de ensayo, con antigüedad inferior a seis meses, emitido por un laboratorio de ensayos de los contemplados en el apartado 17.2.2.1. de este Código.
10. Que para los hormigones sometidos a una clase de exposición XF2 y XF4, se ha comprobado el contenido de aire ocluido acorde a lo indicado en este Código Estructural. Al efecto se adjunta informe o acta de ensayo, con antigüedad inferior a seis meses, emitido por un laboratorio de ensayos de los contemplados en el apartado 17.2.2.1. de este Código.
11. Que en caso de haberse solicitado en el pedido alguna característica adicional para el hormigón o para alguno de sus materiales componentes, se aportará la documentación justificativa necesaria para acreditar su cumplimiento.
12. Que entregaré a la dirección facultativa la documentación técnica que se me solicite para justificar cualquier especificación técnica incluida en la declaración responsable.
13. Que siempre que se produzca un cambio en el suministrador de los materiales componentes, se presentará de nuevo esta declaración responsable.

Localidad y fecha:

Firmado:

En el caso de haberse suministrado hormigones con cemento SR, y con el fin de garantizar la trazabilidad de los mismos, el suministrador de hormigón adjuntará al certificado de suministro anteriormente definido, una copia de los albaranes o del certificado de entrega de dicho cemento en la central suministradora de hormigón, correspondientes al periodo de suministro del hormigón.

1.1.7 Acero para armaduras pasivas

Cuando los productos de acero para armaduras pasivas deban disponer de marcado CE, se entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE.

En caso de que los productos de acero para hormigón dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación del distintivo de calidad establecida en el apartado 1.2 de este Anejo.

Mientras no esté vigente el marcado CE y si no dispusiera de distintivo de calidad oficialmente reconocido, se entregará la siguiente documentación:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas en el Artículo 34 de este Código, en la que constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones y las fechas de emisión de los informes o actas de ensayo.
- Informe o acta de ensayo, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de todas las características referidas en el artículo 34 de este Código.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.

Para los aceros soldables de especial ductilidad, además se entregarán los informes o actas de los ensayos de fatiga y de carga cíclica.

Cuando el fabricante garantice las características de adherencia mediante el ensayo de la viga contemplado en el apartado 34.2 de este Código, presentará un certificado de homologación de adherencia, con una antigüedad inferior a 36 meses desde la fecha de fabricación del acero en el que constará, al menos:

-
- Identificación del laboratorio que ha realizado los ensayos de la viga.
- Identificación del fabricante.
- Dirección de la fábrica.
- Marca comercial.
- Tipo de acero.
- Croquis con la identificación del fabricante en las barras.
- Diámetros de las barras.
- Geometría superficial de las barras, incluyendo diámetro, altura mínima de corruga/grafila, separación de corrugas/grafilas y su tolerancia, perímetro sin corrugas/grafilas y su tolerancia, intervalo de inclinación de corrugas/grafilas, para las que se certifica el cumplimiento de las tensiones de adherencia.
- Los límites admisibles de variación de las características geométricas de los resaltos para el caso de suministro en forma de barra recta, con indicación expresa de que en el caso de suministros en rollo la altura de corruga deberá ser superior a la indicada en el certificado más 0,1 mm en el caso de diámetros superiores a 20 mm o más 0,05 mm en el resto de los casos.
- Número del informe de ensayo de la viga.
- Diámetros nominales ensayados y serie a la que representan.
- Croquis con la geometría superficial de las barras.
- Fecha de firma del certificado y número de referencia del mismo.

1.1.8 Acero para armaduras activas

Cuando los productos de acero para armaduras activas deban disponer de marcado CE, se entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE.

En caso de que los productos de acero para hormigón dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación del distintivo de calidad establecida en el apartado 1.2 de este Anejo.

Mientras no esté vigente el marcado CE, y si no dispusiera de distintivo de calidad oficialmente reconocido, se entregará la siguiente documentación:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas en el Artículo 36 de este Código, en la que constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones y las fechas de emisión de los informes o actas de ensayo.
- Informe o acta de ensayo, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de todas las características referidas en el apartado 36 de este Código.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.

1.1.9 Armaduras pasivas

1.1.9.1 Armadura pasiva normalizada

Cuando la armadura pasiva normalizada deba disponer de marcado CE, se entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE.

En caso de que las mallas electrosoldadas y armaduras básicas electrosoldadas en celosía dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación establecida en el apartado 1.2 de este Anejo.

Mientras no esté vigente el marcado CE, y si no dispusiera de distintivo de calidad oficialmente reconocido, se entregará la siguiente documentación:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento de todas las especificaciones referidas en el Artículo 35 de este Código, en la que constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones y las fechas de emisión de los informes o actas de ensayo.
- Informe o acta de ensayo, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de todas las características referidas en el Artículo 35 de este Código.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.

1.1.9.2 Ferralla

En el caso de que la ferralla disponga de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación establecida en el apartado 1.2.

Si la ferralla no dispone un distintivo oficialmente reconocido el elaborador de ferralla aportará la siguiente documentación:

- Declaración responsable, cuyo modelo se incluye en este apartado.

- En su caso, informe o acta de ensayo, emitido por un laboratorio que incluya los resultados de los ensayos a los que se hacen referencia en la declaración.
- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código, en el caso de que se adjunten informes o actas de ensayos.
- En su caso, certificado de homologación de soldadores y del proceso de soldadura.
- En su caso, certificado de adherencia con una antigüedad inferior a 36 meses, desde la fecha de fabricación del acero.
- Asimismo, se entregará copia de la documentación relativa al acero para armaduras pasivas de acuerdo con el apartado 1.1.7 de este anejo.

Localidad y fecha:

Firmado:

1.1.10 Elementos y sistemas de aplicación de pretensado

Cuando los elementos y sistemas de aplicación de pretensado dispongan de marcado CE, se entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE.

En el caso de que los elementos y sistemas de pretensado dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación establecida en el apartado 1.2 de este anejo.

Siempre que no disponga de marcado CE y si no dispusiera de distintivo de calidad oficialmente reconocido, el suministrador deberá aportar la siguiente información:

- Declaración firmada por persona física con poder de representación suficiente en la que se garantice el cumplimiento las especificaciones que se indican a continuación, además constará la identificación del laboratorio que ha efectuado los ensayos que justifican el cumplimiento de las especificaciones y las fechas de emisión de los informes o actas de ensayo.

Especificaciones del acero:

- Tipo: barra, alambre o cordón.
- Carga unitaria máxima.
- Sección transversal nominal.
- Relajación a las 1.000 horas para una tensión inicial igual al 70% de la carga máxima unitaria garantizada.
- Módulo de elasticidad.

Especificaciones de los tendones:

- Tipo.
- Protección para la corrosión.
- Especificaciones para los anclajes.
- Peso del tendón.
- Carga máxima unitaria.
- Coeficiente de rozamiento en curva (μ).
- Coeficiente de rozamiento parásito (k).
- Radio mínimo de curvatura.
- Diámetro interior y exterior de la vaina y espesor.
- Separación máxima entre apoyos de la vaina.

Especificaciones de los anclajes:

- Tipo de anclaje.
- Mínima separación entre centros de gravedad, con indicación de la resistencia media del hormigón.
- Mínima separación entre placas, con indicación de la resistencia media del hormigón.
- Penetración de cuña.

1.1.11 Elementos prefabricados

En su caso, se entregará documentación obligatoria relativa al marcado CE (declaración de prestaciones, etiqueta de marcado CE e instrucciones de uso y seguridad). En el caso de aquellos elementos prefabricados que declaren que han empleado los materiales especificados en el plano de la fabricación de acuerdo con el proyecto, así como que han sido elaborados conforme a un procedimiento según el cual el proceso de fabricación cumple con las especificaciones del plano de fabricación de acuerdo con el proyecto (método 3 de los contemplados en la correspondiente norma armonizada, el marcado CE) incluirá la siguiente información:

- Propiedades de los materiales empleados.
- Datos geométricos del elemento: dimensiones, secciones y tolerancias.
- Manual de calidad del control de producción en fábrica.

Para aquellos elementos prefabricados que declaren el cumplimiento de los requisitos esenciales mediante la indicación de los datos geométricos del componente y de las propiedades de los materiales y productos constituyentes utilizados (método 1 de la correspondiente norma armonizada, el marcado CE) deberán incluir la siguiente información:

- Datos geométricos del elemento: dimensiones, secciones y tolerancias.
- Propiedades de los materiales y productos utilizados que sean necesarias tanto para el cálculo de la capacidad portante como para el resto de propiedades relevantes del elemento: durabilidad, funcionalidad, etc.

Para aquellos elementos cuyas propiedades se determinen por medio de los Eurocódigos (método 2 de la correspondiente norma armonizada, el marcado CE) incluirá la siguiente información:

- Valores característicos de la resistencia y otras propiedades de la sección transversal que permitan calcular la capacidad portante y el resto de propiedades relevantes del elemento.
- Valores de cálculo de las propiedades del elemento establecidas en los Eurocódigos.

En el caso de que los elementos prefabricados dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación establecida en el apartado 1.2 de este anejo.

Para el resto de los productos para los que no esté en vigor el marcado CE y si no dispusieran de distintivo de calidad oficialmente reconocido, se entregará la siguiente documentación:

- Declaración del laboratorio de cumplir los requisitos contemplados en el apartado 17.2.2.1 de este Código.
- En su caso, certificado de cualificación del personal que realiza la soldadura no resistente.
- En su caso, certificado de homologación de soldadores y del proceso de soldadura.

Asimismo se entregará la siguiente documentación relativa a los suministradores de los materiales empleados en la elaboración de las armaduras pasivas:

- Documentación correspondiente al marcado CE o, en su caso, certificados de los ensayos que garanticen el cumplimiento de las especificaciones referidas en este Código.
- En su caso, declaraciones de estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- En su caso, certificado del ensayo de adherencia.

1.1.12 Productos de acero para estructuras de acero

Cuando los productos de acero para estructuras de acero deban disponer de marcado CE, se entregará la declaración de prestaciones y el marcado CE.

En caso de que los productos de acero para estructuras de acero dispongan de un distintivo de calidad oficialmente reconocido será suficiente con la presentación de la documentación establecida en el apartado 1.2 de este anejo.

1.2 Documentación del distintivo de calidad oficialmente reconocido

En el caso de que un producto o proceso de los contemplados en este código disponga de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, se entregará copia del certificado vigente del distintivo, firmado por persona física con capacidad suficiente del documento que lo acredite, donde al menos constará la siguiente información:

- Identificación de la entidad certificadora.
- Logotipo del distintivo de calidad.
- Identificación del fabricante.
- Alcance del certificado.
- Número de certificado.
- Fecha de expedición del certificado.
- Periodo de vigencia del certificado.

La posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido, conforme a lo establecido en el Artículo 18 de este Código, permite reducir la documentación exigida en este Anejo.

2 Documentación durante el suministro

Con la entrega de cualquier material o producto, el suministrador proporcionará una hoja de suministro en la que se recogerá, como mínimo, la información que a continuación se detalla de forma específica para cada uno de ellos.

2.1 Cementos

La información a incluir será la exigida en la reglamentación específica vigente.

2.2 Áridos

- Identificación del suministrador.
- Número de la declaración de prestaciones, o en su caso, indicación de autoconsumo.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la cantera.
- Identificación del peticionario.
- Fecha de entrega.
- Cantidad de árido suministrado.
- Designación del árido según se especifica en el Artículo 30 de este Código.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.3 Aditivos

- Identificación del suministrador.
- Número la declaración de prestaciones
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Identificación del peticionario.
- Fecha de entrega.
- Cantidad suministrada.
- Designación del aditivo según se especifica en el Artículo 31 de este Código.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.4 Adiciones

- Identificación del suministrador.
- Número de la declaración de prestaciones.

- Número de serie de la hoja de suministro.
- Identificación del peticionario.
- Fecha de entrega.
- Designación de la adición según se especifica en el Artículo 32 de este Código.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Cantidad suministrada.
- Identificación del lugar de suministro.

2.5 Hormigón

- Identificación del suministrador.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la central de hormigón.
- Identificación del peticionario.
- Fecha y hora de entrega.
- Cantidad de hormigón suministrado.
- Designación del hormigón según se especifica en el Código Estructural. En el caso de designación por propiedades, deberá contener siempre la resistencia a compresión, la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto. En el caso de designación por dosificación, deberá contener siempre la dosificación de cemento (en kg/m³), la consistencia, el tamaño máximo del árido y el tipo de ambiente al que va a ser expuesto. En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Dosificación real del hormigón que incluirá, al menos:
 - tipo y contenido de cemento,
 - relación agua/cemento,
 - contenido en adiciones, en su caso
 - tipo y cantidad de aditivos
 - Identificación completa del cemento, aditivos y adiciones empleados
 - Identificación del lugar de suministro
 - Identificación del camión que transporta el hormigón
 - Hora límite de uso del hormigón

2.6 Acero para armaduras pasivas

- Identificación del suministrador.

- Cuando esté vigente el marcado CE número de la declaración de prestaciones (a partir de la fecha de entrada en vigor), o en su caso, indicación de autoconsumo.
- Número de identificación de la certificación de homologación de adherencia, en su caso, contemplado en el apartado 34.2 de este Código.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la fábrica.
- Identificación del peticionario.
- Fecha de entrega.
- Cantidad de acero suministrado clasificado por diámetros y tipos de acero.
- Diámetros suministrados.
- Designación de los tipos de aceros suministrados.
- Forma de suministro (barra o rollo).
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.7 Acero para armaduras activas

- Identificación del suministrador.
- Cuando esté vigente el marcado CE, número de la declaración de prestaciones (a partir de la fecha de entrada en vigor)
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la fábrica.
- Identificación del peticionario.
- Fecha de entrega.
- Cantidad de acero suministrado clasificado por tipos.
- Diámetros suministrados.
- Designación del alambre, barra o cordón.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.8 Armaduras pasivas

- Identificación del suministrador.

- Cuando esté vigente el marcado CE número de la declaración de prestaciones (a partir de la fecha de entrada en vigor), o en su caso, indicación de autoconsumo.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la instalación de ferralla.
- Identificación del peticionario.
- Fecha y hora de entrega.
- Identificación del acero utilizado.
- Identificación de la armadura.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.9 Elementos y sistemas de aplicación de pretensado

- Identificación del suministrador.
- Cuando esté vigente el marcado CE, número de la declaración de prestaciones (a partir de la fecha de entrada en vigor) o en su caso, indicación de autoconsumo.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre del aplicador.
- Identificación del peticionario.
- Fecha y hora de entrega.
- Identificación de los materiales empleados.
- Designación de los elementos suministrados.
- Cantidad de elementos suministrados clasificados por elementos.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.10 Elementos prefabricados

- Identificación del suministrador.
- Cuando esté vigente el marcado CE, número de la declaración de prestaciones (a partir de la fecha de entrada en vigor) o en su caso, indicación de autoconsumo.
- Número de serie de la hoja de suministro.

- Nombre de la instalación de prefabricación.
- Identificación del peticionario.
- Fecha y hora de entrega.
- Identificación de los materiales empleados.
- Designación de los elementos suministrados.
- Cantidad de elementos suministrados.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

2.11 Productos de acero para estructuras de acero

- Identificación del suministrador.
- Cuando esté vigente el marcado CE, número de la declaración de prestaciones.
- Número de serie de la hoja de suministro.
- Nombre de la fábrica.
- Identificación del peticionario.
- Fecha de entrega.
- Cantidad de acero suministrado clasificado por geometría y tipos de acero.
- Dimensiones de los perfiles o chapas suministrados.
- Designación de los tipos de aceros suministrados.
- En su caso, estar en posesión de un distintivo de calidad oficialmente reconocido.
- Identificación del lugar de suministro.

3 Documentación tras el suministro. Certificado final del suministro

Los suministradores de materiales o productos incluidos en el ámbito de este Código proporcionarán un certificado final de suministro, en el que se recogerán la totalidad de los materiales o productos suministrados.

El certificado de suministro deberá mantener la necesaria trazabilidad de los materiales o productos certificados.

En el caso del hormigón, cuando proceda, el suministrador adjuntará al certificado final de suministro los albaranes de cemento MR/SR/SRC correspondientes al periodo de suministro del hormigón, donde figura en destino la central de suministro de hormigón, conforme a la Instrucción de Recepción de Cemento vigente y asimismo el acta o actas de ensayos de impermeabilidad, con antigüedad inferior a seis meses.

En el recuadro se adjunta un modelo con la información mínima que deberá contener el certificado de suministro.

CERTIFICADO DE SUMINISTRO

Nombre de la empresa suministradora: _____

Nombre y cargo del responsable del suministro: _____

Dirección: _____

*Identificación del declarante**Nombre, domicilio, teléfono/fax, documento de identificación (CIF/NIF/Pasaporte)***Certifico**

Que la empresa _____

*Identificación del declarante**Nombre, domicilio, teléfono/fax, documento de identificación (CIF/NIF/Pasaporte)*

ha entregado en _____

Lugar de recepción del material o producto

los suministros que a continuación se detallan:

_____	_____	_____	_____	_____
_____	_____	_____	_____	_____

<i>Fecha</i>	<i>Nº Albarán</i>	<i>Identificación del producto o material</i>	<i>Cantidad</i>	<i>Tiene DCOR</i>
_____	_____	_____	_____	_____

Durante el periodo transcurrido entre la declaración de estar en posesión de un distintivo de calidad reconocido oficialmente y el último suministro, no se ha producido ni suspensión, ni retirada del citado distintivo. *(En el caso de que fuese aplicable).*

Declaro bajo mi responsabilidad la conformidad del suministro arriba detallado con las disposiciones establecidas en el Código Estructural, aprobado mediante Real Decreto de ____ de _____ de ____.

Lugar, fecha y firma.

4 Acta de toma de muestras

El acta de toma de muestras que se realice a los materiales o productos amparados por este Código tendrá como mínimo la siguiente información:

- Identificación del producto.
- Fecha, hora y lugar de la toma de muestras.
- Identificación y firma de los responsables presentes en la toma.
- Identificación del material o producto del que se extraigan las muestras o probetas, según lo establecido en este Código.
- Número de muestras obtenidas.
- Tamaño de las muestras.
- Código de las muestras.

Anejo 5

Prescripciones para la utilización del cemento de aluminato de calcio

Contenidos del anejo

1	CARACTERÍSTICAS DEL CEMENTO DE ALUMINATO DE CALCIO	3
2	MATERIALES	3
3	PROYECTO	4
4	DOSIFICACIÓN	4
5	EQUIPOS Y ÚTILES DE TRABAJO	4
6	PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN	5
7	CURADO	5
8	APLICACIONES	5

1 Características del cemento de aluminato de calcio

Mientras los cementos portland deben sus propiedades hidráulicas fundamentalmente a los silicatos de calcio y al aluminato tricálcico, el cemento de aluminato de calcio las debe al aluminato monocálcico. El contenido de Al_2O_3 de este último cemento, según UNE-EN 14647, debe estar comprendido entre el 35 y el 58-%, si bien los valores habituales del mismo están entre el 37 y el 43%.

El cemento de aluminato de calcio presenta una serie de características especiales. Así, mientras tiene un tiempo de fraguado prácticamente análogo al del cemento portland, su endurecimiento es mucho más rápido, por lo cual, sus morteros y hormigones presentan al cabo de pocas horas una resistencia del mismo orden que la obtenida a 28 días con cemento portland.

Con el tiempo sus resistencias disminuyen al tener lugar el proceso de conversión, ya que la hidratación del cemento de aluminato de calcio a temperatura ambiente ($<25^\circ\text{C}$) produce aluminatos de calcio hidratados hexagonales que son metaestables y por ello sufren inevitablemente una transformación (conversión) hacia la forma cúbica de aluminato de calcio hidratado, único compuesto termodinámicamente estable.

Esta conversión ocasiona al hormigón de cemento de aluminato de calcio un aumento de porosidad y por tanto una disminución de resistencia. La conversión puede transcurrir en pocos minutos o necesitar años, ya que la velocidad de transformación depende de diversos factores, y principalmente de la temperatura.

Esta disminución de resistencias puede ser de distinta cuantía. Si se siguen las recomendaciones de su correcto empleo y se utiliza una dosificación de cemento elevada y una relación agua/cemento baja, sus hormigones retienen una resistencia suficientemente elevada. Al contrario, las resistencias pueden descender hasta valores excesivamente bajos en el caso de no seguir las recomendaciones antes citadas.

La resistencia final alcanzada después de la conversión puede evaluarse mediante el ensayo descrito en UNE-EN 14647.

El cemento de aluminato de calcio resiste notablemente mejor que los cementos portland la acción de aguas puras, agua de mar, aguas sulfatadas, aguas residuales, y terrenos yesíferos, así como la acción de sales de magnesio y ácidos diluidos. Sin embargo sus hormigones son menos resistentes a la acción de los hidróxidos alcalinos.

Para la correcta utilización del cemento de aluminato de calcio en sus distintas aplicaciones se tendrán en cuenta las normas generales válidas para la confección de morteros y hormigones de cemento portland. Asimismo se deberán seguir las instrucciones específicas que se señalan a continuación.

2 Materiales

El cemento de aluminato de calcio deberá cumplir las prescripciones exigidas en la reglamentación específica vigente, para poder ser utilizado en aquellos casos en los que su empleo está contemplado en el apartado 8 de aplicaciones de este Anejo.

Los áridos cumplirán con las especificaciones generales que estipula este Código.

No se deberán utilizar áridos que contengan álcalis liberables y particularmente se debe evitar el empleo de los graníticos, esquistosos, micáceos y feldespáticos.

Se utilizarán áridos finos con un equivalente de arena superior al 85%, según el anejo A de la norma UNE-EN 933-8 o, en caso contrario, que contengan menos del 5%, en peso, de partículas inferiores a 0,125 mm.

El comportamiento de los aditivos con el cemento de aluminato de calcio es notoriamente diferente del que presentan con el cemento portland. Son, pues, obligados los ensayos previos para establecer la compatibilidad y dosificación apropiada de cada tipo de aditivo.

3 Proyecto

Como resistencia de proyecto de los hormigones de cemento de aluminato de calcio, se tomará la resistencia mínima residual alcanzable después de que el cemento haya llegado a su conversión total, teniendo en cuenta las consideraciones expuestas en el punto 1. Su valor se determinará según el procedimiento experimental descrito en el apartado A.7 del Anexo A de la norma UNE-EN 14647. En cualquier caso, la resistencia de proyecto no superará nunca los 40 N/mm².

Debido al pH más bajo y la menor reserva alcalina, las armaduras embebidas en los hormigones fabricados con cemento de aluminato de calcio pueden estar más expuestas a la corrosión. Por ello, y por razones de durabilidad en general, los recubrimientos mínimos que se deben utilizar son:

- En la clase de exposición no agresiva (XO): 20 mm.
- En la clase de exposición normal (XC): 30 o 40 mm en función del diámetro de la armadura y las tensiones del elemento.
- En la clase de exposición marina (XS), cloruros no marinos (XD) y química agresiva (XA): 40 mm.

El recubrimiento mínimo se incrementará en el margen de recubrimiento Δr prescrito en el apartado 43.4.1 del Código Estructural, para obtener el recubrimiento nominal definido en dicho apartado.

4 Dosificación

Se respetará estrictamente el cumplimiento de las siguientes prescripciones:

- No se utilizarán relaciones agua/cemento superiores a 0,4. Para el cálculo del agua de amasado se tendrá en cuenta el agua aportada por los áridos.
- El contenido mínimo de cemento será de 400 kg/m³.

5 Equipos y útiles de trabajo

Se evitará cualquier posible contacto o contaminación accidental del cemento de aluminato de calcio con otros cementos a base de clinker portland, o con cales o con yesos.

6 Puesta en obra del hormigón

Para la puesta en obra de los hormigones con cemento de aluminato de calcio se recomienda emplear las mismas técnicas que para los hormigones con cemento portland (colado, proyectado, bombeado, etc.). Además se recomienda utilizar métodos de compactación habituales, como por ejemplo, agujas vibrantes.

No se permite el uso de agua reciclada para la fabricación de los hormigones con cemento de aluminato de calcio

En el hormigonado en tiempo caluroso, los áridos y el agua no deben estar expuestos directamente al sol.

En el hormigonado en tiempo frío se tendrán en cuenta las siguientes precauciones:

- No se utilizarán áridos congelados.
- Se asegurará que la temperatura del hormigón recién elaborado sea la suficiente para que éste pueda permanecer por encima de los 0°C hasta que se haya iniciado el fraguado y, con él, las reacciones exotérmicas de hidratación del cemento.

7 Curado

En el caso de pavimentos o losas se deberá aplicar inmediatamente un curado inicial del hormigón con productos de curado o protegerlo con arpilleras húmedas. En otros casos de estructuras o elementos de menor superficie, el curado se iniciará, una vez finalizado el fraguado, mediante aspersión o riego en forma continuada, prolongándolo, como mínimo, durante las primeras veinticuatro horas desde la puesta en obra del hormigón.

Es conveniente, al igual que para el cemento portland, evitar la desecación prematura de los elementos de hormigón ya elaborados, especialmente en ambientes calurosos y secos. Una buena recomendación práctica es conservarlos a cubierto, siendo aconsejable regarlos periódicamente durante los primeros días.

Salvo estudio especial, no se debe utilizar el curado térmico.

8 Aplicaciones

De acuerdo con el Artículo 28 del Código Estructural, el empleo de cemento de aluminato de calcio en hormigones deberá ser objeto, en cada caso, de estudio especial, exponiendo las razones que aconsejan su uso y observándose estrictamente las especificaciones contenidas en el presente Anejo.

El cemento de aluminato de calcio resulta muy adecuado para:

- Reparaciones rápidas de urgencia.
- Hormigón en medios químicamente agresivos.
- Hormigonado en tiempo frío.

Cuando su uso sea justificable, se puede utilizar en:

- Obras y elementos prefabricados, de hormigón en masa o armado no estructural.
- Determinados casos de cimentaciones de hormigón en masa.
- Hormigón proyectado.

El cemento de aluminato de calcio no resulta indicado para:

- Hormigón armado estructural.
- Hormigón en masa o armado de grandes volúmenes.

El cemento de aluminato de calcio está prohibido para:

- Hormigón pretensado en todos los casos, según el Artículo 28 del Código Estructural.

Por lo que respecta a las clases de exposición, los hormigones fabricados de acuerdo con las especificaciones del presente Anejo, se comportan adecuadamente en:

- | | |
|--|-----|
| – Ambiente no agresivo | XO |
| – Ambiente marino | XS |
| – Ambiente químicamente agresivo débil | XA1 |
| – Ambiente químicamente agresivo medio | XA2 |

Anejo 6

Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales

Contenidos del anejo

1	INTRODUCCIÓN	3
2	SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO EN FUNCIÓN DE LA APLICACIÓN DEL HORMIGÓN	3
3	SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO EN FUNCIÓN DE APLICACIONES ESTRUCTURALES ESPECÍFICAS	4
3.1	CEMENTOS RECOMENDADOS PARA CIMENTACIONES	4
3.2	CEMENTOS RECOMENDADOS PARA OBRAS PORTUARIAS Y MARÍTIMAS.....	5
3.3	CEMENTOS RECOMENDADOS PARA PRESAS.....	5
3.4	CEMENTOS RECOMENDADOS PARA OBRAS HIDRÁULICAS DISTINTAS DE LAS PRESAS.....	6
4	SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO EN FUNCIÓN DE LAS CIRCUNSTANCIAS DE HORMIGONADO.....	6
5	SELECCIÓN DEL TIPO DE CEMENTO EN FUNCIÓN DE LA CLASE DE EXPOSICIÓN	7

1 Introducción

La Instrucción para la recepción de cementos vigente regula, con carácter general, las condiciones que debe cumplir el cemento para su empleo. Este anejo de recomendaciones se incluye únicamente con la finalidad de facilitar la selección del tipo de cemento a emplear en cada caso por parte del autor del proyecto o de la dirección facultativa.

La selección del tipo de cemento deberá efectuarse considerando, al menos, los siguientes criterios:

- a) la aplicación del hormigón, de acuerdo con el apartado 2 de este anejo,
- b) las circunstancias de hormigonado, de acuerdo con el apartado 4 de este anejo,
- c) las condiciones de agresividad ambiental a las que va a estar sometido el elemento de hormigón, de acuerdo con el apartado 5 de este anejo.

2 Selección del tipo de cemento en función de la aplicación del hormigón

Los cementos recomendados, en función de su aplicación, son los indicados en la Tabla A6.2.

TABLA A6.2. Tipos de cementos en función de la aplicación del hormigón

APLICACIÓN	CEMENTOS RECOMENDADOS
Hormigón en masa	Todos los cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C. Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*).
Hormigón armado	Todos los cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C, CEM V/B.
Hormigón pretensado incluidos los prefabricados estructurales	Cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) (***).
Elementos estructurales prefabricados de hormigón armado	Resultan muy adecuados los cementos comunes (**) de los tipos CEM I, CEM II/A y adecuado el cemento común tipo CEM IV/A cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.
Hormigón en masa y armado en grandes volúmenes	Resultan muy adecuados los cementos comunes CEM III/B y CEM IV/B y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/B, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A. Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*). Es muy recomendable la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH) y de muy bajo calor de hidratación (VLH), según los casos.
Hormigón de alta resistencia	Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM I y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/A-D y CEM II/A 42,5 R. El resto de cementos comunes tipo CEM II/A pueden resultar adecuados cuando así se deduzca de un estudio experimental específico.

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 6. Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales

TABLA A6.2. Tipos de cementos en función de la aplicación del hormigón (continuación)

APLICACIÓN	CEMENTOS RECOMENDADOS
Hormigones para reparaciones rápidas de urgencia	Los cementos comunes tipo CEM I, CEM II/A-D, y el cemento de aluminato de calcio (CAC).
Hormigones para desencofrado y descimbrado rápido	Los cementos comunes (**) tipo CEM I, y CEM II.
Hormigón proyectado.	Los cementos comunes tipo CEM I, y CEM II/A.
Hormigones con áridos potencialmente reactivos (****)	Resultan muy adecuados los cementos comunes tipo CEM III, CEM IV, CEM V, CEM II/A-D, CEM II/B-S y CEM II/B-V, y adecuados los cementos comunes tipo CEM II/B-P y CEM II/B-M.

(*) En el caso de grandes volúmenes de hormigón en masa.

(**) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial.

(***) La inclusión de los cementos CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P) como utilizables para la aplicación de hormigón pretensado, es coherente con la posibilidad, contemplada en el articulado de este Código, de utilización de adición al hormigón pretensado de cenizas volantes en una cantidad no mayor del 20 % del peso de cemento.

(****) Para esta aplicación son recomendables los cementos con bajo contenido en alcalinos o aquellos citados en la tabla.

3 Selección del tipo de cemento en función de aplicaciones estructurales específicas

3.1 Cementos recomendados para cimentaciones

En la tabla A6.3.1 se recogen los cementos recomendados para su uso en la fabricación de hormigones destinados a cimentaciones.

Tabla A6.3.1. Cementos recomendados para cimentaciones

APLICACIÓN	CEMENTOS RECOMENDADOS
Cimentaciones de hormigón en masa	Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM IV/B, siendo adecuados el resto de cementos comunes, excepto los CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C. En todos los casos es recomendable la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH). Es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR o SRC) ¹ o al agua de mar (MR) cuando corresponda.
Cimentaciones de hormigón armado	Muy adecuados los cementos comunes tipo CEM I y CEM II/A, siendo adecuados el resto de cementos comunes a excepción de los CEM III/B, CEM III/C, CEM IV/B CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T y CEM II/B-T. Es necesario cumplir las prescripciones relativas al empleo de la característica adicional de resistencia a sulfatos (SR o SRC) ¹ o al agua de mar (MR) cuando corresponda.

(1) De acuerdo con la vigente Instrucción de Recepción de Cementos.

3.2 Cementos recomendados para obras portuarias y marítimas

En la tabla A6.3.2 se recogen los cementos recomendados para su uso en la fabricación de hormigones destinados a la construcción de estructuras de hormigón en masa, armado o pretensado que formen parte de obras portuarias y marítimas.

TABLA A6.3.2. Cementos recomendados para obras portuarias y marítimas

APLICACIÓN	TIPO DE HORMIGÓN	CEMENTOS RECOMENDADOS
Obras portuarias y marítimas	En masa	Cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T y CEM III/C.
	Armado	Cementos comunes, excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C y CEM V/B.
	Pretensado(**)	Cementos comunes (*) de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-P, CEM II/A-V y CEM II/A-M (V-P).

(*) Dentro de los indicados son preferibles los de alta resistencia inicial

(**) Estos cementos son los únicos permitidos según el Artículo 28 del Código Estructural en hormigón pretensado.

La utilización de uno u otro tipo de cemento, con característica adicional MR cuando sea preceptiva, dependerá de las exigencias del hormigón y siempre que no haya circunstancias especiales que desaconsejen su uso.

Todos los cementos SR y SRC son, además de resistentes a los sulfatos, resistentes al agua de mar. Por tanto, cuando se especifique la utilización de un cemento resistente al agua de mar, MR, se podrá emplear un cemento SR o SRC en su lugar.

3.3 Cementos recomendados para presas

En la tabla A6.3.3 se recogen los cementos recomendados para su uso en la fabricación de hormigones destinados a la construcción de presas.

TABLA A6.3.3. Cementos recomendados para presas

APLICACIÓN	CEMENTOS RECOMENDADOS
Presas de hormigón vibrado	Cementos comunes de los tipos CEM II/A, CEM III/A, CEM III/B y CEM IV/A
Presas de hormigón compactado	Cementos comunes de los tipos CEM III, CEM IV y CEM V. Cementos para usos especiales ESP VI-1. Cementos especiales de muy bajo calor de hidratación VLH III, VLH IV y VLH V. Cementos de escoria de horno alto de baja resistencia inicial L.

También pueden emplearse los cementos tipo CEM I, cuando se añada una adición al hormigón en cantidad suficiente, compatible con las exigencias del proyecto.

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 6. Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales

Se recomienda que los cementos a utilizar sean de clase resistente baja (32,5), así como tener en cuenta, especialmente, el calor de hidratación, por lo cual, con carácter general, la utilización de cementos con característica adicional de bajo calor de hidratación y de muy bajo calor de hidratación resultan aconsejables.

3.4 Cementos recomendados para obras hidráulicas distintas de las presas

En la tabla A6.3.4 se recogen los cementos recomendados para su uso en la fabricación de hormigones destinados a la construcción de estructuras para el transporte de agua que no formen parte de los cuerpos de las presas.

TABLA A6.3.4. Cementos recomendados para obras hidráulicas distintas de las presas

APLICACIÓN	TIPO DE HORMIGÓN	CEMENTOS RECOMENDADOS
Tubos de hormigón, canales y otras aplicaciones hidráulicas	En masa	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C. Cementos para usos especiales ESP VI-1 (*)
	Armado	Cementos comunes excepto los tipos CEM II/A-Q, CEM II/B-Q, CEM II/A-W, CEM II/B-W, CEM II/A-T, CEM II/B-T, CEM III/C, y CEM V/B.
	Pretensado	Cementos comunes de los tipos CEM I, CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P)

(*) En revestimientos de grandes canales con máquinas de encofrados deslizantes.

4 Selección del tipo de cemento en función de las circunstancias de hormigonado

Los cementos recomendados, en función de las condiciones de puesta en obra, son los indicados en la Tabla A6.4.

TABLA A6.4. Tipos de cementos en función de las circunstancias de hormigonado

CIRCUNSTANCIAS DE HORMIGONADO	CEMENTOS RECOMENDADOS
Hormigonado en tiempo frío (*) (**)	Los cementos comunes tipo CEM I, CEM II/A y CEM IV/A. Se recomienda la utilización de cementos de clase resistente alta o media (52,5 y 42,5).
Hormigonado en ambientes secos y sometidos al viento y, en general, en condiciones que favorecen la desecación del hormigón (**)	Cementos comunes tipo CEM I y CEM II/A.
Insolación fuerte u hormigonado en tiempo caluroso (**)	Los cementos comunes tipo CEM II, CEM III/A, CEM IV/A y CEM V/A.

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 6. Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales

- (*) En estas circunstancias, no conviene emplear la característica adicional de bajo calor de hidratación (LH).
- (**) En estas circunstancias, resulta determinante tomar, durante el proceso de ejecución o puesta en obra, las medidas adecuadas especificadas en la reglamentación correspondiente y, en su caso, en este Código.

5 Selección del tipo de cemento en función de la clase de exposición

Los cementos recomendados, en función de la clase de exposición que componen el ambiente en el que va estar ubicado el elemento estructural, son los indicados en la Tabla A6.5.

TABLA A6.5. Tipos de cementos en función de las clases de exposición

CLASE DE EXPOSICIÓN	TIPO DE PROCESO (agresividad debida a)	CEMENTOS RECOMENDADOS
XO	Ninguno	Todos los recomendados según la aplicación prevista.
XC	Corrosión de las armaduras de origen diferente de los cloruros	CEM I, cualquier CEM II (preferentemente CEM II/A), CEM III/A, CEM IV/A.
XS*	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen marino	Muy adecuados los cementos CEM II/S, CEM II/V (preferentemente los CEM II/B-V), CEM II/P (preferentemente los CEM II/B-P), CEM II/A-D, CEM III, CEM IV (preferentemente los CEM IV/A) y CEM V/A.
XD	Corrosión de las armaduras por cloruros de origen no marino	Preferentemente, los CEM I y CEM II/A y, además, los mismos que para la clase de exposición XS.
XA**	Ataque al hormigón por sulfatos	Los mismos que para la exposición XS.
XA	Lixiviación del hormigón por aguas puras, ácidas, o con CO ₂ agresivo	Los cementos comunes de los tipos CEM II/P, CEM II/V, CEM II/A-D, CEM II/S, CEM III, CEM IV y CEM V.
-	Reactividad álcali-árido	Cementos de bajo contenido en alcalinos (***) (óxidos de sodio y de potasio) en los que $(Na_2O)_{eq} = Na_2O (\%) + 0,658 K_2O (\%) < 0,60$.

- (*) En esta clase de exposición es necesario el empleo de cementos que cumplan las prescripciones relativas a la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR)
- (**) En el caso de las clases específicas XA2 o XA3 es necesario el empleo de cementos que cumplan las prescripciones relativas a la característica adicional de resistencia a los sulfatos (SR o SRC), tal y como establece el articulado del Código. En los casos en que el elemento esté en contacto con agua de mar será únicamente necesario que cumplan las prescripciones relativas a la característica adicional de resistencia al agua de mar (MR).
- (***) Son especialmente recomendables los cementos citados en la tabla A6.2 para hormigones con áridos potencialmente reactivos (que deberán cumplir igualmente el requisito de bajo contenido en alcalinos).

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 6. Recomendaciones para la selección del tipo de cemento a emplear en hormigones estructurales

Está expresamente prohibido el almacenamiento en el mismo silo o la mezcla de cementos de diferentes tipos, clases de resistencia o fabricantes en la elaboración del hormigón, ya que se perdería la trazabilidad y las garantías del producto.

Anejo 7

Recomendaciones para la utilización de hormigón con fibras

Contenidos del anejo

1	ALCANCE	4
2	BASES DE PROYECTO.....	5
2.1	ACCIONES	5
2.1.1	<i>Valores característicos de las acciones</i>	<i>5</i>
2.1.1.1	Valores característicos de las acciones permanentes	5
2.2	MATERIALES Y GEOMETRÍA.....	5
2.2.1	<i>Materiales.....</i>	<i>5</i>
2.2.1.1	Coefficientes parciales de seguridad de los materiales	5
3	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	6
3.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	6
4	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES	6
4.1	MATERIALES.....	6
4.1.1	<i>Hormigones.....</i>	<i>9</i>
4.1.1.1	Composición	9
4.1.1.2	Condiciones de calidad	9
4.1.1.3	Características mecánicas.....	9
4.1.1.4	Valor mínimo de la resistencia	12
4.1.1.5	Docilidad del hormigón	12
5	DURABILIDAD	13
5.1	DURABILIDAD	13
5.1.1	<i>Durabilidad del hormigón y de las armaduras.....</i>	<i>13</i>
5.1.1.1	Recubrimientos	13
5.1.1.2	Empleo de hormigón reforzado con fibras	13
5.1.1.3	Resistencia del hormigón frente a la erosión	13
6	CÁLCULO	13
6.1	DATOS DE LOS MATERIALES PARA EL PROYECTO	13
6.1.1	<i>Características del hormigón</i>	<i>13</i>
6.1.1.1	Tipificación de los hormigones	13
6.1.1.2	Resistencia de cálculo del hormigón	14
6.1.1.3	Diagrama tensión - deformación en tracción de cálculo del hormigón con fibras	15
6.1.1.4	Factor de orientación	19
6.1.1.5	Fluencia del hormigón	19
6.1.1.6	Coefficiente de Poisson	19
6.2	CÁLCULOS RELATIVOS A LOS ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS.....	19
6.2.1	<i>Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales.....</i>	<i>19</i>
6.2.1.1	Hipótesis básicas	19
6.2.1.2	Dominios de deformación	20
6.2.1.3	Efecto de confinamiento del hormigón	20
6.2.1.4	Flexión simple o compuesta	20
6.2.1.5	Tracción simple o compuesta	21
6.2.1.6	Cuantías geométricas mínimas.....	21
6.2.2	<i>Estado Límite de Agotamiento frente a cortante.....</i>	<i>21</i>
6.2.2.1	Consideraciones generales	21
6.2.2.2	Piezas de hormigón reforzado con fibras sin y con armadura de cortante	21
6.2.2.3	Armaduras transversales.....	22
6.2.2.4	Armaduras longitudinales	23
6.2.2.5	Rasante entre alas y alma de una viga	23

6.2.3	<i>Estado Límite de Agotamiento frente a punzonamiento</i>	23
6.2.3.1	Losas de hormigón reforzado con fibras	23
6.2.4	<i>Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones</i>	23
6.2.4.1	Disposiciones relativas a las armaduras	23
7	EJECUCIÓN	23
7.1	EJECUCIÓN.....	23
7.1.1	<i>Procesos de elaboración, armado y montaje de armaduras</i>	23
7.1.1.1	Anclaje de las armaduras pasivas. Generalidades.	23
7.1.2	<i>Elaboración y puesta en obra del hormigón</i>	23
7.1.2.1	Fabricación del hormigón	23
7.1.2.1.1	Dosificación de materiales componentes.....	24
7.1.2.1.2	Agua.....	24
7.1.2.1.3	Fibras	24
7.1.2.2	Equipos de amasado.....	24
7.1.2.3	Amasado del hormigón	24
7.1.2.4	Suministro del hormigón	25
7.1.2.5	Puesta en obra del hormigón	25
7.1.2.5.1	Vertido y colocación del hormigón.....	25
7.1.2.5.2	Compactación del hormigón	25
8	CONTROL	25
8.1	CONTROL DE LA CONFORMIDAD DE LOS PRODUCTOS.....	25
8.1.1	<i>Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón</i>	25
8.1.1.1	Otros componentes del hormigón	26
8.1.1.1.1	Especificaciones.....	26
8.1.1.1.2	Ensayos.....	26
8.1.1.1.3	Criterios de aceptación o rechazo	26
8.1.2	<i>Control del hormigón</i>	26
8.1.2.1	Criterios generales para el control de la conformidad de un hormigón.....	26
8.1.2.2	Realización de los ensayos	27
8.1.2.2.1	Ensayos de resistencia del hormigón.....	27
8.1.2.2.2	Control de la resistencia del hormigón al 100 por 100	27
8.1.2.2.3	Control indirecto de la resistencia del hormigón.....	27
8.1.2.3	Decisiones derivadas del control	27
8.1.2.4	Ensayos de información complementaria del hormigón	28
8.2	CONTROL DE LA EJECUCIÓN	28
8.2.1	<i>Criterios generales para el control de la ejecución</i>	28
8.2.2	<i>Ensayos previos y característicos del hormigón</i>	28
8.2.2.1	Ensayos previos	28
8.2.2.2	Ensayos característicos de resistencia.....	29

1 Alcance

Las prescripciones y requisitos incluidos en el articulado de este Código se refieren a hormigones que no incorporan fibras en su masa. Por ello, se precisa establecer unas recomendaciones específicas y complementarias cuando, para mejorar algunas prestaciones ya sea en estado fresco, en primeras edades o en estado endurecido, se empleen fibras en el hormigón, las cuales pueden modificar algunas de sus propiedades.

Quedan expresamente fuera de los objetivos de este anejo:

- Los hormigones fabricados con fibras distintas a las que constan en este anejo, como aceptables para su uso en hormigones.
- Los hormigones en los que la distribución y/u orientación de las fibras es forzada intencionadamente.

Los hormigones con dosificación en fibras superior al 1,5% en volumen deberán ser objeto de un estudio específico.

A los efectos de este anejo, los hormigones reforzados con fibras (HRF), se definen como aquellos hormigones que incluyen en su composición fibras cortas, discretas y aleatoriamente distribuidas en su masa. El planteamiento es general para todo tipo de fibras, si bien hay que tener presente que la base fundamental del conocimiento de que se dispone es para fibras de acero, lo que se refleja en cierta medida en el mismo.

La aplicación de estos hormigones puede ser con finalidad estructural o no estructural. El empleo de fibras en el hormigón tiene finalidad estructural cuando se utiliza su contribución en los cálculos relativos a alguno de los estados límite últimos o de servicio y su empleo puede implicar la sustitución parcial o total de armadura en algunas aplicaciones. Se considerará que las fibras no tienen función estructural, cuando se incluyan fibras en el hormigón con otros objetivos como la mejora de la resistencia al fuego o el control de la fisuración a primeras edades.

La adición de fibras es admisible en hormigones en masa, armados o pretensados, y se puede hacer con cualquiera de los diversos sistemas, sancionados por la práctica, de incorporación de las fibras al hormigón y, en el caso de que así no se hiciera, debe explicitarse el sistema utilizado. Se contempla la confección de hormigones con fibras con carácter, en estado fresco, de autocompactabilidad.

En el anejo se presenta una relación de referencias normativas nacionales e internacionales relacionadas con el tema de este anejo y que pueden servir de apoyo o referencia.

En cada plano de la estructura deberá figurar un cuadro de tipificación de los hormigones incluyendo las condiciones adicionales para los hormigones con fibras que se señalan en el Artículo 33 de este Código.

La tipificación propuesta en este anejo refleja las especificaciones básicas que se exigen cuando las fibras tienen finalidad estructural. Además de las propiedades que quedan implícitas en la tipificación del hormigón según el apartado 6.1.1 de este anejo, el pliego de prescripciones técnicas particulares deberá incluir aquellas características adicionales exigidas al hormigón con fibras, así como los métodos de ensayo para su

verificación y los valores que deban alcanzar dichas características. En todo caso deberá indicarse una propuesta de dosificación con los siguientes datos:

- Dosificación de fibras en kg/m^3
- Tipo, dimensiones (longitud, diámetro efectivo, esbeltez), forma, resistencia a tracción de la fibra (en N/mm^2) y módulo de elasticidad (en N/mm^2) en el caso de fibras con finalidad estructural.

Sin embargo la efectividad de las distintas fibras disponibles en el mercado puede ser muy variable, y las condiciones de disponibilidad del producto o las condiciones de la obra pueden recomendar una modificación de alguna de las características especificadas en el pliego ya sea de tipo, de dimensiones y, por ende, de la dosificación necesaria de fibras para obtener las mismas propiedades. Por ello, cuando la designación del hormigón sea por propiedades, la dosificación indicada en el pliego de prescripciones técnicas particulares debe entenderse como orientativa. Antes del inicio del hormigonado el suministrador propondrá una dosificación de obra, y realizará los ensayos previos de acuerdo con el apartado 8.2.2 de este anejo. A la vista de los resultados la dirección facultativa obra aceptará la dosificación propuesta o exigirá nuevas propuestas.

En lo que sigue, se detallan los complementos a los diversos artículos del Código necesarios para poder realizar y tener en cuenta la incorporación de fibras al hormigón.

2 Bases de proyecto

2.1 Acciones

2.1.1 Valores característicos de las acciones

2.1.1.1 Valores característicos de las acciones permanentes

La densidad y las dosificaciones usuales de las fibras no llevan a modificar los valores del peso específico característico del hormigón con fibras respecto al hormigón sin ellas.

2.2 Materiales y geometría

2.2.1 Materiales

2.2.1.1 Coeficientes parciales de seguridad de los materiales

Para los Estados Límite Últimos y para los Estados Límite de Servicio se mantienen los mismos coeficientes parciales de seguridad dados en los Anejos 19 y 21.

3 Análisis estructural

3.1 Análisis estructural

La incorporación de fibras modifica el comportamiento no lineal del hormigón estructural, especialmente en tracción, estado en el cual las secciones fisuradas también contribuyen a resistir tracciones. Esta colaboración resistente se puede tener en cuenta empleando alguno de los diagramas constitutivos presentados en el apartado 6.1.1.3 de este Anejo.

Asimismo, dada la ductilidad a nivel seccional que introduce la presencia de fibras, se consideran válidos los principios para la aplicación del método de análisis lineal con redistribución limitada y de los métodos de cálculo plástico, cuando se comprueben los requisitos para la aplicación de los mismos especificados en el Capítulo 5 de los Anejos 19 y 21.

Los momentos plásticos o últimos se obtendrán de acuerdo con el apartado 6.1.1 de este anejo y, para placas macizas, se considerará que las líneas de rotura tienen suficiente capacidad de rotación si la profundidad de la fibra neutra en ELU de flexión simple es menor que $0,3 d$ (ó $0,25 h$ en secciones de hormigón reforzadas exclusivamente con fibras).

El empleo de fibras estructurales puede aumentar la anchura de las bielas de compresión, lo cual puede ser tenido en cuenta en los modelos de bielas y tirantes. Por consiguiente, la combinación de armadura convencional y fibras puede suponer una alternativa para reducir la cuantía de armadura convencional en regiones D donde se presente una alta densidad de armadura que dificulte el correcto hormigonado del elemento.

4 Propiedades tecnológicas de los materiales

4.1 Materiales

Fibras. Definiciones:

Las fibras son elementos de corta longitud y pequeña sección que se incorporan a la masa del hormigón a fin de conferirle ciertas propiedades específicas.

De una manera general se pueden clasificar como fibras estructurales, aquellas que proporcionan una mayor energía de rotura al hormigón en masa (en el caso de las fibras estructurales, la contribución de las mismas puede ser considerada en el cálculo de la respuesta de la sección de hormigón), o como fibras no estructurales, aquellas que sin considerar en el cálculo esta energía suponen una mejora ante determinadas propiedades como por ejemplo el control de la fisuración por retracción, incremento de la resistencia al fuego, abrasión, impacto y otros.

La características geométricas de las fibras, longitud (l_f), diámetro equivalente (d_f), y esbeltez (λ), se establecerán de acuerdo con las normas UNE-EN 14889-1, UNE-EN

14889-2 y UNE 83516. Por otro lado, de acuerdo con su naturaleza las fibras se clasifican en:

- Fibras de acero.
- Fibras poliméricas.
- Fibras de vidrio resistentes a los álcalis.

La efectividad de las fibras puede valorarse por medio de la resistencia residual a la tracción por flexión correspondiente a aberturas de fisura de 0,5 y 2,5 mm, obtenidas de acuerdo a la norma UNE-EN 14651. De forma alternativa, el autor del proyecto o la dirección facultativa pueden indicar el empleo de la norma UNE 83515 (ensayo Barcelona con control por desplazamiento circunferencial o desplazamiento del pistón) con objeto de reducir la dispersión y el tiempo de ensayos o la norma UNE 83510.

Si bien no se especifica un contenido mínimo en fibras, cuando se utilicen fibras con función estructural no es recomendable utilizar dosificaciones inferiores al 0,25% en volumen del hormigón (equivale a 20 kg/m³ de fibras de acero ó 2,5 kg/m³ de fibras de poliméricas).

El límite superior del contenido en fibras se fija en el 1,5% en volumen del hormigón. El empleo de dosificaciones muy elevadas exige modificar sensiblemente la estructura granular del hormigón. Para estos casos se recomienda la consulta de bibliografía especializada.

Fibras de acero

Estas fibras deberán ser conformes con UNE-EN 14889-1 y, según el material base utilizado en su fabricación se clasifican en:

- Grupo I: alambres estirados en frío.
- Grupo II: láminas cortadas.
- Grupo III: extractos fundidos.
- Grupo IV: conformados en frío.
- Grupo V: aserrados de bloques de acero.

La forma de la fibra tiene una incidencia importante en las características adherentes de la fibra con el hormigón y puede ser muy variada: rectas, onduladas, corrugadas, conformadas en extremos de distintas formas, etc.

Cuando las fibras sean suministradas con un recubrimiento (por ejemplo zinc), debe declararse el tipo y la cantidad del mismo, expresada en g/cm².

La longitud de la fibra (l_f) se recomienda sea, como mínimo, 2 veces el tamaño del árido mayor. Es usual el empleo de longitudes de 2,5 a 3 veces el tamaño máximo de árido. Cuando el hormigón se coloque por bombeo la longitud de la fibra debe ser inferior a 2/3 del diámetro del tubo. Sin embargo, la longitud de la fibra debe ser suficiente para dar una adherencia necesaria a la matriz y evitar arrancamientos con demasiada facilidad.

A igualdad de longitud, las fibras de pequeño diámetro aumentan el número de ellas por unidad de peso y hacen más denso el entramado o red de fibras. El espaciamiento entre fibras se reduce cuando la fibra es más fina, siendo más eficiente y permitiendo, en general, una mayor capacidad de rotación en las secciones así como un mayor grado de redistribución de esfuerzos en estructuras hiperestáticas.

Fibras poliméricas

Están formadas por un material polimérico (polipropileno, polietileno de alta densidad, aramida, alcohol de polivinilo, acrílico, nylon, poliéster) extrusionado y posteriormente cortado. Estas pueden ser adicionadas homogéneamente al hormigón, mortero o pasta. Se rigen por la norma UNE-EN 14889-2 y, según su forma física, se clasifican en:

Clase I: Micro fibras: < 0,30 mm de diámetro: a) mono-filamentosas, y b) fibrilosas.

Clase II: Macro fibras: > 0,30 mm de diámetro.

Las macro-fibras pueden colaborar estructuralmente, siendo su longitud variable (desde 20 mm a 60 mm), la cual debe guardar relación mínima con el tamaño máximo del árido (relación de longitud 3:1 fibra: TM).

Las micro-fibras se emplean para reducir la fisuración por retracción plástica del hormigón, especialmente en pavimentos y soleras, pero no pueden asumir ninguna función estructural. También se utilizan para mejorar el comportamiento frente al fuego, siendo conveniente en este caso que el número de fibras por kg sea muy elevado.

Además de por sus características físico-químicas, las micro-fibras se caracterizan por su frecuencia de fibra, que indica el número de fibras presentes en 1 kg, y que depende de la longitud de fibra y muy especialmente de su diámetro.

Fibras de vidrio resistentes a los álcalis

Este tipo de fibras podrán emplearse siempre que se garantice un comportamiento adecuado durante la vida útil del elemento estructural, en relación con los problemas potenciales de deterioro de este tipo de fibras como consecuencia de la alcalinidad del medio.

La fibra de vidrio se emplea habitualmente para la fabricación de mortero reforzado con fibra, conocido como GRC por sus siglas en inglés, en cuya composición entra solo árido fino, generalmente arena silícea, y no árido grueso.

Dado que los HRF pueden experimentar importantes reducciones de resistencia y tenacidad debido a la exposición al medio ambiente, se deberán tomar las medidas adecuadas tanto sobre la fibra como sobre la matriz cementícea para su protección.

Se permite el empleo de mezclas de fibras de distinta naturaleza y/o tamaño, denominándose hormigones reforzados con mezclas de fibras. Estas combinaciones se han mostrado eficaces para mejorar las prestaciones del hormigón obteniéndose efectos de sinergia entre los distintos tipos de fibra combinados. Esta combinación no se aconseja en el caso de las fibras de vidrio.

4.1.1 Hormigones

4.1.1.1 Composición

Cuando las fibras utilizadas sean metálicas, el ión cloruro total aportado por los componentes no excederá del 0,4% del peso del cemento.

4.1.1.2 Condiciones de calidad

Cuando se utilicen fibras se incluirá entre las condiciones o características de calidad exigidas al hormigón en el pliego de prescripciones técnicas particulares la longitud máxima de las fibras.

Cuando las fibras tengan función estructural se incluirán asimismo los valores de resistencia característica residual a tracción por flexión $f_{R,1,k}$ y $f_{R3,k}$ de acuerdo con lo especificado en el apartado 6.1 de este anejo.

Cuando se utilicen fibras con otras funciones se especificarán los métodos para verificar la adecuación de las fibras a tal fin.

4.1.1.3 Características mecánicas

La resistencia del hormigón a flexotracción, a los efectos de este Código, se refiere a la resistencia de la unidad de producto o amasada y se obtiene a partir de los resultados de ensayo de rotura a flexotracción, en número igual o superior a tres, realizados sobre probetas prismáticas de ancho igual a 150 mm, altura igual a 150 mm y largo igual a 600 mm, de 28 días de edad, fabricadas, conservadas y ensayadas de acuerdo con UNE-EN 14651.

Cuando el elemento a diseñar tenga un canto inferior a 12,5 cm, o cuando el hormigón presente endurecimiento a flexión, con resistencia residual a flexotracción f_{R1} superior a la resistencia a tracción f_{ct} , se recomienda que las dimensiones de la probeta, y el método de preparación se adapten para simular el comportamiento real de la estructura, y el ensayo se realice en probetas no entalladas.

Para elementos estructurales con un comportamiento sustancialmente diferente al de la viga, pueden utilizarse otros tipos de ensayos alternativos que sean más representativos de la respuesta del material, siempre y cuando vengan contrastados por una campaña experimental concluyente. Cuando la desviación entre los resultados de una misma unidad de producto sobrepase ciertos límites debe realizarse una verificación del proceso seguido a fin de conceder representatividad a los mismos.

Al efecto de asegurar la homogeneidad de una misma unidad de producto, el recorrido relativo de un grupo de tres probetas (diferencia entre el mayor resultado y el menor, dividida por el valor medio de las tres), tomadas de la misma amasada, no podrá exceder el 35%.

Los criterios planteados en el Código para obtener el valor de la resistencia a tracción f_{ct} , a partir de los resultados del ensayo de tracción indirecta son válidos siempre que se refieran al límite de proporcionalidad.

En sollicitaciones de compresión, el diagrama tensión-deformación del hormigón con fibras no se modifica respecto al del articulado, ya que se puede considerar que la adición de las fibras no varía de forma significativa el comportamiento del hormigón en compresión.

Del ensayo propuesto en UNE-EN 14651 se obtiene el diagrama carga-abertura de fisura del hormigón (figura A7.4.1). A partir de los valores de carga correspondiente al límite de proporcionalidad (F_L) y a las aberturas de fisura 0,5 mm y 2,5 mm (F_1 y F_3 respectivamente), se obtiene el valor de resistencia a flexotracción ($f_{ct,fl}$) y los valores de resistencia residual a flexotracción correspondientes: $f_{R,1}$ y $f_{R,3}$.

El cálculo de los valores de resistencia a flexotracción y de resistencia residual a flexotracción según la citada norma UNE-EN 14651 se realiza asumiendo una distribución elástico lineal de tensiones en la sección de rotura.

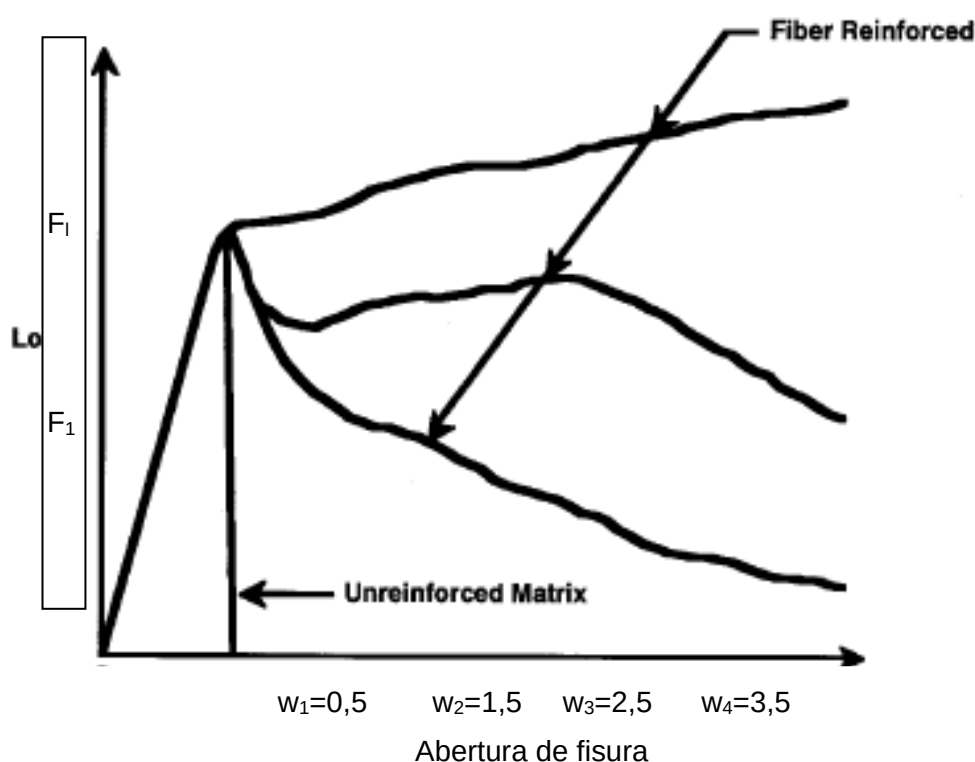


Figura A7.4.1. Diagrama tipo carga apertura de fisuras.

A partir de estos valores se determinará el diagrama de cálculo a tracción según lo indicado en el apartado 6.1.1 de este anejo. También, se podrán incorporar otros diagramas que definan las ecuaciones constitutivas de forma directa siempre y cuando los resultados vengan avalados por campañas concluyentes de tipo experimental y bibliografía especializada.

Alternativamente se puede emplear el ensayo UNE 83515 (ensayo Barcelona) para obtener la resistencia a fisuración, tenacidad y resistencia residual a tracción del hormigón reforzado con fibras. También se admite la adopción de probetas con otras formas y dimensiones, así como la simplificación del procedimiento de ensayo, siempre y cuando estas modificaciones hayan sido validadas mediante comprobación experimental propia o con base en la literatura. El recorrido relativo de un grupo de

probetas (diferencia entre el mayor resultado y el menor, dividida por el valor medio), tomadas de la misma amasada, no podrá exceder el 35%.

Tal y como indica la Figura A7.4.2 del ensayo propuesto en la UNE 83515 se obtiene el diagrama que relaciona la carga aplicada y el desplazamiento circunferencial total del hormigón (TCOD). A partir de los valores de carga correspondiente a la carga de fisuración (P_f) se puede estimar el valor de resistencia a tracción (f_{ct}). Asimismo, se pueden obtener resistencias residuales a tracción (f_{ctRx}) correspondientes a una determinada deformación circunferencial (R_x).

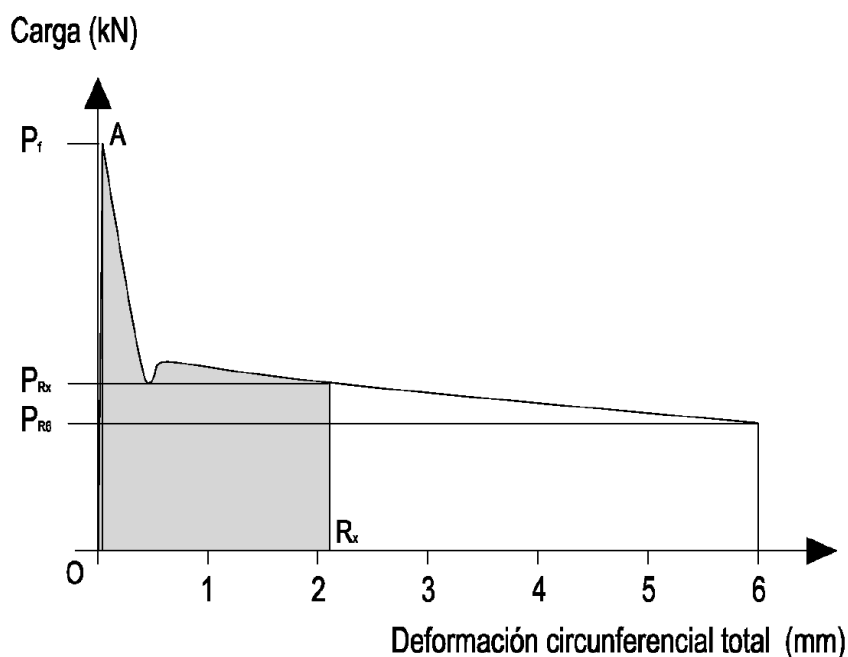


Figura A7.4.2. Diagrama tipo carga – desplazamiento circunferencial total (mm).

La Figura A7.4.3 establece las equivalencias de aberturas de fisura entre los resultados de los ensayos de acuerdo a UNE-EN 14651 y UNE 83515.

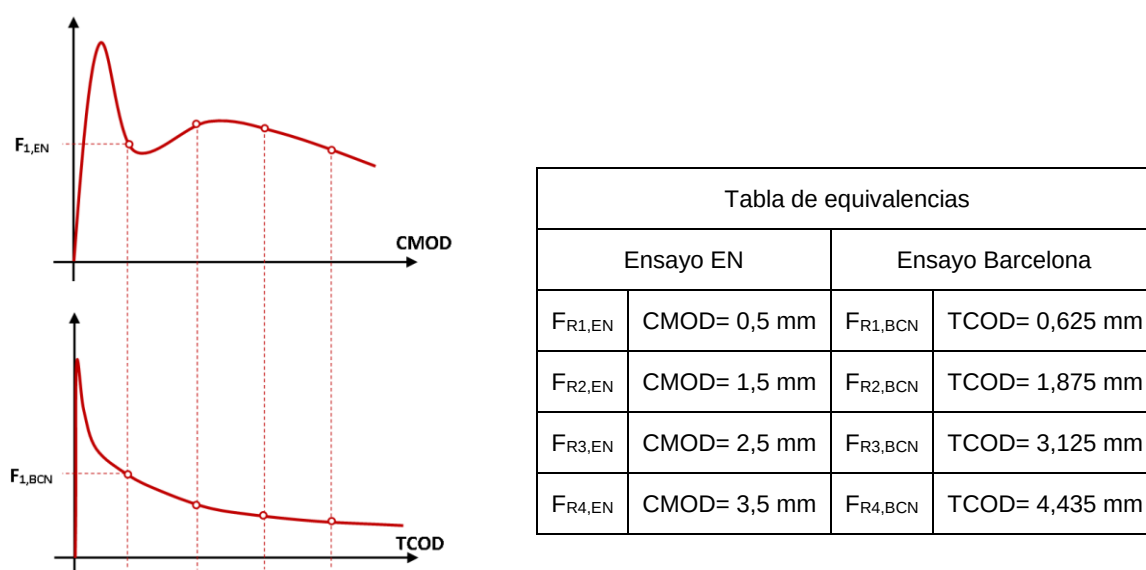


Figura A7.4.3. a) Diagrama del ensayo a flexotracción, b) diagrama del ensayo Barcelona y c) tabla de equivalencias de aberturas de fisura.

4.1.1.4 Valor mínimo de la resistencia

Para que el hormigón con fibras pueda ser considerado con función estructural la resistencia característica residual a tracción por flexión $f_{R,1,k}$ no será inferior al 40 % del límite de proporcionalidad y $f_{R,3,k}$ no será inferior al 20 % del límite de proporcionalidad (véase apartado 33.4 de este Código).

4.1.1.5 Docilidad del hormigón

El empleo de fibras en hormigón puede provocar una pérdida de docilidad, cuya magnitud será función del tipo y longitud de la fibra empleada así como de la cuantía de fibras dispuesta. Este factor debe considerarse especialmente al solicitar la consistencia del hormigón en el caso de adición de fibras en obra.

En el caso de hormigones con fibras, se recomienda que la consistencia del hormigón no sea inferior a 9 cm de asiento en el cono de Abrams (si bien depende del tipo de aplicación y sistema de puesta en obra). En caso contrario, el ensayo del cono de Abrams es poco adecuado y se recomienda ensayar la consistencia de acuerdo con los ensayos propuestos en UNE-EN 12350-3.

En el caso de hormigones con fibras con condiciones de autocompactabilidad con fibras rige lo previsto en la Tabla 33.5 b de este Código.

5 Durabilidad

5.1 Durabilidad

5.1.1 Durabilidad del hormigón y de las armaduras

5.1.1.1 Recubrimientos

El empleo de hormigón reforzado con fibras con función estructural hace innecesaria la utilización de la malla de reparto, que exige el Código, a situar en medio de los recubrimientos superiores a 50 mm.

5.1.1.2 Empleo de hormigón reforzado con fibras

De forma general, se podrá emplear hormigón reforzado con fibras en todas las clases de exposición. En las clases generales de exposición XS2, XS3 y XD2 y en la clase específica XF4, en el caso del empleo de fibras de acero al carbono deberá justificarse el uso mediante pruebas experimentales. Una alternativa viable es el empleo de aceros inoxidables, galvanizados o resistentes a la corrosión.

En caso de clases específicas de exposición por ataques químicos al hormigón XA1, XA2 y XA3, las fibras de acero y sintéticas podrán emplearse previo estudio justificativo de la no reactividad de los agentes químicos con dichos materiales distintos del hormigón.

5.1.1.3 Resistencia del hormigón frente a la erosión

En general, el empleo de fibras de acero mejora la resistencia a la erosión.

6 Cálculo

6.1 Datos de los materiales para el proyecto

6.1.1 Características del hormigón

6.1.1.1 Tipificación de los hormigones

Los hormigones se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato (lo que deberá reflejarse en los planos de proyecto y en el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto):

$$T - R / f - R1 - (R3/R1) / C / TM - TF / A$$

donde:

- T Indicativo que será HMF en el caso de hormigón en masa, HAF en el caso de hormigón armado y HPF en el caso de hormigón pretensado.
- R Resistencia característica a compresión especificada, en N/mm².

- f* Indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibra de vidrio. En el caso de mezclas de fibras se incluirán dos o más letras indicativas.
- R1,R3* Resistencia característica residual a flexotracción especificada $f_{R,1,k}$ y $f_{R,3,k}$, en N/mm².
- (R3/R1)* Relación $f_{R,3,k}/f_{R,1,k}$.
- C* Letra inicial del tipo de consistencia, o definición de autocompactabilidad en su caso, tal y como se define en el apartado 33.5 de este Código
- TM* Tamaño máximo del árido en mm, definido en el apartado 30.3 de este Código
- TF* Longitud máxima de la fibra, en mm. En el caso de mezclas de fibras se incluirán dos o más números en el mismo orden que *f*.
- A* Designación del ambiente, de acuerdo con el apartado 27.1. de este Código.

En cuanto a las resistencias residuales a flexotracción características especificadas, se recomienda utilizar la siguiente serie siempre que supere el valor mínimo exigido en el apartado 33.4 de este Código:

1,0 – 1,5 – 2,0 – 2,5 – 3,0 – 3,5 – 4,0 – 4,5 – 5,0 –

Las cifras indican las resistencias residuales a flexotracción características especificadas del hormigón a 28 días, expresada en N/mm².

Cuando las fibras no tengan función estructural los indicativos R1 y R3 deberán sustituirse por: “CR” en el caso de fibras para control de retracción, “RF” en el caso de fibras para mejorar la resistencia al fuego y “O” en otros casos.

En el caso de hormigones designados por dosificación se recomienda el siguiente formato:

T - D – G/f/CF/C/TM/A

Donde *D* significa hormigón designado por dosificación, *G* es el contenido de cemento en kg/m³ de hormigón y *CF* el contenido de fibra en kg/m³ de hormigón, prescrito por el peticionario. El resto de los parámetros tiene el significado que se indicado más arriba. En este caso deberá garantizarse que el tipo, dimensiones y características de las fibras coincidan con los indicados en el pliego de prescripciones técnicas particulares

6.1.1.2 Resistencia de cálculo del hormigón

Se considerarán como resistencias residuales a flexotracción de cálculo del hormigón $f_{R,1,d}$ y $f_{R,3,d}$ el valor de la resistencia característica de proyecto $f_{R,1,k}$ y $f_{R,3,k}$ correspondiente, dividido por un coeficiente parcial de seguridad γ_c , que adopta los valores indicados en los Anejos 19 y 21. Es posible trabajar con resistencias residuales a tracción, siempre que se demuestre la validez experimental.

6.1.1.3 Diagrama tensión - deformación en tracción de cálculo del hormigón con fibras

Para el cálculo de secciones sometidas a solicitaciones normales, en los Estados Límite Últimos se adoptará uno de los diagramas siguientes:

- Diagrama rectangular: De forma general se aplicará el diagrama de la figura A7.6.1. caracterizado por la resistencia residual a tracción de cálculo $f_{ctR,d}$.

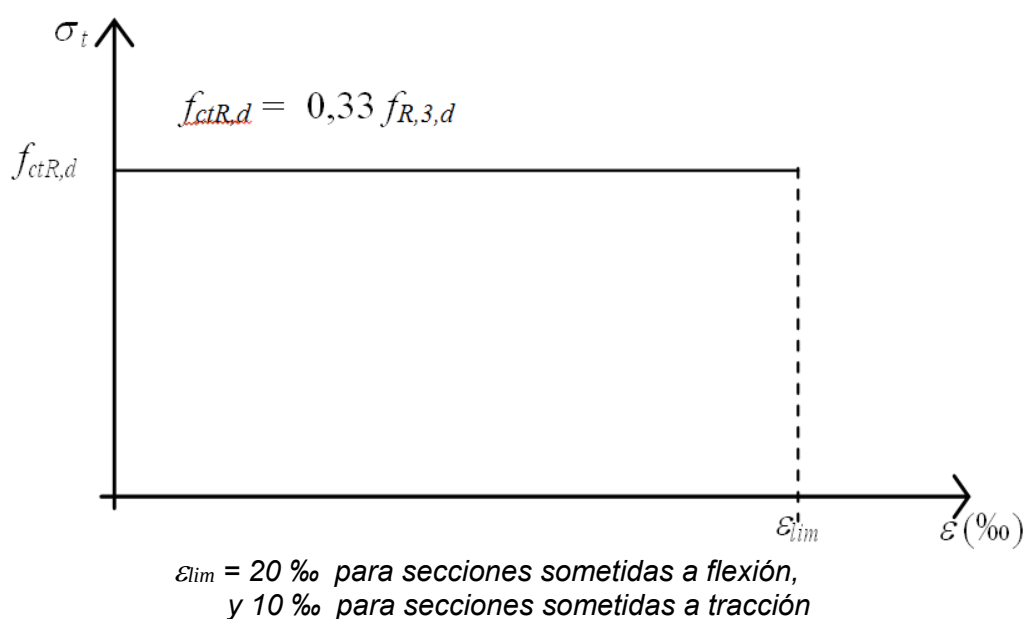


Figura A7.6.1. Diagrama de cálculo rectangular.

- Diagrama multilíneal: Para aplicaciones que exigen un cálculo ajustado, se propone el diagrama tensión (σ) - deformación (ε) de la figura A7.6.2, definido por una resistencia a tracción de cálculo f_{ctd} y de las resistencias residuales a tracción de cálculo: $f_{ctR1,d}$, $f_{ctR3,d}$, asociadas a sendas deformaciones ε_1 y ε_2 en el régimen de post-pico, donde:

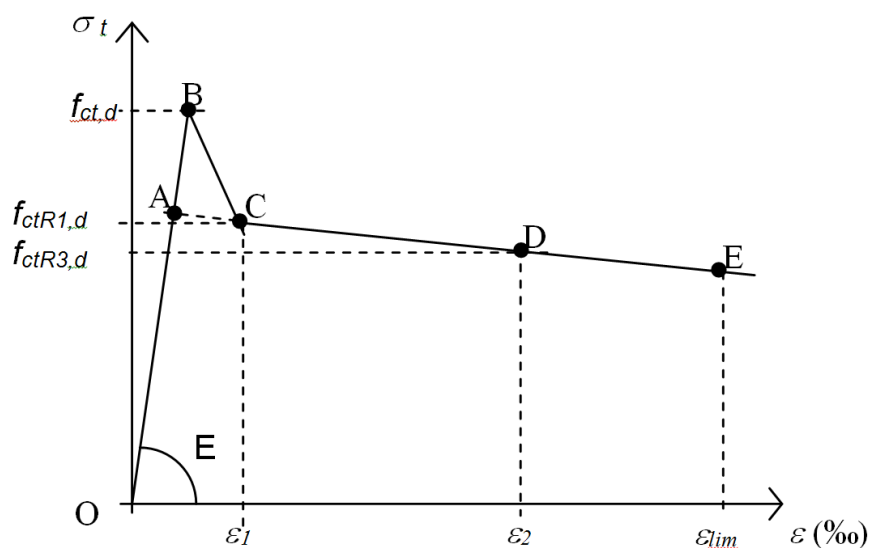


Figura A7.6.2. Diagrama de cálculo multilineal.

donde:

f_L Carga correspondiente al límite de proporcionalidad

$$f_{ct,d} = 0,6 f_{ct,fl,d}$$

$$f_{ctR1,d} = 0,45 f_{R,1,d}$$

$$f_{ctR3,d} = k_1 (0,5 f_{R,3,d} - 0,2 f_{R,1,d})$$

k_1 = 1 para secciones sometidas a flexión y 0,7 para secciones sometidas a tracción

$$\varepsilon_1 = 0,1 + 1.000 \cdot f_{ct,d} / E_{c,0}$$

$$\varepsilon_2 = 2,5 / l_{cs}$$

ε_{lim} = 20 ‰ para secciones sometidas a flexión y 10 ‰ para secciones sometidas a tracción

l_{cs} Longitud crítica (en metros) del elemento calculado que puede determinarse por la expresión:

$$l_{cs} = \min (s_m, h - x)$$

siendo: x = profundidad del eje neutro

$h-x$ = distancia del eje neutro al extremo más traccionado

s_m = distancia media entre fisuras. Salvo que se disponga de datos justificados se podrá utilizar para s_m los valores de la tabla A7.6.1.

Tabla A7.6.1. Valores de referencia para s_m

Elementos sin armadura tradicional, o poco armados y hormigón de fibras con comportamiento a flexión con ablandamiento ($f_{R,1} < f_L$ y $f_{R,2} < f_L$)	H (canto de la pieza)
Hormigón de fibras armado, con $f_{R,3,d} < 2 \text{ kN/mm}^2$	s_m calculado de acuerdo con el Anejo 19
Elementos con hormigón de fibras con comportamiento a flexión con endurecimiento ($f_{R,1} > f_L$ y/o $f_{R,3} > f_L$)	Se determinará de forma experimental según lo indicado en el apartado 4.1.1.3. de este anejo
Otros casos	Se consultará la bibliografía especializada

Nota: De forma simplificada, se considerarán elementos poco armados aquellos cuya cuantía geométrica de armadura tradicional a tracción sea inferior al uno por mil.

El efecto del pico A-B-C puede ser importante cuando se aplique un análisis no lineal, especialmente para pequeñas deformaciones. En otros casos, para el cálculo en rotura puede utilizarse el diagrama bilineal simplificado, formado por las rectas correspondientes al tramo elástico O-A y la prolongación de la recta C-E hasta el punto A, e incluso considerando un comportamiento rígido con $E = \infty$.

Se aceptarán otros diagramas de cálculo siempre que los resultados con ellos obtenidos concuerden de manera satisfactoria con los correspondientes a los del diagrama rectangular indicado en la figura A7.6.1, o queden del lado de la seguridad.

Los diagramas constitutivos presentados son generales y cualquiera de estos puede ser empleado también para el cálculo en ELS adaptando para ello los coeficientes de seguridad parciales de los materiales al Estado Límite que se pretenda abordar.

De forma alternativa se puede emplear la siguiente formulación:

CASO I: Para el diseño en ELS de materiales con ablandamiento se propone el mismo diagrama usado para el hormigón en masa a tracción uniaxial hasta f_{ct} . En la rama residual (régimen fisurado) se aplica un diagrama bilineal (Figura a).

La rama residual (BC) se describe analíticamente como:

$$\frac{\sigma - f_{ct}}{0.2f_{ct} - f_{ct}} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_p}{\varepsilon_Q - \varepsilon_p} \text{ para } \varepsilon_p \leq \varepsilon \leq \varepsilon_c$$

$$\text{Con } \varepsilon_Q = \frac{G_F}{l_{cs} f_{ct}} + \left(\varepsilon_p - \frac{0.8 f_{ct}}{E_c} \right)$$

donde G_F representa la energía de fractura del hormigón en masa.

CASO II: Material con endurecimiento (Figura b), la rama residual (BD) se describe analíticamente como:

$$\frac{\sigma - f_{ct}}{f_{Ftsd} - f_{ct}} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_p}{\varepsilon_{SLS} - \varepsilon_p} \text{ para } \varepsilon_p \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{SLS}$$

CASO III: Material con endurecimiento (Figura c), la rama AD se define de acuerdo con:

$$\frac{\sigma - \sigma_{AI}}{f_{Ftsd} - \sigma_{AI}} = \frac{\varepsilon - \varepsilon_{AI}}{\varepsilon_{SLS} - \varepsilon_{AI}} \text{ para } \varepsilon_p \leq \varepsilon \leq \varepsilon_{SLS}$$

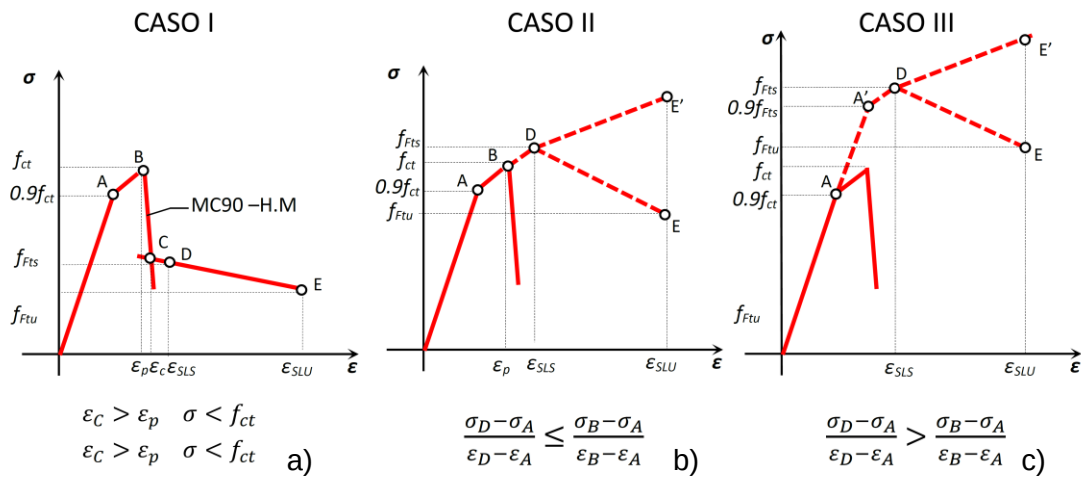


Figura A7.6.3.

Las expresiones generales para la definición de la ecuación constitutiva son:

$$f_{ctm} = 0,30(f_{ck})^{2/3}$$

$$f_{Fts} = 0,45f_{R1}$$

$$f_{Ftu} = k [f_{Fts} - (w_u/CMOD_3)(f_{Fts} - 0,5f_{R3} + 0,2f_{R1})]$$

$$\varepsilon_{SLS} = CMOD_1 / l_{cs}$$

$$\varepsilon_{SLU} = w_u / l_{cs} = \min(\varepsilon_{Fu}, 2,5 / l_{cs} = 2,5 / y)$$

$$\varepsilon_{Fu} = [20\% \text{ ablandamiento; } 10\% \text{ endurecimiento}]$$

6.1.1.4 Factor de orientación

En general, en el diseño se asume que la distribución de fibras en el hormigón es isotrópica, es decir, que las fibras se orientan de manera uniforme en todo el volumen. Con el fin de considerar distribuciones diferentes que tienen lugar en estructuras se introduce un factor de orientación (K) que en el caso de distribución isotrópica toma un valor $K = 1,0$. Se entiende por factor de orientación K :

$$K = \frac{n}{th} = n \frac{A_f}{V_f A}$$

Donde n es el número real de fibras en una sección, th el número teórico de fibras en la sección, A_f el área de la sección transversal de una fibra, V_f la fracción volumétrica de fibras y A el área de la sección transversal de hormigón en la que se mide el valor de K .

Para efectos favorables, se podrá aplicar un factor $K < 1,0$ siempre que se verifique experimentalmente. Para efectos desfavorables, será necesario determinar y aplicar experimentalmente el factor $K > 1,0$. Cuando se emplea $K < 1,0$ en una dirección, el valor de K en la otra dirección también se deberá comprobar.

Se podrán realizar ensayos específicos para determinar el efecto de la orientación de las fibras debido al hormigonado y la compactación en estructuras, usando elementos representativos del comportamiento del hormigón en las estructuras.

En la orientación y distribución de las fibras tienen influencia notable los efectos de borde y pared de encofrado, la forma del molde, el tiempo y energía de vibrado, y en el caso de los hormigones autocompactantes la dirección y distancia de avance del hormigón.

6.1.1.5 Fluencia del hormigón

En el empleo de fibras sintéticas para uso estructural, el fabricante deberá aportar el coeficiente de fluencia del hormigón, mediante contrastación experimental de los resultados.

6.1.1.6 Coeficiente de Poisson

Las fibras individualmente, o como grupo, deberán tener un coeficiente de Poisson similar al del hormigón si se quiere tener en cuenta el efecto red a nivel estructural.

6.2 Cálculos relativos a los Estados Límite Últimos

6.2.1 Estado Límite de Agotamiento frente a solicitaciones normales

6.2.1.1 Hipótesis básicas

El cálculo de la capacidad resistente última de las secciones en las que las fibras desempeñen función estructural se efectuará considerando como diagrama de cálculo del hormigón a tracción alguno de los que se definen en los Anejos 19 y 21.

6.2.1.2 Dominios de deformación

Se consideran los mismos que para una estructura con hormigón convencional para secciones de hormigón con refuerzo mixto armadura convencional y fibras. Para secciones de hormigón reforzado exclusivamente con fibras, la deformación máxima asociada al pivote A (10‰) se aumentará hasta ε_{lim} (ver el apartado 6.1.1.3 de este anejo).

6.2.1.3 Efecto de confinamiento del hormigón

Las fibras con función estructural proporcionan al hormigón un efecto confinamiento similar al de las armaduras transversales. Para cuantificar el efecto del confinamiento producido por las fibras debe consultarse la bibliografía especializada.

6.2.1.4 Flexión simple o compuesta

En aquellos casos en que se utilicen fibras con función estructural, solas o en combinación con armadura tradicional, se deberá cumplir la siguiente limitación:

$$A_p f_{pd} \frac{d_p}{d_s} + A_s f_{yd} + \frac{z_f}{z} A_{ct} f_{ctR,d} \geq \frac{W_1}{z} f_{ctm} + \frac{P}{z} \left(\frac{W_1}{A} + e \right)$$

donde:

- $z_f A_{ct} f_{ctR,d}$ Contribución de las fibras.
- z_f Brazo mecánico de la tracción del hormigón.
- A_{ct} Área traccionada de hormigón.
- $f_{ctR,d}$ Resistencia residual a tracción de cálculo en el diagrama rectangular.

En el caso de secciones rectangulares con o sin armadura pasiva puede emplearse la siguiente relación simplificada, en la que no se precisa determinar el área traccionada de hormigón.

$$A_s f_{yd} + 0,4 A_c f_{ctR,d} \geq 0,04 A_c f_{cd}$$

Esta limitación se justifica como garantía para evitar la rotura frágil del hormigón. La acción de las armaduras tradicionales y de las fibras es complementaria en este aspecto, y por tanto la limitación constituye una exigencia de contenido mínimo en fibras para elementos sin armaduras tradicionales, y la posibilidad de reducir, e incluso eliminar, la exigencia de armaduras tradicionales mínimas en elementos con contenido suficiente de fibras estructurales.

Esta limitación no rige para losas apoyadas sobre el terreno. Asimismo, en elementos que trabajen predominantemente comprimidos y con flexiones reducidas en régimen de servicio tampoco rige esta limitación, debiéndose considerar ésta sólo si en alguna fase transitoria se producen estados de flexión que puedan conducir a la fisuración del elemento estructural.

6.2.1.5 Tracción simple o compuesta

En el caso de secciones de hormigón sometidas a tracción simple o compuesta, provistas de dos armaduras principales y fibras, deberá cumplirse la siguiente limitación:

$$A_p f_{pd} + A_s f_{yd} + A_c f_{ctR,d} \geq 0,20 A_c f_{cd}$$

6.2.1.6 Cuantías geométricas mínimas

Los valores relativos a las cuantías geométricas mínimas (establecidas en el Anejo 19) que deben disponerse en los diferentes tipos de elementos estructurales, en función del acero utilizado, se podrán reducir, en el caso de hormigones con fibras, en una cuantía mecánica equivalente:

$$A_c f_{ctRm}$$

donde A_c y f_{ctRm} son el área de la sección transversal de hormigón y la resistencia residual a tracción media del hormigón, respectivamente.

Este refuerzo se debe disponer con el fin de controlar el ancho de las fisuras que se forman a cortas edades debido a los fenómenos térmicos debido a las reacciones de hidratación y retracción, y no por acciones de tipo directo o indirecto. En este sentido, si bien el control de este tipo de fisuración viene influenciado por una multitud de factores (curado, régimen térmico e higrométrico del entorno, acción solar, entre otros), es sabido que el uso de la cuantía y tipo de adecuados de fibras conduce a un control eficiente de la fisuración originada por estos motivos. Esta limitación no rige si el fabricante y/o suministrador de las fibras puede garantizar, mediante pruebas a escala real u otros ensayos, que su producto es adecuado para el control de este tipo de fisuración, para el elemento estructural a ejecutar y en las condiciones reales de obra.

6.2.2 Estado Límite de Agotamiento frente a cortante

6.2.2.1 Consideraciones generales

La contribución de las fibras se deberá tener en cuenta en la capacidad resistente de los tirantes.

6.2.2.2 Piezas de hormigón reforzado con fibras sin y con armadura de cortante

Cuando existan barras longitudinales dobladas que sean tenidas en cuenta en el cálculo como armadura de cortante, al menos un tercio de la resistencia a cortante deberá ser provista por la contribución de las fibras de acero o en su caso por la contribución conjunta de las fibras de acero y estribos verticales. En todo caso, la cuantía mínima de la armadura a cortante está establecida y se dispondrá tal como lo marca el Anejo 19.

El esfuerzo cortante de agotamiento por tracción en el alma vale:

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

donde:

V_{cu} Contribución del hormigón a la resistencia a esfuerzo cortante

V_{su} Contribución de la armadura transversal de alma a la resistencia a esfuerzo cortante.

V_{fu} Contribución de las fibras de acero a la resistencia a esfuerzo cortante.

$$V_{fu} = 0,7 \xi \tau_{fd} b_0 d$$

donde:

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

τ_{fd} Valor de cálculo del incremento de la resistencia a cortante debido a las fibras, tomando el valor:

$$\tau_{fd} = 0,5 f_{ctR,d} \text{ (N/mm}^2\text{)}$$

En el caso de secciones en T, se podría tener en cuenta la contribución de las alas a través de un coeficiente k_f multiplicador en la expresión de V_{fu} . Este coeficiente puede obtenerse mediante la siguiente expresión:

$$k_f = 1 + n \cdot \left[\frac{b_f}{b_0} \right] \cdot \left[\frac{h_f}{d} \right] \quad \text{con } k_f \leq 1,5$$

donde:

h_f Altura de las alas en mm

b_f Ancho de las alas en mm

b_0 Ancho del alma en mm

$$n = \frac{b_f - b_w}{h_f} \leq 3 \quad \text{y} \quad n \leq \frac{3 \cdot b_w}{h_f}$$

Comentario:

En todas las fórmulas relacionadas con tensiones tangenciales (esfuerzo cortante, punzonamiento), cuando se habla del ángulo θ hay que tener presente que el valor del mismo es algo diferente para hormigones con fibras.

6.2.2.3 Armaduras transversales

La cuantía mínima de refuerzo a cortante, ya sea en forma de hormigón reforzado por fibras de acero y/o estribos verticales se verifica siempre que se cumpla la relación:

$$V_{su} + V_{fu} \geq \frac{f_{ct,m}}{7,5} b_0 d$$

6.2.2.4 Armaduras longitudinales

En el caso de estructuras de hormigón reforzado con fibras con función estructural, en lugar de V_{su} deberá considerarse $(V_{su}+V_{fu})$ en las expresiones del articulado.

6.2.2.5 Rasante entre alas y alma de una viga

Experimentalmente se ha comprobado que las fibras con función estructural pueden contribuir de forma significativa a resistir el esfuerzo rasante ala-alma. Para considerar esta contribución deberá basarse en campañas experimentales concluyentes o en publicaciones científicas avaladas.

6.2.3 Estado Límite de Agotamiento frente a punzonamiento

6.2.3.1 Losas de hormigón reforzado con fibras

Las fibras pueden mejorar la resistencia a punzonamiento. Una primera aproximación es considerar su contribución a partir de una tensión resistente en la superficie crítica equivalente a:

$$\tau_{fd} = 0,5 f_{ctR,d} \quad (\text{N/mm}^2)$$

no obstante, este valor puede ser significativamente mayor, debiéndose demostrar experimentalmente si se quiere utilizar.

6.2.4 Estado Límite de Agotamiento por esfuerzo rasante en juntas entre hormigones

6.2.4.1 Disposiciones relativas a las armaduras

Sólo se considerará que las fibras contribuyen a la resistencia al deslizamiento cuando se trate de juntas encastilladas transversalmente donde las dimensiones de las llaves sean comparables a la de la propia fibra.

7 Ejecución

7.1 Ejecución

7.1.1 Procesos de elaboración, armado y montaje de armaduras

7.1.1.1 Anclaje de las armaduras pasivas. Generalidades.

Las fibras mejoran las características de anclaje, en el caso de empleo conjunto con armaduras pasivas y activas, lo cual puede ser utilizado en los cálculos de este anejo siempre que vengan avalados por ensayos experimentales que así lo justifiquen.

7.1.2 Elaboración y puesta en obra del hormigón

7.1.2.1 Fabricación del hormigón

7.1.2.1.1 Dosificación de materiales componentes

7.1.2.1.2 Agua

El aumento de la consistencia debido al uso de las fibras debe ser compensado siempre con la adición de aditivos reductores de agua, sin modificar la dosificación prevista de agua.

7.1.2.1.3 Fibras

La efectividad de los distintos tipos de fibras puede variar mucho, por ello se recomienda designar el hormigón por propiedades, y definir el tipo y dosificación de fibras en los ensayos previos.

La selección del tipo y dosificación de las fibras dependerá de su efectividad y de su influencia en la consistencia del hormigón. La longitud máxima cumplirá las condiciones estipuladas en este anejo. El aumento de la esbeltez de las fibras y el empleo de altas dosificaciones conlleva un aumento de su eficiencia mecánica, pero puede provocar un descenso de la consistencia y un mayor riesgo de formación de bolas de fibras que se segregan del hormigón (erizos).

La dosificación de las fibras se hará en peso, empleando básculas y escalas distintas de las utilizadas para los áridos. En el caso de empleo de dosificadores automáticos, los mismos deberán estar tarados con la frecuencia que determine el fabricante. La tolerancia en peso de fibras será del ± 3 por 100.

7.1.2.2 Equipos de amasado

La comprobación de la homogeneidad de la mezcla producida por una amasadora fija o móvil, deberá incluir la verificación de que la diferencia máxima tolerada entre los resultados de contenido en fibras obtenido según norma UNE-EN 14721 y UNE-EN 14488-7:2007 de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga) sea inferior al 10%.

7.1.2.3 Amasado del hormigón

El amasado es una fase crítica de los hormigones con fibras por el riesgo de enredo de las fibras formando erizos. Este riesgo se reduce con una buena dosificación con suficiente contenido de árido fino, pero aumenta con un transporte excesivamente largo y especialmente cuando el contenido en fibras es elevado y éstas son muy esbeltas. El orden de llenado también puede ser decisivo. Como norma general las fibras se incorporarán junto con los áridos. Preferentemente, el árido grueso al inicio del amasado, desaconsejándose la introducción de las fibras como primer componente de la mezcla.

Cuando se prevea un transporte largo puede plantearse la adición de las fibras en obra. Para ello se debe prever un hormigón suficientemente fluido para facilitar el camino de las fibras hasta el fondo de la cuba, y disponer de un sistema de dosificación en obra que garantice la precisión indicada en el apartado 51.2.3 de este Código. El vertido de las fibras se debe realizar lentamente (entre 20 y 60 kg por minuto en el caso de fibras de acero) con la cuba girando a su máxima velocidad hasta garantizar la distribución homogénea de las fibras en la masa del hormigón.

7.1.2.4 Suministro del hormigón

En la hoja de suministro deberán figurar los siguientes datos:

- Especificación del hormigón: designación de acuerdo con el apartado 33.6. de este Código
- Material, tipo, dimensiones (longitud, características de la sección y diámetro equivalente, esbeltez), características de las formas (conformadas en extremos, onduladas, etc.) de las fibras.
- Contenido de fibras en kilos por metro cúbico (kg/m^3) de hormigón, con una tolerancia de $\pm 3 \%$.

La relación de las características de las fibras podrá ser sustituida por una referencia a la designación comercial completa de las mismas, y soportada por una ficha técnica previamente aceptada por la dirección facultativa y disponible en el libro de obra.

7.1.2.5 Puesta en obra del hormigón

7.1.2.5.1 Vertido y colocación del hormigón

El vertido y colocación debe realizarse de modo que no precise transporte adicional del hormigón en obra. Deben evitarse interrupciones del hormigonado ya que éstas podrían ocasionar discontinuidades en la distribución de las fibras.

Cuando la colocación en obra se realiza mediante tolva, el diámetro de la boca de descarga debe ser superior a 30 cm para facilitar el vertido.

7.1.2.5.2 Compactación del hormigón

Debido a que el uso de fibras reduce la docilidad del hormigón, se necesitará una mayor energía de compactación. Sin embargo la respuesta a la vibración del hormigón de fibras es mejor que la de un hormigón tradicional por lo que para un mismo asiento en el cono de Abrams se requiere menor tiempo de vibrado.

La compactación origina una orientación preferencial de las fibras. En general éstas tienden a colocarse paralelas a la superficie encofrada, especialmente si se aplican vibradores de superficie. Este efecto es sólo local pero puede ser importante en elementos de poco espesor.

El uso de vibradores internos puede generar zonas con exceso de pasta y pocas fibras en la zona donde se ha dispuesto el vibrador, así como cierta orientación en el sentido tangencial al diámetro externo del vibrador.

8 Control

8.1 Control de la conformidad de los productos

8.1.1 Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los materiales componentes del hormigón

8.1.1.1 Otros componentes del hormigón

8.1.1.1.1 Especificaciones

Son las establecidas en los Artículos 31 y 32 del Código Estructural más las que puedan contenerse en el pliego de prescripciones técnicas particulares.

8.1.1.1.2 Ensayos

Antes de comenzar la obra se comprobará el efecto de las fibras mediante los ensayos previos del hormigón citados en el Anejo 13 del Código Estructural. Como consecuencia de lo anterior, se seleccionarán las marcas, tipos y dosificación de fibras admisibles en la obra. La continuidad de la composición y de las características será garantizada por el fabricante correspondiente.

Durante la ejecución de la obra se vigilará que las fibras utilizadas sean precisamente los aceptados según el párrafo anterior.

La dirección facultativa, cuando lo considere necesario en la ejecución de la obra, podrá requerir la comprobación de las condiciones exigidas a las fibras.

8.1.1.1.3 Criterios de aceptación o rechazo

El incumplimiento de alguna de las especificaciones será condición suficiente para calificar las fibras como no aptas para los hormigones.

Cualquier posible modificación de la marca, el tipo o la dosificación de las fibras que se vayan a utilizar, respecto a lo aceptado en los ensayos previos al comienzo de la obra, implicará su no utilización, hasta que tras la realización con dichas modificaciones de los ensayos previstos en el Anejo 13 del Código Estructural la dirección facultativa autorice su aceptación y empleo en la obra.

8.1.2 Control del hormigón

El control de la calidad del hormigón de fibras incluirá, además del control especificado en el articulado, el del tipo y contenido de fibras, y en caso de fibras con función estructural, el de su resistencia residual según el método que establezca el pliego.

8.1.2.1 Criterios generales para el control de la conformidad de un hormigón

Cuando las fibras tengan función estructural los ensayos incluirán, además de los especificados en el articulado, el ensayo de tres probetas por cada amasada utilizada para control de acuerdo con UNE-EN 14651 para determinar los valores de la resistencia residual a flexotracción $f_{R,1,m}$ y $f_{R,3,m}$ a los 28 días de edad. Alternativamente, el autor del proyecto o la dirección facultativa pueden indicar el empleo de la norma UNE 83515. En cada amasada se determinará también el contenido en fibras según UNE 83512-1 o UNE 83512-2.

Cuando, de acuerdo con lo especificado en el apartado 33.3 del Código Estructural, se seleccionen otros tipos de ensayos alternativos para el control de la resistencia residual a flexotracción del hormigón, estos deberán venir contrastados por una campaña experimental concluyente. La dirección facultativa fijará previamente los

valores de referencia a obtener durante los ensayos y los criterios de aceptación y rechazo.

De acuerdo con lo indicado en la parte de materiales de este anejo, la dirección facultativa podrá valorar, bajo su responsabilidad, el empleo de otros procedimientos que faciliten el control. Como puede ser el caso del ensayo MDPT o multidireccional de doble punzonamiento, realizado sobre probeta cúbica de 15x15 x15 cm para el control de la resistencia residual o el método de inducción magnética para el control del contenido de fibras metálicas (y orientación). Finalmente, se podrán realizar conteos para conocer el contenido y orientación de las fibras.

8.1.2.2 Realización de los ensayos

En caso de hormigones de fibras de consistencia inferior a 9 cm de asiento en el cono de Abrams se recomienda utilizar como método de control de la consistencia otros métodos como el consistómetro Vebe de acuerdo con UNE-EN 12350-3 o el cono invertido de acuerdo con UNE 83503.

8.1.2.2.1 Ensayos de resistencia del hormigón

Antes del comienzo del hormigonado es necesaria la realización de ensayos previos o ensayos característicos, los cuales se describen en el Anejo 13 del Código Estructural.

Cuando exista experiencia, bien documentada, y suficiente tanto en materiales, incluido el tipo y marca comercial de las fibras previstas, como en dosificación y medios (por ejemplo las centrales de hormigón preparado), podrán realizarse únicamente los ensayos de control.

8.1.2.2.2 Control de la resistencia del hormigón al 100 por 100

Los criterios de definición de lotes coincidirán con lo especificado en el articulado.

El control de la resistencia residual según UNE-EN 14651 o según UNE 83515 se realizará sobre 2 amasadas por lote. De estas amasadas se hará el control del contenido en fibras según UNE 83512-1 o UNE 83512-2.

Cuando el resultado del control de contenido en fibras en una amasada del lote fuera inferior en un 10 % al valor estipulado, se ampliará el control de resistencia residual a flexotracción a todas las amasadas sobre las que se tomen muestras para determinar la resistencia a compresión.

El análisis de resultados y los estimadores a emplear para obtener los valores característicos correspondientes a partir de los resultados de los ensayos serán los mismos que los expuestos en el articulado para la resistencia a compresión.

8.1.2.2.3 Control indirecto de la resistencia del hormigón

No se permite la aplicación de este tipo de control para los hormigones de fibras con función estructural.

8.1.2.3 Decisiones derivadas del control

Cuando en un lote de obra sometida a control de resistencia, sea $f_{R,j,est} \geq f_{R,j,k}$, tal lote se aceptará.

Si resultase $f_{R,j,est} < f_{R,j,k}$, a falta de una explícita previsión del caso en el pliego de prescripciones técnicas particulares de la obra y sin perjuicio de las sanciones contractuales previstas por el Código, se procederá como sigue:

- Si $f_{R,j,est} \geq 0,9 f_{R,j,k}$, el lote se aceptará.
- Si $f_{R,j,est} < 0,9 f_{R,j,k}$, se procederá a realizar, por decisión de la dirección facultativa o a petición de cualquiera de las partes, los estudios o ensayos complementarios pertinentes.

Si se detectara alguna variación en el aspecto, dimensiones o forma de las fibras se deberán volver a realizar los ensayos previos.

8.1.2.4 Ensayos de información complementaria del hormigón

La extracción de testigos, realizada de conformidad con lo indicado en los Capítulos 12, 13 y 14 del Código Estructural conduce a probetas cilíndricas sobre las que no pueden aplicarse los ensayos de referencia para la determinación de las características mecánicas a flexotracción del hormigón de fibras. Dado que esta verificación no podrá realizarse, pueden ser sustituidos por otros ensayos que permitan estimar la tenacidad del hormigón como, por ejemplo, el ensayo Barcelona o alternativamente el ensayo MDPT, ambos bajo la configuración de doble punzonamiento.

8.2 Control de la ejecución

8.2.1 Criterios generales para el control de la ejecución

En el apartado 63.2 de este Código se incluirán las siguientes unidades de inspección, específicas de los hormigones de fibras:

- Tipos de fibras empleados tras el control de contenido en fibras
- Condiciones de almacenamiento de las fibras
- Método de añadir las fibras a la mezcla

Los tamaños máximos de estas unidades de inspección anteriores se establecerán en el correspondiente proyecto, en función de las características de la obra.

8.2.2 Ensayos previos y característicos del hormigón

8.2.2.1 Ensayos previos

En el caso de hormigones con fibras los ensayos previos toman especial importancia para la definición de las fibras a emplear y de su dosificación.

Cuando las fibras tengan función estructural los ensayos previos incluirán la fabricación de al menos cuatro series de probetas procedentes de amasadas distintas, de seis probetas cada una para ensayo a los 28 días de edad, por cada dosificación que se desee establecer, y se operará de acuerdo con UNE-EN 14651 para determinar los valores medios de la resistencia residual a flexotracción:

$$f_{R,1,m} \text{ y } f_{R,3,m}.$$

Para definir los valores de resistencia a obtener en los ensayos previos, cuando no se conozca el valor del coeficiente de variación de este ensayo, a título meramente informativo, puede suponerse que:

$$f_{R,j,k} = 0,7 f_{R,j,m}$$

mientras que en los casos de elementos solicitados a flexión que se conozca el coeficiente de variación, el valor característico de tensión residual puede calcularse a través de:

$$f_{R,j,k} = \left(1 - \frac{0,85 \alpha CV_{R,j}}{h^{0,32} l_{fis}^{0,48}} \right) f_{R,j,m} \leq 0,85 f_{R,j,m}$$

donde:

h es la altura del elemento en mm, la cual debe asumirse siempre menor o igual a 300 mm;

l_{fis} es la menor de las dimensiones diferentes de la altura o la mínima longitud de las líneas de rotura formadas, ambas en mm, asumiéndose siempre valores menores o iguales a 2000 mm;

$CV_{R,j}$ es el coeficiente de variación del ensayo de flexotracción de la UNE-EN 14651 en tantos por uno, el cual debe asumirse siempre mayor o igual a $0,115 \cdot \alpha'$;

α' es el coeficiente estadístico relacionado con el grado de incertidumbre en la estimación de $CV_{R,j}$ en función del número de probetas ensayadas, tal y como muestra la Tabla A7.1;

α es el parámetro relacionado la confianza a respecto del valor de $CV_{R,j}$, el cual puede asumirse igual a 1 cuando se conozca la dispersión típica del material en el ensayo de la UNE-EN 14651 o igual α' si se desconoce dicha dispersión, pero se dispone de resultados experimentales.

Tabla A7.1. Valores de referencia para α'

Nº de probetas ensayadas	3	4	5	6	8	10	20	30	∞
α'	2,05	1,60	1,42	1,33	1,22	1,17	1,07	1,05	1,00

8.2.2.2 Ensayos característicos de resistencia

Cuando las fibras tengan función estructural los ensayos incluirán, además de los especificados en el articulado, el ensayo de tres probetas por amasada de acuerdo con UNE-EN 14651 para determinar los valores de la resistencia residual a flexotracción $f_{R,1,m}$ y $f_{R,3,m}$ a los 28 días de edad. En cada amasada de este tipo se determinará también el contenido en fibras según UNE 83512-1 o UNE 83512-2.

El análisis de resultados y los estimadores a emplear para obtener los valores característicos correspondientes a partir de los resultados de los ensayos serán los mismos expuestos en el articulado para la resistencia a compresión.

Anejo 8

Recomendaciones para la utilización de hormigón con áridos ligeros

Contenidos del capítulo

1	INTRODUCCIÓN	4
2	ALCANCE	4
3	BASES DE PROYECTO.....	4
4	ANÁLISIS ESTRUCTURAL.....	4
4.1	ANÁLISIS ESTRUCTURAL	4
5	PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES	5
5.1	MATERIALES.....	5
5.1.1	Áridos.....	5
5.1.1.1	Generalidades	5
5.1.1.2	Designación de los áridos	5
5.1.1.3	Tamaños máximo y mínimo de un árido	6
5.1.1.4	Granulometría de los áridos.....	6
5.1.1.5	Forma del árido grueso	6
5.1.1.6	Requisitos físico-mecánicos.....	6
5.1.2	Hormigones.....	7
5.1.2.1	Composición	7
5.1.2.2	Valor mínimo de la resistencia	7
5.1.2.3	Docilidad del hormigón	7
6	DURABILIDAD	9
6.1	DURABILIDAD	9
6.1.1	<i>Durabilidad del hormigón y de las armaduras</i>	9
6.1.1.1	Prescripciones respecto a la calidad del hormigón	9
6.1.1.2	Recubrimientos	9
6.1.1.3	Durabilidad del hormigón.....	9
6.1.1.4	Requisitos de dosificación y comportamiento del hormigón	9
6.1.1.5	Limitaciones a los contenidos de agua y cemento	9
6.1.1.6	Resistencia del hormigón frente a la erosión	10
7	CÁLCULO	10
7.1	DATOS DE LOS MATERIALES PARA EL PROYECTO	10
7.1.1	<i>Características del hormigón</i>	10
8	EJECUCIÓN.....	10
8.1	PROCESOS DE ELABORACIÓN, ARMADO Y MONTAJE DE LAS ARMADURAS PASIVAS	10
8.1.1	<i>Criterios generales para los procesos de ferralla</i>	10
8.1.1.1	Doblado	10
8.1.2	<i>Armado de la ferralla</i>	10
8.1.2.1	Distancia entre barras de armaduras pasivas.....	10
8.1.3	<i>Criterios específicos para el anclaje y empalme de las armaduras</i>	11
8.1.3.1	Anclaje de las armaduras pasivas	11
8.2	FABRICACIÓN Y SUMINISTRO PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN	11
8.2.1	<i>Fabricación del hormigón</i>	11
8.2.1.1	Dosificación de materiales componentes.....	11
8.2.1.2	Amasado del hormigón	12
8.2.2	<i>Transporte y suministro del hormigón</i>	12

8.2.2.1	Transporte del hormigón.....	12
8.2.3	<i>Puesta en obra del hormigón.....</i>	<i>12</i>
8.2.3.1	Compactación del hormigón	13

1 Introducción

Las prescripciones y requisitos incluidos en el articulado de este Código se refieren al empleo de áridos de densidad normal, por lo que es necesario establecer recomendaciones diferentes o complementarias cuando se emplean áridos ligeros para producir hormigones estructurales.

Se puede obtener una amplia gama de densidades y propiedades mecánicas teniendo en cuenta que la sustitución de árido de densidad normal por árido ligero puede hacerse en forma parcial, remplazando solamente la fracción gruesa del árido, o total, remplazando también la arena por árido fino ligero.

Para distinguir el hormigón ligero del convencional, a los parámetros tenso-deformacionales del hormigón se les añade un subíndice "l".

2 Alcance

Se define, a los efectos de este anejo, como hormigón con áridos ligeros (HL) aquel hormigón de estructura cerrada, cuya densidad aparente, medida en condición de seco hasta peso constante, es inferior a 2.000 kg/m^3 , pero superior a 1.200 kg/m^3 y que contiene una cierta proporción de árido ligero, tanto natural como artificial. Se excluye a los hormigones celulares, tanto de curado estándar como curados en autoclave.

Es importante resaltar que la densidad aparente (o peso unitario) en el estado fresco es superior al del hormigón de árido normal y depende del grado de saturación del árido ligero y del contenido de agua de amasado.

3 Bases de proyecto

Son aplicables las bases establecidas en el articulado del Código Estructural.

4 Análisis estructural

4.1 Análisis estructural

Son aplicables los principios y métodos de cálculo establecidos en el articulado del Código Estructural.

El coeficiente de dilatación térmica del hormigón con árido ligero depende de las características del árido empleado en su fabricación, con un amplio rango que varía entre $4 \cdot 10^{-6}$ y $14 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. En caso de ausencia de datos y para el análisis estructural se podrá tomar un valor promedio de $8 \cdot 10^{-6} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. A este respecto no es necesario tener en cuenta las diferencias existentes entre el acero de la armadura y el hormigón con árido ligero.

5 Propiedades tecnológicas de los materiales

5.1 Materiales

5.1.1 Áridos

5.1.1.1 Generalidades

Los áridos ligeros deben tener marcado CE (sujeto a la norma UNE-EN 13055-1).

Existen muchos tipos diferentes de áridos ligeros, tanto naturales como artificiales, aptos para producir hormigones con áridos ligeros.

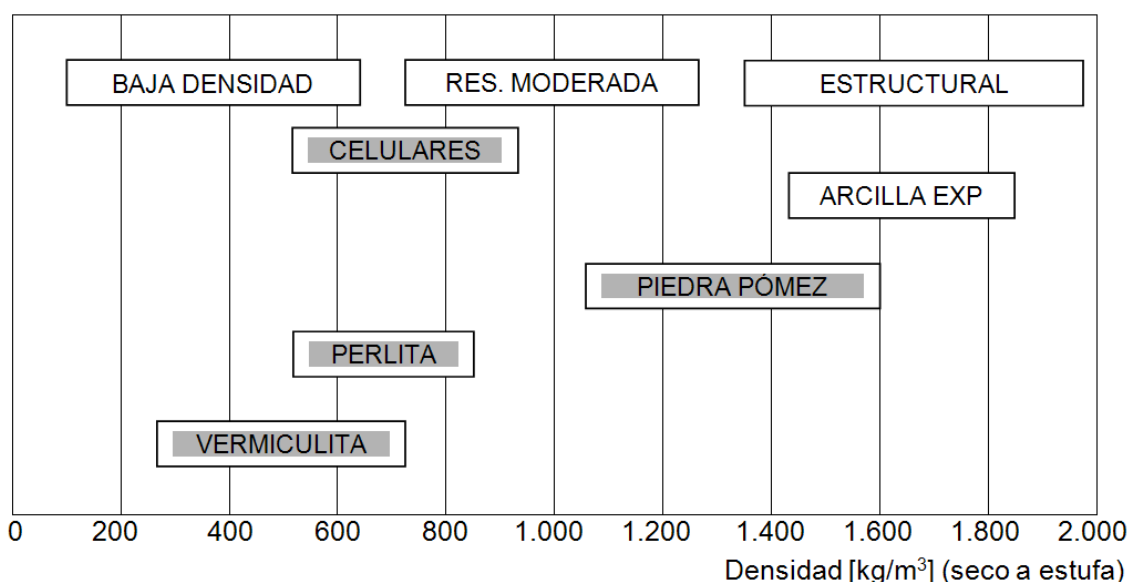


Figura A8.5.1.1. Rangos de densidad y clasificación de hormigones con áridos ligeros.

Los hormigones con áridos ligeros contienen áridos ligeros que se sitúan en la zona alta de la escala, y están constituidos por arcillas, pizarras o esquistos expandidos, piedra pómez o puede tratarse también de áridos sintéticos, a partir de materias primas como las cenizas volantes.

Comentarios

La norma armonizada recogida en este apartado, UNE-EN 13055-1, se utilizará en la última versión publicada en el Diario Oficial de la Unión Europea (DOUE) (actualmente esta norma es la UNE-EN 13055-1:2003 y UNE-EN 13055-1/AC:2004), mientras que las normas de métodos de ensayo referenciadas en esta norma armonizada, deben aplicarse en la versión incluida en ella.

5.1.1.2 Designación de los áridos

En la designación de áridos por tamaño, se tendrá en cuenta que no se deben realizar gráficos granulométricos en peso para áridos ligeros. Por ese motivo, es

necesario un cambio en la denominación del tamaño máximo D de un árido, pasando de definir un peso a hacerlo en volumen.

5.1.1.3 Tamaños máximo y mínimo de un árido

A efectos del presente Código se denomina tamaño máximo D de un árido ligero a la mínima abertura de tamiz UNE-EN 933-2 por el que pase más del 90% en masa (% desclasificados superiores a D que el 10 %), cuando además pase el total por el tamiz de apertura doble (% desclasificados superiores a $2D$ igual al 0 %). Se denomina tamaño mínimo d de un árido ligero, la máxima abertura de tamiz UNE-EN 933-2 por el que pase menos del 15 % en masa (% desclasificados inferiores a d menor que el 15 %)..

5.1.1.3.1 Prescripciones y ensayos

Los áridos ligeros no presentan antecedentes de reacción álcali-árido, por lo que no será necesario proceder a su evaluación con respecto a este tipo de ataque.

5.1.1.4 Granulometría de los áridos

En lo que respecta al análisis granulométrico, el procedimiento usual de tamizado y determinación del peso de la fracción retenida no es suficiente, porque las distintas fracciones de tamaño tienen distinta densidad. Si se trabaja con árido de peso normal y cuya densidad no depende de su tamaño, es posible hacer conversiones de peso a volumen en forma directa.

El mismo procedimiento, aplicado a áridos ligeros, aporta información errónea, justamente porque las distintas fracciones o tamaños poseen diferente densidad. Esto puede tenerse en cuenta si se determina la densidad de cada fracción y se calcula el correspondiente volumen. Hecha esta salvedad, es posible considerar los mismos límites granulométricos establecidos para áridos finos de densidad normal.

5.1.1.5 Forma del árido grueso

Dado que en hormigones con áridos ligeros se emplean áridos artificiales o sintéticos que presentan formas que se aproximan a una esfera o elipsoide, se debe reducir la importancia de los límites impuestos al coeficiente de forma y/o índice de lajas.

5.1.1.6 Requisitos físico-mecánicos

Los áridos ligeros son menos resistentes que los áridos de densidad normal, tanto a la compresión como frente a efectos de desgaste por abrasión y machaqueo. Ante esta situación, no se debe evaluar la resistencia al desgaste del árido grueso ligero por el método de Los Ángeles, según UNE-EN 1097-2, así como tampoco la limitación a la friabilidad del árido fino ligero, evaluada según el ensayo micro-Deval indicado en UNE 83115 EX, debiéndose emplear, cuando sea necesario, el método de ensayo descrito en el anexo A de la norma UNE-EN 13055.

La capacidad de absorción de los áridos ligeros es normalmente alta, ya que su menor peso se logra a partir de una estructura porosa. No debe aplicarse pues la limitación a los valores de absorción de agua aun cuando idealmente se elaboran de modo de presentar una superficie lo más cerrada posible, sobre todo si se expresa la absorción en % con respecto al peso del árido, ya que son menos densos, , debiéndose

emplear, cuando sea necesario, el método de ensayo descrito en el anexo C de la norma UNE-EN 1097-6.

Dado que se prevé naturalmente una elevada absorción, para evitar que este fenómeno altere sensiblemente las propiedades del hormigón fresco (pérdidas de asentamiento, por ejemplo) deben adoptarse distintos métodos o tratamientos previos del árido durante el proceso de elaboración del hormigón.

En lo que respecta a la resistencia de los hormigones con áridos ligeros frente a la helada, la presencia de aire incorporado en el hormigón contribuye a reducir el deterioro, en forma semejante a lo que ocurre para hormigones de densidad normal. El grado de saturación del hormigón (y del árido) es un factor determinante, así como el nivel adecuado de resistencia. La evaluación de la aptitud del árido frente a ciclos de tratamiento con soluciones de sulfato de magnesio, según el método de UNE-EN 1367-2 no puede aplicarse, ya que la baja resistencia intrínseca del árido ligero y su elevada absorción indican una probabilidad remota de cumplimiento, debiéndose emplear, cuando sea necesario, el método de ensayo descrito en el anexo C de la norma UNE-EN 13055. En general, se debe evaluar la aptitud del hormigón frente a ciclos de hielo y deshielo. Una elevada resistencia, la inclusión de aire incorporado y un bajo grado de saturación del árido (y del hormigón) contribuyen a mejorar significativamente el comportamiento.

5.1.2 Hormigones

5.1.2.1 Composición

En los hormigones con áridos ligeros, la influencia de la utilización de árido ligero, las proporciones de mezcla, el grado de saturación previa del árido ligero e incluso el tipo y variedad de árido ligero tienen influencia directa sobre las propiedades del hormigón con áridos ligeros, tanto en estado fresco como en estado endurecido. Por este motivo, la composición del hormigón y el procedimiento de pre-acondicionamiento del árido ligero deberán estudiarse previamente, sin excepción, a los efectos de asegurarse de que es capaz de proporcionar hormigones cuyas características mecánicas, reológicas y de durabilidad satisfagan las exigencias del proyecto.

5.1.2.2 Valor mínimo de la resistencia

La resistencia de proyecto f_{ck} (véase el apartado 33.4 de este Código) no será inferior a 12 N/mm² en hormigón en masa, ni a 25 N/mm² en hormigones armados o pretensados.

5.1.2.3 Docilidad del hormigón

Los conceptos establecidos en el apartado 33.5 de este Código pueden aplicarse sin necesidad de alteraciones. Sin embargo, las características propias del método de ensayo UNE-EN 12350-2 hacen que el asentamiento infravalore la aptitud del hormigón con áridos ligeros para ser compactado.

El asentamiento en el tronco de cono se debe a la deformación del hormigón bajo su propio peso. La densidad del hormigón con áridos ligeros es inferior a la del hormigón convencional, razón por la cual ofrece mayor docilidad para asentamientos equivalentes.

Por este mismo motivo, no se considera prudente superar el límite superior para la consistencia fluida, aun con el empleo de aditivos superfluidificantes.

6 Durabilidad

6.1 Durabilidad

6.1.1 Durabilidad del hormigón y de las armaduras

6.1.1.1 Prescripciones respecto a la calidad del hormigón

Para niveles equivalentes de resistencia, los hormigones con áridos ligeros poseen una matriz de mortero usualmente más resistente que la correspondiente a un hormigón de peso normal. Por ello, es suficiente indicar que la durabilidad se asegura con el cumplimiento de clases resistentes, según se indica en el apartado 43.2.1. de este Código. Obviamente, los requisitos relativos al contenido mínimo de cemento y máximo relación agua/cemento también deben cumplirse.

6.1.1.2 Recubrimientos

Los recubrimientos mínimos para el hormigón con áridos ligeros deben ser 5 mm superiores a lo que indica el artículo 44 de este Código.

6.1.1.3 Durabilidad del hormigón

Los hormigones con áridos ligeros no presentan en general un buen comportamiento frente a la erosión, dado que el árido ligero es usualmente blando. Con excepción de esta situación, su comportamiento es similar al de los hormigones convencionales de densidad normal.

6.1.1.4 Requisitos de dosificación y comportamiento del hormigón

Para conseguir una durabilidad adecuada del hormigón, se deben cumplir los requisitos siguientes:

a) Requisitos generales

- Mínimo contenido de cemento, según el apartado 43.2.1. de este Código.
- Clase resistente según el apartado 43.2.1. de este Código

La determinación precisa de la relación agua/cemento no es directa, dado que los áridos ligeros se presaturan parcialmente de agua y son capaces de absorción adicional. Por este motivo, se sustituye la limitación a la relación agua/cemento por la clase resistente.

b) Requisitos adicionales

No es prudente exponer hormigones con áridos ligeros al desgaste por abrasión en forma permanente. Ante una acción eventual y mientras las partículas de árido ligero estén cubiertas por una capa de mortero, los hormigones con áridos ligeros son capaces de soportar erosión.

6.1.1.5 Limitaciones a los contenidos de agua y cemento

En función de las clases de exposición a las que vaya a estar sometido el hormigón, definidas de acuerdo con el apartado 27.1 de este Código, se deberán cumplir las

especificaciones recogidas en el apartado 43.2 de este Código, relativas a la clase resistente.

6.1.1.6 Resistencia del hormigón frente a la erosión

No se recomienda el empleo de hormigones con áridos ligeros, para clase de exposición XM1, XM2, y XM3. Esto no inhabilita a los hormigones con áridos ligeros para soportar erosión eventual, pero el mecanismo de desgaste no está controlado por la resistencia del árido, como es el caso del hormigón de densidad normal.

7 Cálculo

7.1 Datos de los materiales para el proyecto

7.1.1 Características del hormigón

Las características mecánicas del hormigón con áridos ligeros (deformación última, módulo de deformación longitudinal, resistencia a tracción), para una misma resistencia a compresión dependen en gran medida de la densidad de éste, siendo mayores conforme aumenta la densidad en seco del hormigón con áridos ligeros.

Los datos y características para el proyecto del hormigón con áridos ligeros, así como los diagramas tensión-deformación aplicables para el análisis estructural y para el cálculo de secciones serán los indicados en el apartado 11.3 del Anejo 19 de este Código.

8 Ejecución

8.1 Procesos de elaboración, armado y montaje de las armaduras pasivas

8.1.1 Criterios generales para los procesos de ferralla

8.1.1.1 Doblado

Al objeto de evitar compresiones excesivas y hendimientos del hormigón con áridos ligeros en la zona de curvatura de las barras, el doblado de las mismas para la formación de ganchos y patillas en U, se realizará con mandriles de diámetro no inferior a los indicados en la tabla 49.3.4 de este Código, pero multiplicados por 1,5.

El resto del contenido del apartado 49.3.4 de este Código es aplicable al hormigón con áridos ligeros.

8.1.2 Armado de la ferralla

8.1.2.1 Distancia entre barras de armaduras pasivas

8.1.2.1.1 Barras aisladas

El diámetro máximo de barra a emplear con hormigón con áridos ligeros será $\Phi = 32$ mm.

El resto del contenido del apartado 49.4.1 de este Código-punto es aplicable al hormigón con áridos ligeros.

8.1.2.1.2 Grupos de barras

En hormigón con áridos ligeros los grupos de barras estarán constituidos, como máximo, por dos barras.

8.1.3 Criterios específicos para el anclaje y empalme de las armaduras

8.1.3.1 Anclaje de las armaduras pasivas

La longitud básica de anclaje de las barras corrugadas en hormigón con áridos ligeros es la indicada en el apartado 49.5.1 de este Código multiplicada por el factor $1/\eta_1$, siendo

$$\eta_1 = 0,40 + 0,60 \frac{\rho}{2200}$$

y donde ρ es el valor de la densidad ~~seca~~ del hormigón con áridos ligeros secado en estufa ~~HLE~~ ≤ 2.000 (kg/m³)

8.2 Fabricación y suministro ~~puesta en obra~~ del hormigón

8.2.1 Fabricación del hormigón

8.2.1.1 Dosificación de materiales componentes

En el caso de hormigón con áridos ligeros, la realización de ensayos previos, con objeto de comprobar que satisface las condiciones que se le exigen, es el modo establecido para aceptar la dosificación prevista y sancionar el procedimiento de ejecución del hormigón.

La gran cantidad de absorción de agua, que, generalmente, presentan los áridos ligeros en estado seco hace difícil predeterminar la relación “agua/cemento” real que corresponde a la dosificación prevista. Si el estado de aquellos es saturado, lo que no se consigue de modo inmediato, puede ocasionarse, desde la corteza accesible a los fenómenos de capilaridad, un proceso de transferencia de agua a la pasta del hormigón que también altera la relación “agua/cemento” prevista. En el primer caso disminuirá la trabajabilidad del hormigón con áridos ligeros y en el segundo su resistencia.

La complejidad del problema da lugar a diversos procedimientos para ejecutar el hormigón que escapan a una regulación única. Por otra parte el correcto resultado de la dosificación prevista es muy sensible a pequeños ajustes del procedimiento de ejecución. Por tanto se establecen los ensayos previos como método de validación de la dosificación y del procedimiento de ejecución, como proceso único e indivisible.

El resto del contenido del apartado 51.3.2.1 de este Código es aplicable al hormigón con áridos ligeros.

8.2.1.1.1 Áridos

En la ejecución de hormigón con áridos ligeros la dosificación de los áridos puede realizarse en peso, en volumen, o de modo mixto de modo que el árido ligero se dosifica en volumen y el resto en peso.

El resto del contenido del apartado 51.3.2.3 de este Código es aplicable al hormigón con áridos ligeros.

8.2.1.2 Amasado del hormigón

Para el amasado del hormigón con áridos ligeros se utilizará, en general, más tiempo que para el hormigón convencional. Este incremento del tiempo de amasado se destinará a la humectación de los áridos, antes de añadir el cemento, y a homogeneizar la masa después de añadir el aditivo, posteriormente a la adición del agua total de amasado. Estos tiempos están destinados a evitar que la rápida absorción de agua y de aditivo por parte del árido ligero reste trabajabilidad a la masa de hormigón y eficacia a la acción del propio aditivo.

La baja densidad del árido ligero puede ocasionar, al inicio del amasado y en función del grado de saturación de agua que presente al entrar en la amasadora, la flotación del mismo, lo que puede llegar a determinar el aprovechamiento eficaz de la amasadora.

El resto del contenido del apartado 51.3.3 de este Código es aplicable al hormigón con áridos ligeros.

8.2.2 Transporte y suministro del hormigón

8.2.2.1 Transporte del hormigón

Si se realiza el transporte de hormigón con áridos ligeros por tubería (bombeo) se debe considerar la influencia de la presión de bombeo en el incremento de absorción de agua por parte de los áridos ligeros, así como del decremento correspondiente cuando aquella cesa. En el primer caso se producirá una pérdida de trabajabilidad y en el segundo un exceso en la relación agua/cemento. En el primer supuesto se dificultará la puesta en obra y, fundamentalmente, la propia operación de bombeo y, en el segundo, se producirá una pérdida de resistencia en el hormigón afectado, así como una pérdida de compacidad en su estructura interna. En consecuencia, deben preverse estas alteraciones en la dosificación.

Los correspondientes ensayos previos del hormigón con áridos ligeros, después de bombeado, constituyen el procedimiento de validación del mismo.

El transporte en camión hormigonera permite, mediante un amasado previo al vertido, corregir la tendencia a la disminución de la docilidad que se produce, en todos los casos, durante el mismo, así como la tendencia a la segregación del árido ligero durante el transporte de los hormigones de mayor docilidad.

El resto del contenido del apartado 51.4.1 de este Código es aplicable al hormigón con áridos ligeros.

8.2.3 Puesta en obra del hormigón

8.2.3.1 Compactación del hormigón

La compactación del hormigón con áridos ligeros exige mayor energía de vibración que la demandada por un hormigón normal. En consecuencia, la compactación se realizará reduciendo la separación entre las posiciones consecutivas de los vibradores al 70% de la utilizada para un hormigón normal.

La tendencia a la flotación del árido ligero crece con vibraciones excesivas. El acabado superficial de la cara por la que se coloca el hormigón debe realizarse mediante un utillaje adecuado para presionar el árido ligero e introducirlo en la masa, de modo que quede recubierto por la lechada.

ANEJO 9

RECOMENDACIONES PARA LA UTILIZACIÓN DEL HORMIGÓN PROYECTADO ESTRUCTURAL

1. Introducción

La proyección es una técnica de puesta en obra del hormigón que reúne, en una sola acción, las etapas de la colocación y la compactación, lo que se consigue por la proyección de los materiales a gran velocidad sobre un soporte mediante dos sistemas: vía húmeda y vía seca. Aunque los elementos bien ejecutados mediante ambos sistemas pueden tener responsabilidad estructural, por cuestiones de calidad del ambiente de trabajo (especialmente en entornos cerrados) y de reducción de consumo de materiales, se recomienda el uso de la vía húmeda. Si bien el presente anejo se centra en esta última, las consideraciones de diseño aquí incluidas también se aplican a elementos ejecutados por la vía seca, siempre y cuando se tomen medidas para asegurar la relación agua/cemento del hormigón y se compruebe el cumplimiento de las prestaciones de durabilidad requeridas.

Durante la ejecución por vía húmeda, el hormigón fresco se impulsa hasta la boquilla de proyección mediante un sistema de bombas. En la boquilla, que supone un estrangulamiento de la tubería, se añaden aire a presión y, si es necesario, aditivos antes de que el material se proyecte sobre el soporte. En este proceso se producen dos fenómenos que tienen incidencia en las propiedades resistentes del hormigón colocado: el rebote y la introducción de aire en la mezcla.

En aras de establecer directrices de producción y control compatibles con las especificidades de la técnica, es necesario diferenciar entre los términos hormigón de partida y hormigón proyectado. El primero se refiere al hormigón suministrado en estado fresco para el proceso de bombeo y proyección, pero que todavía no ha sido sometido a dicho proceso. El segundo se refiere al hormigón colocado tras el proceso de bombeo y proyección, que debe resistir las sollicitaciones de la estructura y está influenciado tanto por el rebote como por una mayor porosidad.

Por las diferencias que pueden existir durante la ejecución, hay que distinguir entre el hormigón proyectado en la estructura final y el hormigón proyectado sobre la artesa normalizada con el fin de realizar el control de calidad del material.

En este anejo se detallan los complementos a los diversos artículos del Código necesarios para poder considerar la aplicación estructural del hormigón proyectado.

CAPÍTULO 7. CRITERIOS GENERALES PARA LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Artículo 26. Ámbito de aplicación específico relativo a las estructuras de hormigón

Las recomendaciones que se recogen en este anejo son aplicables a todas las estructuras y elementos de hormigón estructural que se indican en el Código.

CAPÍTULO 8. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN. PROPIEDADES TECNOLÓGICAS DE LOS MATERIALES

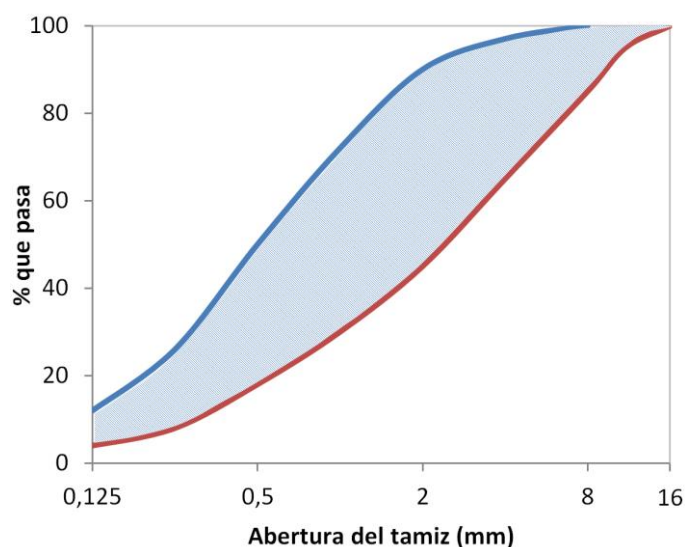
Los principales constituyentes del hormigón proyectado son el cemento, los áridos, el agua, las adiciones y los aditivos. Para determinadas aplicaciones, el hormigón proyectado puede ser reforzado con fibras o armaduras de acero. Las especificaciones generales de los materiales son las indicadas en el Código.

Artículo 28. Cemento

En el hormigón proyectado se pueden emplear cementos portland tipo I o tipo II/A. El uso de cementos tipo II/B o tipo III también está permitido, siempre y cuando se cumplan las recomendaciones del Anejo 6 del Código y la viabilidad desde el punto de vista de su comportamiento y seguridad se demuestre mediante ensayos a escala real. Es necesario que el cemento tenga buena compatibilidad con los aditivos empleados para que se obtenga un fraguado rápido, promoviendo una rápida evolución de la resistencia inicial.

Artículo 30. Áridos

La trabajabilidad, bombeabilidad y las propiedades en el estado endurecido del hormigón proyectado dependen de la composición mineralógica y de la granulometría de los áridos. El tamaño máximo de los áridos debe ser menor o igual a 12 mm. La distribución granulométrica estará dentro del uso indicado en la figura A9.1.



Abertura (mm)	% que pasa por el tamiz
16	100
12	95 – 100
8	85 – 100
4	65 – 100
2	45 – 90
1	30 – 72
0,50	18 – 50
0,25	8 – 26
0,125	4 – 12

Figura A9.1 – Distribución granulométrica del árido.

Artículo 31. Aditivos

Los principales aditivos utilizados en hormigón proyectado son plastificantes/ superplastificantes, estabilizadores de fraguado y acelerantes de fraguado. La combinación de los aditivos en el mismo hormigón proyectado está permitida siempre que sean compatibles entre sí y dispondrán de marcado CE conforme a la norma UNE-EN 934-5.

De acuerdo con su composición química, los acelerantes de fraguado pueden ser de tres tipos: alcalinos, bien basados en aluminatos o bien en silicatos de sodio, o libres de álcalis, cuyo compuesto principal es el sulfato de aluminio. En la tabla A9.1, se presentan las características de los mismos.

Tabla A9.1 – Aditivos acelerantes de fraguado.

Propiedad	Alcalinos (aluminatos)	Alcalinos (silicatos)	Libres de álcali
Rango de dosificación (% sobre la masa de cemento)	3 – 7	12 – 15	4 – 8
pH	13 – 14	12 – 13	2,5 – 6
Contenido de Na ₂ O equivalente (%)	19 – 20	8 – 10	< 1

Está permitido el uso de todos los tipos de aditivos acelerantes de fraguado indicados en la tabla A9.1. Por cuestiones de durabilidad, de capacidad resistente y de consumo de materiales, los elementos con resistencia característica igual o superior a 35 N/mm² que requieran el uso de acelerantes de fraguado, serán ejecutados con acelerantes de tipo libres de álcali. También están indicados por motivos de salud y seguridad, ya que, debido a su pH alrededor de 3, se reduce la formación de nieblas y aerosoles alcalinos en el ambiente de aplicación y, por tanto, el riesgo de daños a la piel, mucosas y ojos. Además, estos acelerantes no aumentan la cantidad de iones solubles en el hormigón, lo que reduce el riesgo de eflorescencias y de reacciones álcali-árido.

La dosificación óptima del acelerante y la compatibilidad del mismo con los demás aditivos o el cemento debe determinarse mediante ensayos previos. A falta de otra referencia, se emplearán el procedimiento de ensayo y los criterios descritos en el apartado 57.3.7 de este anejo, además de las comprobaciones posteriores a escala real.

Los aditivos de autocurado pueden emplearse cuando el proceso de curado por otros métodos sea difícil de realizar. También se pueden emplear en el hormigón de partida aditivos ocluidores de aire con el fin de facilitar el proceso de bombeo. Esa práctica resulta especialmente interesante cuando se realiza la proyección de mezclas con consistencia baja y sin acelerantes.

Artículo 32. Adiciones

En el hormigón proyectado se utilizan las adiciones, en sustitución de una parte del contenido de cemento, para mejorar algunas de sus propiedades, como trabajabilidad, retención de agua, aumento de densidad, resistencia y durabilidad. Siempre que sea viable, se dará preferencia a la incorporación de humo de sílice por los consecuentes beneficios obtenidos en cuanto a la facilidad de bombeo, a la durabilidad y a la resistencia a largo plazo.

Artículo 33. Hormigones

De cara a especificar y tipificar el material, se tendrá en cuenta las diferencias entre el hormigón de partida y el hormigón proyectado. El primero será responsabilidad del suministrador del hormigón, mientras que el segundo será responsabilidad del constructor encargado de ejecutar la estructura. A efectos de control, cuando no haya especificación a ese respecto, se entenderá que el cambio de responsabilidades se produce inmediatamente antes de la entrada del hormigón de partida en la tolva del equipo de proyección.

La especificación y la tipificación del hormigón establecida en proyecto se referirán al hormigón ya colocado, siendo de responsabilidad del constructor asegurar que las mismas se cumplan. El suministrador del hormigón de partida no será responsable del material colocado, siempre y cuando cumpla con las especificaciones definidas para el hormigón de partida en la etapa de validación previa o de acuerdo con el constructor.

Una vez puesta a punto la dosificación y comprobado el proceso de proyección, el suministrador deberá informar previamente al constructor sobre cualquier cambio que se produzca en los materiales o en la composición del hormigón de partida. La falta de dicha información previa por parte del suministrador del hormigón implicará la asunción de la responsabilidad sobre los incidentes apreciados tras la ejecución y a raíz de dichos cambios.

33.1. Composición

La composición final del hormigón proyectado, similar en cierta medida al de partida, presenta algunas diferencias introducidas por la incorporación del aire comprimido, por el uso de acelerantes de fraguado en el caso de que se empleen y por el rebote. Para un transporte por tubería y proyección satisfactorios, se recomienda que el contenido total de finos del hormigón de partida que pasan por el tamiz UNE 0,063 (incluidos los procedentes de los áridos, del cemento y de las adiciones) se sitúe entre 500 y 550 kg/m³. El constructor tomará medidas adicionales para asegurar que el rebote no supere el 15% en superficies verticales y el 20% en el techo.

En el hormigón proyectado se pueden emplear cualquier fibra estructural, siendo las más usuales las de acero y las poliméricas. Las fibras de acero deben tener marcado CE conforme a la norma UNE-EN 14889-1 y las poliméricas conforme a la norma UNE-EN 14889-2. La longitud de las fibras viene condicionada por los diámetros de las tuberías de transporte y la boquilla de proyección, así como por el tamaño máximo del árido y la posible formación de erizos. Son usuales longitudes de 30 a 40 mm, en el caso de fibras de acero y menores que 65 mm en el caso de fibras poliméricas, debido a su mayor flexibilidad.

33.5. Docilidad del hormigón

La consistencia del hormigón de partida viene condicionada por los requisitos de bombeabilidad del material en estado fresco. Esta consistencia puede ser evaluada a través del asentamiento en el cono de Abrams de acuerdo con la UNE-EN 12350-2 o por la extensión de flujo en la mesa de sacudidas de acuerdo con la UNE-EN 12350-5. Siempre que sea posible, se dará preferencia a la realización de este último ensayo debido a su mayor capacidad para discriminar variaciones que puedan afectar al proceso de bombeo y proyección.

Los rangos de consistencia para cada ensayo se presentan en la tabla A9.2. Los hormigones proyectados sin acelerantes de fraguado preferentemente tendrán consistencia S2, S3, E1, E2 o E3. Por otra parte, hormigones proyectados con acelerantes de fraguado

preferentemente serán de tipo S4, S5, E3 o E4. La observancia de estos rangos no garantiza el cumplimiento de las condiciones de bombeabilidad exigibles al hormigón fresco, por lo que se deben realizar pruebas previas en obra.

Tabla A9.2 – Clases de consistencia.

Ensayo	Clase	Rango
Asentamiento UNE-EN 12350-2	S1	entre 10 mm y 40 mm
	S2	entre 50 mm y 90 mm
	S3	entre 100 mm y 150 mm
	S4	entre 160 mm y 210 mm
	S5	Mayor que 220 mm
Extensión de flujo UNE-EN 12350-5	E1	entre 500 mm y 540 mm
	E2	entre 550 mm y 590 mm
	E3	entre 600 mm y 640 mm
	E4	entre 650 mm y 700 mm

33.6. Tipificación de los hormigones

33.6.1. Hormigón de partida

La designación del hormigón de partida puede realizarse tanto por dosificación como por propiedades. En el primer caso, la tipificación se realizará de acuerdo con el siguiente formato:

$$T - D - G / f / CF / C / TM-TF / A$$

donde:

T	Indicativo que será HB para el hormigón de partida sin fibra y HBF para el hormigón de partida con fibras.
D	Indicativo de hormigón especificado por dosificación.
G	Es el contenido de cemento, en kg por m³ de hormigón.
CF	Es el contenido de fibra, en kg (hasta el primer decimal de precisión) por m³ de hormigón.
C	Es la clase de consistencia del hormigón en función del tipo de ensayo de referencia seleccionado
TM	Tamaño máximo del árido grueso en mm, definido en el apartado 30.3.
TF	En el caso de emplear fibras, longitud máxima de la fibra, en mm.
A	Designación del ambiente, de acuerdo con el apartado 27.1.

También se incluirá una tabla con la composición de la dosificación, en la cual se indicarán los materiales empleados, así como sus respectivas cantidades en kg por m³ de hormigón.

En el caso de designación del hormigón de partida por propiedades, se usará la misma tipificación, cambiando el significado de la sigla *T* y de la sigla *C*. La primera será HB para el hormigón de partida sin fibra y HBF para el hormigón de partida con fibras. La segunda

corresponde a la clase de consistencia en función del tipo de ensayo de referencia seleccionado, tal y como indica la tabla A9.2 del presente anejo.

33.6.2. Hormigón proyectado

Los hormigones proyectados y ya colocados sobre la superficie se tipificarán de acuerdo con el siguiente formato (lo que deberá reflejarse en los planos de proyecto y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares del proyecto):

$$T - R / J / (f-R1-R3) / TM-TF / A$$

donde:

- | | |
|--------------|---|
| <i>T</i> | Indicativo que será HMP en el caso de hormigón en masa proyectado, HAP en el caso de hormigón armado proyectado, HPP en el caso del hormigón pretensado proyectado y HRP en el caso del hormigón reforzado únicamente con fibras y proyectado. En el supuesto de que el hormigón armado proyectado o el hormigón pretensado proyectado también llevaran fibras, se usará respectivamente HAPF o HPPF. |
| <i>R</i> | Resistencia característica a compresión especificada, en N/mm ² y referida al hormigón una vez proyectado sobre la superficie. |
| <i>J</i> | Clase resistente a corta edad establecida de acuerdo con el apartado 57.3.1 del presente anejo. |
| <i>f</i> | En el caso de emplear fibras, indicativo del tipo de fibras que será A en el caso de fibras de acero, P en el caso de fibras poliméricas y V en el caso de fibras de vidrio. |
| <i>R1,R3</i> | En el caso de emplear fibras, resistencia característica residual a flexotracción especificada $f_{R,1,k}$ y $f_{R,3,k}$, en N/mm ² y referida al hormigón una vez proyectado sobre la superficie o valores equivalentes obtenidos en un ensayo alternativo, tal y como indica el apartado 57.3.3 de este anejo. |
| <i>TM</i> | Tamaño máximo del árido en milímetros, definido en el apartado 30.3. |
| <i>TF</i> | En el caso de emplear fibras, longitud máxima de la fibra, en mm. |
| <i>A</i> | Designación del ambiente, de acuerdo con el apartado 27.1. |

CAPÍTULO 9. DURABILIDAD DE LAS ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Artículo 43.4.1. Recubrimiento nominal

En el caso de hormigón armado o pretensado proyectado, los recubrimientos mínimos definidos en el Código, deben incrementarse en:

10 mm	ambientes XD, XS y XA
5 mm	resto de ambientes.

Este incremento viene dado por la posible mayor porosidad superficial del hormigón.

En el caso de hormigón reforzado con fibras proyectado no se impone condición alguna de recubrimiento. Se podrán emplear directrices diferentes a las especificadas en esa recomendación cuando se compruebe el comportamiento del material mediante ensayos específicos.

Anejo 12 Estimación de la vida útil de elementos de hormigón

3.1 Carbonatación del hormigón.

En elementos de hormigón proyectado, el valor del coeficiente c_{air} de la tabla A12.3.1.b, a falta de mayor información, deberá tomarse igual a 0,7.

CAPÍTULO 10. ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN. DIMENSIONAMIENTO Y COMPROBACIÓN

Artículo 45. Aplicación del Código Estructural a la comprobación y dimensionamiento de las estructuras de hormigón

Para el análisis estructural, el dimensionamiento y la comprobación de las estructuras de hormigón proyectado, el autor del proyecto empleará los anejos 19 y 21.

La incorporación de aire a la mezcla y la modificación del esqueleto granular debido al rebote diferencial conducen a una ligera variación en la densidad y en las propiedades mecánicas del hormigón proyectado en comparación con el de partida antes de la proyección. Esto afecta a las ecuaciones usadas para estimar las propiedades mecánicas y los diagramas constitutivos incluidos en el Código. Todas las propiedades referentes al hormigón proyectado serán indicadas en el presente anejo con los mismos símbolos recogidos en el Código para el hormigón convencional, añadiendo el subíndice “p”.

45.1. Valores característicos de las acciones permanentes

Como consecuencia del sistema de puesta en obra, la densidad del hormigón proyectado suele ser inferior a la de un hormigón convencional. Por eso, para el cálculo del peso propio de la estructura se recomienda tomar las siguientes densidades definidas en función de la resistencia característica del hormigón proyectado (f_{ckp}) a los 28 días:

Hormigón proyectado en masa o con fibras estructurales

$f_{ckp} < 40 \text{ N/mm}^2$	2.250 kg/m ³
$f_{ckp} \geq 40 \text{ N/mm}^2$	2.300 kg/m ³

En el caso del hormigón proyectado armado o pretensado, a los valores indicados anteriormente se añadirán 100 kg/m³.

45.2. Módulo de deformación

El módulo de deformación longitudinal secante del hormigón proyectado ($E_{cmp,j}$) a una edad j en N/mm², viene dado por la ecuación:

$$E_{cmp,j} = \gamma_p \cdot \gamma_r \cdot 9500 \cdot \sqrt[3]{f_{cmp,j}} \quad [1]$$

donde:

- $f_{cmp,j}$ Es la resistencia media a compresión estimada para el hormigón proyectado a la edad j .
- γ_p Es el coeficiente de porosidad dado por la ecuación 2.

p_s	Es la porosidad del hormigón proyectado a la edad de 28 días, en tanto por uno.
γ_r	Es el coeficiente de rebote calculado por la ecuación 3.
r	Es el rebote de material al proyectar el hormigón, en tanto por uno.

$$\gamma_p = \frac{1-p_s}{0,92} \quad [2]$$

$$\gamma_r = 1 - r \quad [3]$$

Esta formulación es válida siempre que las tensiones, en condiciones de servicio, no superasen el valor de $0,40 f_{cmp,j}$. La porosidad del hormigón proyectado usada en la ecuación 2 deberá estar entre el 8% y el 18%, mientras que el rebote del material durante la proyección introducido en la ecuación 3 deberá estar comprendido entre el 5% y el 15%. A falta de datos al respecto de porosidad y del rebote, se podrá adoptar el valor de 0,76 para el producto $\gamma_p \cdot \gamma_r$.

El módulo de deformación longitudinal del hormigón tiene una marcada dependencia del tipo del árido con el que se ha fabricado el hormigón. Las expresiones propuestas corresponden a hormigones fabricados con áridos de caliza densa. Los mismos factores de corrección establecidos en los anejos 19 y 21 pueden aplicarse a esas ecuaciones en el caso de tener áridos de otras naturalezas.

Si se desea obtener con mayor precisión el valor del módulo para el tipo concreto de árido que se va a utilizar, se deberán realizar ensayos experimentales para adaptar las expresiones propuestas con coeficientes correctores en función de la naturaleza del árido. Como pasa con el hormigón convencional, dichas comprobaciones también deben realizarse en aquellas estructuras en que las deformaciones y su control sean especialmente importantes, bien por su magnitud (como en los casos de estructuras muy estables) o bien por su influencia en los esfuerzos y comportamiento de la propia estructura (como en el caso de construcciones evolutivas o por fases).

45.3. Resistencia a tracción de cálculo

La resistencia media o característica a tracción y a la flexotracción del hormigón proyectado pueden estimarse con las mismas ecuaciones y consideraciones propuestas en el Código, multiplicándose el valor resultante por el coeficiente (η_p) que tiene en cuenta las variaciones en la densidad con respecto al hormigón convencional. Dicho coeficiente se calculará de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$\eta_p = 0,4 + 0,6 * \frac{\rho_p}{2.400} \quad [4]$$

donde ρ_p es la densidad en estado seco del hormigón proyectado en kg/m³, que no se considerará mayor que 2.400.

45.4. Diagrama tensión – deformación de cálculo

Para los hormigones proyectados se recomienda el uso de los diagramas parábola–rectángulo o rectangular que se recogen a continuación, los cuales contemplan el riesgo de disminución progresiva de la deformación de rotura cuando disminuye la densidad en seco del hormigón proyectado.

a) Diagrama parábola – rectángulo:

El mismo diagrama del articulado se puede utilizar multiplicando la deformación última (ε_{cu2}) por η_p obtenido en la ecuación 4.

b) Diagrama rectangular:

Es aplicable el diagrama rectangular del articulado, con tensión constante $\sigma_{cp} = \eta(x) \cdot f_{cdp}$ y altura del bloque comprimido $y = \lambda(x) \cdot h$. No obstante, la deformación última obtenida de acuerdo con el Código será multiplicada por η_p . Además, el factor λ_p para la obtención de $\lambda(x)$ será definido por la ecuación 5.

$$\lambda_p = 0,937 \cdot \eta_p - 0,737 \quad [5]$$

45.5. Dominios de deformación

Deberá tenerse en cuenta, en la definición de los dominios de deformación, la reducción de la deformación última en el hormigón en flexión, de acuerdo con el criterio establecido en el apartado 45.4 del presente anejo.

45.6. Estados límite de agotamiento frente a cortante

45.6.1. Obtención de V_{u1p}

El esfuerzo cortante de agotamiento por compresión oblicua del alma se obtendrá del articulado, reduciéndose por el factor v_p dado por la ecuación 6. En ella se empleará la resistencia característica del hormigón proyectado (f_{ckp}) en N/mm².

$$v_p = 0,5 \cdot \eta_p \cdot \left(1 - \frac{f_{ckp}}{250}\right) \quad [6]$$

45.6.2. Obtención de V_{u2p}

45.6.2.1. Piezas sin armadura de cortante

El esfuerzo cortante por tracción en el alma se obtendrá como:

$$V_{u2p} = \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \eta_p \xi (100 \rho_p f_{cvp})^{1/3} + 0,15 \alpha_p \sigma'_{cdp} \right] b_0 d \geq [0,35 f_{ctdp} + 0,15 \alpha_p \sigma'_{cdp}] b_0 d \quad [7]$$

45.6.2.2. Piezas con armadura de cortante

La contribución del hormigón a esfuerzo cortante se obtendrá como:

$$V_{cup} = \left[\frac{0,18}{\gamma_c} \eta_p \xi (100 \rho_p f_{cvp})^{1/3} + 0,15 \alpha_p \sigma'_{cdp} \right] b_0 d \geq [0,35 f_{ctdp} + 0,15 \alpha_p \sigma'_{cdp}] b_0 d \quad [8]$$

45.7. Estados límite de agotamiento por torsión en elementos lineales

45.7.1. Obtención de T_{u1p}

El esfuerzo torsor de agotamiento por compresión oblicua del alma se obtendrá del articulado, reduciéndose por el factor v_p dado por la ecuación 6.

45.8. Estados límite de agotamiento frente a punzonamiento

La tensión máxima resistente en el perímetro crítico, se obtendrá como:

$$\tau_{rdp} = \frac{0,18}{\gamma_c} \eta_p \xi \left(100 \rho_p f_{cvp} \right)^{1/3} + 0,1 \sigma'_{cdp} \geq 0,4 f_{ctdp} + 0,1 \sigma'_{cdp} \quad [9]$$

45.9. Anclaje y empalme de las armaduras pasivas

La adherencia entre barras y alambres corrugados con el hormigón proyectado puede alcanzar valores similares a los que se alcanzan con hormigones colocados por métodos convencionales. No obstante, éste es un parámetro que está muy influenciado por la técnica de puesta en obra, el diámetro de la barra, la densidad de armadura, la composición del hormigón, el contenido de acelerante y, especialmente, la experiencia y habilidad del operador, que juega un papel clave a la hora de alcanzar buenas prestaciones. Para determinar la longitud neta de anclaje, se consideran los siguientes coeficientes para el cálculo de la tensión de adherencia con el hormigón proyectado:

$$\tau_{bdp} = 2,25 \eta_1 \eta_2 f_{ctd}$$

f_{ctdp} Resistencia a tracción de cálculo del hormigón proyectado calculada de acuerdo con el apartado 45.3 del presente anejo. A efectos de cálculo no se adoptará un valor superior al asociado a un hormigón de resistencia característica 60 N/mm².

η_1 Coeficiente relacionado con la calidad de la adherencia y posición de la barra durante el hormigonado

$\eta_1 = \eta_p$ para barra individual en un solo plano de armado y buena adherencia
 $\eta_1 = 0,7$ para el resto de casos

η_2 Coeficiente relacionado con el diámetro de la barra

$\eta_2 = 1$ para barras de diámetro $\varnothing \leq 16$
 $\eta_2 = (116 - \varnothing)/100$ para barras de diámetro $\varnothing > 16$

CAPÍTULO 11. Ejecución de estructuras de hormigón

Artículo 52. Puesta en obra y curado del hormigón

52.1. Prescripciones generales

En la puesta en obra mediante proyección, un factor principal es el soporte sobre el que se proyecta, en el cual, previamente a la proyección se deben realizar los trabajos preparatorios y tomar las medidas adicionales necesarias para asegurar las prestaciones finales requeridas, ya sean de adherencia entre capas o del acabado de la capa. El sustrato puede ser cualquier elemento portante capaz de resistir el impacto del hormigón proyectado y que tenga la suficiente rigidez para que el material pueda ser aplicado correctamente y se adhiera bien al sustrato sin que este último se mueva o vibre excesivamente.

El área de aplicación se limpiará con una mezcla aire-agua. La misma podrá estar húmeda pero sin agua libre antes de la aplicación del hormigón. El hormigón proyectado no se deberá emplear en sustratos con temperaturas inferiores a 2 °C o en aquellos expuestos a vientos y lluvias fuertes sin tomar medidas especiales.

Artículo 51. Fabricación y suministro del hormigón

51.3. Fabricación del hormigón

51.3.2. Dosificaciones de materiales componentes

51.3.2.2. Cemento

La cantidad mínima de cemento por metro cúbico de hormigón será 1,15 veces la establecida en el apartado 43.2.1. Con ello se quiere compensar, en cierta medida, la parte de cemento que se pierde en el rebote, aparte de facilitar aspectos de puesta en obra. En el caso de que la proyección se realice por la vía seca, se tomarán las medidas necesarias para asegurar que la cantidad de agua añadida en la boquilla y la relación agua/cemento resultante no superen en ningún momento los límites establecidos en el Código, estando dentro de los límites definidos en proyecto y en la etapa de validación descrita en el artículo 60 del presente anejo.

51.3.2.6. Aditivos

Los acelerantes se almacenarán evitando la helada y la contaminación. Cada máquina para la proyección por vía húmeda incorporará una bomba dosificadora integrada para dispensar aditivos líquidos con una precisión mínima de $\pm 5\%$ de la dosificación requerida.

51.4. Transporte y suministro del hormigón

51.4.1. Transporte del hormigón

Dependiendo de la aplicación y del tiempo abierto necesario para el transporte y operación de proyección, es frecuente el empleo de aditivos estabilizadores de fraguado, por lo que no procede la limitación de tiempo que en el articulado se señala. En este caso, deberán considerarse las indicaciones del suministrador del aditivo en cuanto al tiempo máximo de estabilización.

51.4.2. Suministro del hormigón

Con respecto al suministro del hormigón de partida, rigen las consideraciones realizadas en el articulado, permitiéndose la especificación por composición. Esto debe tenerse presente en los temas de control y gestión de la obra.

Artículo 52 Puesta en obra y curado del hormigón

52.1. Vertido y colocación del hormigón

Antes de iniciar la proyección, la Dirección Facultativa deberá aprobar el equipo y el operador. Cuando se inicia la misma, se dirigirá la boquilla en otra dirección a la de los trabajos hasta que la mezcla sea correctamente ajustada. Asimismo, en el caso de que durante la proyección el flujo fuera intermitente, el operario deberá realizar la misma operación hasta que dicho flujo vuelva a ser constante. Por ello, se recomienda proteger adecuadamente las zonas adyacentes a la de trabajo para evitar salpicaduras, manchas y rebotes.

Cada capa de hormigón proyectado se llevará a cabo mediante varias pasadas de la boquilla en la zona de trabajo, mediante el uso de buenas prácticas y la manipulación de la boquilla. Cada pasada se realiza con una trayectoria en forma de elipse que se traslada en el espacio, esto es, no hay que concentrar la proyección en un punto. El hormigón saldrá de la boquilla en un flujo constante e ininterrumpido, manteniendo una distancia al soporte (entre 0,5 y 1,5 m en función del sistema de proyección y del equipo empleado) y un ángulo adecuado (próximo a 90 ° con respecto al sustrato). Cuando se proyecta detrás de la armadura, la boquilla se mantendrá próxima al sustrato y con un ángulo que asegure que la armadura queda totalmente envuelta, evitando que se acumule el rebote detrás de la misma.

Para superficies verticales o casi verticales, la proyección del hormigón deberá comenzar desde la parte inferior. En zonas donde se aplican capas gruesas, la superficie superior mantendrá una pendiente de aproximadamente 45 grados. Para superficies superiores curvas en clave o en bóveda, se deberá proyectar el hormigón preferiblemente desde los laterales hasta la parte superior.

Se respetará el tiempo suficiente para que el hormigón de una capa fragüe antes de aplicar la siguiente. Para obtener el espesor de hormigón prescrito es preferible, desde el punto de vista técnico, hacer varias pasadas formando capas finas, si bien desde el punto de vista de rendimientos este proceso no es satisfactorio, por lo que habrá que encontrar un equilibrio en la propia obra.

El constructor asegurará la proyección de una capa con el espesor mínimo establecido en proyecto. Para simplificar el control del espesor, siempre que sea posible se instalarán separadores de referencia en diferentes puntos de la superficie sobre la cual se va a proyectar hormigón. El operador que controla la boquilla deberá cubrir la superficie con material hasta que no se aprecien los separadores, buscando generar un espesor lo más uniforme posible. Todo el material de rebote se retirará de la zona de trabajo y no se usará en los trabajos de proyección. La eliminación del rebote se realizará con el debido respeto a los riesgos de contaminación ambiental.

La máquina de proyección y el equipo auxiliar tendrán una capacidad adecuada para los volúmenes aplicados. Además, el equipo será a prueba de fugas con respecto a todos los materiales, manteniéndose en correcto funcionamiento para la duración de los trabajos en la obra. El equipo de proyección será capaz de alimentar los materiales a un ritmo aproximadamente constante y de expulsar las mezclas de hormigón proyectado desde la boquilla a velocidades que permitan la adherencia a la superficie con un mínimo rebote y una

máxima adherencia y densidad.

El equipo se limpiará en profundidad como mínimo una vez por cada turno de trabajo, o en intervalos de tiempo menores si se usan aditivos para el control de la hidratación, para prevenir acumulación de residuos.

Las mangueras flexibles o rígidas deberán seguir una línea recta o curvas suaves. Además presentarán un diámetro uniforme adecuado a la mezcla y a las características de la fibra (en el caso de hormigón proyectado con fibras) determinados en las pruebas en obra, evitando cualquier abolladura o torcedura.

El equipo para proyección por vía húmeda se configurará de acuerdo con las recomendaciones del fabricante. La boquilla estará diseñada para la adición de aire presurizado para obtener velocidad y alta compactación del hormigón. En los casos que se requiera, la boquilla presentará una entrada para la incorporación de los aditivos acelerantes de fraguado. Preferiblemente, estos aditivos se deberán mezclar con el aire comprimido en la boquilla antes de incorporarse al hormigón. La boquilla debe ser suficientemente larga para aprovechar la presión generada por el aire comprimido. El aire para el equipo debe ser limpio, seco y libre de aceite. Se proporcionará de forma continua al equipo a una presión no más baja que la de operación y en los ratios de volumen especificados por el fabricante.

52.1.2. Proyección para trabajos de reparación (Este apartado no coincide con el del Código)

Para trabajos de reparación de hormigón, se aplican los requisitos especificados en las secciones anteriores. Asimismo, se deberán cumplir las recomendaciones indicadas a continuación.

- Antes de iniciar los trabajos de reparación, se realizará una prueba en un área de la superficie para verificar la calidad de la superficie y que la armadura queda embebida adecuadamente.
- El hormigón se aplicará hasta el nivel del hormigón adyacente o hasta cumplir el recubrimiento especificado. Si fuera necesario, se usará encofrado para obtener la forma original.
- Si el espacio entre barras de armado es menor de 50 mm, se tomarán medidas especiales, tales como disminuir el hormigón que sale de la boquilla y reducir la distancia entre la boquilla y el sustrato.

52.3. Puesta en obra del hormigón en condiciones climáticas especiales

52.3.1. Hormigonado en tiempo frío

El hormigón proyectado se protegerá de la helada esporádica hasta que haya alcanzado una resistencia a compresión de al menos 5 N/mm². Si la helada se produjera de manera cíclica a cortas edades, se tomarán medidas adicionales para evitar que afecte a la durabilidad del material colocado.

Antes y durante la ejecución de elementos con riesgo de desprendimiento, el hormigón que se proyecta debe tener una temperatura de al menos 10 °C. En el caso de que la temperatura afecte al comportamiento del material y la puesta en obra, deberán tomarse medidas adicionales en la central de producción para incrementar la temperatura del hormigón de partida, bien sea empleando agua caliente, bien protegiendo los áridos frente a heladas, entre otras medidas. Además se deberá tener en cuenta la temperatura del aire empleado

para la proyección, así como la de los aditivos activadores de fraguado.

52.5. Curado del hormigón

En el hormigón proyectado, aparte de los métodos de curado habituales, podrán utilizarse aditivos de curado interno. Si los agentes de curado se aplican en zonas en las que habrá proyección de más capas de hormigón, se realizarán pruebas para comprobar la adherencia entre capas. Para ello, se emplearán las mezclas y métodos de trabajo aprobados antes de emplear dichos agentes en la obra.

El curado preferiblemente comenzará durante los 20 minutos siguientes a la finalización de cada operación de proyección si se usan aditivos acelerantes de fraguado y durante la 1ª hora siguiente cuando no se empleen ese tipo de aditivos. El curado será continuo durante al menos 7 días.

A los efectos de la determinación del parámetro básico de curado (D_0), el hormigón proyectado hay que considerarlo de velocidad de desarrollo de resistencias muy rápida (Ver tabla 56.6.a) y con una relación a/c inferior a 0,50 (ver tabla 56.6.b).

Artículo 53. Procesos posteriores al hormigonado

53.1 y 53.2. Desencofrado, desmoldeo y descimbrado

Dada la velocidad muy rápida de desarrollo de resistencias de estos hormigones, se pueden reducir los tiempos de desencofrado, desmoldeo o descimbrado. El plazo dado en los comentarios del Código sólo es orientativo como un valor de máximos, siendo más representativo el tiempo en el que el conjunto del elemento estructural sea estable y esté todo proyectado.

53.3. Acabado de superficies

El empleo de aditivos acelerantes dificulta cualquier actuación posterior de acabado en la superficie de hormigón. En consecuencia, debe estudiarse en detalle (incluso con experiencias previas) cuál debe ser el aditivo y la dosificación de acelerante para conseguir el acabado que se requiera.

Salvo que se especifique lo contrario, se evitarán las acciones de acabado como el enrasado superficial aplicado directamente sobre la capa proyectada. En el caso de que se requiera un tratamiento por contacto, éste se realizará empleando llanas. Ningún tratamiento de superficie tendrá lugar hasta que la capa previa haya alcanzado una resistencia adecuada. Inmediatamente tras el acabado de la capa final, se aplicará un agente de curado u otro método para proteger la superficie del secado. Donde sea necesaria la realización de un revestimiento posterior, las membranas de curado se retirarán antes de su aplicación.

En el caso de que se produzcan acumulaciones de áridos, nidos de grava u otros defectos, deberán ser eliminados. El área de la nueva proyección no será inferior a 300 x 300 mm.

CAPÍTULO 13. GESTIÓN DE LA CALIDAD DE LOS PRODUCTOS EN ESTRUCTURAS DE HORMIGÓN

Artículo 56. Criterios específicos para el control de los productos

56.4. Criterios específicos para la comprobación de la conformidad de los productos

Las especificaciones para todos los materiales cumplirán lo establecido en los Artículos 28 a 33 del Código Estructural y en el pliego de prescripciones técnicas particulares. En el caso de emplear fibras, también se seguirán las especificaciones establecidas en el Anejo 7.

56.7. Aditivos

En el caso de que se empleen acelerantes de fraguado, antes de comenzar la obra se comprobará el efecto de los mismos a partir de ensayos con el cemento empleado, así como el resto de aditivos para la fabricación del hormigón de partida. Como consecuencia de lo anterior, se seleccionarán las marcas, tipos y dosificación de los acelerantes en la obra. La continuidad de su composición y características será garantizada por el fabricante correspondiente.

Durante la ejecución de la obra se vigilará que los acelerantes de fraguado sean los aprobados según el párrafo anterior. La dirección facultativa, cuando lo considere necesario en la ejecución de la obra, podrá requerir la comprobación de las condiciones exigidas a los acelerantes de fraguado. La dosificación de validación de los acelerantes de fraguado será aquella que permita una adecuada puesta en obra, así como el correcto desarrollo de resistencias mecánicas a todas las edades según sea la especificación del hormigón.

El incumplimiento de alguna de las especificaciones será condición suficiente para calificar los acelerantes como no aptos para los hormigones. Cualquier posible modificación de la marca, el tipo o la dosificación que se vayan a utilizar, respecto a lo aceptado en los ensayos previos al comienzo de la obra, implicará su no utilización, hasta que tras la realización de nuevos ensayos de validación la dirección facultativa autorice su aceptación y empleo en la obra.

Artículo 57. Control del hormigón

La caracterización de las propiedades del material se podrá realizar a tres niveles: sobre el hormigón de partida, sobre el hormigón ya proyectado en artesas normalizadas y sobre el hormigón proyectado en la propia estructura. Cuando la extracción del testigo o la ejecución del ensayo no supongan riesgo al que lo ejecuta y no provoquen un perjuicio estructural o estético inaceptables, la caracterización se podrá realizar en la propia estructura, no siendo necesario repetirla en la artesa. En caso contrario, se considerará que los resultados derivados de la caracterización de las artesas proyectadas son representativos de la propia estructura, aunque pueden existir diferencias que deben ser evaluadas si se producen incidencias o no conformidades.

En lo que respecta al control del hormigón, hay que distinguir dos etapas con finalidades distintas: la validación previa y el control sistemático. En la primera de ellas, realizada antes del inicio de la ejecución de la estructura, se llevará a cabo la evaluación del

comportamiento del hormigón y la comprobación de su conformidad con los requerimientos establecidos en proyecto. El equipo usado en las pruebas será el mismo que el empleado en la obra y los materiales serán representativos de aquellos que se usarán. La proyección será realizada por los operadores encargados de llevar a cabo la proyección en obra, los cuales deberán demostrar su competencia y habilidad para producir hormigón proyectado, cumpliendo en todo momento con las presentes recomendaciones. Con la mezcla de prueba se prepararán suficientes paneles de, al menos, 1000 x 1000 mm para proyección mediante robot y 600 x 600 mm para proyección manual, siguiendo lo descrito en la norma UNE-EN 14488-1, que serán debidamente caracterizados. La edad de extracción de las muestras, la edad de ensayo y el procedimiento de conservación y curado adoptados en esta etapa serán los mismos que se emplearán durante la ejecución de la obra.

El procedimiento descrito en el párrafo anterior se repetirá teniendo en cuenta los valores máximos y mínimos previstos para la dosificación de acelerante y para los parámetros de proyección (presión de las bombas y del aire comprimido) durante la obra. En ese sentido, se deberá comprobar que los hormigones obtenidos en dichas situaciones extremas atienden a los requerimientos de proyecto. Asimismo, se realizará la caracterización del hormigón de partida empleado en las pruebas, con el fin de establecer los requerimientos que el responsable del suministro del mismo deberá respetar durante la ejecución. Como resultado final de esta etapa, se elaborará un informe de validación en el que se incluirá la descripción de las dosificaciones validadas, de los parámetros de proyección de referencia, de los resultados obtenidos y de los criterios para la aceptación de los hormigones.

En la segunda etapa, realizada durante la ejecución de la obra, se llevará a cabo la comprobación sistemática de los requerimientos desde el punto de vista de comportamiento y durabilidad establecido en proyecto y derivado de la etapa anterior. Dicha verificación se realizará tanto en el hormigón de partida como en el hormigón ya colocado. Es importante asegurar que el material objeto de los ensayos de control sea lo más representativo posible del que se encuentra en la estructura. Por ello, los ensayos de caracterización del hormigón ya colocado se llevarán a cabo en una superficie ejecutada con una dosificación de acelerante que sea representativa del lote.

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

Los criterios para el control del hormigón de partida son los mismos establecidos en el Código. El control de la calidad del hormigón proyectado incluirá, además del control especificado en el Código, el de su resistencia a muy cortas edades.

57.2. Toma de muestras

En el caso de que la tipificación del hormigón de partida se realice por propiedades, la toma de muestras previamente al proceso de proyección se realizará tal y como establece el Código. En el caso del hormigón proyectado, las muestras se obtendrán a partir de paneles previamente proyectados en la misma obra siguiendo el procedimiento descrito en la norma UNE-EN 14488-1 o en muestras extraídas del mismo hormigón colocado en obra, con lo que se obtienen resultados más representativos. La localización del punto a caracterizar en la estructura deberá ser propuesta por el contratista y aprobada por la dirección facultativa, siendo la dosificación de acelerante usada en la proyección de ese punto representativa del lote.

La extracción de muestras de los paneles proyectados o de la propia estructura se realizará cuando el hormigón proyectado haya alcanzado una resistencia a compresión media de al menos 15 N/mm², estimada en probetas cilíndricas. Todas las muestras extraídas serán talladas y preparadas antes de los ensayos, y se referenciarán apropiadamente, marcando la

fecha y la hora de la proyección. El curado y la conservación de las muestras se realizará de manera análoga a la aplicada en obra. Para garantizar la trazabilidad, se aconseja realizar los controles del hormigón de partida y del hormigón proyectado sobre los mismos lotes de suministro.

57.3. Realización de los ensayos

Los principales ensayos realizados se presentan en la Tabla 3, pudiendo ser de tipo informativo o característico. Los primeros aportan información básica sobre el material o sobre la compatibilidad de algunos de sus componentes, mientras que los segundos son de comprobación obligatoria para la aceptación del hormigón de partida o del proyectado. La dirección facultativa podrá incorporar otros ensayos a los ya indicados, así como establecer la obligatoriedad de ensayos informativos para la aceptación del material.

Tabla A9.3 – Clasificación de los ensayos. Entre paréntesis, los apartados de este anejo donde se detallan los correspondientes ensayos

Tipo	Ensayos
Informativos	Vicat modificado (57.3.8)
	Módulo de deformación (57.3.5)
	Contenido de fibras (57.3.6)
Característicos	Docilidad (57.3.1)
	Resistencia a compresión (57.3.2)
	Resistencia residual a flexotracción ¹ (57.3.4)
	Comprobación de espesor proyectado (57.3.7)

Nota 1: Este ensayo se considerará obligatorio solo en hormigones reforzados con fibras con responsabilidad estructural.

Otro aspecto relevante en elementos estructurales de hormigón proyectado es la definición del momento en el que se lleva a cabo la caracterización. Dada la importancia de la evolución de la resistencia a corta edad en la estabilidad del elemento proyectado, se recomienda la realización de ensayos para estimar de manera directa o indirecta la evolución de propiedades durante las primeras 24 horas. Asimismo, para obtener resultados más fiables y representativos, se recomienda que la edad de caracterización de las propiedades mecánicas se acerque al momento en el que deberían producirse las solicitaciones en la estructura o exista riesgo de inestabilidad. Por lo general, si no hubiera especificación diferente en el pliego de condiciones o por limitaciones del procedimiento de ensayo, se define como edad de referencia para el cálculo de valores característicos la de 28 días.

En caso de que los componentes del hormigón de partida varíen o exista un cambio en el proceso de la puesta en obra, será necesario comprobar experimentalmente su idoneidad antes de seguir con la ejecución de la obra.

57.3.1. Ensayos de docilidad del hormigón

La docilidad del hormigón de partida se comprobará mediante la determinación de la consistencia del hormigón fresco por el asentamiento en el cono de Abrams de acuerdo con la norma UNE-EN 12350-2 o por la extensión de flujo en la mesa de sacudidas de acuerdo con la norma UNE-EN 12350-5. Se dará preferencia a la realización de este último ensayo

por su mayor capacidad de discriminar variaciones que pueden afectar al proceso de bombeo y proyección, especialmente cuando se emplea hormigón con fibras. Salvo que se especifique lo contrario, la comprobación de la docilidad del hormigón se llevará a cabo justo antes del vertido a la tolva del equipo de proyección.

57.3.2. Ensayos de resistencia del hormigón

La evaluación de la resistencia hasta las 24 horas se llevará a cabo de acuerdo con la norma UNE-EN 14488-2, bien mediante el ensayo de penetración (que se utiliza hasta que el hormigón adquiere una resistencia igual a 1,0 MPa), bien mediante el método de la pistola de clavos (que se utiliza para estimar la resistencia hasta 20,0 MPa).

En función de la evolución temprana de la resistencia medida con los ensayos hasta las 24 horas, el hormigón proyectado se clasificará como de tipo J1, J2 o J3, de acuerdo con la figura A9.2. Los hormigones de clase J1 tendrán una evolución de resistencias entre las curvas A y B, mientras que los de clase J2 tendrán una evolución entre las curvas B y C. Los hormigones J3 deberán tener una resistencia superior a la indicada en la curva C.

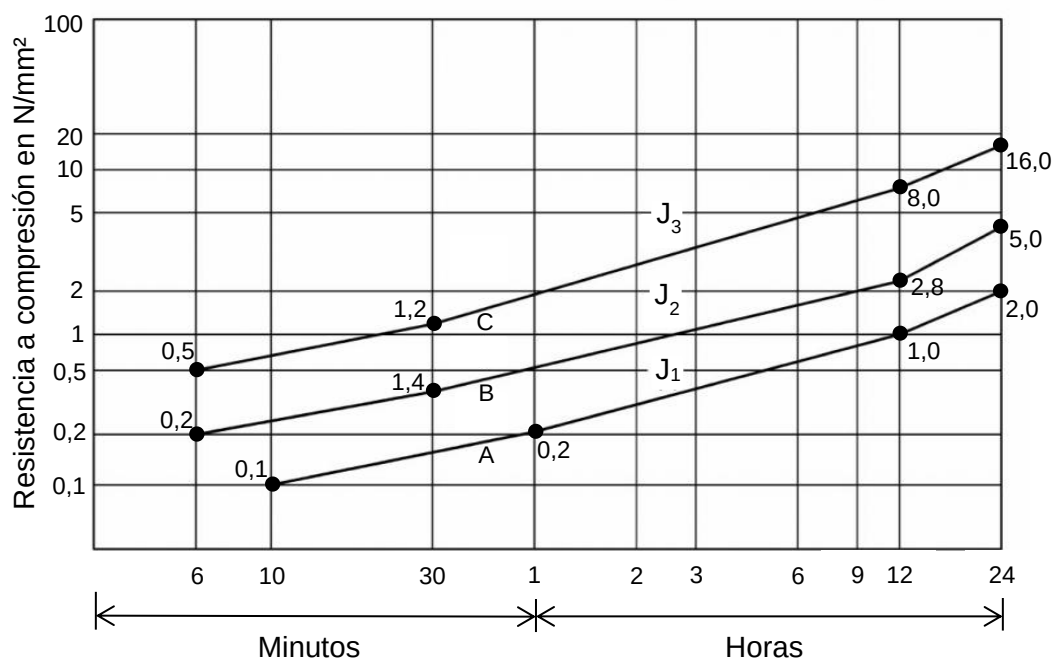


Figura A9.2 – Requerimientos de evolución de resistencia a muy corta edad

La resistencia a compresión del hormigón proyectado cuando el material ya tenga una resistencia mínima de 15 N/mm² se estima de acuerdo con la norma UNE-EN 123090-3 a través del ensayo de testigos. Las muestras pueden ser cúbicas o cilíndricas, y la proporción altura/diámetro (h/d) debe ser igual a 1,0 para muestras cúbicas y 2,0 para muestras cilíndricas. La utilización de distintas formas de muestra y distintas relaciones h/d exige utilizar factores de conversión para comparar los resultados experimentales de resistencia a compresión. Se recomienda establecer una única forma de las muestras y adecuar la preparación de las mismas para que se mantenga la relación h/d deseada.

57.3.4. Resistencia a flexión y resistencia residual

A menudo el hormigón proyectado está sometido a esfuerzos de flexión en servicio. La resistencia a flexión es una medida indirecta de la resistencia a tracción del hormigón y se

realiza sobre viguetas cortadas o paneles obtenidos tras la proyección. Asimismo, es obligatoria la estimación de la resistencia residual del hormigón proyectado con fibras cuando estas tienen una responsabilidad estructural. Para ello se debe emplear el ensayo de flexotracción según la norma UNE-EN 14651, el cual permite estimar las resistencias residuales requeridas para el diseño en estado límite de servicio y estado límite último. En este sentido, se tomarán como referencia los resultados obtenidos en el ensayo de tres puntos realizados en prismas de 150 x 150 x 600 mm con entalle.

Por las características del proceso de producción, dicho ensayo no es de fácil aplicación para el control sistemático del hormigón proyectado con fibras. Por esa razón, se pueden emplear ensayos alternativos. La determinación de los valores residuales equivalentes entre el ensayo de flexotracción según la norma UNE-EN 14651 y el ensayo alternativo elegido se llevará a cabo mediante una comprobación experimental previa a la ejecución, tal y como indica el Anejo 7.

En esta comprobación, se producirán paneles de la misma proyección destinados a la extracción de los testigos para ambos ensayos. Para ello, se usarán paneles que tengan al menos 3,5 veces el volumen de los testigos, evitando la extracción en zonas afectadas por el rebote o por los efectos de borde. El espesor proyectado será suficiente para satisfacer la altura mínima de la muestra requerida para cada ensayo. Se tallarán los testigos para regularizar las caras de las probetas y eliminar la rugosidad de la superficie proyectada. La edad de extracción de las muestras de los paneles, las edades de ensayo y los procedimientos de conservación y curado serán los mismos empleados posteriormente en la etapa de control de calidad. Los resultados obtenidos para aberturas de fisura análogas para ambos ensayos servirán para estimar las cargas residuales equivalentes, que serán la referencia para el control sistemático de la resistencia residual mediante el ensayo alternativo.

Para simplificar la extracción, la caracterización y el control sistemático, se recomienda que la resistencia residual se estime de manera indirecta mediante el Método Barcelona, descrito en la norma UNE 83515. Las aberturas de fisuras análogas entre dicho ensayo y el de flexotracción serán las definidas en el Anejo 7. El procedimiento de definición de equivalencia de la resistencia residual descrito con anterioridad también se podrá usar para estimar la tenacidad del material.

57.3.5. Módulo de deformación

La estimación del módulo de deformación se realizará con testigos conforme a la norma UNE-EN 83316.

57.3.6. Contenido de fibras

La rápida evolución de las propiedades mecánicas del hormigón proyectado con acelerantes de fraguado dificulta la cuantificación del contenido de fibras por los métodos tradicionales. La determinación de dicho contenido se llevará a cabo de acuerdo con lo establecido en la norma UNE 83607. En el caso de utilizar fibras metálicas, se recomienda la utilización del método descrito por la norma UNE-EN 14721, que estima el contenido de fibras mediante un método inductivo.

57.3.7. Ensayos para la comprobación del espesor proyectado

La verificación del espesor proyectado tras la ejecución de la estructura es de carácter

obligatorio y se realizará con métodos topográficos o equivalentes. Dicha comprobación se realizará en puntos representativos distribuidos uniformemente por toda la superficie.

57.3.8. Ensayo de Vicat modificado

Como forma indirecta de comprobar la dosificación de acelerante de fraguado requerida o la compatibilidad entre los acelerantes de fraguado y los demás aditivos y cemento seleccionados, se empleará el Ensayo de Vicat modificado, utilizando el mismo equipo descrito en la norma UNE-EN 196-3 para la determinación del tiempo de fraguado. Para la realización del ensayo, los materiales y los equipos deberán estar a la misma temperatura que la de la obra durante la aplicación del material.

El ensayo consiste en mezclar activamente 300 g de cemento con 84 g de agua durante 30 segundos hasta conseguir una pasta homogénea. Luego, se añaden los aditivos plastificantes/superplastificantes o retardantes, mezclando activamente durante 90 segundos. A continuación, se deja reposar durante 30 segundos y se vuelve a mezclar durante 90 segundos. Una vez terminado ese tiempo, se añade el acelerante de fraguado de manera rápida, continua y distribuida sobre el material mientras se mezcla de manera vigorosa durante 15 segundos. La mezcla se introduce en el molde tronco-cónico estandarizado en la norma UNE-EN 196-3 apoyado sobre una placa base y, en un tiempo inferior a 30 segundos desde la mezcla con el acelerante, se realiza la primera lectura. Todas las mediciones se llevan a cabo con la aguja usada para determinar el inicio de fraguado, que se pone en contacto con la parte superior de la muestra y se deja caer sobre la misma.

El tiempo de inicio de fraguado se considera como aquél en el que la aguja deja de tocar la placa base. El tiempo de final de fraguado se considera como aquél en el que la aguja penetra menos de 1 mm en la muestra. Ambos se miden tomando como referencia el inicio de la adición del acelerante de fraguado. El ensayo se repetirá como mínimo tres veces manteniendo la misma composición de mezcla y se usarán los tiempos promedio obtenidos en las tres mediciones. La tabla A9.4 presenta una clasificación orientativa de los resultados.

Tabla A9.4 – Clasificación de los resultados del Ensayo de Vicat Modificado.

Fraguado	Aceptable	Muy bueno
Inicio	≤ 5 min	≤ 2 min
Fin	≤ 10 min	≤ 5 min

En aras de facilitar la comparación de la eficiencia de diferentes acelerantes, se podrán comparar los tiempos obtenidos para una misma dosificación definida previamente de acuerdo con los requisitos del proyecto. Alternativamente, también se podrá determinar la dosificación mínima requerida de cada acelerante para alcanzar un comportamiento considerado aceptable o muy bueno.

Para aplicaciones con alto riesgo de desprendimiento del material proyectado o en las que se requiera resistencia a muy cortas edades, se recomienda buscar la composición o la dosificación que confiera un comportamiento clasificado como Muy Bueno. En cambio, las aplicaciones en las que no existe un riesgo elevado de desprendimiento se pueden ejecutar con composiciones o dosificaciones que presenten un comportamiento clasificado como Aceptable. La realización del Ensayo de Vicat modificado no exime al constructor de llevar a cabo pruebas a escala real para confirmar la compatibilidad y los resultados obtenidos.

Anejo 10

Hormigones de limpieza

Contenidos del anejo

1. ALCANCE..... 3

2. MATERIALES..... 3

2.1 CEMENTOS UTILIZABLES 3

2.2 ÁRIDOS 3

2.3 ADITIVOS 3

2.4 ADICIONES..... 3

3. CARACTERÍSTICAS DE LOS HORMIGONES DE LIMPIEZA (HL) 4

1. Alcance

En este Código se han definido las especificaciones reglamentarias del hormigón en masa estructural (HM), del hormigón armado estructural (HA) y del hormigón pretensado estructural (HP), y con este anejo se definen también el alcance y las especificaciones que deben tener los hormigones de limpieza.

- Hormigón de limpieza (HL): Es un hormigón que tiene como fin evitar la desecación del hormigón estructural durante su vertido así como una posible contaminación de éste durante las primeras horas de su hormigonado.

Este anejo no contempla el hormigón que tiene como fin conformar volúmenes de hormigón no estructural. Ejemplos de éstos son los hormigones para aceras, hormigones para bordillos y los hormigones de relleno.

2. Materiales

2.1 Cementos utilizables

Los cementos utilizables en los hormigones de limpieza son los cementos comunes conformes con la vigente Instrucción de Recepción de Cementos.

2.2 Áridos

Para la fabricación del hormigón de limpieza, podrán emplearse arenas y gravas rodadas o procedentes de rocas machacadas, o escorias siderúrgicas apropiadas.

Para la fabricación del hormigón de limpieza, podrá emplearse hasta un 100% de árido grueso reciclado, siempre que éste cumpla las especificaciones definidas para el mismo en el apartado 30.8 de este Código.

En el caso de que haya evidencia de su buen comportamiento, de acuerdo con el Artículo 30 de este Código, podrán emplearse escorias granuladas procedentes de la combustión en centrales térmicas como áridos, siempre que cumplan las mismas especificaciones que contempla el apartado 30.9 para los áridos siderúrgicos.

2.3 Aditivos

Los hormigones de limpieza se caracterizan por poseer bajos contenidos de cemento, por lo que resulta conveniente la utilización de aditivos reductores de agua al objeto de reducir en lo posible la estructura porosa del hormigón en estado endurecido.

2.4 Adiciones

Las cenizas volantes deben tener marcado CE (sujetas la norma UNE-EN 450-1) y la declaración de prestaciones (DdP) deberá recoger los requisitos establecidos en el apartado 32.1 de este Código.

En el caso de cenizas volantes de co-combustión, la declaración de prestaciones deberá cumplir, además, los siguientes requisitos:

(SiO ₂ +Al ₂ O ₃ +Fe ₂ O ₃) (%) según UNE-EN 196-2	≥ 70
Na ₂ O eq según UNE-EN 196-2	≤ 5,0
MgO (%) según UNE-EN 196-2	≤ 4,0
Contenido en SiO ₂ reactivo (%)	≤ 25
P ₂ O ₅ (%) total según ISO 2958-1	≤ 5
PO ₄ ³⁻ soluble	≤100mg/Kg
Variación del tiempo de fraguado inicial (mezcla 75/25) (min)	≤ 200 (1)

- (1) El tiempo de fraguado inicial de la mezcla 75/25 (cemento/ceniza volante) no debe ser superior a dos veces el tiempo de fraguado inicial de una pasta fabricada con el 100% del cemento de ensayo.

La declaración de prestaciones del fabricante deberá indicar el tiempo de fraguado inicial de la mezcla 75/25 (mezcla formada por un 75% del cemento de ensayo y un 25% de cenizas volantes), expresado en minutos.

La cantidad máxima de adiciones, bien sean cenizas volantes según el Artículo 32 de este Código, o cenizas volantes de co-combustión según UNE-EN 450-1, no excederá del 35% del peso de cemento.

No podrán emplearse en el mismo hormigón simultáneamente cenizas de distintas procedencias.

3. Características de los hormigones de limpieza (HL)

El único hormigón utilizable para esta aplicación, se tipifica de la siguiente manera:

HL-150/C/TM

Como se indica en la identificación, la dosificación mínima de cemento será de 150 kg/m³.

Se recomienda que el tamaño máximo del árido sea inferior a 30 mm, al objeto de facilitar la trabajabilidad de estos hormigones.

Anejo 11

Procedimiento de preparación por enderezado de muestras de acero procedentes de rollo, para su caracterización mecánica

Contenidos del anejo

1	INTRODUCCIÓN	3
2	TOMA DE MUESTRAS	3
3	EQUIPO PARA LA PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS POR ENDEREZADO	3
4	PROCEDIMIENTO DE PREPARACIÓN DE LAS MUESTRAS POR ENDEREZADO.....	4

1 Introducción

Este Anejo tiene por objeto establecer las condiciones en las que debe realizarse la preparación y enderezado de muestras extraídas de suministros de acero corrugado en rollo que deberá realizarse antes de cualquiera de los ensayos de caracterización mecánica establecidos en este Código.

2 Toma de muestras

Las muestras se extraerán directamente de rollos terminados, en condiciones de suministro. Se procederá para ello a extraer del rollo espiras completas.

Para cada toma de muestras, se obtendrá un total de tres espiras procedentes de cada rollo que sea objeto de control. De cada espira, se obtendrán dos muestras iguales, consistentes en medias espiras.

De cada espira, una de las muestras (media espira) se empleará para los ensayos en el laboratorio de control y la otra, debidamente identificada mediante los correspondientes precintos, quedará bajo la custodia del responsable de la instalación en la que se efectúe la toma de muestras (instalación siderúrgica, taller de ferralla, obra, etc.) donde se almacenará, sin deformar ni manipular, por si fueran precisas como muestras de contra ensayo durante el plazo de un mes desde la fecha de su toma de muestras.

3 Equipo para la preparación de las muestras por enderezado

Las muestras extraídas del rollo se someterán a un proceso de enderezado mediante una máquina adecuada, que presente un total de ocho rodillos del mismo diámetro (cuatro tractores para arrastrar el acero y otros cuatro libres), capaces de poder ser desplazados verticalmente para ajustarse al eje de la barra y con una disposición al tresbolillo similar a la de la figura A11.3. El diámetro de los rodillos y la separación entre los mismos, será el indicado en la tabla A11.3.

Tabla A11.3. Características geométricas de los rodillos

Tipo de rodillo	Características geométricas			
	Diámetro rodillo (mm)		Separación horizontal entre rodillos (mm)	
	$\varnothing \leq 12$	$\varnothing > 12$	$\varnothing \leq 12$	$\varnothing > 12$
Tractor o libre	$160 \pm 10\%$	$195 \pm 10\%$	$175 \pm 5\%$	$330 \pm 5\%$

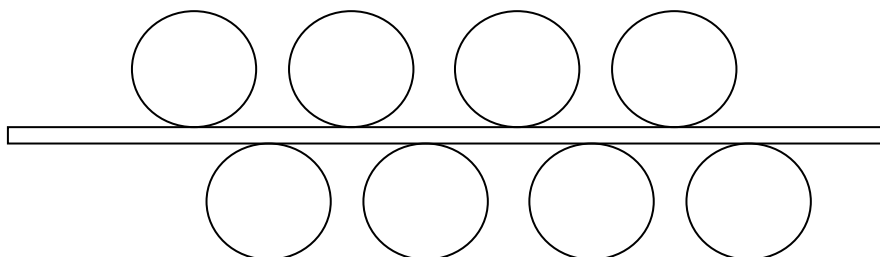


Figura A11.3. Disposición de los rodillos en la máquina de enderezado

La enderezadora deberá tener un registro continuo de las condiciones en las que efectúa el enderezado (posición de rodillos, velocidad de enderezado, etc.).

4 Procedimiento de preparación de las muestras por enderezado

Una vez enderezada la muestra, se eliminarán 35 cm de cada extremo de la misma. A continuación, se comprobará la eficacia del enderezado, procediéndose a rechazar cualquier semiespira enderezada que, una vez eliminados los extremos, presente aplastamientos o deformaciones en la sección transversal, o tenga una desviación respecto a la alineación recta superior a 5 mm/m. A continuación, se podrá proceder al corte de las probetas para su posterior ensayo de caracterización mecánica, de acuerdo con lo indicado en el articulado de este Código.

Anejo 12

Estimación de la vida útil de elementos de hormigón

Contenidos del anejo

1. INTRODUCCIÓN	3
2. ESTIMACIÓN DE LA VIDA ÚTIL DE LOS ELEMENTOS DE HORMIGÓN	3
3. MODELOS PARA EL PERÍODO DE INICIACIÓN EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN	4
3.1 CARBONATACIÓN DEL HORMIGÓN.....	4
3.2 INGRESO DE IONES CLORURO EN EL HORMIGÓN.....	5
3.2.1 CONTENIDO LÍMITE DE IONES CLORURO EN EL HORMIGÓN QUE PROVOCA EL INICIO DE LA CORROSIÓN EN LA ARMADURA.....	7
4. MODELOS PARA EL PERÍODO DE PROPAGACIÓN EN ELEMENTOS DE HORMIGÓN	8
4.1 TIEMPO DE CORROSIÓN PARA LA FISURACIÓN DEL RECUBRIMIENTO	8
4.2 TIEMPO DE CORROSIÓN PARA UNA PÉRDIDA DE DIÁMETRO INADMISIBLE EN LA..... <i>armadura</i>	9

1. Introducción

El autor del proyecto podrá comprobar, bajo su responsabilidad, alguno de los Estados Límite asociados a la durabilidad mediante la estimación de la vida útil. Para realizar dicha estimación se recomienda utilizar los modelos incluidos en este Anejo.

El objeto de este anejo es proporcionar una herramienta que ayude a la estimación de la vida útil en algunos casos tales como:

- Que el autor del proyecto especifique un hormigón con una dosificación más estricta que la indicada en el articulado (por ejemplo con una relación a/c menor o con un mayor contenido de cemento),
- En el caso de estructuras en ambientes muy agresivos donde el articulado no proporciona una estrategia de durabilidad totalmente definida.
- Para la estimación de la vida útil residual de estructuras existentes.

En ningún caso puede utilizarse para reducir los recubrimientos de las tablas 44.2.1.1a y b en hormigones con las dosificaciones estrictas de la tabla 43.2.1.a

2. Estimación de la vida útil de los elementos de hormigón

En general, la vida útil de los elementos de hormigón se puede obtener de acuerdo con la siguiente expresión:

$$t_{\text{est}} = t_{\text{inic}} + t_{\text{prop}}$$

siendo:

t_{inic} : período de iniciación, definido como el tiempo transcurrido hasta que se inicia el daño, y

t_{prop} : período de propagación, definido como el de tiempo desde que se inicia el daño hasta que se alcanza el umbral inadmisibles que define, en cada caso, el Estado Límite.

En el caso de elementos ubicados en clases de exposición XC, XS o XD, se tendrá que:

$$t_{\text{inic}} = t_{\text{inic, desp}}$$

siendo $t_{\text{inic, desp}}$ el período de tiempo transcurrido hasta que se inicia la corrosión, que vendrá definido por:

$$t_{\text{inic, desp}} = \left(\frac{c}{k_{\text{desp}}} \right)^2$$

c: recubrimiento mínimo, en mm

k_{desp} : constante de despasivación, definida de acuerdo a las siguientes expresiones:
a) para las clases XC:

$$k_{\text{desp}} = k_{\text{ap, arb}}, \text{ según el apartado 3.1 de este anejo}$$

b) para las clases XS ó XD

$$k_{desp} = 56157 \cdot \sqrt{12 \cdot D_{app,c}^{(t)}} \left(1 - \sqrt{\frac{C_{th} - C_b}{C_s - C_b}} \right)$$

donde C_{th} se define de acuerdo con el apartado 3.2.1 de este anejo y el resto de los parámetros se corresponden con los definidos en el apartado 3.2 de este anejo.

Asimismo, para dichas clases de exposición XC, XS o XD, el período de propagación vendrá definido por lo indicado en el apartado 4.1 o 4.2 de este anejo, en función del tipo de comprobación que se esté realizando.

3. Modelos para el período de iniciación en elementos de hormigón

3.1 Carbonatación del hormigón

A efectos de la determinación del avance del frente de carbonatación del hormigón en función del tiempo, el autor del proyecto podrá utilizar la siguiente expresión:

$$x_c(t) = k_{ap,carb} \sqrt{t}$$

donde:

$x_c(t)$: profundidad de carbonatación, a la edad t

$k_{ap,carb}$: coeficiente de carbonatación aparente, expresada en $\text{mm/año}^{-1/2}$,

El valor de $k_{ap,carb}$ se determinará, preferentemente, de forma experimental, según UNE 83993-1. En su caso, a falta de datos experimentales, el autor del proyecto podrá estimar su valor a partir de la siguiente expresión:

$$k_{ap,carb} = c_{env} \cdot c_{air} \cdot a(f_{ck} + 8)^b$$

siendo c_{env} y c_{air} los coeficientes de ambiente y de utilización de aireantes, respectivamente, que se obtendrán de acuerdo con las tablas A12.3.1.a y A12.3.1.b.

f_{ck} : resistencia característica especificada para el hormigón, en N/mm^2

a, b : parámetros adimensionales, de acuerdo con la tabla A12.3.1.c

Tabla A12.3.1.a. Coeficientes c_{env} para estimar el coeficiente de carbonatación aparente

Ambiente	c_{env}
Protegido de la lluvia	1,0
Expuesto a la lluvia	0,5

Elementos enterrados, por encima del nivel freático	0,3
Elementos enterrados, por debajo del nivel freático	0,2

Tabla A12.3.1.b. Coeficientes c_{air} para estimar el coeficiente de carbonatación aparente

Aire ocluido	c_{air}
< 4,5 %	1,0
≥ 4,5 %	0,7

Tabla A12.3.1.c. Parámetros a y b para estimar el coeficiente de carbonatación aparente

Conglomerante	a	b
Cemento portland	1800	-1,7
Cemento portland + 28% cenizas volantes	360	-1,2
Cemento portland + 9% humo de sílice	400	-1,2

3.2 Ingreso de iones cloruro en el hormigón

A los efectos de la determinación del avance de los iones cloruro en el interior del hormigón en función del tiempo, el autor del proyecto podrá utilizar la siguiente expresión:

$$C_{x,t} = C_b + (C_s - C_b) \left[1 - \frac{x}{56157 \sqrt{12 \cdot D_{app,C}(t) \cdot t}} \right]^2$$

donde:

$C_{x,t}$: contenido de cloruros en el hormigón, expresado en porcentaje del peso de cemento y definido a una profundidad x , expresada en mm, y a una edad t , expresada en años.

C_b : contenido de cloruros aportados por los materiales utilizados en la fabricación del hormigón, expresados en porcentaje respecto al peso de cemento, de acuerdo con:

$$C_b = \sum_{i=1}^n C_{b,i}$$

siendo $C_{b,i}$ los contenidos de iones cloruros de cada uno de los materiales componentes (cemento, áridos, adiciones, aditivos, etc.).

C_s : contenido de cloruros en la superficie del hormigón, expresada en porcentaje del peso de cemento. A falta de información específica adicional, puede obtenerse de la tabla A12.3.2.a.

Tabla A12.3.2.a. Estimación del contenido de cloruros C_s en la superficie del hormigón

Clases de exposición	Distancia L respecto a la costa (m)	C_s (% sobre peso de hormigón)
XS1	Zona de spray, próxima a la zona de salpicaduras	0,25
	Resto hasta $L \leq 5000$	0,15
XS2	n/a	0,40
XS3	n/a	0,50
XD1, XD2, XD3	n/a	0,40

$D_{app}(t)$: coeficiente de difusión de cloruros aparente, expresado en m^2/s , a la edad t , de acuerdo con las siguiente expresión:

$$D_{app,c}(t) = k_e \cdot D_{app,c}(t_0) \left(\frac{t_0}{t} \right)^n$$

siendo $D_{app,c}(t_0)$ el coeficiente de difusión de cloruros aparente a la edad $t_0 = 0,0767$ años, obtenido para la clase de exposición XS3 por uno de los siguientes procedimientos:

- experimentalmente, a partir de ensayos específicos de difusión de cloruros, según la norma NT BUILD 492, de acuerdo con lo indicado por el autor del proyecto, o
- de acuerdo con la tabla A12.3.2.b

Tabla A12.3.2.b. Coeficiente de difusión de cloruros aparente

Valores de $D_{app,c}(t_0)$ [10^{-12} (m^2/s)]					
Tipo de conglomerante	relación $(a/c)_{eq}$ (*)				
	0,40	0,45			
CEM I	8,9	10,0			

CEM I con adición de hasta el 22% de cenizas volantes	5,6	6,9			
CEM III/B	1,4	1,9			

(*) La relación agua/conglomerante efectiva (a/c)_{eq} se obtendrá considerando tanto el contenido de clínker, como los de las adiciones, ponderados en este caso por sus correspondientes coeficientes de eficacia.

n : coeficiente de envejecimiento que, a falta de valores experimentales, puede obtenerse de la tabla A12.3.2.c, para las clases de exposición XS2 y XS3:

Tabla A12.3.2.c. Coeficiente de envejecimiento

Relación a/c	Tipo de cemento	Coeficiente de envejecimiento, a
Entre 0,40 y 0,50	CEM I	0,30
Otros casos		0,50

k_e : coeficiente que depende de la temperatura media ambiental, T_{real} , expresada en °C, de acuerdo con la siguiente expresión:

$$k_e = e^{4800 \left(\frac{1}{293} - \frac{1}{273 + T_{real}} \right)}$$

3.2.1 Contenido límite de iones cloruro en el hormigón que provoca el inicio de la corrosión en la armadura

A falta de estudios específicos y a los efectos de comprobación de los Estados Límite asociados a la durabilidad, el autor del proyecto podrá considerar un contenido límite de ion cloruro C_{th} para las armaduras pasivas como el indicado en la tabla A12.3.2.1.a en función de la clase de exposición y referido al contenido de cemento.

Tabla A12.3.2.1.a. Contenido límite de ion cloruro C_{th}

Clase de exposición	C_{th} [% sobre peso de cemento]
XS1	0,60
XS2	0,60
XS3	0,60
XD1	0,60
XD2	0,60
XD3	0,40

En el caso de que la dosificación del hormigón incluya aditivos inhibidores de la corrosión, de acuerdo con lo indicado en el apartado 43.3.1.4 de este Código, el umbral de corrosión podrá incrementarse en un 50%, durante el período de vida útil que garantice el fabricante.

En el caso de uso de armaduras con protección adicional frente a la corrosión, de acero inoxidable, o bien mediante galvanizado en caliente, deben cumplir lo indicado en los apartados 43.3.1.5 y 43.3.1.3 de este Código, respectivamente. En dicho caso, pueden considerarse unos valores de contenidos límite de ion cloruro, de acuerdo con la siguiente tabla:

Tabla A12.3.2.1.b. Contenidos límite de ion cloruro en el caso de armaduras con protección adicional frente a la corrosión

Tipo de acero con protección adicional frente a la corrosión,	C_{th} , en % del peso de cemento
Inoxidable	1,40
Galvanizado en caliente	1,20

En el caso de armaduras activas, el valor límite del contenido de cloruros a la altura de la armadura de pretensado será $C_{th,pret} = 0,30$ en el caso general y 0,20 en el caso de la clase XD3, expresado en porcentaje del peso de cemento.

4. Modelos para el período de propagación en elementos de hormigón

4.1 Tiempo de corrosión para la fisuración del recubrimiento

El tiempo transcurrido desde el inicio de la corrosión hasta la fisuración del recubrimiento, se puede obtener de acuerdo con la siguiente expresión:

$$t_{fis,corr} = \frac{80 \cdot c}{\emptyset \cdot v_{corr}}$$

donde:

$t_{fis,corr}$: tiempo desde el inicio de la corrosión hasta la fisuración de recubrimiento, en años

c : espesor del recubrimiento de hormigón, expresado en mm

$\emptyset$: diámetro de la armadura, expresado en mm

v_{corr} : velocidad de corrosión, expresado en $\mu\text{m/año}$, de acuerdo con la tabla A12.4.1.

Tabla A12.4.1. Velocidad de corrosión

Clase de exposición			v_{corr} ($\mu\text{m/año}$)
Ambiente normal	Seco o permanentemente húmedo	XC1	1
	Humedad alta	XC2	4
	Humedad moderada	XC3	2
	Ciclos humedad – secado	XC4	5
Ambiente marino	Expuesto a aerosoles marinos	XS1	20
	Sumergido permanentemente	XS2	4
	Zona de mareas o salpicaduras	XS3	50
Ambiente con sales fundentes	Humedad moderada	XD1	35
	Humedad alta	XD2	20
	Ciclos humedad - secado	XD3	35

Cuando se utilice armadura pasiva de acero inoxidable en clases de exposición XS1, XS3, XD1, XD2 o XD3, el autor del proyecto podrá considerar una velocidad de corrosión v_{corr} de acuerdo con las condiciones de cada caso.

4.2 Tiempo de corrosión para una pérdida de diámetro inadmisible en la armadura

El tiempo transcurrido desde el inicio de la corrosión hasta la pérdida de sección de armadura definida por un espesor $\Delta\phi$, se puede obtener de acuerdo con la siguiente expresión:

$$t_{\text{secc,corr}} = \frac{\Delta\phi_{\text{lim}}}{v_{\text{corr}}}$$

donde:

$t_{\text{fsec,corr}}$: tiempo desde el inicio de la corrosión hasta la pérdida de diámetro definido como inadmisible en la armadura, en años

$\Delta\phi_{\text{lim}}$: variación de diámetro debido a la corrosión de la armadura, que se considera inadmisible, expresada en μm

v_{corr} : velocidad de corrosión, expresado en $\mu\text{m/año}$, de acuerdo con la tabla A12.4.1

Anejo 13

Ensayos previos y característicos del hormigón

Contenidos del anejo

1 Ensayos previos..... 3

2 Ensayos característicos de resistencia 4

3 Ensayos característicos de durabilidad..... 5

1 Ensayos previos

Este tipo de ensayos no serán necesarios, salvo en aquellos casos en los que no haya experiencia previa que pueda justificarse documentalmente del empleo de hormigones con los materiales, dosificación y proceso de ejecución que estuvieran previstos en la obra concreta.

El objetivo de los ensayos previos es demostrar mediante ensayos, que se efectuarán sobre hormigones fabricados en laboratorio, que con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones de resistencia y durabilidad que se le exigen en el proyecto.

Para su realización se fabricarán al menos cuatro series de probetas procedentes de amasadas distintas, de dos probetas cada una para su ensayo a 28 días de edad, por cada dosificación que se desee emplear en la obra, y operando de acuerdo a los métodos para la fabricación de probetas y para la realización de los ensayos de resistencia y de durabilidad recogidos en este Código.

En el caso de la resistencia a compresión, se deducirá a partir de los valores así obtenidos un valor de la resistencia media en el laboratorio f_{cm} , que deberá ser lo suficientemente grande como para que sea razonable esperar que, con la dispersión que introducen los procesos de fabricación previstos para su empleo en la obra, la resistencia característica real en obra sea superior, con un margen suficiente, al valor de la resistencia característica especificada en el proyecto.

Los ensayos previos aportan información para estimar el valor medio de la propiedad estudiada pero son insuficientes para establecer la distribución estadística que sigue el hormigón de la obra. Dado que las especificaciones de este Código, o las adicionales recogidas en el proyecto, no se refieren generalmente a valores medios, como es el caso de la resistencia, es necesario adoptar una serie de hipótesis que permitan tomar decisiones sobre la validez o no de las dosificaciones ensayadas.

Generalmente, se puede admitir una distribución de tipo gaussiano, con una desviación típica poblacional o coeficiente de variación que debe ser función de los datos conocidos del control de producción de la instalación en la que se vaya a fabricar el hormigón. Obviando la variación que existe entre las poblaciones de hormigón de laboratorio y las fabricadas realmente para la obra, en el caso de la resistencia, puede exigirse al menos que;

$$\bar{x}_n \geq f_{ck} + 2\sigma$$

donde $\bar{x}_n$ es la resistencia media de la muestra obtenida de los ensayos y f_{ck} es la resistencia característica especificada en el proyecto.

La desviación típica σ es un dato básico para poder realizar este tipo de estimaciones. Cuando no se conozca su valor correspondiente al tipo de instalación de fabricación que vaya a emplearse, puede suponerse en una primera aproximación que:

$$\sigma = 4 \text{ N/mm}^2$$

La fórmula anterior se corresponde con unas condiciones medias de dosificación en peso, con almacenamiento separado y diferenciado de todos los materiales componentes y corrección de la cantidad de agua por la humedad incorporada a los áridos donde, además, las básculas y los elementos de medida se comprueban periódicamente y existe un control (de recepción o en origen) de las materias primas.

2 Ensayos característicos de resistencia

Estos ensayos tienen por objeto comprobar antes del inicio de la obra, que las características resistentes del hormigón que se va a colocar en la obra no son inferiores a las previstas en el proyecto. En el caso de hormigón preparado no son preceptivos, salvo cuando se fabrique por primera vez o cuando se cambie de suministrador de materias primas.

Los ensayos se llevarán a cabo a los 28 días de edad sobre probetas procedentes de seis amasadas diferentes, para cada tipo de hormigón que vaya a emplearse en la obra. Se enmoldarán dos probetas por amasada, que se fabricarán, conservarán y ensayarán de acuerdo con los métodos indicados en este Código.

Para la resistencia a compresión, se calculará el valor medio correspondiente a cada amasada a partir de los resultados individuales de rotura, lo que permite obtener una serie de seis resultados medios:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_6$$

Para que la dirección facultativa acepte la dosificación y el proceso de ejecución correspondiente, a los efectos de resistencia, se deberá cumplir que:

$$\bar{x}_6 - 0,8.(x_6 - x_1) \geq f_{ck}$$

En caso contrario, no se producirá la aceptación, debiendo el responsable de la central introducir las oportunas correcciones. Mientras tanto, se retrasará el comienzo del suministro del hormigón hasta que, como consecuencia de nuevos ensayos característicos, se llegue al establecimiento de una dosificación y un proceso de fabricación aceptable.

3 Ensayos característicos de durabilidad

Estos ensayos tienen por objeto comprobar, previamente al inicio de la obra, que las dosificaciones a emplear son conformes a los criterios de durabilidad establecidos en este Código. Quedan limitados a los ambientes XA, XS, XD, XF y XM. En el caso de que se fabrique el hormigón en obra, son preceptivos para estos ambientes y la dirección facultativa velará para que se efectúe su realización. En el caso de hormigón preparado, el fabricante lo hará constar en la declaración responsable y podrá serle exigida la acreditación que los documente, debiéndose cumplir que su antigüedad no exceda a los 6 meses del suministro.

Se realizarán series independientes de ensayos para cada una de las dosificaciones empleadas en el párrafo anterior y cuyo empleo esté previsto en la obra, al objeto de caracterizarlas. Dichos ensayos serán, en su caso los de determinación de la profundidad de penetración de agua bajo presión y contenido de aire ocluido. Asimismo, el pliego de prescripciones técnicas particulares del proyecto o la dirección facultativa podrán disponer la realización de otros ensayos para la determinación de características adicionales como, por ejemplo, la determinación de la velocidad de carbonatación o del coeficiente de difusión de iones cloruro cuando el proyecto incluya una estimación de la vida útil de la estructura, según el Anejo 12 .

Previamente al inicio del suministro, se procederá a la realización tres ensayos en una amasada fabricada en la central con la misma dosificación que se vaya a emplear en la obra. Cada ensayo se realizará sobre tres probetas en el caso de la determinación de la profundidad de penetración de agua y sobre dos tomas de una muestra en el caso de la determinación del aire ocluido. La toma de muestras deberá realizarse en la misma instalación en la que va a fabricarse el hormigón durante la obra. La selección del momento para realizar la citada operación, así como la del laboratorio encargado de la fabricación, conservación y ensayo de estas probetas deberán ser previamente acordadas por el responsable de la recepción del hormigón, el suministrador del mismo y, en su caso, el constructor o el prefabricador.

Los ensayos se realizarán conforme a lo establecido en el apartado 57.3.3 de este Código. Se elaborará un informe con los resultados obtenidos donde se indicará además la dosificación real empleada en el hormigón ensayado, así como la identificación de sus materias primas.

Anejo 14

Tolerancias en elementos de hormigón

Contenidos del anejo

1	ESPECIFICACIONES DEL SISTEMA DE TOLERANCIAS	3
2	TERMINOLOGÍA	3
3	SELECCIÓN DEL SISTEMA DE TOLERANCIAS.....	5
4	PRINCIPIOS GENERALES.....	5
5	DESVIACIONES ADMISIBLES	6
5.1	ARMADURAS.....	6
5.1.1	<i>Armaduras pasivas</i>	<i>6</i>
5.1.2	<i>Armaduras activas.....</i>	<i>7</i>
5.2	CIMENTACIONES	8
5.3	ELEMENTOS DE ESTRUCTURAS DE EDIFICIOS CONSTRUIDAS <i>IN SITU</i>	10
5.4	ELEMENTOS PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	13
5.4.1	<i>Tolerancias de fabricación de elementos lineales</i>	<i>14</i>
5.4.2	<i>Tolerancias de fabricación de elementos superficiales.....</i>	<i>15</i>
5.4.3	<i>Desviaciones de montaje</i>	<i>16</i>
5.5	NÚCLEOS, TORRES, CHIMENEAS, PILAS Y OTROS ELEMENTOS HORMIGONADOS CON ENCOFRADO DESLIZANTE....	18
5.6	MUROS DE CONTENCIÓN Y MUROS DE SÓTANO	18
5.7	OBRAS HIDRÁULICAS Y SANITARIAS	19
5.7.1	<i>Canales</i>	<i>19</i>
5.7.2	<i>Alcantarillas, sifones, etc.</i>	<i>20</i>
5.8	PUENTES Y ESTRUCTURAS ANÁLOGAS HORMIGONADAS IN SITU (PARA PILAS DESLIZADAS VÉASE EL APARTADO 5.5)	20
5.9	PAVIMENTOS Y ACERAS (NO APLICABLE A CARRETERAS).....	22
5.10	OBRAS CIVILES DE ELEMENTOS DE GRAN ESPESOR NO INCLUIDAS EN OTROS APARTADOS	23
6	TOLERANCIAS APLICABLES PARA REDUCIR LOS COEFICIENTES PARCIALES DE SEGURIDAD DE LOS MATERIALES	23
6.1	ESTRUCTURAS CONSTRUIDAS IN SITU	24
6.2	ELEMENTOS PREFABRICADOS	24

1 Especificaciones del sistema de tolerancias

El sistema de tolerancias que adopte el autor del proyecto debe quedar claramente establecido en el pliego de prescripciones técnicas particulares, bien por referencia a este anejo, bien completado o modificado según se estime oportuno.

2 Terminología

Se indica a continuación la terminología esencial.

- a) Alabeo. La desviación de la posición real de una esquina cualquiera de una cara de un elemento plano, respecto al plano definido por las otras tres esquinas (figura A14.2.a).

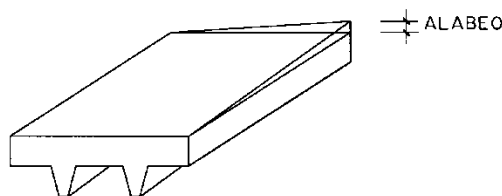


Figura A14.2.a

- b) Arqueo. La desviación de la posición de cualquier punto de la superficie real de un elemento teóricamente plano y la superficie plana básica (figura A14.2.b).

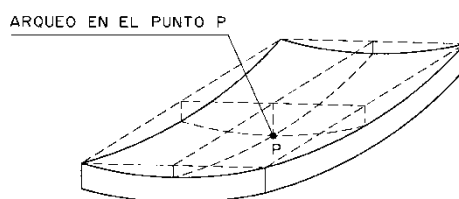


Figura A14.2.b

- c) Ceja. Resalto en la junta entre los bordes de dos piezas contiguas.
- d) Desplome. Ver j).
- e) Desviación. Diferencia entre la dimensión real o posición real y la dimensión básica o posición básica, respectivamente.
- f) Desviación admisible. Límite aceptado para la desviación, con su signo (figura A14.2.c).
- g) Desviación de nivel. La desviación vertical de la posición real de un punto, recta o plano, respecto a la posición básica de un plano horizontal de referencia.

- h) Desviación lateral. La desviación de la posición real de un punto o recta dentro de un plano horizontal, respecto a la posición básica de un punto o recta de referencia, situados en ese plano.
- i) Desviación relativa. La desviación entre las posiciones reales de dos elementos en un plano, o entre elementos adyacentes en una construcción, o la distancia de un punto, recta o plano a un elemento de referencia.
- j) Desviación de la vertical. La desviación entre la posición de un punto, línea o plano y la posición básica de una línea vertical o plano vertical de referencia. Cuando se aplica a muros o pilares se llama desplome.
- k) Dimensión básica o posición básica. Dimensión o posición que sirven de referencia para establecer los límites de desviación (figura A14.2.c).

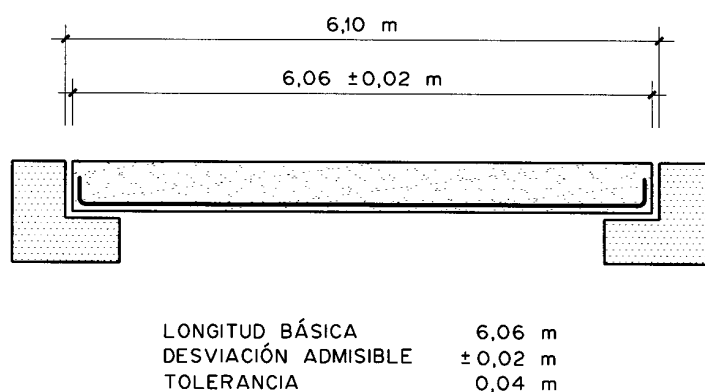


Figura A14.2.c

- l) Planeidad. El grado en que una superficie se aproxima a un plano (figura A14.2.d).

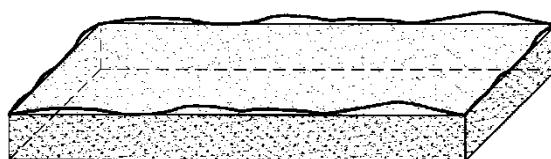


Figura A14.2.d

- m) Rectitud. El grado en que una línea se aproxima a una recta (figura A14.2.e).

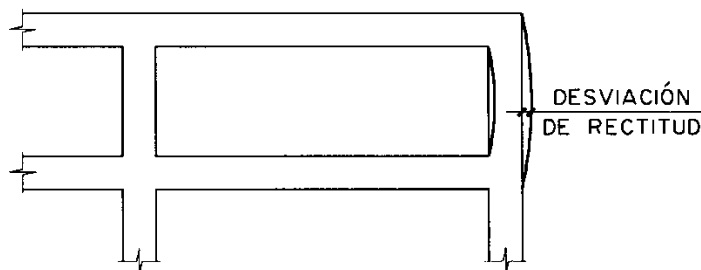


Figura A14.2.e

- n) Superficie no vista. La superficie de un elemento de hormigón destinada a ser revestida con tendidos, enfoscados, aplacados, etc., o que no va a ser observada por el usuario durante la vida útil de la construcción.
- ñ) Superficie vista. La superficie de un elemento de hormigón que no va a ser revestida, salvo con pinturas, y que va a ser observada por el usuario durante la vida útil de la construcción.
- o) Tolerancia. La diferencia entre los límites admisibles para las desviaciones de una dimensión o posición (figura A14.2.c). La tolerancia es un valor absoluto sin signo.

Por ejemplo, para desviaciones admisibles de +30 mm y -20 mm, la tolerancia es 50 mm.

3 Selección del sistema de tolerancias

Conviene que las tolerancias adoptadas en un proyecto sean las más amplias compatibles con el funcionamiento adecuado de la construcción. No deben establecerse tolerancias cuya verificación no sea necesaria para dicho funcionamiento.

El sistema que se incluye en este anejo es adecuado para obras de hormigón de tipo usual. Para algunas desviaciones específicas se indican distintas desviaciones admisibles según tipos de uso o grados de acabado. De todas formas, su adaptación a cada proyecto concreto puede requerir alguna modificación puntual.

4 Principios generales

- a) Las tolerancias se aplican a las cotas indicadas en los planos. Deberá evitarse el doble dimensionamiento, pero en principio si a una dimensión o posición le corresponden varias tolerancias en el sistema descrito en este documento, se entiende que rige la más estricta salvo que se indique otra cosa.
- b) La construcción no debe en ningún caso traspasar los límites de propiedad, con independencia de las desviaciones que en este Anejo se indican.
- c) En caso de dimensiones fraccionadas que forman parte de una dimensión total, las tolerancias deben interpretarse individualmente y no son acumulativas.
- d) Las comprobaciones deben realizarse antes de retirar apeos, puntales y cimbras en los elementos en que tal operación pueda producir deformaciones.
- e) El constructor debe mantener las referencias y marcas que permitan la medición de desviaciones durante el tiempo de ejecución de la obra.
- f) Los valores para las desviaciones admisibles deben elegirse dentro de la serie preferente 10, 12, 16, 20, 24 30, 40, 50, 60, 80, 100.
- g) Si se han respetado las tolerancias establecidas, la medición y abono de los elementos se hace a partir de las dimensiones básicas indicadas en los planos, es decir sin considerar las desviaciones ocurridas en la ejecución.
- h) Si las desviaciones indicadas en este documento son excedidas en la construcción y pudieran causar problemas en su uso, podrán aplicarse las penalizaciones económicas establecidas para ello en el pliego de condiciones

del proyecto, pero la aceptación o rechazo de la parte de obra correspondiente debe basarse en el estudio de la trascendencia que tales desviaciones puedan tener sobre la seguridad, funcionalidad, durabilidad y aspecto de la construcción.

5 Desviaciones admisibles

Se indican siempre en mm.

5.1 Armaduras

5.1.1 Armaduras pasivas

a) Para las longitudes de corte y barras dobladas:

Para $L \leq 6.000$ mm

$\Delta = -20\text{mm}$ y $+50\text{mm}$

Para $L > 6.000$ mm

$\Delta = -30\text{mm}$ y $+50\text{mm}$

Donde L indica la longitud recta de las barras de la armadura pasiva.

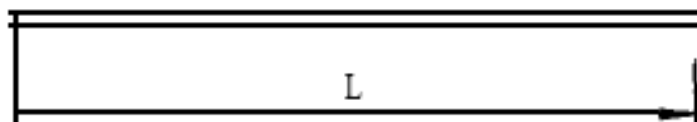


Figura A14.5.1.1.a1

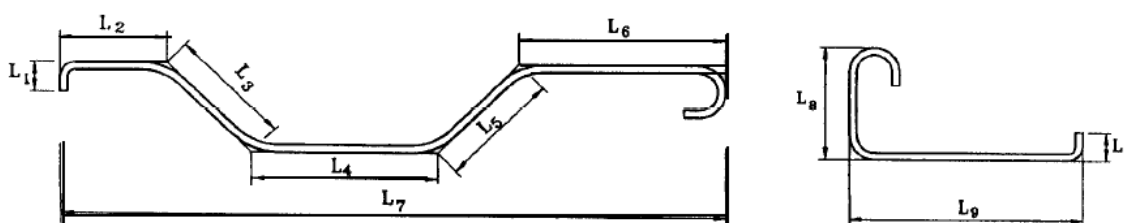


Figura A14.5.1.1.a2

Asimismo, deberán garantizarse siempre el recubrimiento mínimo de hormigón definido en el proyecto y las longitudes de solape de este Código, pudiéndose superar la tolerancia de $+50$ mm.

b) Para estribos y cercos:

Para $\varnothing \leq 25$ mm

$$\Delta L = \pm 16 \text{ mm}$$

Para $\varnothing > 25 \text{ mm}$

$$\Delta L = -24 \text{ mm y } +20 \text{ mm}$$

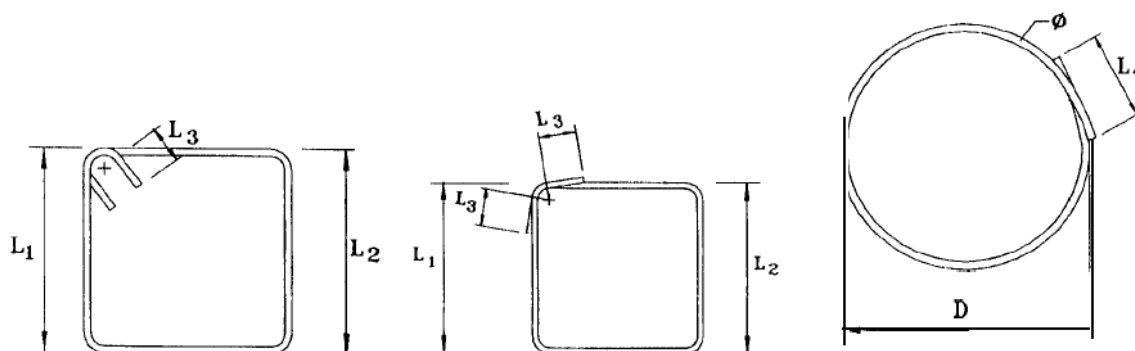


Figura A14.5.1.1.b

donde L indica la longitud según la figura A14.5.1.1.b.

Así mismo, $|L_1 - L_2| \leq 10 \text{ mm}$

- c) Para la posición básica del eje, en series de barras paralelas, en muros, losas, zapatas, etc.:

$\Delta = \pm 50 \text{ mm}$ y el número total de barras nunca debe ser inferior al especificado.

- d) Para la posición básica de estribos y cercos

$$\Delta = \pm b/12 \text{ mm},$$

siendo b el lado menor de la sección rectangular del pilar o el canto o el ancho de la viga.

Así mismo, nunca podrá disminuirse el número total de estribos y cercos por tramo del elemento estructural al que pertenezcan.

- e) Para los ángulos de doblado de ganchos, patillas, ganchos en U y otras barras curvadas

$$\Delta = \pm 5^\circ \text{ respecto al ángulo indicado en el proyecto}$$

Así mismo, siempre deberá garantizarse el recubrimiento mínimo de hormigón definido en el proyecto y las longitudes de solape de este Código.

5.1.2 Armaduras activas

- a) Para la posición de los tendones de pretensado, en comparación con la posición definida en proyecto:

$$\text{Para } l \leq 200 \text{ mm}$$

Para tendones que sean parte de un cable, tendones simples y cordones: $\Delta = \pm 0,025l$.

Para $l > 200 \text{ mm}$

Para tendones que sean parte de un cable y para tendones simples: $\Delta = \pm 0,025 l$ o $\Delta = \pm 20 \text{ mm}$ (lo que sea mayor).

Para cordones: $\Delta = \pm 0,04l$ o $\Delta = \pm 30 \text{ mm}$ (lo que sea mayor).

donde l indica el canto o anchura de la sección transversal.

- b) Se pueden utilizar otras tolerancias distintas de las definidas en el párrafo a) si se demuestra que no reducen el nivel requerido de seguridad.
- c) Tolerancias para el recubrimiento del hormigón. La desviación del recubrimiento no excederá los valores:
 - $\pm 5 \text{ mm}$ en elementos prefabricados
 - $\pm 10 \text{ mm}$ en elementos hormigonados *in situ*

5.2 Cimentaciones

- a) Variación en planta del centro de gravedad de cimientos aislados (figura A14.5.2.a)

2% de la dimensión del cimiento en la dirección correspondiente, sin exceder de $\pm 50 \text{ mm}$.

- b) Niveles:

Cara superior del hormigón de limpieza:

+20 mm

-50 mm

Cara superior del cimiento:

+20 mm

-50 mm

Espesor del hormigón de limpieza:

-30 mm

- c) Dimensiones en planta (a_1 -a o b_1 -b) (figura A14.5.2.b).

Cimientos encofrados:

+40 mm

-20 mm

Cimientos hormigonados contra el terreno:

Dimensión no superior a 1 m:

+80 mm

-20 mm

Dimensión superior a 1 m pero no superior a 2,5 m:

+120 mm

-20 mm

Dimensión superior a 2,5 m:

+200 mm

-20 mm

d) Dimensiones de la sección transversal (como mínimo las establecidas en el apartado 5.3.d)

+5% $\nlessgtr$ 120 mm

-5% $\nlessgtr$ 20 mm

e) Planeidad:

Desviaciones medidas después de endurecido y antes de 72 horas desde el vertido del hormigón, con regla de 2 m colocada en cualquier parte de la cara superior del cimientó y apoyada sobre dos puntos cualesquiera (no es aplicable a elementos de dimensión inferior a 2 m).

Del hormigón de limpieza:

± 16 mm

De la cara superior del cimientó:

± 16 mm

De caras laterales (sólo para cimientos encofrados):

± 16 mm

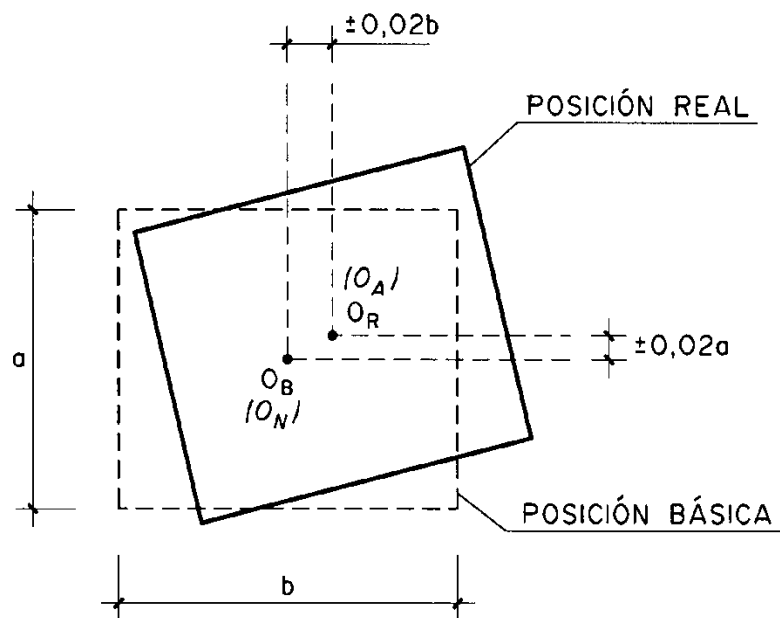


Figura A14.5.2.a

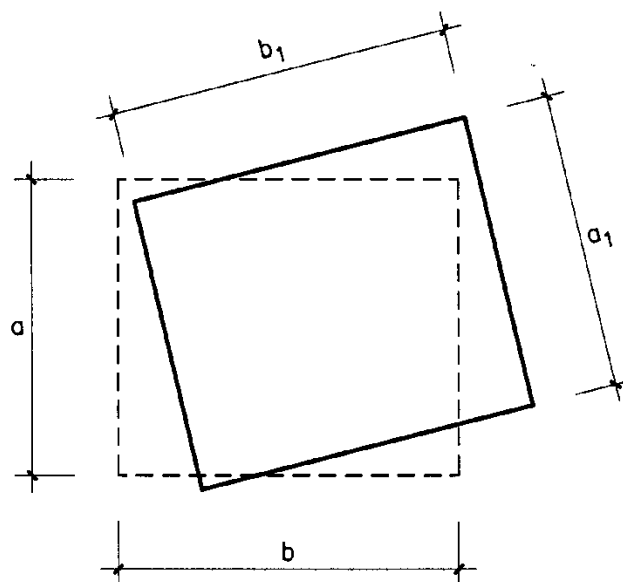


Figura A14.5.2.b

5.3 Elementos de estructuras de edificios construidas *in situ*

a) Desviación de la vertical:

Siendo H la altura del punto considerado respecto al plano horizontal que se tome como referencia.

a-1) Líneas y superficies en general (Δ en mm para H en m):

$H \leq 6$ m	$\Delta = \pm 24$ mm	
$6 \text{ m} < H \leq 30$ m	$\Delta = \pm 4H$	$\nlessgtr \pm 50$ mm
$H \geq 30$ m	$\Delta = \pm 5H/3$	$\nlessgtr \pm 150$ mm

a-2) Arista exterior de pilares de esquina vistos, y juntas verticales de dilatación vistas (Δ en mm para H en m)

$H \leq 6$ m	$\Delta = \pm 12$ mm	
$6 \text{ m} < H \leq 30$ m	$\Delta = \pm 2H$	$\nlessgtr \pm 24$ mm
$H \geq 30$ m	$\Delta = \pm 4H/5$	$\nlessgtr \pm 80$ mm

b) Desviaciones laterales:

Piezas en general:

$$\Delta = \pm 24 \text{ mm}$$

Huecos en losas y forjados. Desviación del centro para huecos de dimensión en la dirección considerada hasta 30 cm:

$$\Delta = \pm 12 \text{ mm}$$

Huecos en losas de forjados. Desviación de los bordes para huecos de dimensiones en la dirección considerada superiores a 30 cm:

$$\Delta = \pm 12 \text{ mm}$$

Juntas en general:

$$\Delta = \pm 16 \text{ mm}$$

c) Desviaciones de nivel:

c-1) Cara superior de losas:

c-1.1) Cara superior de losas de pavimento:

$$\pm 20 \text{ mm}$$

c-1.2) Cara superior de losas y forjados, antes de retirar puntales:

$$\pm 20 \text{ mm}$$

c-1.3) Cara inferior encofrada de piezas, antes de retirar puntales:

$$\pm 20 \text{ mm}$$

c-1.4) Dinteles, parapetos y acanaladuras así como resaltos horizontales vistos:

$$\pm 12 \text{ mm}$$

d) Dimensiones de la sección transversal:

Escuadría de vigas, pilares, pilas, canto de losas y forjados y espesor de muros (dimensión D):

$D \leq 30$ cm

+10 mm

-8 mm

$30 \text{ cm} < D \leq 100$ cm

+12 mm

-10 mm

$100 \text{ cm} < D$

+24 mm

-20 mm

e) Desviación relativa.

e-1) Escaleras (aplicable a escaleras en que el peldañeo se realiza con el propio hormigón, sin material de revestimiento).

Diferencia de altura entre contrahuellas consecutivas:

3 mm

Diferencia de ancho entre huellas consecutivas:

6 mm

e-2) Acanaladuras y resaltos.

Ancho básico inferior a 50 mm:

± 3 mm

Ancho básico entre 50 y 300 mm:

± 6 mm

e-3) Desviaciones de cara encofrada de elementos respecto al plano teórico, en 3 m.

e-3.1) Desviación de la vertical de aristas exteriores de pilares vistos y juntas en hormigón visto:

± 6 mm

e-3.2) Restantes elementos:

± 10 mm

e-4) Desviación relativa entre paneles consecutivos de encofrados de elementos superficiales (debe seleccionarse la Clase correspondiente en el proyecto).

Superficie Clase A

± 3 mm

Superficie Clase B

± 6 mm

Superficie Clase C

± 12 mm

Superficie Clase D

± 24 mm

e-5) Planeidad de acabado de losas de pavimentos y losas y forjados de piso.

Desviación vertical medida con regla de 3 m colocada en cualquier parte de la losa o forjado y apoyada sobre dos puntos, antes de retirar los puntales, después de endurecido el hormigón y dentro de las primeras 72 h a partir del vertido.

Acabado superficial:

Llaneado mecánico (tipo helicóptero)

± 12 mm

Maestreado con regla

± 8 mm

Liso

± 5 mm

Muy liso

± 3 mm

En cuanto a la planeidad de acabado, no deben especificarse tolerancias para losas y forjados de piso no cimbrados ya que la retracción y las flechas pueden afectar de forma importante a la medida de las desviaciones.

El método de la regla es muy imperfecto y hoy va siendo sustituido por la evaluación estadística de medidas de planeidad y de nivelación.

f) Aberturas en elementos.

f-1) Dimensiones de la sección transversal:

+24 mm

-6 mm

f-2) Situación del centro:

± 12 mm

5.4 Elementos prefabricados de hormigón

Con carácter general, para los elementos prefabricados que tengan marcado CE, las tolerancias exigibles serán las establecidas en la correspondiente norma europea armonizada de producto. Las tolerancias establecidas en los apartados 5.4.1, 5.4.2 y

5.4.3 de este anejo sólo tienen aplicación en el caso de elementos que no dispongan del marcado CE.

5.4.1 Tolerancias de fabricación de elementos lineales

a) Longitud de pieza, L :

$$\pm 0,001 L$$

Con un mínimo de 5 mm para longitudes hasta 1 m y 20 mm para longitudes mayores.

b) Dimensiones transversales, D :

$$D \leq 150 \text{ mm}$$

$$\pm 3 \text{ mm}$$

$$150 \text{ mm} < D \leq 500 \text{ mm}$$

$$\pm 5 \text{ mm}$$

$$500 \text{ mm} < D \leq 1.000 \text{ mm}$$

$$\pm 6 \text{ mm}$$

$$D > 1000 \text{ mm}$$

$$\pm 10 \text{ mm}$$

c) Flecha lateral medida respecto al plano vertical que contiene al eje de la pieza no será superior a $L/750$. Además, en función de la luz L , deberán cumplir:

$$L \leq 6 \text{ m}$$

$$\pm 6 \text{ mm}$$

$$6 \text{ m} < L \leq 12 \text{ m}$$

$$\pm 10 \text{ mm}$$

$$L > 12 \text{ m}$$

$$\pm 12 \text{ mm}$$

d) Desviación de la contraflecha respecto al valor básico de proyecto, medida en el momento del montaje:

Piezas en general:

$$\pm \frac{L}{750} \quad \text{con un valor límite de 16 mm}$$

Piezas consecutivas en la colocación:

$$\pm \frac{L}{1.000} \quad \text{con un valor límite de 12 mm}$$

donde L es la longitud de la pieza. La segunda condición solo rige si la desviación afecta al aspecto estético.

e) Planeidad de la superficie de la cara superior. Desviación medida con regla de 3 m colocada en dos puntos cualesquiera, en el momento del montaje.

e-1) Si no han de recibir encima losa superior de hormigón *in situ*:

± 6 mm

e-2) Si han de recibir encima losa superior de hormigón *in situ*:

± 12 mm

5.4.2 Tolerancias de fabricación de elementos superficiales

a) Longitud, siendo L la dimensión básica:

$L \leq 6$ m

± 8 mm

$6 \text{ m} < L \leq 12 \text{ m}$

+12 mm

-16 mm

$L > 12$ m

+16 mm

-20 mm

b) Desviaciones en las dimensiones de la sección transversal (D):

$D \leq 60$ cm

± 6 mm

$60 \text{ cm} < D \leq 100 \text{ cm}$

± 8 mm

$D > 100$ cm

± 10 mm

c) Aberturas en paneles:

Dimensiones en la abertura:

± 6 mm

Posición de las líneas centrales de la abertura

± 6 mm

d) Elementos embebidos:

Tornillos:

± 6 mm

Placas soldadas:

± 24 mm

Anclajes:

± 12 mm

e) Alabeo medido en el momento del montaje:

± 5 mm por metro de distancia a la más próxima de las esquinas adyacentes, pero no más de ± 24 mm.

f) Arqueo (siendo D la longitud de la diagonal de la pieza):

$\pm 0,003D$ con un valor límite de 24 mm

5.4.3 Desviaciones de montaje

a) Desviaciones respecto a la vertical: rige el apartado 5.3.a.

b) Desviaciones laterales: rige el apartado 5.3.b.

c) Desviaciones de nivel: rige el apartado 5.3.c.

d) Desviaciones en muros de paneles:

d-1) Ancho de junta en paneles vistos:

± 6 mm

d-2) Variación de ancho a lo largo de la junta entre dos paneles vistos:

± 2 mm por metro y como mínimo $\pm 1,5$ mm entre dos puntos cualesquiera a lo largo de la junta, sin exceder en ningún caso ± 6 mm

d-3) Cejas entre dos paneles adyacentes:

si $L \leq 6$ m ± 6 mm

si $6 \text{ m} < L \leq 9$ m ± 12 mm

si $9 \text{ m} < L \leq 12$ m ± 24 mm

e) Desviación de nivel entre bordes de caras superiores de piezas adyacentes

e-1) Si llevan losa superior

± 16 mm

e-2) Si no llevan losa superior

± 6 mm

e-3) Piezas de cubierta sin losa superior

± 16 mm

e-4) Elementos con funciones de guías o maestras

± 2 mm

f) Colocación de viguetas resistentes y semirresistentes en forjados:

f-1) Desviación del apoyo de bovedilla en vigueta, d_1 (figura A14.5.4.3.a):

± 5 mm con un valor límite de $d_1/3$

medido respecto a la dimensión básica indicada en la autorización de uso.

En la práctica es más fácil controlar esta desviación admisible mediante el control de la desviación de la distancia entre ejes de viguetas, limitada a:

$$\pm 10 \text{ mm} \nlessgtr \pm \frac{2d_1}{3}$$

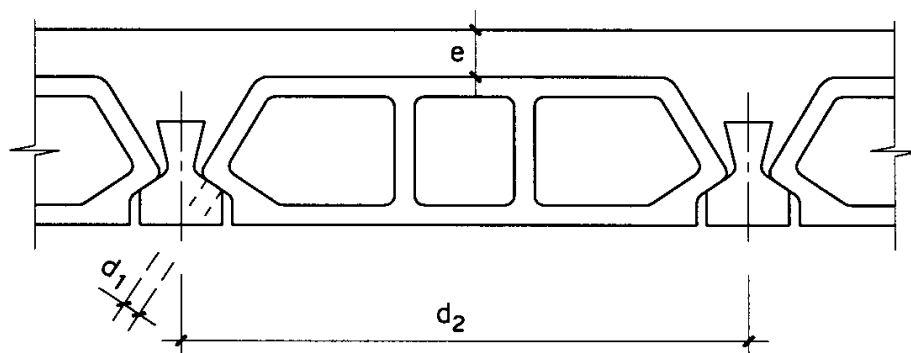


Figura A14.5.4.3.a

f-2) Entregas de viguetas o armaduras salientes en vigas (figura A14.5.4.3.b):

Vigas de borde (longitud L_1):

$\pm 15 \text{ mm}$

Vigas interiores (longitud L_2):

$\pm 15 \text{ mm}$

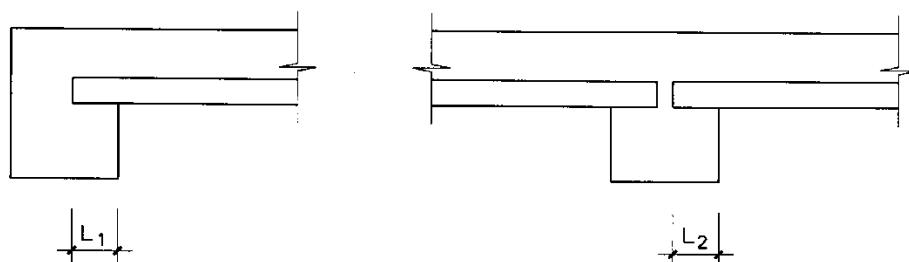


Figura A14.5.4.3.b

f-3) Espesor de losa superior, medido sumergiendo un clavo en el hormigón fresco, en clave de bovedilla. La posición de la clave se determina tanteando con el clavo:

-6 mm

+10 mm

5.5 Núcleos, torres, chimeneas, pilas y otros elementos hormigonados con encofrado deslizante

- a) Desviación de la vertical. Corrimiento horizontal respecto a la posición básica de cualquier punto de referencia en la base del elemento, en función de la altura H :

$$H \leq 30 \text{ m} \quad \Delta = \pm 1,5H \quad \text{con un valor límite de 12 mm}$$

$$H > 30 \text{ m} \quad \Delta = \pm \frac{2}{5} H \quad \text{con un valor límite de 100 mm}$$

Donde Δ en mm y H en m.

- b) Desviación lateral entre elementos adyacentes:

$$\pm 50 \text{ mm}$$

- c) Espesor de muros y paredes:

Espesor no superior a 25 cm:

$$+12 \text{ mm}$$

$$-10 \text{ mm}$$

Espesor superior a 25 cm:

$$+16 \text{ mm}$$

$$-10 \text{ mm}$$

- d) Desviación relativa de superficies planas encofradas:

Pueden desviarse de la posición plana básica sin exceder $\pm 6 \text{ mm}$ en 3 m.

5.6 Muros de contención y muros de sótano

- a) Desviación de la vertical. Corrimiento horizontal de cualquier punto del alzado respecto a la posición básica de cualquier punto de referencia situado en la cara superior del cimientó, en función de la altura H :

$$H \leq 6 \text{ m}$$

Trasdós:

$$\pm 30 \text{ mm}$$

Intradós:

$$\pm 20 \text{ mm}$$

$$H > 6 \text{ m}$$

Trasdós:

$$\pm 40 \text{ mm}$$

Intradós:

$$\pm 24 \text{ mm}$$

b) Espesor e : $e \leq 50$ cm

+16 mm

-10 mm

 $e > 50$ cm

+20 mm

-16 mm

En muros hormigonados contra el terreno, la desviación máxima en más será de 40 mm.

c) Desviación relativa de las superficies planas de intradós o de trasdós:

Pueden desviarse de la posición plana básica sin exceder ± 6 mm en 3 m.

d) Desviación de nivel de la arista superior del intradós, en muros vistos:

 ± 12 mm

e) Tolerancia de acabado de la cara superior del alzado, en muros vistos:

± 12 mm con regla de 3 m. apoyada en dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón.

5.7 Obras hidráulicas y sanitarias

5.7.1 Canales

a) Desviación lateral:

Tramos rectos:

 ± 50 mm

Tramos curvos:

 ± 100 mmb) Ancho de la sección a cualquier nivel, siendo B el ancho básico: $\Delta = \pm(2,5B + 24)$ mm

Con Δ en mm para B en metros.

c) Desviación de nivel:

c-1) Solera:

 ± 12 mmc-2) Coronación de cajeros siendo H el calado total: $\Delta = \pm(5H + 24)$ mm

Con Δ en mm para H en metros.

d) Espesor e de soleras y cajeros: $\pm e/10$, siempre que se mantenga el valor básico determinado como media de las medidas en tres puntos cualesquiera distantes entre sí 10 m, a lo largo del canal.

5.7.2 Alcantarillas, sifones, etc.

a) Desviación lateral:

a-1) Línea del eje:

 $\pm 24 \text{ mm}$ a-2) Posición de puntos de la superficie interior, siendo D la dimensión interior máxima: $\Delta = \pm 5D \text{ mm}$ con un valor límite de 12 mmcon Δ en mm para D en m.

b) Desviación de nivel:

b-1) Soleras o fondos:

 $\pm 12 \text{ mm}$

b-2) Superficies de cajeros:

 $\pm 12 \text{ mm}$ c) Dimensión e del espesor: $e \leq 30 \text{ cm}$ $+0,05e \nless 12 \text{ mm}$ -8 mm $e > 30 \text{ cm}$ $+0,05e \nless 16 \text{ mm}$ $-0,025e \nless -10 \text{ mm}$ **5.8 Puentes y estructuras análogas hormigonadas in situ (para pilas deslizadas véase el apartado 5.5)**

a) Desviación de la vertical:

Superficies vistas:

 $\pm 20 \text{ mm}$

Superficies ocultas:

 $\pm 40 \text{ mm}$

b) Desviación lateral:

Eje:

 $\pm 24 \text{ mm}$

c) Desviación de nivel:

Cara superior de superficies de hormigón y molduras y acanaladuras horizontales:

Vistas:

± 20 mm

Ocultas:

± 40 mm

d) Planeidad del pavimento:

Dirección longitudinal:

3 mm con regla de 3 m apoyada sobre dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón y antes de 72 horas de vertido.

Dirección transversal:

6 mm con regla de 3 m apoyada sobre dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón y antes de 72 horas de vertido.

e) Aceras y rampas:

En cualquier dirección:

6 mm con regla de 3 m apoyada sobre dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón y antes de 72 horas de vertido.

f) Dimensiones de la sección transversal:

f-1) Espesor e de la losa superior:

$e \leq 25$ cm

+10 mm

-8 mm

$e > 25$ cm

+12 mm

-10 mm

f-2) Dimensiones transversales, D , de pilas, vigas, muros, estribos, etc.:

$D \leq 30$ cm

+10 mm

-8 mm

$30 \text{ cm} < D \leq 100$ cm

+12 mm

-10 mm

$D > 100$ cm

+16 mm

-12 mm

f-3) Dimensiones de huecos en elementos de hormigón

± 12 mm

g) Desviación relativa:

g-1) Posición de huecos en elementos de hormigón:

±12 mm

- g-2) Superficies planas encofradas respecto a la posición básica del plano. Desviaciones en 3 m:

Superficies vistas:

±12 mm

Superficies ocultas:

±24 mm

- g-3) Superficies no encofradas, aparte pavimentos y aceras, respecto a la posición básica del plano de referencia. Desviaciones:

En 3 m

±6 mm

En 6 m

±10 mm

5.9 Pavimentos y aceras (no aplicable a carreteras)

- a) Desviaciones laterales:

- a-1) Posición de pasadores. Desviación del eje:

±24 mm

- a-2) Desviación de pasadores respecto al eje del pavimento (corrimiento del extremo del pasador en dirección de la junta):

±6 mm

- b) Desviaciones de planeidad:

- b-1) En dirección longitudinal:

3 mm con regla de 3 m apoyada sobre dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón y antes de 72 horas de vertido.

- b-2) En dirección transversal:

6 mm con regla de 3 m apoyada sobre dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón y antes de 72 horas de vertido.

- b-3) Aceras y rampas. En cualquier dirección:

6 mm con regla de 3 m apoyada sobre dos puntos cualesquiera, una vez endurecido el hormigón y antes de 72 horas de vertido.

5.10 Obras civiles de elementos de gran espesor no incluidas en otros apartados

a) Desviación de la vertical:

Superficies vistas:

± 30 mm

Superficies ocultas:

± 50 mm

b) Desviación lateral:

Superficies vistas:

± 30 mm

Superficies ocultas:

± 50 mm

c) Desviación de nivel:

Superficies vistas, fratasadas o encofradas:

± 12 mm

Superficies ocultas, fratasadas o encofradas:

± 24 mm

d) Desviación relativa:

d-1) Superficies planas encofradas respecto a la posición básica del plano.
Desviaciones en 3 m:

Superficies vistas:

± 12 mm

Superficies ocultas:

± 24 mm

d-2) Superficies no encofradas, aparte pavimentos y aceras, respecto a la posición básica del plano de referencia. Desviaciones:

En 3 m:

± 6 mm

En 6 m:

± 10 mm

6 Tolerancias aplicables para reducir los coeficientes parciales de seguridad de los materiales

6.1 Estructuras construidas in situ

De acuerdo con los criterios definidos en el Anejo 19 podrá reducirse el coeficiente parcial de seguridad del acero al valor que figura en dicho apartado, siempre que se asegure que la desviación geométrica de la posición de la armadura (Δc) está dentro de los límites de la tabla A14.6.1.a.

Tabla A14.6.1.a Límite de la desviación en la posición de las armaduras

Dimensión h o b (mm)	Posición de la armadura $\pm \Delta c$ (mm)
≤ 150	5
400	10
≥ 2.500	20

Nota 1: Los valores intermedios se podrán obtener por interpolación lineal.

Nota 2: Δc se refiere al valor medio obtenido para las armaduras pasivas o para los tendones de pretensado en la sección transversal o en una anchura de 1,0 m para el caso de losas o muros.

Asimismo, de acuerdo con los criterios definidos en el Anejo 19, podrá reducirse el coeficiente parcial de seguridad del hormigón, siempre que se asegure que las desviaciones geométricas de la sección transversal (Δh , Δb) respecto de las dimensiones nominales están dentro de los límites de la tabla A14.6.1.b.

Tabla A14.6.1.b Límite de las desviaciones geométricas de la sección resistente

Dimensión h o b (mm)	Sección transversal $\pm \Delta h$, Δb (mm)
≤ 150	5
400	10
≥ 2.500	30

Nota 1: Los valores intermedios se podrán obtener por interpolación lineal.

6.2 Elementos prefabricados

Las reglas establecidas en el apartado 6.1 de este anejo para estructuras construidas in situ son también aplicables para elementos prefabricados según se ha definido con anterioridad.

En el caso particular de elementos prefabricados, puede reducirse el coeficiente parcial de seguridad del hormigón tal y como se establece en el Anejo 19, si el cálculo de la capacidad resistente de la sección se realiza utilizando, o bien los valores reales

medidos en la estructura ya terminada, o una sección resistente reducida con unas dimensiones geométricas críticas obtenidas a partir de los valores nominales reducidos por las desviaciones recogidas en el apartado 6.1 de este anejo.

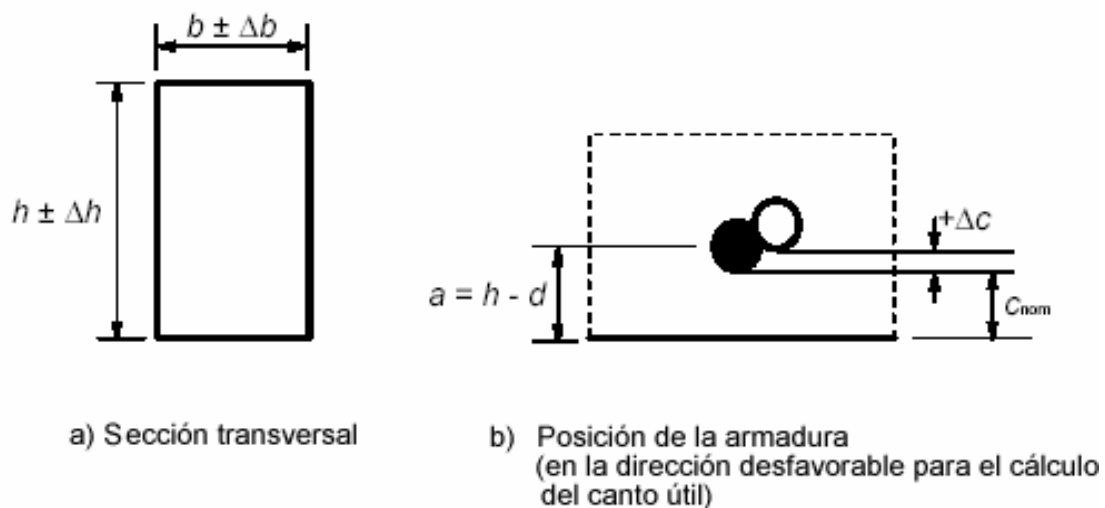


Figura A14.6.2. Sección resistente reducida

Anejo 15

Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón

Contenidos del anejo

1	INTRODUCCIÓN	3
2	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN DE LAS UNIDADES DE INSPECCIÓN	3
2.1	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN EN FUNCIÓN DEL PROCESO DE EJECUCIÓN	4
2.2	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN EN FUNCIÓN DEL TIPO DE ELEMENTO	5

1 Introducción

La dirección facultativa llevará a cabo el control de la ejecución de las estructuras de hormigón, mediante una de las dos opciones admitidas en el Artículo 17 de este Código.

En la opción A, el control de la ejecución lo realizará la propia dirección facultativa, asistida en su caso por un agente de control independiente que desarrolle su actividad para la dirección facultativa.

En la opción B, el control de la ejecución de cada lote y unidad de inspección lo realizará el constructor, y la dirección facultativa, asistida o no por un agente de control independiente, realizará un control de contraste del control del constructor.

En este anejo se incluye, de forma orientativa, las frecuencias de comprobación para las diferentes unidades de inspección definidas en el apartado 63.2 de este Código. Estas frecuencias deberán adaptarse a las características de la obra y a los medios disponibles en la misma, por lo que la dirección facultativa, por iniciativa propia o a propuesta del constructor, podrá autorizar valores diferentes a los recogidos en este anejo.

2 Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección

En el caso que el control de la ejecución se organice según la opción B definida en el Artículo 17 de este Código, para cada proceso o actividad de ejecución incluido en un lote, el control del constructor (definido en las tablas siguientes simplemente como control) desarrollará el control de la ejecución con unas frecuencias mínimas de comprobación obtenidas en función del número de unidades de inspección, del nivel de control de la ejecución (normal o intenso) y la clase de ejecución, de acuerdo con lo indicado en las tablas A15.2.1, A15.2.2.a y A15.2.2.b. Por su parte, la dirección facultativa podrá desarrollar adicionalmente un control de contraste, mediante la realización de comprobaciones cuyo número será también función del número de unidades de inspección, del nivel de control y la clase de ejecución, de acuerdo con los criterios de las citadas tablas.

En el caso que el control de la ejecución se organice mediante la opción A definida en el Artículo 17 de este Código, el control lo realizará la dirección facultativa en los términos descritos en dicho artículo, y por lo tanto no será necesario que la propia dirección facultativa realice controles de contraste adicionales.

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 15. Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón

2.1 Frecuencias de comprobación en función del proceso de ejecución

Tabla A15.2.1 Frecuencias de comprobación para los procesos de ejecución incluidos en la tabla 63.2.a de este Código.

Proceso de ejecución	Número mínimo de unidades de inspección a controlar para la aceptación de cada lote de ejecución			
	Nivel de control normal (acorde con el apartado 22.4)		Nivel de control intenso (acorde con el apartado 22.4)	
	Control ⁽¹⁾	Control de contraste ⁽²⁾	Control ⁽¹⁾	Control de contraste ⁽²⁾
Control de la gestión de acopios	100%	3	100%	20%, con un mínimo de 3
Replanteos	2	1	100%	20%
Cimbras	1	1	100%	50%
Despiece de planos de armaduras diseñadas según proyecto	1	1	1	1
Elaboración de las armaduras, mediante atado o soldadura no resistente (incluyendo procesos de enderezado, corte, doblado y armado, en su caso)	2	1	5	1
Descimbrado	1	1	3	2
Uniones de los prefabricados	3	1	5	1

(1) Control= Control del constructor en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código ó Control de la dirección facultativa en la opción A de control definida en el Artículo 17 de este Código

(2) Control de contraste de la dirección facultativa, sólo en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código

2.2 Frecuencias de comprobación en función del tipo de elemento

Tabla A15.2.2.a Frecuencias de comprobación para un nivel de control intenso de las unidades de inspección en función del tipo de elemento definidas en la tabla 63.2.b de este Código

Nivel de control intenso												
Tipo de elemento	Procesos de ejecución											
	Montaje de armaduras pasivas		Operaciones de pretensado		Vertido y compactación		Encofrado y desencofrado		Curado		Acabado	
	C. (1)	C.C.(2)	C. (1)	C.C.(2)	C. (1)	C.C.(2)	C. (1)	C.C.(2)	C. (1)	C.C.(2)	C. (1)	C.C.(2)
Elementos de cimentación con volúmenes inferiores a los 350 m ³	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%
Elementos de cimentación con volúmenes superiores a los 350 m ³	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%
Alzados de pilares y muros en edificación	25	5	100%	100%	5	2	3	1	5	2	5	2
Alzados de pilas, estribos y muros en el caso de puentes	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%
Pila hormigonada con encofrados trepantes	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%
Pila hormigonada con encofrados deslizantes	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%
Vigas, forjados y otros elementos trabajando a flexión en edificación Losa superior e inferior de marcos	100%	20%	100%	100%	10%	100%	50%	10%	20%	50%	100%	20%
Tableros en general	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 15. Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón

Nivel de control intenso												
Tipo de elemento	Procesos de ejecución											
	Montaje de armaduras pasivas		Operaciones de pretensado		Vertido y compactación		Encofrado y desencofrado		Curado		Acabado	
	C. ⁽¹⁾	C.C. ⁽²⁾	C. ⁽¹⁾	C.C. ⁽²⁾	C. ⁽¹⁾	C.C. ⁽²⁾	C. ⁽¹⁾	C.C. ⁽²⁾	C. ⁽¹⁾	C.C. ⁽²⁾	C. ⁽¹⁾	C.C. ⁽²⁾
Tableros ejecutados por fases	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%
Tableros ejecutados por dovelas	100%	20%	100%	100%	100%	20%	100%	20%	100%	20%	100%	20%

(1) C.: Control= Control del constructor en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código ó Control de la dirección facultativa en la opción A de control definida en el artículo 17 de este Código

(2) C.C: Control de contraste de la dirección facultativa, sólo en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código

Anejo 15. Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón

Tabla A15.2.2.b. Frecuencias de comprobación para un nivel de control normal de las unidades de inspección en función del tipo de elemento definidas en la tabla 63.2.b de este Código

Nivel de control normal										
Tipo de elemento	Procesos de ejecución									
	Montaje de armaduras pasivas		Vertido y compactación		Encofrado y desencofrado		Curado		Acabado	
	C. (1)	C.C. (2)	C. (1)	C.C. (2)	C. (1)	C.C. (2)	C. (1)	C.C. (2)	C. (1)	C.C. (2)
Pilotes in situ	50%	10%	50%	10%	No aplica		No aplica		No aplica	
Pantallas	50%	10%	50%	10%	No aplica		No aplica		No aplica	
Elementos de cimentación con volúmenes inferiores a los 350 m ³	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%
Elementos de cimentación con volúmenes superiores a los 350 m ³	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%
Alzados de pilares y muros en edificación	15	3	3	1	1	1	3	1	3	1
Vigas, forjados y otros elementos trabajando a flexión en edificación	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%
Losa superior e inferior de marcos	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%	50%	10%

(1) C.: Control= Control del constructor en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código ó Control de la dirección facultativa en la opción A de control definida en el Artículo 17 de este Código

(2) C.C.: Control de contraste de la dirección facultativa, sólo en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código

En cualquier caso, en función de las características de la obra, la dirección facultativa podrá adaptar las frecuencias de comprobación que se indican en este apartado. Así, por ejemplo, en el caso de obras de ingeniería de pequeña envergadura, así como en obras de edificación sin especial complejidad estructural (formadas por vigas, pilares y forjados convencionales no pretensados, con luces de hasta 6,00 metros y un número de niveles de forjado no superior a diez), en las que se realice un nivel de control normal, la dirección facultativa podrá optar por modificar las frecuencias de

Anejo 15. Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de hormigón

comprobación aplicando la tabla A15.2.2.c en el que se indican las verificaciones mínimas a realizar en cada proceso de ejecución para la aceptación de cada lote.

**Tabla A15.2.2.c Frecuencias de comprobación para un nivel de control normal:
Opción simplificada.**

Nivel de control normal		
Proceso de ejecución	Control ⁽¹⁾	Control de Contraste ⁽²⁾
Control de la gestión de acopios	50 % del acopio correspondiente a cada material, forma de suministro, fabricante y partida	Acopio correspondiente a 2 materiales, forma de suministro, fabricante y partida
Replanteos.	replanteos correspondientes a un 20% de cada planta o nivel a ejecutar	replanteos correspondientes a un 10% de cada planta o nivel a ejecutar
Cimbras	3000 m³ de cimbra	3000 m³ de cimbra
Despiece de planos de armaduras diseñadas según proyecto	Planillas correspondientes a una remesa de armaduras.	Planillas correspondientes a una remesa de armaduras.
Elaboración de las armaduras, mediante atado o soldadura no resistente (incluyendo procesos de enderezado, corte, doblado y armado, en su caso)	2	1
Descimbrado	3000 m³ de cimbra	3000 m³ de cimbra
Uniones de los prefabricados	3	1
Encofrado y desencofrado	50% de los elementos (en muro se considerará un elemento cada 5m de muro; en forjados 50 m²).	10% de los elementos (en muro se considerará un elemento cada 5m de muro; en forjados 50 m²).
Montaje de armaduras pasivas	Montaje de las armaduras del 50% de los elementos. En el caso de pilares y muros, mínimo 15 elementos (en muro armadura correspondiente a 5m de muro).	Montaje de las armaduras del 10% de los elementos. En el caso de pilares y muros, mínimo 3 elementos (en muro armadura correspondiente a 5m de muro).
Vertido y compactación del hormigón	Hormigón correspondiente al 50% de los elementos (en muro vertido correspondiente a 5m; en forjados, 50 m²).	Hormigón correspondiente al 10% de los elementos (en muro vertido correspondiente a 5m; en forjados, 50 m²).
Curado	Superficie del 50% de los elementos (en muro se considerará un elemento cada 5m de muro; en forjados, 50 m²).	Superficie del 10% de los elementos (en muro se considerará un elemento cada 5m de muro; en forjados, 50m²).
Acabado	Superficie del 50% de los elementos (en muro se considerará un elemento cada 5m; en forjados, 50 m²).	Superficie del 10% de los elementos (en muro se considerará un elemento cada 5m; en forjados, 50 m²).

(1) Control= Control del constructor en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código ó Control de la dirección facultativa en la opción A de control definida en el Artículo 17 de este Código

(2) Control de contraste de la dirección facultativa, sólo en la opción B de control definida en el Artículo 17 de este Código

Anejo16

Tolerancias en elementos de acero

Contenidos del anejo

1. TOLERANCIAS 3

1.1 TOLERANCIAS NORMALES. GENERALIDADES 3

1.2 TOLERANCIAS NORMALES. FABRICACIÓN..... 4

1.3 TOLERANCIAS NORMALES. MONTAJE 9

1.3.1 Apoyos de contacto total 12

1.4 TOLERANCIAS NORMALES PARA PUENTES 13

1.5 TOLERANCIAS ESPECIALES 15

1. Tolerancias

Los elementos de acero fabricados en taller deberán tener marcado CE, y por lo tanto, sus tolerancias dimensionales deberán cumplir lo establecido en la norma armonizada UNE-EN 1090-1.

Para el resto de elementos, se deberá cumplir lo recogido en este anejo.

Las tolerancias se clasifican en:

- Tolerancias normales
- Tolerancias especiales

Las tolerancias normales son las que se especifican en este Anejo. Las desviaciones admitidas indicadas no deben ser superadas en ningún caso ya que comprometerían la resistencia y estabilidad de la estructura; tienen la consideración de tolerancias esenciales.

En las tablas que se incluyen más adelante se detallan, dentro del recuadro de las máximas desviaciones permitidas, otras más estrictas cuya observancia permite pasar de 1,05 a 1,00 los coeficientes parciales de resistencia γ_{M0} y γ_{M1} en el apartado 6.1(1) del Anejo 22.

Las tolerancias especiales son más severas y se aplican a aquellos casos en que hay que cumplir requisitos de ajuste, acabado, aspecto estético o condiciones de operación. En casos especiales de montaje o para aumentar la seguridad o la aptitud al servicio de servicio de los componentes estructurales, pueden ser necesarias tolerancias especiales.

En el pliego de prescripciones técnicas particulares se deberán indicar las tolerancias de proyecto. En el caso de tolerancias especiales es necesario explicitar a qué elementos se aplican.

Comentarios

Las tolerancias implican un nivel de ejecución que debe ser acorde con las exigencias y el coste de la construcción. El hecho de establecer las dos clases de tolerancias indicadas pretende cumplir los requisitos mínimos de capacidad estructural sin encarecer innecesariamente la obra y advertir sobre la conveniencia de aplicar exigencias más severas para aquellos casos que lo merecen. Debe tenerse en cuenta que en muchas construcciones convencionales prescribir únicamente las denominadas tolerancias normales puede ser inaceptable, como en los siguientes casos:

- Ajuste de elementos entre sí, estructurales o no.
- Para evitar interferencias con instalaciones u obra civil.
- Fijación de elementos de cobertura o fachada.
- Mantenimiento de distancias y límites legales a otras fincas.
- Mantenimiento de condiciones de operación de equipos y puentes grúas.
- Aspecto estético en fachadas, aleros y remates.

1.1 Tolerancias normales. Generalidades

Las tolerancias normales quedan recogidas en las tablas de este anejo. Debe entenderse que se trata de requisitos para la aceptación final de la estructura; por lo

tanto, los componentes prefabricados que se montan en obra tienen sus tolerancias de fabricación subordinadas a la comprobación final de la estructura ejecutada.

Si se superan los límites de desviación permitida (el valor de la tolerancia), se dará lugar a una no-conformidad a tratar según los Capítulos 5, 22, 23 y 24 de este Código.

Se admite la justificación de una desviación no corregida de tolerancias esenciales mediante recálculo de la estructura incluyendo explícitamente el valor de la desviación.

Las tolerancias sobre medidas o dimensiones y sobre la forma de productos planos de acero obtenidos por conformación en frío se indican en UNE-EN 10131.

Las desviaciones permitidas para las secciones rectas de los componentes estructurales acabados en caliente serán las que se especifican en las normas siguientes UNE-EN 10024, UNE-EN 10034, UNE-EN 10051, UNE-EN 10056-2, UNE-EN 10079, UNE-EN 10279, UNE-EN 10029, UNE-EN 10210-2.

Las desviaciones permitidas para las secciones rectas de los componentes estructurales conformados en frío serán las que se especifican en la norma UNE-EN 10219-2.

1.2 Tolerancias normales. Fabricación

Cuando se añaden productos estándar a un componente se aplican las tolerancias más estrictas al conjunto. Cada producto individualmente debe cumplir con su propia norma aplicable:

- a) En el caso de secciones armadas soldando perfiles laminados, las propias del perfil.
- b) En perfiles conformados en frío es la norma UNE-EN 10162. Para fabricación en prensa aplica lo recogido en la tabla A16.1.2a.
- c) Componentes fabricados, en las tablas A16.1.2b y A16.1.2c.
- d) Las láminas de revolución de acuerdo con las clases de ejecución específicas para este tipo de estructuras (no contempladas en este Código), tienen tolerancias que se indican en el anejo D de la norma UNE-EN 1090-2.
- e) Para la posición de agujeros para tornillos, tanto individualmente como en grupo, la desviación admisible es de 2 mm.
- f) Para chapas nervadas conformadas en frío, en la tabla A16.1.2d.

Tabla A.16.1.2a. Tolerancias de fabricación para perfiles conformados en frío

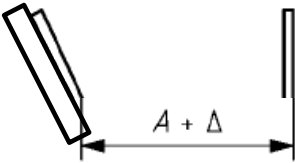
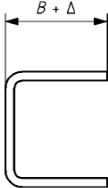
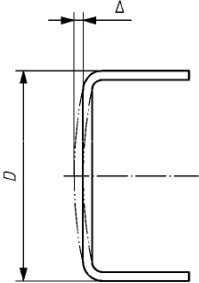
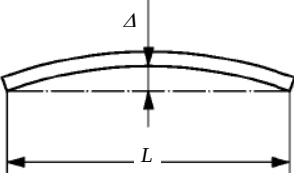
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Anchura de elemento interior 	Ancho A entre curvas	$-\Delta = A/50$ (obsérvese el signo negativo) Desviación más estricta: $ \Delta = A/80$
2	Anchura de elemento exterior 	Ancho B entre curva y un borde libre	$-\Delta = B/80$ (obsérvese el signo negativo) Desviación más estricta: $ \Delta = B/100$
3	Planeidad 	Desviación cóncava o convexa	$\Delta = D/50$ Desviación más estricta: $ \Delta = D/80$
4	Rectitud de componentes que se van a utilizar sin empotrar 	Desviación Δ de la rectitud	$ \Delta = L/750$ Desviación más estricta: $ \Delta = L/1000$

Tabla A16.1.2b. Tolerancias de fabricación para perfiles armados

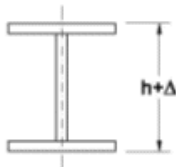
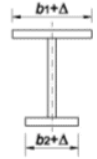
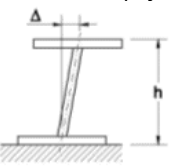
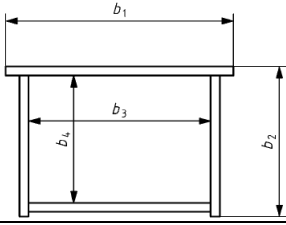
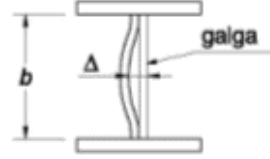
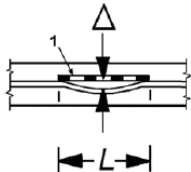
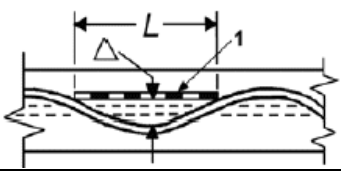
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Canto 	Canto total h:	$\Delta = -h/50$ (obsérvese el signo negativo) Desviación más estricta : $\Delta = -h/100$
2	Anchura del ala 	Anchura $b = b_1$ o b_2	$\Delta = -b/100$ (obsérvese el signo negativo) Desviación más estricta : $\Delta = -b/150$
3	Perpendicularidad en apoyos 	Verticalidad del alma en los pilares, para componentes sin rigidizadores de apoyo	$\Delta = \pm h/200$ pero $ \Delta \geq t_w$ (t_w = espesor del alma) Desviación más estricta: $ \Delta = h/300$
4	Dimensiones de la sección 	Dimensiones interiores o exteriores donde $b = b_1, b_2, b_3$ o b_4	$-\Delta = b/100$ (obsérvese el signo negativo) Desviación más estricta: $-\Delta = b/150$
5	Curvatura de la chapa 	Desviación Δ sobre la altura de la chapa b	$\Delta = \pm b/200$ si $b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b^2/(1600 t)$ si $80 < b/t \leq 80$ $\Delta = \pm b/80$ si $b/t > 200$ pero $ \Delta \geq t$ Desviación más estricta : $ \Delta = b/150$
6	Deformación del alma 	Desviación Δ sobre la longitud de referencia L igual a la altura del alma b	$\Delta = \pm b/100$ pero $ \Delta \geq t$ (t = espesor de la chapa) Desviación más estricta : $ \Delta = b/100$
7	Ondulación del alma 	Desviación Δ sobre la longitud de referencia L igual a la altura del alma b	$\Delta = \pm b/100$ pero $ \Delta \geq t$ (t = espesor de la chapa) Desviación más estricta: $ \Delta = b/150$
NOTA: Las notaciones del tipo $\Delta = \pm b/100$ pero $ \Delta \geq t$ significan que debe adoptarse el mayor de los dos valores			

Tabla A16.1.2.b (continuación). Tolerancias de fabricación para perfiles armados

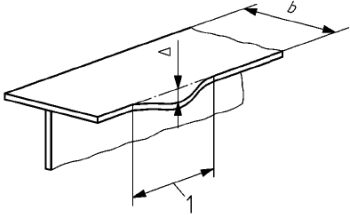
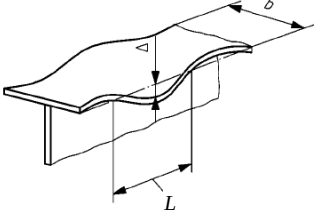
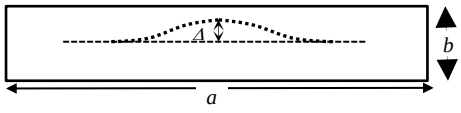
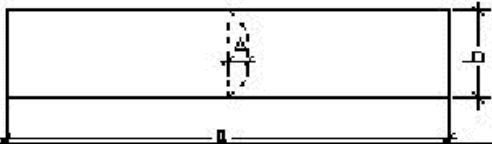
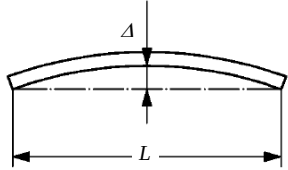
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
8	Deformación de ala de perfil en I 	Deformación Δ sobre la longitud de referencia L, donde L= anchura de ala b	$\Delta = \pm b/150$ si $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3000t)$ si $b/t > 20$ (t = espesor del ala) No se requiere desviación más estricta.
9	Ondulación del ala en perfil en I 	Deformación Δ sobre la longitud de referencia L, donde L= anchura de ala b	$\Delta = \pm b/150$ si $b/t \leq 20$ $\Delta = \pm b^2/(3000t)$ si $b/t > 20$ (t = espesor del ala) No se requiere desviación más estricta.
10	Imperfecciones fuera de plano de paneles de chapa entre almas o rigidizadores, caso general 	Deformación Δ perpendicular al plano de la chapa si $a \leq 2b$ si $a > 2b$	$\Delta = \pm a/250$ $\Delta = \pm b/125$ No se requiere desviación más estricta.
11	Imperfecciones fuera de plano de paneles de chapa entre almas o rigidizadores (caso especial con compresión en la dirección transversal – se aplica el caso general salvo que se especifique este caso especial) 	Deformación Δ perpendicular al plano de la chapa si $b \leq 2a$ si $b > 2a$	$\Delta = \pm b/250$ $\Delta = \pm a/125$ No se requiere desviación más estricta.
12	Rectitud de componentes que se van a usar sin empotrar 	Desviación Δ de la rectitud	$\Delta = \pm L/750$ Desviación más estricta: $ \Delta = L/1000$

Tabla A16.1.2.c. Tolerancias de fabricación para paneles rigidizados

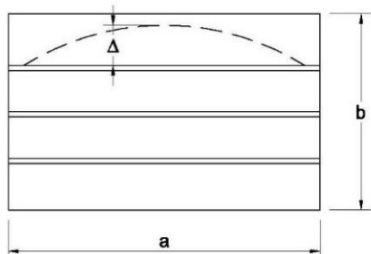
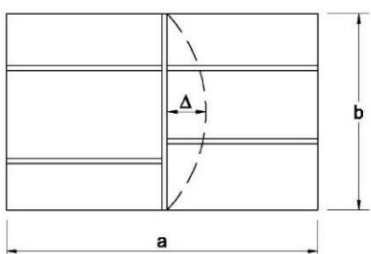
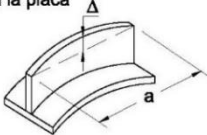
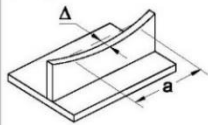
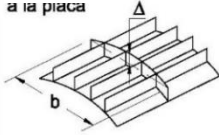
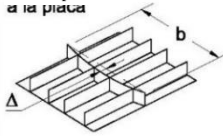
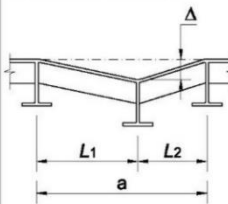
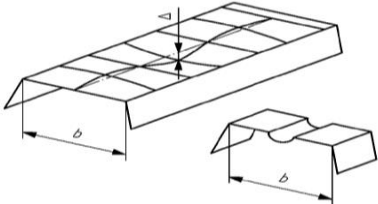
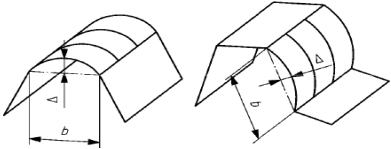
			
Rigidizadores longitudinales		Rigidizadores transversales	
No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Planeidad de rigidizadores longitudinales	Desviación Δ perpendicular a la chapa a la placa 	$ \Delta = a/400$ Desviación más estricta: $a/500$
2		Desviación Δ paralela a la chapa a la placa 	$ \Delta = a/400$ Desviación más estricta: $a/500$
3	Planeidad de rigidizadores transversales en paneles doblemente rigidizados	Desviación Δ perpendicular a la chapa a la placa 	$ \Delta = a/400$ $ \Delta = b/400$ Desviación más estricta: $a/500$
4		Desviación Δ paralela a la chapa a la placa 	$ \Delta = b/400$ Desviación más estricta: $a/500$
5	Alineación de vigas o rigidizadores transversales	Nivel con respecto a pórticos transversales adyacentes 	$ \Delta = a/400$ Desviación más estricta: $a/500$

Tabla A16.1.2d. Tolerancias de fabricación para chapas nervadas conformadas en frío

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Planicidad de ala o alma rigidizada o sin rigidizar 	Desviación Δ de la planicidad de un elemento nominalmente plano	$ \Delta \leq b/50$ Desviación más estricta: $ \Delta = b/80$
2	Curvatura de alma o ala 	Desviación Δ de la forma prevista de alma o de ala sobre la anchura de la curva b	$ \Delta \leq b/50$ Desviación más estricta: $ \Delta = b/80$

1.3 Tolerancias normales. Montaje

Las desviaciones de elementos montados deben medirse con relación a una red de puntos fijos previamente establecidos.

Para el centro de un grupo de pernos de anclaje u otro tipo de base de soporte no se permite una desviación superior a ± 6 mm.

El centro de un pilar o columna no puede desviarse más de ± 5 mm de su posición teórica en planta.

Es aconsejable disponer los agujeros para pernos en la placa base con suficiente holgura (rasgados o de mayor diámetro) para facilitar el cumplimiento de ese requisito. En ese caso, se deben usar arandelas mayores.

El nivel de las placas base no puede desviarse más de ± 5 mm.

Las tolerancias de montaje de pilares se dan en las tablas A16.1.3.a y A16.1.3.b.

La media aritmética de 6 pilares contiguos en un edificio de varias plantas debe cumplir lo recogido en la tabla A16.1.3.b en ambas direcciones (pórticos ortogonales).

En un grupo de 6 pilares que cumplan esa tolerancia se puede admitir una desviación individual de $h/100$.

La desviación entre líneas de pilares adyacentes estará dentro de la tolerancia de ± 5 mm de dimensión teórica.

Ese emparrillado teórico se replanteará antes de que se inicie el montaje.

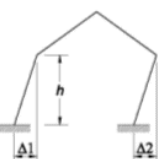
Cuando esté previsto que los grupos de pernos vayan desplazados o desalineados de las líneas teóricas, la desviación de ± 6 mm se aplica a los desplazamientos con respecto a la cuadrícula de pilares establecida.

La longitud que sobresale de un perno de anclaje (en su posición de ajuste óptimo si es regulable) estará vertical hasta dentro de 1 mm en 20 mm. Un requisito similar se aplicará a un conjunto de pernos horizontales y a otros ángulos.

Los agujeros de las placas de asiento y de las placas de fijación se dimensionarán considerando holguras coherentes con las desviaciones admitidas para los pernos.

Los pilares adyacentes a los fosos de ascensores pueden requerir tolerancias especiales.

Tabla A16.1.3a. Tolerancias de montaje de pilares en pórticos de una altura

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Inclinación de cualquier pilar que soporte un puente grúa 	Inclinación desde un nivel del suelo hasta el apoyo de la pluma de la guía	$ \Delta = h/1000$ No se requiere desviación más estricta.
2	Inclinación de pilares de una sola planta en edificios porticados 	Inclinación media de todos los pilares en el mismo pórtico Para dos pilares: $\Delta = (\Delta_1 + \Delta_2)/2$	$ \Delta = h/500$ No se requiere desviación más estricta.
3	Inclinación de pilares de edificios de una sola planta 	Inclinación general en la altura de la planta h	$ \Delta = h/300$ Desviación más estricta: $ \Delta = h/500$
4	Rectitud de un pilar de una sola planta	Localización del pilar en planta, con respecto	$ \Delta = h/750$

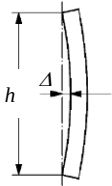
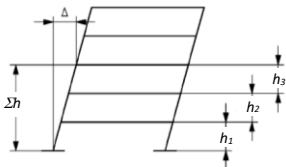
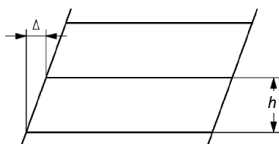
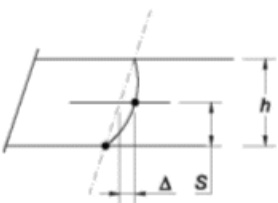
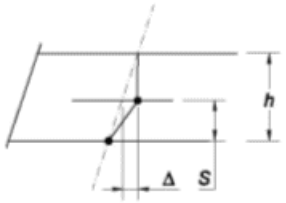
		a una línea recta entre puntos de posición en la parte superior y en la parte inferior: – generalmente – secciones huecas estructurales	Desviación más estricta: $ \Delta = h/1000$
--	---	---	---

Tabla A16.1.3b. Tolerancias de montaje en pilares de pórticos de varias plantas

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Localización en cada nivel de planta, con relación al nivel de base 	Localización del pilar en planta a cualquier nivel de forjado con respecto a una línea vertical a través de su centro a nivel de base	$ \Delta = \Sigma h / (300 \sqrt{n})$ No se requiere desviación más estricta.
2	Inclinación de un pilar entre niveles de forjados adyacentes 	Localización del pilar en planta, con respecto a una línea vertical a través de su centro al nivel siguiente más bajo	$ \Delta = h/500$ No se requiere desviación más estricta.
3	Rectitud de un pilar entre niveles de forjados adyacentes 	Localización del pilar en planta, con respecto a una línea recta entre puntos de posición a niveles de forjados adyacentes	$ \Delta = h/750$ Desviación más estricta: $ \Delta = h/1000$
4	Rectitud de un pilar empalmado entre niveles de forjados adyacentes	Localización del pilar en planta en el empalme, con respecto a una línea recta entre puntos de posición a niveles de	$ \Delta = s/750$ con $s \leq h/2$

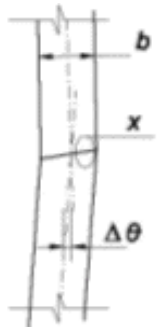
		forjados adyacentes	Desviación más estricta: $ \Delta = h/1000$
--	---	---------------------	---

1.3.1 Apoyos de contacto total

Cuando se especifique un apoyo de contacto total, las superficies se dispondrán de tal modo que cuando el apoyo y las barras de contacto estén alineadas localmente dentro de una desviación angular de 1 sobre 1000, la holgura máxima entre las superficies de contacto no excederá de 1 mm localmente y tampoco excederá de 0,5 mm sobre los dos tercios, como mínimo, del área de contacto según se muestra en la tabla A16.1.3c.

Cuando la magnitud de la holgura supere los límites especificados, pero sea menor que 6 mm, podrán utilizarse cuñas o calzos para reducir dicha holgura a los límites de desviación admitida. Las cuñas estarán fabricadas a partir de llantas o pletinas de acero suave (de bajo contenido de carbono).

Tabla A16.1.3c. Tolerancias de montaje para apoyos de contacto total

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1		Desalineación angular local $\Delta\theta$ que se produce al mismo tiempo que la distancia de separación Δ en el punto "X"	$\Delta\theta = \pm 1/500$ No se requiere desviación más estricta.
2		Holgura en x	$\Delta = 0,5$ mm sobre los dos tercios del área de contacto con un máximo local de 1 mm No se requiere desviación más estricta.

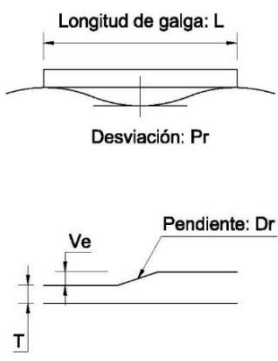
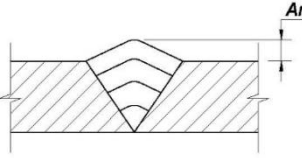
1.4 Tolerancias normales para puentes

Los soportes / pilas de puentes deben cumplir con una tolerancia ± 5 mm en vertical y en planta.

Las almas de vigas principales deben cumplir una tolerancia en verticalidad de canto/300.

Otras tolerancias específicas de puentes se recogen en la tabla A16.1.4.

Tabla A16.1.4. Tolerancias de montaje para puentes

No	Descripción	Parámetro	Desviación admisible
1	Longitud del tramo Longitud del tramo	Desviación Δ de la distancia L entre dos soportes consecutivos medida sobre la parte superior del ala de arriba	$\Delta = \pm (30 + L/10000)$
2	Elevación del puente o perfil de plano	Desviación Δ del perfil nominal teniendo en cuenta niveles contruidos de los pilares $L \leq 20 \text{ m} :$ $L > 20 \text{ m} :$	$\Delta = \pm (L/1000)$ $ \Delta = \pm (L/2000 + 10 \text{ mm}) \leq 35 \text{ mm}$
3	Ajuste de tableros ortótropos de espesores de chapa T después del montaje 	Diferencia de nivel en la unión $T \leq 10 \text{ mm} :$ $10 \text{ mm} < T < 70 \text{ mm} :$ $T > 70 \text{ mm} :$ Pendiente: $T \leq 10 \text{ mm} :$ $10 \text{ mm} < T < 70 \text{ mm} :$ $T > 70 \text{ mm} :$ Planeidad en cualquier dirección: $T \leq 10 \text{ mm} :$ $T > 70 \text{ mm} :$ Caso general: Longitudinalmente: NOTA: los valores para Pr pueden ser interpolados entre $10 \text{ mm} < T \leq 70 \text{ mm} :$	 $Ve = 2 \text{ mm}$ $Ve = 5 \text{ mm}$ $Ve = 8 \text{ mm}$ $Dr = 8\%$ $Dr = 9\%$ $Dr = 10\%$ $Pr = 3 \text{ mm en } 1 \text{ m}$ $Pr = 4 \text{ mm en } 3 \text{ m}$ $Pr = 5 \text{ mm en } 5 \text{ m}$ $Pr = 5 \text{ mm en } 3 \text{ m}$ $Pr = 18 \text{ mm en } 3 \text{ m}$
4	Soldeo de tablero ortótropo 	El saliente A_r de la soldadura por encima de la superficie circundante	$A_r = +1 / -0 \text{ mm}$

1.5 Tolerancias especiales

Para las tolerancias especiales se recomienda seguir las denominadas tolerancias suplementarias del anejo D de la norma UNE-EN 1090-2, donde se establecen dos niveles o clases para fabricación y montaje.

Debe indicarse a que componentes aplica, ya que se puede utilizar para un elemento único o bien a un conjunto.

En aquellos casos en los que se cita dicho anejo D sin especificar la clase de tolerancia, se entenderá que es clase de tolerancia 1, menos severa que clase 2.

Un ejemplo de aplicación de clase 2 de tolerancia es el montaje de una fachada acristalada, con objeto de reducir las holguras y mejorar el ajuste.

Hay que tener en cuenta al especificar la clase de tolerancia suplementaria (sobre todo la 2) que las vigas y dinteles de pórticos traslacionales pueden tener flechas y corrimientos relativamente grandes.

Excepto en el caso de barras sometidas a esfuerzos dinámicos una tolerancia aplicable puede ser el quinientosavo de su longitud.

Comentarios

Las tablas del anejo D de la norma UNE-EN 1090-2 no contemplan todos los casos posibles, por ello es aconsejable seguir las siguientes publicaciones:

- a) Recomendaciones para el proyecto de puentes metálicos en carreteras, RPM-95.
- b) Recomendaciones para el proyecto de puentes mixtos para carreteras, RPX-95
- c) Norma UNE-EN ISO 13920 "Tolerancias generales en construcciones soldadas. Dimensiones de longitudes y ángulos. Forma y posición". Aplicando las clases definidas en esta norma: C para dimensiones angulares y de longitud, y G para rectitud, planeidad y paralelismo.

Anejo 17

Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la ejecución de estructuras de acero

Contenidos del anejo

1	INTRODUCCIÓN	3
2	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN DE LAS UNIDADES DE INSPECCIÓN	3
2.1	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN EN FUNCIÓN DEL PROCESO DE EJECUCIÓN	4
2.2	FRECUENCIAS DE COMPROBACIÓN EN FUNCIÓN DEL TIPO DE SOLDADURA	6

1 Introducción

La dirección facultativa llevará a cabo el control de la ejecución de las estructuras de acero, mediante una de las dos opciones admitidas en el Artículo 17.

En la opción A, el control de la ejecución lo realizará la propia dirección facultativa, asistida en su caso por un agente de control independiente que desarrolle su actividad para la dirección facultativa.

En la opción B, el control de la ejecución de cada lote y unidad de inspección lo realizará el constructor, y la dirección facultativa, asistida o no por un agente de control independiente, realizará un control de contraste del control del constructor.

En este anejo se incluye, de forma orientativa, las frecuencias de comprobación para las diferentes unidades de inspección, definidas en el apartado 101.2. Estas frecuencias deberán adaptarse a las características de la obra y a los medios disponibles en la misma, por lo que la dirección facultativa, por iniciativa propia o a propuesta del constructor, podrá autorizar valores diferentes a los recogidos en este anejo.

2 Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección

En el caso que el control de la ejecución se organice según la opción B definida en el Artículo 17, para cada proceso o actividad de ejecución incluido en un lote, el Control del constructor (definido en las tablas siguientes simplemente como Control) desarrollará el control de la ejecución con unas frecuencias mínimas de comprobación obtenidas en función del número de unidades de inspección, del nivel control de la ejecución (normal o intenso) y la clase de ejecución, de acuerdo con lo indicado en las tablas A17.2.1, A17.2.2.a y A17.2.2.b Por su parte, la dirección facultativa podrá desarrollar adicionalmente un control de contraste, mediante la realización de comprobaciones cuyo número será también función del número de unidades de inspección, del nivel de control y la clase de ejecución, de acuerdo con los criterios de las citadas tablas.

En el caso que el control de la ejecución se organice mediante la opción A definida en el Artículo 17 de este Código, el Control lo realizará la dirección facultativa en los términos descritos en dicho artículo, y por lo tanto no será necesario que la propia dirección facultativa realice controles de contraste adicionales.

2.1 Frecuencias de comprobación en función del proceso de ejecución

Tabla A17.2.1 Frecuencias de comprobación para los procesos de ejecución incluidos en la tabla 101.2

Procesos y actividades de ejecución	Número mínimo de unidades de inspección controladas por lote de ejecución			
	Control normal		Control intenso	
	Control del constructor	Control externo de la dirección facultativa	Autocontrol del constructor	Control externo de la dirección facultativa
Gestión de acopios	100%	3	100%	20%, con un mínimo de 3
Revisión de planos de taller	25%	3	100%	20%
Manipulación de los productos de acero en taller	50% (3)	10%	100% (3)	25% (1)
Ensamblado y armado de elementos en taller, incluido el control dimensional, así como la comprobación de fijaciones mecánicas y soldaduras	50% (3)	10%	100% (3)	25% (2)
Ajustes, correcciones y acabados finales	50%	10%	100% (3)	25% (2)
Control visual de elementos que llegan a la obra	100%	10%	100%	25% (2)
Cualificación de soldadores y procedimientos de soldeo	100%	100%	100%	100%
Ejecución de soldaduras	De acuerdo con tabla A17.2.2.a	De acuerdo con tabla A17.2.2.a	De acuerdo con tabla A17.2.2.a	De acuerdo con tabla A17.2.2.a
Replanteos	5	3	100%	20%
Cualificación de procedimientos de fijación con elementos mecánicos	100%	100%	100%	100%
Ejecución de fijaciones con elementos mecánicos para montaje	50%	10%	100%	25% (2)

Anejo 17. Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la
ejecución de estructuras de acero

Procesos y actividades de ejecución	Número mínimo de unidades de inspección controladas por lote de ejecución			
	Control normal		Control intenso	
	Control del constructor	Control externo de la dirección facultativa	Autocontrol del constructor	Control externo de la dirección facultativa
Aplicación de tratamientos de protección	25%	10%	100%	25%

- (1) Este control podrá disminuirse progresivamente hasta el 15%, en el caso de que el programa de control se vaya desarrollando correctamente y se vayan obteniendo resultados satisfactorios en las inspecciones realizadas.
- (2) Este control podrá disminuirse progresivamente hasta el 10%, en el caso de que el programa de control se vaya desarrollando correctamente y se vayan obteniendo resultados satisfactorios en las inspecciones realizadas.
- (3) En elementos secundarios, de acuerdo con la definición expresada en la tabla 101.2, el número mínimo de unidades de inspección a controlar en cada lote de ejecución podrá disminuirse hasta un 25%. En dichos casos, el control de contraste de la dirección facultativa podrá disminuirse también hasta el 12%

2.2 Frecuencias de comprobación en función del tipo de soldadura

Tabla A17.2.2.a Tipo y número de ensayos en el caso de soldaduras

Tipo de soldadura	Tipo de ensayo ⁽¹⁾ e intensidad de control							
	Soldaduras en taller				Soldaduras en obra			
	Control normal		Control intenso		Control normal		Control intenso	
	Control constructor	Control externo	Control constructor ⁽²⁾	Control externo	Control constructor	Control externo	Control constructor ⁽²⁾	Control externo
Cordones a tope, en platabandas, almas o elementos de responsabilidad, traccionados o susceptibles de fatiga	RT/UT 100%	RT/UT 10%	RT/UT 100%	RT/UT 20%	RT/UT 100%	RT/UT 10%	RT/UT 100%	RT/UT 20%
Cordones a tope, en platabandas, almas o elementos de responsabilidad, comprimidos y no susceptibles de fatiga	UT 40%	UT 5%	UT 40%	UT 10%	UT 50%	UT 5%	UT 50%	UT 10%
Cordones en ángulo o con penetración parcial, en elementos de responsabilidad (riostros, traviesas, mamparos, costillas, etc.), traccionados o susceptibles de fatiga	PM/LP 100%	PM/LP 10%	PM/LP 100%	PM/LP 20%	PM/LP 100%	PM/LP 10%	PM/LP 100%	PM/LP 20%
Cordones en ángulo o con penetración parcial, en elementos de responsabilidad (riostros, traviesas, mamparos, costillas, etc.), comprimidos y no susceptibles de fatiga	PM/LP 20%	PM/LP 3%	PM/LP 20%	PM/LP 5%	PM/LP 30%	PM/LP 4%	PM/LP 30%	PM/LP 7%
Cordones a tope o en ángulo en elementos de responsabilidad, trabajando fundamentalmente a rasante (unión alas-alma, rigidizadores, mamparos de apoyo, etc.)	UT/PM/LP 20%	UT/PM/LP 3%	UT/PM/LP 20%	UT/PM/LP 5%	UT/PM/LP 30%	UT/PM/LP 4%	UT/PM/LP 30%	UT/PM/LP 7%
Cordones en ángulo o con penetración parcial, en elementos secundarios (cartelas, rigidizadores intermedios, células, arriostramientos, riostras, marcos de rigidez, uniones de atado, etc.)	PM/LP 10%	PM/LP 3%	PM/LP 10%	PM/LP 5%	PM/LP 10%	PM/LP 3%	PM/LP 10%	PM/LP 5%
Cordones en ángulo de pernos conectadores	Ensayos de doblado 30%	Ensayos de doblado 10%	Ensayos de doblado 3%	Ensayos de doblado 1%	Ensayos de doblado 5%	Ensayos de doblado 1%	Ensayos de doblado 5%	Ensayos de doblado 1%

(1) La nomenclatura utilizada en la tabla para los ensayos es conforme con UNE-EN ISO 17635:

- LP: ensayo de líquidos penetrantes, efectuado de acuerdo con UNE-EN ISO 3452-1,
- PM, ensayo de partículas magnéticas, efectuado de acuerdo con UNE-EN ISO 17638,
- UT: ensayo de ultrasonidos, efectuado de acuerdo con UNE-EN ISO 17640,
- RT: ensayo radiográfico, de acuerdo con UNE-EN ISO 17636.

(2) Autocontrol del productor conforme al apartado 22.1 del Código Estructural.

Tabla A17.2.2.b. Frecuencias de ensayos no destructivos para las comprobaciones adicionales de las soldaduras, conforme se indica en el apartado 103.2.2.6

Tipo de soldadura		Ensayo			
		Soldaduras en Taller		Soldaduras en obra	
		C.E. 4 y 3	C.E. 2	C.E. 4 y 3	C.E. 2
Cordones de fuerza	Cordones a tope sometidos a tensiones de tracción ($k \geq 0,8$)	100 %	50 %	100 %	100 %
	$0,3 < k < 0,8$	50 %	20 %	100 %	50 %
	$k \leq 0,3$	10 %	5 %	20 %	10 %
	Cordones a tope sometidos a tensiones de compresión	10 %	5 %	20 %	10 %
	Cordones de ángulo.	20 %	10 %	20 %	10 %
	Cordones Longitudinales	10 %,	5 %	20 %	10 %
Uniones de atado	Rigidizadores, correas, etc.	5 %			

k: Coeficiente de utilización.

C.E. Clase de ejecución.

Comentarios

Cuando un proceso o actividad sea inspeccionado en su totalidad, debería entenderse como cumplida la comprobación de dicho proceso, bien como parte del autocontrol del constructor o dentro del control externo de la dirección facultativa,

CÓDIGO ESTRUCTURAL

Anejo 17. Frecuencias de comprobación de las unidades de inspección en la
ejecución de estructuras de acero

según sea el caso, e independientemente del número de inspecciones que se hayan efectuado.