



*euskal trenbide sarea*

---

*Proyecto de superestructura de vía del  
tramo Lugaritz-Easo y obra de conexión  
de Morlans*

---

# Anejo nº 22. Control de calidad

---

Octubre 2022





## Índice

<b>1. Introducción.....</b>	<b>133</b>
<b>2. Sistemas de garantía de calidad.....</b>	<b>134</b>
<b>3. Programa de garantía de calidad del contratista .....</b>	<b>135</b>
3.1. Organización.....	135
3.2. Procedimientos, instrucciones y planos .....	135
3.3. Control de materiales y servicios comprados.....	135
3.4. Manejo, almacenamiento y transporte .....	135
3.5. Procesos especiales .....	136
3.6. Inspección de obra por parte del contratista .....	136
3.7. Gestión de la documentación.....	136
<b>4. Planes de control de calidad (P.C.C.) y programas de puntos de inspección (P.P.I.) .....</b>	<b>137</b>
<b>5. Abono de los costos del sistema de garantía de calidad .....</b>	<b>139</b>
<b>6. Nivel de control de calidad .....</b>	<b>140</b>
<b>7. Inspección y control de calidad por parte de la Dirección de obra .....</b>	<b>141</b>
<b>8. Prescripciones técnicas de los materiales .....</b>	<b>142</b>
8.1. Prescripciones técnicas para aguas de amasado de morteros y hormigones .....	142
8.2. Prescripciones técnicas para la recepción de cementos .....	143
8.3. Prescripciones técnicas de áridos para hormigones.....	145
8.4. Prescripciones técnicas para la recepción de aditivos de hormigón .....	148
8.5. Prescripciones técnicas para la recepción de armaduras pasivas.....	150
8.6. Prescripciones técnicas para la recepción de hormigones .....	158
8.7. Prescripciones técnicas para forjados unidireccionales.....	179
<b>9. Ensayos, análisis y pruebas a realizar .....</b>	<b>182</b>
9.1.1. Control de los materiales constituyentes del hormigón.....	182
9.1.2. Ensayos de control.....	183
9.2. Material procedente de canteras para relleno.....	186
9.3. Material granular seleccionado para relleno de zanjas y pozos.....	186
9.4. Bases de zahorra artificial.....	187
9.5. Firmes.....	187
9.6. Aglomerados en caliente.....	188

9.7.	Solados de hormigón tipo adoquín o baldosa hidráulica.....	189
9.8.	Bordillos de granito: .....	189
9.9.	Fontanería y saneamiento. ....	189
9.10.	Instalación de alumbrado .....	<b>¡Error! Marcador no definido.</b>

# Anejo nº 22. Control de calidad

---

## 1. Introducción

Se entenderá por Garantía de Calidad el conjunto de acciones planeadas y sistemáticas necesarias para proveer la confianza adecuada de que todas las estructuras, componentes e instalaciones se construyen de acuerdo con el Contrato, Códigos, Normas y Especificaciones de diseño.

La Garantía de Calidad incluye el Control de Calidad el cuál comprende aquellas acciones de comprobación de que la calidad está de acuerdo con requisitos predeterminados. El Control de Calidad de una Obra comprende los aspectos siguientes:

- Calidad de materias primas.
- Calidad de equipos o materiales suministrados a obra, incluyendo su proceso de fabricación.
- Calidad de ejecución de las obras (construcción y montaje).
- Calidad de la obra terminada (inspección y pruebas).

## 2. Sistemas de garantía de calidad

Con objeto de asegurar la calidad de las actividades que se desarrollen durante las distintas fases de la obra, la Propiedad tiene establecido un Sistema de Garantía de Calidad cuyos requisitos, junto con los contenidos en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, serán de aplicación al trabajo y actividades de cualquier organización o individuo participante en la realización de la obra.

El Contratista, está obligado a cumplir las exigencias de los apartados de control de calidad del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y se someterá a la aprobación de la Dirección de Obra el programa propio que prevé desarrollar para llevar a cabo lo descrito en cada uno de los capítulos.

### 3. Programa de garantía de calidad del contratista

Una vez adjudicada la oferta y un mes antes de la fecha programada para el inicio de los trabajos, el Contratista enviará a la Dirección de Obra un Programa de Garantía de Calidad.

La Dirección de Obra evaluará el Programa y comunicará por escrito al Contratista su aprobación o comentarios.

El Programa de Garantía de Calidad comprenderá, como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos:

#### 3.1. Organización

Se incluirá en este apartado un organigrama funcional y nominal específico para el contrato.

El organigrama incluirá la organización específica de Garantía de Calidad acorde con las necesidades y exigencias de la obra. Los medios, ya sean propios o ajenos, estarán adecuadamente homologados.

El responsable de Garantía de Calidad del Contratista tendrá una dedicación exclusiva a su función.

#### 3.2. Procedimientos, instrucciones y planos

Todas las actividades relacionadas con la construcción, inspección y ensayos, deben ejecutarse de acuerdo con instrucciones de trabajo, procedimientos, planos u otros documentos análogos que desarrollen detalladamente lo especificado en los planos y Pliegos de Prescripciones del Proyecto.

El Programa contendrá una relación de tales procedimientos, instrucciones y planos que, posteriormente, serán sometidos a la aprobación de la Dirección de Obra, con la suficiente antelación al comienzo de los trabajos.

#### 3.3. Control de materiales y servicios comprados

El Contratista realizará una evaluación y selección previa de proveedores que deberá quedar documentada y será sometida a la aprobación de la Dirección de Obra.

La documentación a presentar para cada material propuesto será como mínimo la siguiente:

- Documentación del material suficiente para que el Director de la Obra puede tener la información precisa para determinar la aceptación o rechazo de éste.
- Procedimiento de construcción.
- Normas a emplear para las pruebas de recepción, especificando cuales de ellas deben realizarse en laboratorio y cuales en obra.

Asimismo, realizará la inspección de recepción en la que se compruebe que el material está de acuerdo con los requisitos del proyecto, emitiendo el correspondiente informe de inspección.

#### 3.4. Manejo, almacenamiento y transporte

El Programa de Garantía de Calidad a desarrollar por el Contratista deberá tener en cuenta los procedimientos e instrucciones propias para el cumplimiento de los requisitos relativos al transporte, manejo y almacenamiento de los materiales y componentes utilizados en la obra.

### 3.5. Procesos especiales

Los procesos especiales tales como soldaduras, ensayos, pruebas, etc., serán realizados y controlados por personal cualificado del Contratista, utilizando procedimientos homologados de acuerdo con los Códigos, Normas y Especificaciones aplicables.

El Programa definirá los medios para asegurar y documentar tales requisitos.

### 3.6. Inspección de obra por parte del contratista

El Contratista es responsable de realizar los controles, ensayos, inspecciones y pruebas requeridos en el presente anejo y en el Pliego de Condiciones Técnicas Particulares.

El Programa deberá definir la sistemática a desarrollar por el Contratista para cumplir este apartado.

### 3.7. Gestión de la documentación

Se asegurará la adecuada gestión de la documentación relativa a la calidad de la obra de forma que se consiga una evidencia final documentada de la calidad de los elementos y actividades incluidos en el Programa de Garantía de Calidad.

El Contratista definirá los medios para asegurarse que toda la documentación relativa a la calidad de la construcción es archivada y controlada hasta su entrega a la Dirección de Obra.

## 4. Planes de control de calidad (P.C.C.) y programas de puntos de inspección (P.P.I.)

El Contratista presentará a la Dirección de Obra un Plan de Control de Calidad (P.C.C.) por cada actividad o fase de obra con un mes de antelación a la fecha programada de inicio de la actividad o fase.

La Dirección de Obra evaluará el Plan de Control de Calidad y comunicará por escrito al Contratista su aprobación o comentarios.

- Recepción y almacenamiento de materiales.
- Colocación de tubos en zanja. Alineación y nivelación.
- Control de soldaduras en tuberías y estructuras.
- Rellenos y compactaciones.
- Obras de fábrica.
- Fabricación y transporte de hormigón. Colocación en obra y curado.
- Etc.

El Plan de Control de Calidad incluirá, como mínimo, la descripción de los siguientes conceptos cuando sean aplicables:

- Descripción y objeto del Plan.
- Códigos y normas aplicables.
- Materiales a utilizar.
- Planos de construcción.
- Procedimientos de construcción.
- Procedimientos de inspección, ensayo y pruebas.
- Proveedores y subcontratistas.
- Embalaje, transporte y almacenamiento.
- Marcado e identificación.
- Documentación a generar referente a la construcción, inspección, ensayos y pruebas.

Adjunto el Plan de Control de Calidad (P.C.C.) se incluirá un Programa de Puntos de Inspección (P.P.I.) documento que consistirá en listado secuencial de todas las operaciones de construcción, inspección, ensayos y pruebas a realizar durante toda la actividad o fase de obra.

Para cada operación se indicará, siempre que sea posible, la referencia de los planos y procedimientos a utilizar, así como la participación de las organizaciones del Contratista en los controles a realizar. Se dejará un espacio en blanco para que la Dirección de Obra pueda marcar sus propios puntos de inspección.

Una vez finalizada la actividad o fase de obra, existirá una evidencia (mediante protocolos o firmas en el P.P.I.) de que se han realizado todas las inspecciones, pruebas y ensayos programados por las distintas organizaciones implicadas.

## 5. Abono de los costos del sistema de garantía de calidad

Los costos ocasionados al Contratista como consecuencia de las obligaciones que contrae el cumplimiento del Plan de Garantía de Calidad y del Pliego de Prescripciones, será de su cuenta y se entienden incluidos en los precios de Proyecto.

En particular todas las pruebas y ensayos de Control y Calidad que sean necesario realizar en cumplimiento del Pliego de Prescripciones Técnicas Generales, del Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o de la normativa general que sea de aplicación al presente proyecto, serán de cuenta del contratista, hasta un 1% del contrato (PBL) sin coste adicional.

Solamente es de abono específico al contratista el exceso del 1% del Presupuesto Base de Licitación, dado que el presupuesto estimado del control de calidad es menor que la citada cifra, se considera que todos los ensayos para el control de calidad según la legislación, normativa y PPTP, corren por cuenta y cargo del contratista y se entienden incluidos en los precios del proyecto.

## 6. Nivel de control de calidad

En los artículos correspondientes del presente Pliego o en los planos, se especifican el tipo de número de ensayos a realizar de forma sistemática durante la ejecución de la obra para controlar la calidad de los trabajos. Se entiende que el número fijado de ensayos es mínimo y que en el caso de indicarse varios criterios para determinar su frecuencia, se tomará aquél que exija una frecuencia mayor.

El Director de Obra podrá modificar la frecuencia y tipo de dichos ensayos con objeto de conseguir el adecuado control de calidad de los trabajos, o recabar del Contratista la realización de controles de calidad no previstos en el proyecto. Los ensayos adicionales ocasionados, serán por cuenta del Contratista siempre que su importe no supere el 1% del presupuesto líquido de ejecución total de la obra, incluso las ampliaciones, si las hubiere.

## 7. Inspección y control de calidad por parte de la Dirección de obra

La Dirección de Obra, por su cuenta, podrá mantener un equipo de inspección de Control de Calidad de las obras y realizar ensayos de homologación y contradictorios.

La Dirección de Obra, para la realización de dichas tareas, con programas y procedimientos propios, tendrá acceso en cualquier momento a todos los tajos de la obra, fuentes de suministro, fábricas y proceso de producción, laboratorios y archivos de Control de Calidad del Contratista o Subcontratista del mismo.

El Contratista suministrará, a su costa, todos los materiales que hayan de ser ensayados, y dará facilidades necesarias para ello.

El coste de la ejecución de estos ensayos contradictorios será por cuenta de la Propiedad si como consecuencia de los mismos el suministro, material o unidad de obra cumpliera las exigencias de calidad.

## 8. Prescripciones técnicas de los materiales

### 8.1. Prescripciones técnicas para aguas de amasado de morteros y hormigones

#### NORMATIVA

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- El Real Decreto 1247-2008, de 18 de julio, por el que se aprueba la “Instrucción de Hormigón Estructural (EHE-08)”.

#### PRESCRIPCIONES TECNICAS

El agua cumplirá con las especificaciones de la Instrucción EHE y las del Proyecto de Ejecución.

Se podrán utilizar tanto para el amasado como para el curado todas las aguas sancionadas como aceptables por la práctica. En caso de duda o cuando no se tengan referencias se analizará el agua debiéndose cumplir cada una de las siguientes condiciones:

Condiciones a cumplir por el agua

PARÁMETRO	ESPECIFICACIÓN
- Exponente de hidrógeno Ph s/UNE 7234:71	≥ 5
- Sustancias disueltas s/UNE 7130:58	≤ 15 g/l (15.000 p.p.m.)
- Sulfatos expresados en SO <sub>4</sub> <sup>=</sup> s/UNE 7131:58 • Para el cemento SR	≤ 1 g/l (1.000 p.p.m.)  ≤ 5 g/l (5.000 p.p.m.)
- Ión Cloruro Cl <sup>-</sup> s/UNE 7178:60 • Para hormigón pretensado • Para hormigón armado o en masa que contenga armaduras para reducir fisuración	≤ 1 g/l (1.000 p.p.m.)  ≤ 3 g/l (3.000 p.p.m.)
- Hidratos de Carbono s/UNE 7132:58	0
- Sustancias orgánicas solubles en eter s/UNE 7235:71	≤ 15 g/l (15.000 p.p.m.)

#### CONTROL

Se realizarán los ensayos especificados en el apartado anterior, si no se tienen antecedentes del agua, si varían las condiciones del suministro o si así lo indica la Dirección de la Obra.

La toma de muestras destinada al análisis químico se realizará s/UNE 7.236 en envases de vidrio o polietileno de unos 5 l. de capacidad siempre que no contaminen la muestra. Los envases antes de ser utilizados se lavarán con agua destilada o disolución de hidróxido sódico.

Todo envase irá provisto de una etiqueta donde consten:

- Identificación de la muestra.
- Lugar de la toma con detalles suficientes para poder repetirla si es preciso.
- Origen de la muestra: mar, río, fuente, acequia, depósito, etc.

Se extremará el control en la etapa de transición del estiaje y durante éste, ya que pueden variar sustancialmente los contenidos de sulfatos, cloro, sustancias orgánicas, etc., así como modificaciones incluso de su pH.

#### CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

El no cumplimiento de las especificaciones será razón suficiente para considerar el agua como no apta para amasar hormigón, salvo justificación especial de que no altera perjudicialmente las propiedades exigibles al mismo, ni a corto ni a largo plazo.

## 8.2. Prescripciones técnicas para la recepción de cementos

#### NORMATIVA

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.
- Real Decreto 256/2016, de 10 de junio, por el que se aprueba la Instrucción para la recepción de cementos (RC-16)

#### CEMENTOS UTILIZABLES

Los que cumplan el Real Decreto 256/2016.

Sean de clase resistente  $\geq 32,5$ .

Cumplan las limitaciones siguientes:

Limitaciones de los cementos para su uso en la fabricación de los tipos de hormigones estructurales señalados:

TIPO DE HORMIGÓN	TIPO DE CEMENTO (*)
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 (en el caso de grandes volúmenes de hormigón en masa).
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 y CEM II/A-D, CEM II/A-V, CEM II/A-P y CEM II/A-M (V-P)*

\* 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 la EHE, de utilización de adición al hormigón pretensado de cenizas volantes en una cantidad no mayor del 20% del peso de cemento.

Los cementos comunes y los cementos para usos especiales se normalizan s/UNE EN 197:00 y s/UNE 80307:01 respectivamente.

La utilización permitida a los cementos comunes se debe considerar extensiva a los cementos blancos (UNE 80305:01) y a los cementos con características adicionales (resistentes a sulfatos y/o al agua de mar y de bajo calor de hidratación s/UNE 80303:01).

El ión cloruro total aportado por los componentes de hormigón no excederá de:

- Obras de hormigón pretensado: 0,2 % del peso de cemento.
- Obras de hormigón armado u obras de hormigón en masa que contenga armaduras para reducir la fisuración: 0,4% del peso de cemento.

A efectos de la Instrucción se consideran:

- Cementos de endurecimiento lento: clase 32,5
- Cementos de endurecimiento normal: clases 32,5 R/ 42,5
- Cementos de endurecimiento rápido: clases 42,5 R/52,5N/ 52,5 R.

En la Instrucción se recogen las Recomendaciones Generales para la utilización de los Cementos.

## SUMINISTRO

A la entrega del cemento el suministrador acompañará un albarán con lo exigido en el Real Decreto 256/2016.

Si se suministran en sacos se recibirá en los mismos envases cerrados en que fue expedido de fábrica, punto de expedición, centro o almacén de distribución.

El cemento no llegará excesivamente caliente. Si su manipulación se va a realizar por medios mecánicos o manuales su temperatura no excederá de 70°C y 40°C respectivamente.

Se comprobará el fraguado mediante su determinación s/UNE-EN 196-3:2005.

## ALMACENAMIENTO

El almacenamiento de los cementos a granel, una vez aceptada la remesa, se efectuará en silos estancos y se evitará, en particular, su contaminación con otros cementos de tipo y/o clase de resistencia distintos. Los silos deben estar protegidos de la humedad y tener un sistema o mecanismo de apertura para la carga en condiciones adecuadas desde los vehículos de transporte, sin riesgo de alteración del cemento.

El almacenamiento de los cementos envasados, una vez aceptada la remesa, deberá realizarse sobre palets, o plataforma similar, en locales cubiertos, ventilados y protegidos de las lluvias y de la exposición directa del sol.

## CONTROL DEL CEMENTO.

En el momento de la recepción, deberán estar presentes el suministrador y el Responsable de la recepción o sus respectivos representantes. El Responsable de la recepción, se asegurará de que ésta se realiza conforme a lo establecido en el correspondiente Programa de control.

Una vez superada la fase de control documental, el Responsable de la recepción debe, para la aceptación de la remesa, someter el cemento suministrado a una inspección visual cuando, en función del modo de transporte, o del estado de los envases en el momento de su suministro, estime necesario comprobar que el cemento no ha sufrido alteraciones o mezclas indeseables.

La tercera fase de la recepción: Control mediante la realización de ensayos, es potestativa y de aplicación cuando, en su caso, el proyecto en función de las características especiales de la obra o en previsión de la posible presencia en la recepción de defectos, así lo establezca o, en cualquier caso, cuando el Responsable de la recepción así lo decida.

#### ESPECIFICACIONES.

Deberá cumplir las recogidas en el apartado anterior “cementos utilizables”, más los contenidos en el P.P.T.P. No podrán utilizarse lotes de cemento que no vengan acompañados del Certificado de Garantía del fabricante, firmado por persona física.

#### ENSAYOS

La toma de muestras se realizará según el Real Decreto 256/2016.

Antes de comenzar el hormigonado, o si varían las condiciones de suministro y cuando lo indique la Dirección de Obra se realizarán los ensayos físicos, mecánicos y químicos previstos en la citada Instrucción, además de los previstos, en su caso, en el P.P.T.P y el correspondiente a la determinación de ión Cl-.

Al menos una vez cada 3 meses de obra, y cuando lo indique la Dirección de Obra se comprobarán: componentes del cemento, principio y fin de fraguado, resistencia a compresión y estabilidad de volumen.

Cuando al cemento se le exima de los ensayos de recepción según lo indicado en la Instrucción para la Recepción de Cementos y en la EHE, la Dirección de Obra podrá eximirle, mediante comunicación escrita, de las exigencias comentadas, siendo sustituidas por la documentación de identificación y los resultados del autocontrol, además de conservar muestras preventivas durante 100 días.

#### CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO

El incumplimiento de alguna de las especificaciones salvo demostración de no afectar a las resistencias mecánicas y a la durabilidad será condición suficiente para el rechazo de la partida de cemento.

### 8.3. Prescripciones técnicas de áridos para hormigones

#### NORMATIVA

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

#### PRESCRIPCIONES TECNICAS

Podrán utilizarse arenas y gravas de machaqueo, así como otros productos cuyo empleo se encuentre sancionado por la práctica.

Se entiende por arena o árido fino, el árido o fracción del mismo que pasa por el tamiz de luz de malla 4mm. y por grava o árido grueso el que resulta retenido en dicho tamiz. El tamaño máximo será de 20 cm.

Los áridos no deben ser activos frente al cemento, ni deben descomponerse por la unión de los agentes exteriores a que estarán sometidos en obra.

Se prohíbe el empleo de áridos que contengan sulfuros oxidables.

Además de éstas, los áridos deberán cumplir las siguientes condiciones s/EHE

Condiciones físico – mecánicas

PARÁMETRO	ESPECIFICACIONES	
	ARIDO FINO	ARIDO GRUESO
- Friabilidad de la arena (FA) s/UNE EN 1097-1:97	≤ 40	---
- Resistencia al desgaste de la grava s/UNE EN1097-2:99	---	≤ 40
- Absorción de agua por los áridos		
•Árido fino s/UNE EN 1097-6:01	≤ 5%	---
•Árido grueso s/UNE EN 1097-6:01	---	≤ 5%
-Pérdida de peso en árido tratado con sulfato magnésico s/UNE 1367-2:99 <sup>(1)</sup>		
•Árido fino	≤ 15%	---
•Árido grueso	---	≤ 18%

(1) Este ensayo sólo se realizará cuando lo indique el P.P.T.P.

Granulometría y forma del árido

PARAMETRO	ESPECIFICACIONES	
	ARIDO FINO	ARIDO FINO
- Coeficiente de forma s/UNE EN 933-4:00 <sup>(1)</sup>	---	≥ 0,20
- Índice de lajas s/UNE EN 933-3:97 <sup>(1)</sup>	---	< 35
- Contenido de finos (% pasa por tamiz 0,063)		
• Áridos redondeados	≤ 6%	≤ 1%
• Áridos de machaqueo no calizos	---	≤ 1%
• Áridos de machaqueo calizos	---	≤ 2%
• Áridos de machaqueo no calizos:		
- clase de exposición IIIa, IIIb, IIIc,IV (o clase específica)	≤ 6%	---
- clase de exposición I, IIa, IIb (sin clase específica)	≤ 10%	---
• Áridos de machaqueo calizos:		
- clase de exposición IIIa, IIIb, IIIc,IV (o clase específica)	≤ 10%	---
- clase de exposición I, IIa, IIb (sin clase específica)	≤ 15%	---



	MATERIAL QUE PASA ACUMULADO, % EN PESO, EN LOS TAMICES						
LIMITES	4 mm	2 mm	1 mm	0,5 mm	0,25 mm	0,125 mm	0,063 mm
SUPERIOR	100	96	84	60	30	18	(1)
INFERIOR	80	62	40	18	6	0	0

(1) Límite correspondiente al valor de contenido de finos de la tabla anterior.

**CONTROL**

Se realizarán los ensayos especificados en el apartado anterior, si no se tienen antecedentes del árido, si varían las condiciones del suministro o así lo indica la Dirección de la Obra s/EHE.

La toma de muestras se realizará s/UNE 932 en tres zonas del montón desechando los áridos superficiales, comprobando la temperatura y el grado de humedad antes de su utilización, evitando la segregación durante el transporte y almacenamiento y el contacto directo con el terreno.

**CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO**

El no cumplimiento de las limitaciones de tamaño máximo hace que el árido no sea apto para las piezas en cuestión.

El no cumplimiento de las restantes características, será suficiente para calificar el árido como no apto para fabricar hormigón, salvo justificación especial de que no altera perjudicialmente las propiedades exigibles al mismo ni a corto ni a largo plazo.

**8.4. Prescripciones técnicas para la recepción de aditivos de hormigón**

**NORMATIVA**

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

**PRESCRIPCIONES TECNICAS**

El aditivo se incorporará al hormigón con la proporción sobre el peso del cemento que indicará el fabricante, produciendo la función principal de su empleo, sin perturbar las restantes características del hormigón ni presentar un peligro para su durabilidad ni para la corrosión de armaduras.

El empleo de aditivos no podrá realizarse en ningún caso sin la expresa autorización de la Dirección de la Obra.

El fabricante deberá suministrar el aditivo correctamente etiquetado y designado con la garantía de las características y comportamientos al agregarlo en las condiciones previstas.

En el caso de empleo de aditivos se estudiará por el Contratista la formulación más adecuada de manera que no produzca efectos secundarios, no admitiéndose por otra parte formulaciones que no produzcan un compuesto incoloro , rechazándose aquellos de color pardo o anaranjado.

Sobre el aditivo, las características que deberá cumplir vendrán definidas por el fabricante en cuanto a:

Características Identificativas del producto:

- Características organolépticas.
- Residuo seco a 105º sobre aditivos líquidos s/UNE EN 480-8

## Anejo nº 22 Control de calidad

- Residuo Insoluble s/UNE 83.208
- Peso específico sobre aditivos líquidos s/UNE 83.225
- Densidad aparente sobre aditivos sólidos s/UNE 83.226
- Exponente de hidrógeno PH s/UNE 83.227
- Contenido de halogenuros s/UNE 83.210
- Pérdida de masa a 105º sobre aditivos sólidos s/UNE 83.206
- Pérdida por calcinación s/UNE 83.207
- Contenido de agua no combinada s/UNE 83.209

Características previas sobre el propio hormigón con el aditivo:

- Resistencia a compresión sobre 4 amasadas de 3 probetas s/UNE EN 12.390-3.
- Retracción del hormigón s/UNE 680
- Contenido de aire ocluido s/UNE 83.259
- Principio y final de fraguado s/UNE 83.311

## SUMINISTRO, IDENTIFICACION Y TOMA DE MUESTRAS

La central deberá disponer para cada partida recibida de los informes de ensayo realizados por el laboratorio de control de producción verificando el cumplimiento de las características de los aditivos conforme a lo establecido en la Instrucción EHE.

La central de hormigón no tendrá que realizar dichos ensayos si el suministrador entrega la correspondiente garantía documental del cumplimiento de dichas características y que consistirá, bien en una justificación de estar en posesión de un sello o marca de calidad oficialmente reconocido por un Estado miembro del Espacio Económico Europeo, o bien, en informes de ensayo realizados por el laboratorio propio del suministrador o por un laboratorio externo contratado por éste.

En todo caso, en los documentos de origen facilitados por el suministrador figurará la designación del aditivo de acuerdo con lo indicado en UNE EN 934-2:02, así como la garantía del fabricante de que el aditivo, agregado en las proporciones y condiciones previstas, produce la función principal deseada sin perturbar excesivamente las restantes características de hormigón ni representar peligro para las armaduras.

El fabricante suministrará el aditivo correctamente etiquetado, según UNE EN 934-6. Asimismo, la central deberá tener sus propias instalaciones y recipientes de almacenamiento de los aditivos correctamente etiquetados según dicha norma.

La central, para cada procedencia, deberá conservar una muestra de un litro como mínimo de cada partida de aditivo que utilice.

Las muestras se conservarán en recipientes cerrados que impidan su alteración o contaminación, de tal manera que sus propiedades no se vean afectadas por factores físicos o químicos (heladas, altas temperaturas, etc.), durante un tiempo mínimo de ocho semanas, a partir de la fecha de consumo de la partida a que cada muestra representa.

Cada muestra será convenientemente etiquetada, con indicación de:

- Fecha de la muestra.

- Tiempo máximo que puede conservarse.
- Marca y fabricante del aditivo.
- Naturaleza de aditivo.
- Función principal.

La toma de muestras se realizará s/UNE EN 934-6:02 y consistirá en tomar 1 kg. de seis partes si el aditivo es sólido o 0,5 l. de seis bidones si el aditivo es líquido y a partir de esta mezcla previa homogeneización, se tomará una muestra de 1 kg. o 1 l., que se guardará en un recipiente estable, con cierre hermético, evitando el contacto con el aire.

#### CONTROL DE LOS ADITIVOS

Antes de comenzar la obra se comprobará el efecto del aditivo sobre las características del hormigón mediante los ensayos previos (Resistencia a compresión sobre 4 amasadas de 3 probetas) y se justificará la ausencia de compuestos que favorezcan deterioros en el hormigón.

Durante la ejecución de la obra, por lo general, no se comprobarán los componentes del aditivo pero se vigilará que el tipo y la marca del aditivo son los aceptados al comienzo de la obra.

#### CRITERIOS DE ACEPTACION O RECHAZO

El no cumplimiento de alguna de las especificaciones será condición suficiente para calificar el aditivo como no apto.

Cualquier modificación de las características de calidad del producto, respecto a lo aceptado al comienzo de la obra, supondrá su no utilización hasta que se realicen nuevos ensayos y se autorice por parte de la Dirección de Obra su empleo.

### 8.5. Prescripciones técnicas para la recepción de armaduras pasivas

#### NORMATIVA

- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

#### GENERALIDADES

Las armaduras pasivas para hormigón serán de acero y comprenden los siguientes grupos:

- Barras corrugadas.
- Mallas electrosoldadas.

Los diámetros nominales para barras corrugadas se ajustará a la serie:

6 - 8 - 10 - 12 - 14 - 16 - 20 - 25 - 32 y 40 mm.

Los diámetros nominales de los alambres corrugadas en mallas electrosoldadas se ajustará a la serie:

5 - 5,5 - 6 - 6,5 - 7 - 7,5 - 8 - 8,5 - 9 - 9,5 - 10 - 10,5 - 11 - 11,5 - 12 y 14 mm.

Las barras y alambres no presentarán defectos superficiales, grietas ni sopladuras.

La sección equivalente no será inferior al 95,5% de su sección nominal.

El límite elástico del acero y se considera como el valor de la tensión que produce una deformación remanente del 0,2%.

Los alambres corrugados se pueden utilizar en mallas, prohibiéndose toda otra utilización como armaduras pasivas.

### BARRAS CORRUGADAS

Las barras corrugadas cumplirán los requisitos técnicos establecidos en la norma UNE 36068:94 y entre ellas se destacan las siguientes:

- Adherencia de las barras y alambres de acero para hormigón armado s/UNE 36740:98.

Tensión de adherencia media  $\tau_{bm}$  y tensión de rotura  $\tau_{bu}$

DIAMETRO	$\tau_{bm}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\tau_{bu}$ (N/mm <sup>2</sup> )
$\varnothing < 8$ mm	$\geq 6,88$	$\geq 11,22$
$8 \leq \varnothing \leq 32$ mm	$\geq 7,84 - 0,12 \varnothing_{(1)}$	$\geq 12,74 - 0,19 \varnothing_{(1)}$
$\varnothing > 32$ mm	$\geq 4,00$	$\geq 6,66$

(1)  $\varnothing$  expresado en mm.

Las características de adherencia serán objeto de certificación por organismo autorizado (Art. 1º) para otorgar el CC-EHE en el que se consignarán obligatoriamente las características geométricas de los resaltos.

A efectos de control se comprobará que el acero posee el certificado de adherencia y se realizará una verificación geométrica de los resaltos para ver si está dentro de los límites de dicho certificado.

- Las características mecánicas s/UNE EN 10.002-1:02 cumplirán con lo recogido en las siguiente tabla:

#### a. Características mecánicas de barras corrugadas

DESIGNACIÓN	LÍMITE ELASTICO $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	TENSIÓN ROTURA $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	ALARGAMIENTO s/5 $\varnothing$ (%)	RELACIÓN $f_s/f_y$	$f_y$ real / $f_y$ nominal	ALARGAMIENTO BAJO CARGA MÁXIMA $\epsilon_{máx}$ (%)
B 400 S <sup>(1)</sup>	$\geq 400$	$\geq 440$	$\geq 14$	$\geq 1,05$	---	---
B 500 S <sup>(1)</sup>	$\geq 500$	$\geq 550$	$\geq 12$	$\geq 1,05$	---	---
B 400 SD <sup>(2)</sup>	$\geq 400$	$\geq 480$	$\geq 20$	$\geq 1,20$ $\leq 1,35$	$\leq 1,20$	$\geq 9$

(1) Barras soldables s/UNE 36068:94

(2) Barras soldables con características especiales de ductilidad s/UNE 36065:00 EX

- Después del ensayo de doblado - desdoblado s/UNE 36068:94 no aparecerán grietas en la zona de ensayo.

b. Diámetro para los mandriles de doblado - desdoblado

DOBLADO - DESDOBLADO ( $\alpha = 90^\circ / \beta = 20^\circ$ )				
DESIGNACIÓN	d ≤ 12	DESIGNACIÓN	d ≤ 12	DESIGNACIÓN
B 400 S/SD	5 d	B 400 S/SD	5 d	B 400 S/SD
B 500 S	6 d	B 500 S	6 d	B 500 S

Las barras estarán identificadas con el tipo de acero y país de fabricación s/UNE 36068:94, s/UNE 36065:00 y marca del fabricante s/UNE 36811:98.

MALLAS ELECTROSOLDADAS

Mallas electrosoldadas son aquellas que cumplen con los requisitos técnicos s/UNE 36092:96.

Si la malla está fabricada con barras corrugadas cumplirá con lo especificado para ellas en el apartado anterior.

Si la malla está fabricada con alambres corrugados cumplirá con las condiciones de adherencia de las barras corrugadas y además con lo especificado en la tabla siguiente:

Características mecánicas de los alambres corrugados

DESIGNACIÓN	ENSAYO DE TRACCIÓN				ENSAYO DE DOBLADO - DESDOBLADO $\alpha = (90^\circ) \quad \beta = (20^\circ)$ Ø de mandril
	LÍMITE ELÁSTICO $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> )	TENSIÓN ROTURA $f_s$ (N/mm <sup>2</sup> )	ALARGAMIENTO $s/5\varnothing$ (%)	RELACIÓN $f_s/f_y$	
B500T	≥ 500	≥ 550	≥ 8 (1)	≥ 1,03 (2)	8 d (3)

(1) Además se cumplirá  $A\% \geq 20 - 0,02 f_{yi}$

(2) Además se cumplirá:

$$\frac{f_{si}}{f_{yi}} \geq 1,05 - 0,1 \left( \frac{f_{yi}}{f_{yk}} - 1 \right)$$

A = alargamiento de rotura

$f_{yi}$  = límite elástico de ensayo

$f_{si}$  = tensión de rotura de ensayo

$f_{yk}$  = límite elástico garantizado

(3) d: diámetro nominal del alambre.

## Anejo nº 22 Control de calidad

Al suministro (obra, taller o almacén) todo paquete llegará con etiqueta de identificación s/UNE 36092:96 y las barras o alambres deberán llevar grabadas sus marcas de identificación s/UNE 36811:98 y UNE 36812:96 respectivamente.

Las mallas electrosoldadas se designarán s/UNE 36092:96 de la forma siguiente:

ME sl x st A Ød<sub>l</sub> - d<sub>t</sub> B500X lxb UNE 36092:96

sl st: Separaciones entre alambres longitudinales y transversales (cm).

A: Ahorro estándar (A), con ahorro no estándar o especial (E), sin ahorro (sin símbolo).

d<sub>l</sub> d<sub>t</sub>: Diámetros de los alambres longitudinales y transversales (mm).

X: Barra corrugada (S) o alambre corrugado (T).

l b: Longitud y anchura del panel (m).

ejemplo: ME 15x30 AØ 10-6,5 B500T 5x2 UNE 36092:96

## SUMINISTRO DE ARMADURAS PASIVAS

En el suministro se distinguen dos casos:

- 1) Productos certificados: aceros que poseen un distintivo reconocido o un CC-EHE.

Cada partida irá acompañada del certificado de posesión del distintivo de calidad, certificado de adherencia y certificado de garantía del fabricante. Si se solicita acompañará copia de los resultados de ensayos de control de producción.

- 2) Productos no certificados: aceros que no poseen un distintivo reconocido o un CC-EHE.

Cada partida irá acompañada de resultados de ensayos de composición química, características mecánicas y geométricas, realizados por un organismo acreditado para otorgar CC-EHE y además del certificado de adherencia para barras o alambres corrugados.

## ALMACENAMIENTO DE ARMADURAS PASIVAS

Durante el transporte y almacenamiento se protegerá de la lluvia, humedad del suelo y agresividad ambiental. Hasta su empleo se clasificarán según tipo, calidades, □ y procedencia.

Antes de su utilización puede presentar una ligera capa de óxido en la superficie de las barras que no representará una pérdida superior al 1% del peso inicial una vez que se limpien con cepillo de alambre.

Las armaduras pasivas estarán exentas de grasa, aceite, pintura, polvo, tierra, etc.

## ELABORACION DE FERRALLA Y COLOCACION DE LAS ARMADURAS PASIVAS

- Generalidades.

Para la elaboración y colocación de las armaduras pasivas se seguirán las indicaciones de la norma UNE 36831:97.

Las armaduras estarán exentas de pintura, grasa, etc.. y podrán presentar cierto grado de oxidación, cumpliendo con las características del corrugado y no perdiendo más de 1% de peso al cepillarlas.

Se autoriza la técnica de soldadura s/UNE 36832:97 para el acero soldable que se efectuó en taller o instalación industrial fija. En obra sólo si lo admite el proyecto o lo autoriza la Dirección de Obra.

Los estribos no se fijarán mediante soldadura una vez situada la ferralla en los encofrados.

No se mezclarán aceros de distinto límite elástico (sí para la armadura principal por un lado y para estribos por otro); si no es posible evitarlo se comprobará que cumple con la resistencia de cálculo.

- Disposición de separadores.

La disposición de separadores cumplirá las prescripciones de la siguiente tabla:

Disposición de separadores

Elemento		Distancia máxima
Elementos superficiales horizontales (losas, forjados, zapatas y losas de cimentación, etc.)	Emparrillado inferior	50 Ø ó 100 cm
	Emparrillado superior	50 Ø ó 50 cm
Muros	Cada emparrillado	50 Ø ó 50 cm
	Separación entre emparrillados	100 cm
Vigas <sup>(1)</sup>		100 cm
Soportes <sup>(1)</sup>		100 Ø ó 200 cm

(1) Se dispondrán, al menos, tres planos de separadores por vano, en el caso de las vigas, y por tramo, en el caso de los soportes, acoplados a los cercos o estribos.

Ø: Diámetro de la armadura a la que se acopla el separador

- Doblado de armaduras pasivas.

El doblado se ajustará a los planos e instrucciones del proyecto, realizándose en frío mediante métodos mecánicos, con velocidad constante y con la ayuda de mandriles.

Se vigilará especialmente las operaciones de doblado y desdoblado en obra por posibles efectos de fisuración y concentración de tensiones.

El diámetro mínimo de los mandriles será el siguientes:

Diámetro mínimo de los mandriles

Barras corrugadas	Ganchos, patillas y gancho en U		Barras dobladas y otras barras curvadas	
	Diámetro de la barra en mm		Diámetro de la barra en mm	
	Ø < 20	Ø ≥ 20	Ø ≤ 25	Ø > 25
B 400 S	4 Ø	4 Ø	10 Ø	12 Ø
B 500 S				

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

Los estribos de  $\varnothing < 12$  mm. podrán doblarse con  $\varnothing$  inferior al cuadro y  $\varnothing \geq 3d$  o 3 cm.

En el caso de mallas el doblado se efectuará a una distancia  $\geq 4 \varnothing$  contados a partir del nudo más próximo. En caso contrario el  $\varnothing$  mínimo de doblado será  $\geq 20d$ .

- Distancias entre barras.

Barras aisladas. La distancia libre, horizontal y vertical, entre dos barras aisladas consecutivas será igual o superior al mayor de los valores siguientes: 2 cm,  $\varnothing$  de la barra mayor ó 1,25 veces el tamaño máximo del árido.

Grupos de barras. Para determinar recubrimientos y distancias libres se considerará como  $\varnothing$  del grupo el de la sección circular de área equivalente a la suma de las barras que lo constituyen. El  $\varnothing$  equivalente será  $\leq 50$  mm, excepto en piezas comprimidas hormigonadas en posición vertical que podrá ser  $\leq 70$  mm.

#### CONTROL DE CALIDAD DE ARMADURAS PASIVAS

Se establecen los siguientes niveles para controlar la calidad del acero:

- Control a nivel reducido.
- Control a nivel normal.

En obras de hormigón pretensado se empleará únicamente el nivel normal.

A efectos de control se denomina partida al material de la misma designación (aunque de varios diámetros) suministrado de una vez. Lote es la subdivisión de una partida, o del material existente en obra o taller que se somete a control.

No se utilizarán partidas de acero que no lleguen acompañados del Certificado de Garantía del fabricante, firmado por persona física.

El control de las armaduras se realizará previamente al hormigonado para el acero no certificado, y antes de la puesta en servicio para aceros certificados.

#### Control a nivel reducido.

Este nivel de control será de aplicación a las armaduras pasivas cuando:

- El consumo de acero de la obra es muy reducido.
- Existen dificultades para realizar ensayos completos sobre el material.

En estos casos el acero estará certificado y se utilizará como resistencia de cálculo:  $f_{yd} = 0,75 f_{yk} / \gamma_s$

El control consistirá en comprobar sobre cada diámetro:

- Sección equivalente sobre dos probetas por cada partida.

- Ausencia de grietas o fisuras en las zonas de doblado y ganchos de anclaje, mediante inspección en obra.

#### Control a nivel normal.

- Productos Certificados.

A efectos de control, las armaduras se dividirán en lotes, correspondiente cada uno a un mismo suministrador, designación y serie, y siendo su cantidad máxima 40 t. o fracción para realizar sobre ellos:

- Sección equivalente sobre 2 probetas.
- Características geométricas de sus resaltos sobre 2 probetas.
- Doblado - desdoblado sobre 2 probetas.
- Límite elástico, carga de rotura y alargamiento sobre 5 Ø s/UNE EN 10.002-1:02 (además bajo carga máxima para el Acero B400SD) sobre 1 probeta, al menos en dos ocasiones durante la obra por cada diámetro, tipo de acero y suministrador. En el caso de mallas se realizará, como mínimo, dos ensayos por cada Ø principal en cada una de las dos ocasiones, incluyendo la resistencia al arrancamiento del nudo s/UNE EN ISO 15630:03.
- Caso de existir empalmes por soldadura se comprobará según el apartado de soldabilidad.
- Productos no certificados.

A efectos de control, las armaduras se dividirán en lotes, correspondiendo cada uno de ellos a un mismo suministrador, designación y serie, y siendo su cantidad máxima 20 t. o fracción, para realizar sobre ellos:

- Sección equivalente sobre 2 probetas.
- Características geométricas de sus resaltos sobre 2 probetas.
- Doblado - desdoblado sobre 2 probetas.
- Límite elástico, carga de rotura y alargamiento sobre 5 Ø s/UNE EN 10.002-1:02 (además bajo carga máxima para el Acero B400SD en estructuras sometidas a acciones sísmicas) sobre 1 probeta, al menos en dos ocasiones durante la obra por cada diámetro, tipo de acero y suministrador. En el caso de mallas se realizará, como mínimo, dos ensayos por cada Ø principal en cada una de las dos ocasiones, incluyendo la resistencia al arrancamiento del nudo s/UNE EN ISO 15.630:03.
- Caso de existir empalmes por soldadura se comprobará según el apartado de soldabilidad.
  - Comprobación de la soldabilidad.

En caso de existir empalmes por soldadura se comprobará:

- 1.- Composición química apta para la soldabilidad s/UNE 36068:94.
- 2.- Aptitud del procedimiento de soldeo según:
  - a) Soldadura a tope.

El ensayo se realizará sobre el diámetro máximo y mínimo que se vaya a soldar.

De cada Ø se tomarán 6 probetas consecutivas de una misma barra para realizar:

- Ensayo de tracción sobre 3 probetas (la central soldada y las otras sin soldadura) determinando su carga total de rotura.

## Anejo nº 22 Control de calidad

El valor obtenido sobre la probeta soldada será  $\geq 95\%$  de la carga de rotura media de las otras dos probetas, y la fuerza correspondiente a la barra soldada para cualquier alargamiento (comprobando en el diagrama fuerza - alargamiento) será  $\geq 95\%$  del valor obtenido de la barra testigo.

- Ensayo de doblado - desdoblado sobre 3 probetas soldadas en la zona de afección del calor.

b) Soldadura por solapo.

El ensayo se realizará sobre la combinación de los  $\emptyset$  más gruesos y sobre el  $\emptyset$  más fino y más grueso.

Se prepararán en cada caso tres uniones para realizar:

- Ensayo de tracción sobre las 3 probetas.

El resultado se considerará satisfactorio si en todos los casos la rotura ocurre fuera de la zona de solapo o en caso contrario no presenta una baja del 10% en la carga de rotura con respecto a la media determinada sobre 3 probetas del  $\emptyset$  más fino procedente la misma barra y en ningún caso por debajo del valor nominal.

c) Soldadura en cruz.

Se utilizarán tres probetas, resultantes de la combinación del  $\emptyset$  más grueso y el  $\emptyset$  más fino, ensayando a tracción los  $\emptyset$  finos. El resultado será satisfactorio si no presenta una baja del 10% en la carga de rotura con respecto a las 3 probetas de ese  $\emptyset$  procedentes de la misma barra, y en ningún caso por debajo del valor nominal.

Así mismo y sobre otras 3 probetas se comprobará la aptitud frente al arrancamiento realizando la tracción sobre el  $\emptyset$  más fino.

d) Otro tipo de soldaduras.

En este caso la Dirección de Obra exigirá realizar ensayos antes de admitir su utilización en obra.

- Condiciones de aceptación o rechazo.

a) CONTROL A NIVEL REDUCIDO.

- Sección equivalente.

- Si las dos comprobaciones son satisfactorias se acepta la partida.
- Si las dos comprobaciones no son satisfactorias se rechaza la partida.
- Si una no es satisfactoria se comprueban 4 nuevas probetas. Si la cuatro cumplen se acepta y si una falla se rechaza la partida.

- Zonas dobladas y ganchos.

- La aparición de grietas o fisuras en las zonas dobladas o ganchos obligará a rechazar la partida.

b) CONTROL A NIVEL NORMAL.

- Sección equivalente.

- Si las dos comprobaciones son satisfactorias se acepta el lote.
- Si las dos comprobaciones no son satisfactorias se rechaza el lote.
- Si una no es satisfactoria se comprueban 4 nuevas probetas. Si la cuatro cumplen se acepta y si una falla se rechaza el lote.

- Características geométricas.
  - El incumplimiento de los límites establecidos en el Certificado de adherencia será condición suficiente para rechazar el lote.
- Doblado - Desdoblado.
  - Si se produce un fallo se ensayarán 4 nuevas probetas. Cualquier fallo obligará a rechazar el lote.
- Ensayo de tracción.
  - Si los resultados son satisfactorios se aceptarán las barras del □ , tipo y suministrador correspondiente.
  - Si se registra un fallo, todas las armaduras de ese □ (existentes en obra y posteriormente enviadas) se clasifican en lotes de 20 t., ensayando de nuevo 2 probetas. Si los resultados son satisfactorios el lote se acepta. Si los dos resultados no son satisfactorios el lote se rechaza. Si uno falla se ensayarán 16 probetas y solo se aceptará el lote cuando la media aritmética de los dos valores inferiores supere el garantizado y todos los valores superen el 95 % de dicho valor.
- Ensayo de soldeo.
  - Si se registra un fallo, se interrumpen las operaciones de soldeo y se procederá a una revisión completa del proceso.

## 8.6. Prescripciones técnicas para la recepción de hormigones

### NORMATIVA

- Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

### COMPOSICION

La composición elegida para la preparación de la mezcla se estudiará previamente para asegurar que es capaz de proporcionar al hormigón unas características en cuanto a:

- Resistencias mecánicas, Características reológicas y Durabilidad

Sus componentes cumplirán las prescripciones particulares de cada uno de los materiales y el lón cloruro aportado por ellos no excederá de:

- Obras de hormigón pretensado 0,2% del peso de cemento.
- Obras de hormigón armado u obras de hormigón en masa  
con armaduras para reducir la fisuración: 0,4% del peso de cemento.

### CONDICIONES DE CALIDAD

Las condiciones que deberá cumplir la unidad de producto o amasada se especificarán en el P.P.T.P. indicándose lo referente a:

- |                            |                               |
|----------------------------|-------------------------------|
| - Resistencia a compresión | - Absorción y peso específico |
| - Consistencia             | - Compacidad                  |
| - Tamaño máximo del árido  | - Desgaste                    |

## Anejo nº 22 Control de calidad

- Tipo de ambiente
- Aditivos y adiciones
- Resistencia a tracción
- Permeabilidad
- Aspecto externo.

Cualquiera de estas calidades se expresará por el valor medio de un nº de determinaciones ( $N \geq 2$ ) realizadas sobre partes o porciones de la amasada.

### CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS

Las características mecánicas de los hormigones empleados en estructuras cumplirán las siguientes condiciones:

- Resistencia de proyecto (fck): valor que se adopta en proyecto para la resistencia a compresión, como base de cálculos.
- Resistencia de cálculo a compresión (fcd): valor de la resistencia característica de proyecto (fck) correspondiente, dividida por un coeficiente parcial de seguridad  $\gamma_c$ .
- Resistencia característica real (fcreal): valor que corresponde al cuantil del 5% en la distribución de resistencia a compresión del hormigón colocado en obra.
- Resistencia característica estimada (fcest): valor que estima o cuantifica la resistencia característica real de obra a partir de un nº finito de resultados.

La resistencia a compresión se refiere a la resistencia de una amasada que incluye:

- Toma de muestras s/UNE EN 12350-1:06
- Fabricación y conservación de probetas cilíndricas de 15 x 30 cm. s/UNE EN 12.390-1 y 2:01
- Refrentado de probetas s/UNE EN 12.390-3:03
- Rotura a compresión de un nº de probetas  $n \geq 2$  a 28 días s/UNE EN 12.390-3:03

Si la estructura de hormigón no va a estar sometida a solicitaciones los tres primeros meses, se podrá referir la resistencia a compresión a la edad de 90 días.

Si el P.P.T.P. así lo exige se podrá pedir la determinación de la resistencia a tracción s/UNE EN 12.390-6:01 y la resistencia a flexión s/UNE EN 12.390-5:01.

En función del endurecimiento los hormigones se consideran:

- de endurecimiento rápido: los fabricados con cemento de clase 42,5 R, 52,5N y 52,5 R con una relación  $a/c \leq 0,60$ , los fabricados con cemento de clase 32,5 R ó 42,5 con una relación  $a/c \leq 0,50$  y los fabricados con un acelerante de fraguado.
- de endurecimiento normal: el resto de los casos.

### COEFICIENTES DE CONVERSION

Los coeficientes de variación cambian de unos hormigones a otros, teniendo carácter informativo, y relacionan resultados de ensayos sobre probetas no normalizadas (15 x 30) y edad del hormigón.

Ensayos de compresión sobre probetas de distinto tipo y misma edad

TIPO DE PROBETA	DIMENSIONES (cm)	COEF. DE CONVERSION A PROBETA CILINDRICA 15x30	
		LIMITES DE VARIACIÓN	LIMITES DE VARIACIÓN
	15x30	---	1,00
CILINDRO	10x20	0,94 - 1,00	0,97
	25x50	1,00 - 1,10	1,05
	10	0,70 - 0,90	0,80
CUBO	15	0,70 - 0,90	0,80
	20	0,75 - 0,90	0,83
	30	0,80 - 1,00	0,90
PRISMA	15x15x45	0,90 - 1,20	1,05
	20x20x60	0,90 - 1,20	1,05

Resistencia a compresión sobre probetas del mismo tipo

EDAD DEL HORMIGON EN DIAS	3	7	28	90	360
Hormigón de endurecimiento normal	0,40	0,65	1,00	1,20	1,35
Hormigón de endurecimiento rápido	0,55	0,75	1,00	1,15	1,20

Resistencia a tracción sobre probetas del mismo tipo

EDAD DEL HORMIGON EN DIAS	3	7	28	90	360
Hormigón endurecimiento normal	0,40	0,70	1,00	1,05	1,10

Valor mínimo de la resistencia

- Hormigón en masa:  $f_{ck} \geq 20 \text{ N/mm}^2$
- Hormigones armados o pretensados:  $f_{ck} \geq 25 \text{ N/mm}^2$

**DOCILIDAD DEL HORMIGON**

La docilidad del hormigón se valorará determinando su consistencia s/UNE EN 12.350-2:06 y se mide por su asiento en el cono de Abrams (expresado en un nº entero de cm.)

La docilidad será necesaria para que con los métodos de puesta en obra y compactación cumpla:

## Anejo nº 22 Control de calidad

- Que el hormigón rodee las armaduras.
- Rellene completamente los encofrados.

En edificación se recomienda que el asiento en cono de Abrams sea  $\geq 6$  cm.

El valor de la consistencia se especificará en el P.P.T.P., definiéndola por su tipo, o por el valor numérico A en cm de su asiento.

### Tipos de consistencia para el hormigón y sus tolerancias

CONSISTENCIA DEFINIDA POR SU TIPO		
TIPO DE CONSISTENCIA	ASIENTO (cm)	TOLERANCIA
SECA	0-2	0
PLASTICA	3-5	$\pm 1$
BLANDA	6-9	$\pm 1$
FLUIDA (1)	10-15	$\pm 2$

CONSISTENCIA DEFINIDA POR SU ASIENTO		
TIPO DE CONSISTENCIA	ASIENTO (cm)	TOLERANCIA
ENTRE 0-2	0 - 2	$\pm 1$
ENTRE 3-7	3 - 7	$\pm 2$
ENTRE 8-12	8 - 12	$\pm 3$

(1) El límite superior de asiento para la consistencia fluida (15 cm) podrá sobrepasar si se emplean aditivos superfluidificante.

### TIPIFICACION DE HORMIGON

La tipificación del hormigón figurará en planos y P.P.T.P. de acuerdo a lo siguiente:

T - R / C / TM / A

T: Hormigón en masa (HM), hormigón armado (HA) y hormigón pretensado (HP).

R: Resistencia característica especificada (fck): 20- 25 - 30 - 35 - 40 - 45 - 50 (> 50).

C: Letra inicial del tipo de consistencia: S - P - B - F.

A: Designación del ambiente.

### DOSIFICACION DEL HORMIGON

El hormigón se dosificará respetando las limitaciones siguientes:

- Cantidad mínima de cemento en función de la clase de exposición.

- Cantidad máxima de cemento por m<sup>3</sup> ≤ 400 kg. salvo excepciones, previa experimentación y autorización de la Dirección de Obra.
- Máxima relación agua cemento en función de la clase de exposición.

En la dosificación se tendrá en cuenta la resistencia mecánica, la consistencia y el ambiente.

Para establecer la dosificación se recurrirá a los ensayos previos en Laboratorio con objeto de conseguir que el hormigón resultante cumpla con los requisitos de resistencia, docilidad y durabilidad.

En el caso de que el constructor justifique documentalmente estos requisitos se podrá prescindir de los ensayos previos.

#### FABRICACIÓN Y TRANSPORTE A OBRA DE HORMIGON

- Hormigón fabricado en central.

Se entiende como Central de fabricación de hormigón aquella que cumple con los requisitos sobre almacenamiento de materias primas, instalaciones de dosificación, equipos de amasado, equipos de transporte, en su caso, y control de producción.

En cada central habrá una persona responsable de fabricación, distinta del responsable de control de producción.

Las centrales pueden pertenecer o no a las instalaciones de la obra, entendiéndose que el hormigón preparado es el perteneciente a una central, no de la obra, que está inscrita en el Registro Industrial (inscripción a disposición del peticionario y Administraciones).

- ALMACENAMIENTO DE MATERIAS PRIMAS.

Los componentes o materias primas empleadas en la fabricación de hormigón se almacenarán cumpliendo los requisitos establecidos por cada uno de ellos.

Las instalaciones para almacenamiento de agua o aditivos, serán tales que eviten su contaminación.

Los aditivos en polvo se almacenarán de igual forma que los cementos.

Los aditivos líquidos o pulverulentos diluidos en agua se almacenarán en depósitos protegidos de la helada y dispondrán de elementos agitadores.

- INSTALACIONES DE DOSIFICACIÓN.

Se dispondrán silos con compartimentos separados para cada una de las fracciones granulométricas.

Los medios de control permitirán cortar con precisión la alimentación a la tolva de la báscula de las cantidades deseadas.

Las tolvas permitirán descargar todo el material.

Los instrumentos indicadores estarán visibles para el operador y los instrumentos de control deberán tener un fácil acceso para el mismo.

Bajo cargas estáticas las básculas tendrán una precisión de 0,5% de su capacidad total.

Se mantendrán limpios los puntos de apoyo y articulaciones de las básculas.

El medidor de agua tendrá una precisión tal que no rebase la tolerancia de  $\pm$  1%.

El dosificador de aditivo deberá tener capacidad para una cantidad correspondiente a 50 kg. de cemento.

- DOSIFICACION DE MATERIAS PRIMAS.

**CEMENTO:** Se dosificará en peso utilizando básculas y escalas distintas de los áridos con una tolerancia del  $\pm 3\%$ .

**ARIDOS:** Se dosificará en peso, teniendo en cuenta la humedad. La central dispondrá de elementos que aporten la humedad superficial de forma automática.

El árido se compondrá de al menos 2 fracciones granulométricas para tamaños máximos  $> 20$  mm. y de 3 fracciones para tamaños  $> 20$  mm. La tolerancia en peso de los áridos, sea de forma separada o acumulada será del  $\pm 3\%$ .

**AGUA:** El agua de amasado será suma de la añadida a la amasada, la procedente de la humedad de los áridos y, en su caso, la aportada por aditivos líquidos.

El agua añadida directamente a la amasada se medirá en peso o volumen con una tolerancia del  $\pm 1\%$  y el agua total se determinará con una tolerancia del  $\pm 3\%$ . (Se tendrá en cuenta al agua de lavado en camiones hormigonera).

**ADITIVOS:** Los aditivos en polvo se medirán en peso y los líquidos en peso o en volumen con una tolerancia del  $\pm 5\%$ .

**ADICIONES:** Se dosificarán en peso utilizando básculas y escalas distintas de los áridos con una tolerancia del  $\pm 3\%$ .

- EQUIPOS DE AMASADO.

Podrán ser amasadoras fijas o móviles, capaces en cualquier caso de obtener una mezcla homogénea.

Se vigilarán los residuos, desperfectos o desgastes de las paletas.

Las amasadoras llevarán una placa metálica en la que se especifique:

- Para las fijas: velocidad de amasado, capacidad máxima del tambor (volumen de hormigón amasado).
- Para las móviles: volumen total del tambor, capacidad máxima de volumen de hormigón amasado y velocidad máxima y mínimo de rotación.

Los amasadores serán capaces de producir una mezcla homogénea debiéndose cumplir con los requisitos del grupo A y al menos dos del grupo B según la siguiente tabla.

Comprobación de la Homogeneidad del hormigón

	ENSAYOS	Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga)
Grupo A	1. Consistencia (UNE EN 12.350-2:06) Si el asiento medio es igual o inferior a 9 cm Si el asiento medio es superior a 9 cm 2. Resistencia (UNE EN 12.390-3:03) (*)	3 cm 4 cm 7,5 %

	<b>ENSAYOS</b>	<b>Diferencia máxima tolerada entre los resultados de los ensayos de dos muestras tomadas de la descarga del hormigón (1/4 y 3/4 de la descarga)</b>
	En porcentajes respecto a la media	
Grupo B	3. Densidad del hormigón (UNE EN 12.350-6:06) en kg/m <sup>3</sup>	16 kg/m <sup>3</sup>
	4. Contenido de aire (UNE EN 12.350-7:01) En porcentaje respecto al volumen del hormigón	1 %
	5. Contenido de árido grueso (UNE 7295:76) En porcentaje respecto al peso de la muestra tomada	6 % 0,5
	6. Módulo granulométrico del árido (UNE 7295:76)	

(\*)Por cada muestra se romperán a compresión, a 7 días y según el método de ensayo UNE EN 12.390-3:03, dos probetas cilíndricas de 15 cm de diámetro y 30 cm de altura. Estas probetas serán confeccionadas y conservadas según el método de ensayo UNE EN 12.390-1 y 2:01. Se determinará la medida de cada una de las dos muestras como porcentaje de la media total.

- **AMASADO.**

El amasado se realizará por uno de los procedimientos siguientes:

- totalmente en amasadora fija.
- iniciado en amasadora fija y terminado en amasadora móvil, antes de su transporte.
- en amasadora móvil, antes de su transporte.
- **TRANSPORTE.**

El transporte procurará que la masa llegue sin experimentar variaciones sensibles en las características que poseía recién amasada.

El tiempo transcurrido entre la adición del agua y la puesta en obra será  $\leq$  1,5 horas, reduciéndose este período con tiempo caluroso o en condiciones de un rápido fraguado, a menos que no se tomen medidas.

Para un hormigón amasado en central y transporte en amasadora móvil, el volumen transportado no excederá del 80% del volumen del tambor. Si el hormigón se amasa o termina de amasar en amasadora móvil, el volumen transportado no excederá de los 2/3 del volumen del tambor.

El transporte podrá realizarse en amasadora móvil a velocidad de agitación, o en equipos con o sin agitación siempre que tengan superficies lisas y redondeadas.

- **DESIGNACION Y CARACTERISTICAS.**

## Anejo nº 22 Control de calidad

El hormigón se designará por propiedades o por dosificación especificándose en ambos casos la consistencia, tamaño máximo, tipo de ambiente, resistencia característica a compresión (hormigones designados por propiedades), contenido de cemento (hormigón designado por dosificación), e indicación de si el hormigón es en masa, armado o pretensado.

En un hormigón designado por propiedades, el suministrador establece la composición garantizando al peticionario sus características.

En un hormigón designado por dosificación, el peticionario es responsable de establecer el tamaño máximo, consistencia, contenido de cemento, y será el suministrador el que lo garantice indicando la relación a/c.

Otras características especiales las solicitará el peticionario, mientras que el suministrador las garantizará antes del suministro.

Antes del suministro el peticionario podrá pedir al suministrador garantía de cumplimiento de los requisitos de los materiales componentes.

En ningún caso se emplearán adiciones ni aditivos sin el conocimiento del peticionario y sin la autorización de la Dirección de Obra.

### - ENTREGA Y DOCUMENTACION.

Documentación: cada carga irá acompañada de una hoja de suministro, que estará a disposición de la Dirección de Obra y en la que deberán figurar los siguientes datos:

- 1.- Nombre de la central de fabricación.
- 2.- Número de serie de la hoja de suministro.
- 3.- Fecha de entrega.
- 4.- Nombre del Peticionario y del responsable de la recepción.
- 5.- Especificación del hormigón.

#### a) Hormigón por propiedades.

- Designación del hormigón (T-R / C / TM / A).
- Contenido de cemento (kg/m<sup>3</sup>) con una tolerancia de  $\pm$  15 kg.
- Relación a/c con una tolerancia de  $\pm$  0,02.

Hormigón por dosificación.

- Contenido de cemento por m<sup>3</sup> de hormigón.
- Relación a/c con una tolerancia de  $\pm$  0,02.
- Tipo de ambiente.

#### b) Tipo, clase y marca del cemento.

#### c) Consistencia.

#### d) Tamaño máximo del árido.

#### e) Tipo de aditivo s/UNE EN 934-2:02 si lo hubiese y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.

f) Procedencia y cantidad de adición si la hubiese y, en caso contrario, indicación expresa de que no contiene.

6.- Designación específica del lugar del suministro.

7.- Cantidad de hormigón que compone la carga (m<sup>3</sup> de hormigón fresco).

8.- Identificación del camión hormigonera y de la persona que procede a la descarga.

9.- Hora límite de uso para el hormigón.

Recepción: El comienzo de la descarga en el lugar de entrega marca el principio del tiempo de entrega y recepción del hormigón, que durará hasta la finalización de la descarga.

La Dirección de Obra, o persona en quien delegue, es el responsable del Control de recepción.

Cualquier rechazo de hormigón basado en la consistencia (o aire ocluido en su caso) se realizará durante la entrega. No se rechazará por estos conceptos sin la realización de los ensayos oportunos.

Se prohíbe adicionar agua al hormigón, no obstante si no se alcanza el cono de Abrams el suministrador podrá añadir fluidificante sin rebasar las tolerancias. Para ello el camión dispondrá de equipo dosificador y se reamasará el hormigón al menos 1 min/m<sup>3</sup>, sin ser en ningún caso inferior a 5 minutos.

La actuación del suministrador termina una vez finalizada la entrega y siendo satisfactorios los ensayos de recepción.

Entre el peticionario y el suministrador se establecerá el tiempo de uso del hormigón.

- **HORMIGON NO FABRICADO EN CENTRAL.**

Los medios de fabricación comprenden: almacenamiento de materias primas, instalaciones de dosificación y equipos de amasado.

El almacenamiento de materias primas cumplirá los requisitos establecidos para cada uno de ellos.

El cemento se dosificará en peso y los áridos en peso o volumen (no recomendado en volumen).

El amasado se realizará a velocidad de régimen con un período de batido superior a 90 segundos.

El fabricante documentará la dosificación para la aceptación por parte de la Dirección de Obra.

En obra existirá a disposición de la Dirección de Obra un libro custodiado por el fabricante que contendrá la dosificación, cualquier corrección realizada, relación de proveedores de materias primas, descripción de equipos, calibración de la balanza de cemento, registro de nº de amasadas, fecha de hormigonado y resultados de ensayos, en su caso.

**PUESTA EN OBRA DEL HORMIGÓN**

- **COLOCACIÓN.**

No se colocarán masas que acusen principio de fraguado.

Cuando se empleen conducciones se evitarán la disgregación de la mezcla.

Las tongadas permitirán una compactación completa de la masa (entre 30 y 60 cm).

No se hormigonará sin la conformidad de la Dirección de Obra, una vez revisadas las armaduras.

El hormigonado se realizará de acuerdo a un plan previamente establecido, teniendo en cuenta deformaciones de encofrados y cimbras.

**Anejo nº 22 Control de calidad**

**- COMPACTACION.**

Se realizará mediante procedimientos adecuados a la consistencia de la mezcla, eliminando huecos y evitando la segregación.

La compactación terminará cuando refluya la pasta a la superficie y deje de salir aire.

Cuando se utilicen vibradores de superficie el espesor de la capa compactada será  $\leq 20$  cm.

Los vibradores de molde serán objeto de estudio, de forma que la vibración evite huecos y capas de menor resistencia.

El vibrado del hormigón será objeto de aprobación por parte de la Dirección de Obra.

A título informativo el método de compactación se indica en la siguiente tabla.

Método de compactación

CONSISTENCIA	TIPO DE COMPACTACION
Seca	Vibrado enérgico
Plástica	Vibrado normal
Blanda	Vibrado normal o picado con barra
Fluida	Picado con barra

**JUNTAS DE HORMIGONADO**

Las juntas estarán previstas en proyecto y se situarán en dirección normal a las tensiones de compresión y alejándolas de zonas con armadura sometida a fuertes tracciones. Si no están previstas en proyecto se dispondrán donde lo apruebe la Dirección de Obra y preferentemente sobre los puntales de la cimbra. Previamente al hormigonado serán examinadas y aprobados por la Dirección de Obra.

Antes del hormigonado se retirará la capa superficial de mortero dejando los áridos al descubierto, no empleando productos corrosivos para ello.

Se prohíbe hormigonar contra la superficie de hormigón que haya sufrido heladas, eliminándose previamente estas zonas.

El P.P.T.P. podrá autorizar otras técnicas previa justificación mediante ensayos.

**HORMIGONADO EN TIEMPO FRIO**

La temperatura de la masa al verterla será superior o igual a 5° C.

Se prohíbe hormigonar sobre elementos cuya temperatura sea inferior a 0° C.

Se suspenderá el hormigonado cuando se prevea que dentro de las 48 h. siguientes puede descender la temperatura por debajo de 0° C. En caso contrario se tomarán medidas especiales para evitar deterioros. Si estos se producen se realizarán ensayos informativos para estimar la resistencia.

Los aditivos anticongelantes serán autorizados expresamente por la Dirección de Obra.

Se entiende por tiempo frío cuando durante más de tres días la T<sup>a</sup> media del aire es < 5° C y la T<sup>a</sup> del aire no supera los 10° C durante más de la mitad del día.

#### HORMIGONADO EN TIEMPO CALUROSO

Se evitará la evaporación del agua de amasado, principalmente durante el transporte y para reducir la T<sup>a</sup> de la masa.

Las materias primas y los encofrados deberán estar protegidos del soleamiento previamente al hormigonado y después del vertido se protegerá al hormigón del sol y especialmente del viento.

Se suspenderá el hormigonado si la T<sup>a</sup> ambiente es superior a 40° C o hay viento excesivo, salvo que por autorización expresa de la Dirección de Obra se adopten medidas especiales.

Se tratará de asegurar que la T<sup>a</sup> del hormigón esté por debajo de 35° C para estructuras normales y debajo de 15° C para grandes masas de hormigón.

#### CURADO DE HORMIGON

Durante el fraguado y primer endurecimiento se asegurará el mantenimiento de la humedad mediante un curado correcto. Este se prolongará durante un plazo que dependerá del tipo y clase de cemento, de la temperatura, grado de humedad ambiente, etc...

El curado se podrá realizar mediante riego directo, sin deslavar el hormigón y empleando agua cuyas características sean las mismas que para las aguas de amasado.

La aportación de agua para el curado se podrá sustituir por la protección de las superficies con recubrimientos plásticos u otros materiales que garanticen la retención de la humedad inicial de la masa.

Si se utilizan otras técnicas (curado al vapor) se procederá con arreglo a normas de buena práctica, previa autorización de la Dirección de Obra.

Para una estimación del plazo de curado se puede aplicar la siguiente fórmula:

$$D = K L D_0 + D_1$$

D: Duración mínima en días del curado.

K: Coeficiente de ponderación ambiental.

L: Coeficiente de ponderación térmica.

D<sub>0</sub>: Parámetro básico de curado.

D<sub>1</sub>: Parámetro función del tipo de cemento.

Parámetro básico de curado D<sub>0</sub>

Condiciones ambientales durante el curado	Velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón			
	Muy rápida	Rápida	Media	Lenta
<p style="text-align: center;">—A—</p> — No expuesta al sol — No expuesta al viento — Humedad relativa superior al 80%	1	2	3	4
<p style="text-align: center;">—B—</p> — Expuesta al sol con intensidad media — Velocidad de viento media — Humedad relativa entre el 50% y 80%	2	3	4	5
<p style="text-align: center;">—C—</p> — Soleamiento fuerte — Velocidad de viento alta — Humedad relativa inferior al 50%	3	4	6	8
<p style="text-align: center;">—A—</p> — No expuesta al sol — No expuesta al viento — Humedad relativa superior al 80%	1	2	3	4

## Velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón

Clase del cemento	Relación agua cemento			
	A/C < 0,50	$0,50 \leq A/C \leq 0,60$	A/C > 0,60	A/C < 0,50
52,5 R, 52,5 y 42,5 R	Muy rápida	Rápida	Lenta	Muy rápida
42,5 y 32,5 R	Rápida	Media	Lenta	Rápida
32,5	Media	Lenta	Lenta	Media
22,5	Lenta	Lenta	Lenta	Lenta

Parámetro D<sub>4</sub> en función del tipo de cemento

Tipo de cemento	Valores de D <sub>4</sub>
Portland: CEM 1	0
Con adiciones:	
CEM II (S-D-P-V-L)	1
De horno alto:	
CEM III/A	3
CEM III/B	4
Puzolánico: CEM IV	2
Compuesto: CEM V	4
Especial:	
ESP VI-1	4
De aluminato de calcio:	
CAC/R	(*)
Si se utilizan cenizas volantes como adición	
F ≤ 28%	1
28 < F ≤ 35%	2
F > 35%	4
F: cenizas volantes sobre peso de cemento	

(\*) Cuando se empleen cementos de aluminato de calcio, cada caso deberá ser objeto de un estudio especial.

Coefficiente de ponderación ambiental k

Clase de Exposición		Valor de K
I	— No agresiva	1,00
II	— Normal	1,00
III	— Marina	1,15
IV	— Con cloruros de origen diferente al medio marino	
H	— Heladas sin sales fundentes	
Q	— Químicamente agresivo	1,30
F	— Heladas y sales fundentes	

Coefficiente de ponderación térmica L

Temperatura T <sub>media</sub> durante el curado (en °C)	Coefficiente L
T <sub>media</sub> < 6 °C	1,7
6 °C ≤ T <sub>media</sub> < 12 °C	1,3
T <sub>media</sub> ≥ 12 °C	1,0

ACABADO DE SUPERFICIES

Las superficies vistas una vez desencofrados no presentarán coqueas o irregularidades.

Cuando se requiera un particular grado o tipo de acabado se especificarán los requisitos directamente o sobre patrones.

En el caso de recubrimiento o relleno de cabezas de anclaje, orificios, cajetines, etc., que se ejecuten una vez terminadas las piezas, se utilizarán morteros con masas análogas a las empleadas en el hormigón con tamaño de árido inferior a 4 mm.

UNIONES DE CONTINUIDAD ENTRE ELEMENTOS PREFABRICADOS

En las uniones entre distintas piezas prefabricadas o entre estas y elementos construidos “in situ” se asegurará la transmisión de esfuerzos entre ellos.

Se ejecutarán de tal forma que no originen solicitaciones suplementarias o concentración de esfuerzos.

Las testas de los elementos en contacto no presentarán irregularidades tales que impidan que las compresiones se transmitan uniformemente.

En uniones por soldadura deberá cuidarse que el calor desprendido no produzca daños en el hormigón o en armaduras.

Las uniones con armaduras postesas exigen adoptar precauciones si son de pequeña longitud, siendo su empleo recomendable para rigidizar nudos y especialmente indicadas para estructuras en zonas sísmicas.

## CONTROL DE HORMIGON

Los hormigones fabricados en central, ya sea de hormigón preparado o central de obra, cuando disponga de un Control de Producción deberá cumplir la Orden del Ministerio de Industria y Energía de 21/11/01 y Disposiciones que lo desarrollan. Dicho Control estará documentado a disposición de la Dirección de Obra y de los Laboratorios externos en su caso.

El control de los componentes no será necesario en los siguientes casos:

- a) Si la central dispone de un Control de Producción y está en posesión de un Sello o Marca de Calidad.
- b) Si el hormigón, fabricado en central, está en posesión de un Distintivo reconocido o un CC-EHE.
- c) En otros casos no contemplados en a) y b) se estará a lo dispuesto en lo recogido para cada material componente.

El control de calidad del hormigón comprenderá normalmente:

- Resistencia
- Consistencia
- Durabilidad

La toma de muestras se realizará s/UNE EN 12.350-1:06.

Para el caso de hormigón fabricado en central, cada amasada irá acompañada de una hoja de suministro que serán archivadas por el Constructor a disposición de la Dirección de Obra hasta la entrega de la documentación final de control.

- Control de la consistencia del hormigón.

La consistencia será la especificada en el P.P.T.P., o por la Dirección de Obra en su momento pudiéndola pedir por su tipo o por asiento en cono de Abrams.

- Ensayos

Se determinará el valor de la consistencia s/UNE 12.350-2:06.

- Siempre que se fabriquen probetas para controlar resistencia.
- En los ensayos de control a nivel reducido.
- Cuando lo indique la Dirección de Obra.
- Criterios de aceptación o rechazo.

Si la consistencia se define por su tipo, la media de los dos valores estará comprendida dentro del intervalo correspondiente, y si se ha definido por su asiento estará dentro de las tolerancias.

El incumplimiento de lo anterior implicará el rechazo de la amasada y la corrección de la dosificación.

- Control de la resistencia del hormigón.

La resistencia del hormigón se comprobará con carácter preceptivo mediante los Ensayos de Control.

Antes del comienzo del hormigonado se puede realizar en su caso los Ensayos Previos o Ensayos Característicos.

Otros tipos de ensayos son las llamadas de Información Complementaria.

Estos ensayos para comprobar la resistencia del hormigón se resumen en la siguiente tabla:

Control de la resistencia de hormigón

Tipos de ensayos	Previos	Característ.	De control	De información complementaria		
				Tipo a	Tipo b	Tipo c
Ejecución de probetas	En laboratorio	En obra	En obra	En obra	Extraídas del hormigón endurecido	Ensayos no destructivos (Métodos muy diversos)
Conservación de probetas	En cámara húmeda	En agua o cámara húmeda	En agua o cámara húmeda	En condiciones análogas a las de la obra	En agua o ambiente según proceda	
Tipo de probetas	Cilíndricas de 15x30	Cilíndricas de 15x30	Cilíndricas de 15x30	Cilíndricas de 15x30	Cilíndricas de esbeltez superior a uno	
Edad de las probetas	28 días	28 días	28 días	Variables		
Número mínimo de probetas	4 x 2 = 8	6 x 2 = 12	Véase Artículo 88º	A establecer		
Obligatoriedad	Preceptivos salvo experiencia previa	Preceptivos salvo experiencia previa	Siempre preceptivos	En general no preceptivos		
Observaciones	Están destinados a establecer la dosificación inicial	Están destinados a sancionar la dosificación definitiva con los medios de fabricación a emplear	A veces, deben completarse con ensayos de información tipo "b" o tipo "c"	Están destinados a estimar la resistencia real del hormigón a una cierta edad y en unas condiciones determinadas		

- CONTROL DE LAS ESPECIFICACIONES RELATIVAS A LA DURABILIDAD.
- ESPECIFICACIONES Y ENSAYOS.

A efectos de cumplir con los requisitos de durabilidad en cuanto a máxima relación a/c y mínimo contenido de cemento se realizarán los siguientes controles:

- a) Control documental de las hojas de suministro.

En todos los casos con el hormigón suministrado se adjuntará la hoja de suministro o albarán con la máxima relación a/c y mínimo contenido de cemento para el caso de hormigón fabricado en central.

Para el caso de hormigón no fabricado en central, el fabricante aportará a la Dirección de Obra registros análogos, firmados por persona física.

b) Control de profundidad de penetración de agua. (s/UNE EN 12.390-8:01)

Se realizará para cada tipo de hormigón (de distinta resistencia y consistencia) que se coloque en obra para las clases de exposición III y IV y cualquier clase específica, además de cuando lo disponga el P.P.T.P. o cuando lo ordene la Dirección de Obra.

Este control se efectuará previamente al inicio de la obra utilizándose 3 probetas por cada dosificación a emplear en obra sobre una muestra tomada en la instalación de fabricación. Tanto esta operación como la selección del laboratorio, se acordará previamente por la Dirección de Obra, el suministrador y el usuario.

En el caso de hormigones fabricados en central, la Dirección de Obra podrá eximir de estos ensayos cuando el suministrador presente, previo al inicio de la obra, una documentación con la idoneidad de la dosificación a emplear que incluirá lo siguiente:

- Composición de las dosificaciones a emplear en obra.
- Identificación de las materias primas.
- Copia del informe de resultados por un Laboratorio acreditado (6 meses de antigüedad).
- Materias primas y dosificación empleada en las probetas.

Cuando el hormigón se fabrique en central con posesión de Sello o Marca de Calidad y se incluya este ensayo en su sistema de calidad, se le exime de realizar los ensayos, debiéndose previamente al inicio de la obra, presentar a la Dirección de Obra los documentos en los mismos términos indicados anteriormente.

- CRITERIOS DE VALORACION.

Los resultados de las tres probetas se ordenarán con el siguiente criterio:

- Profundidad máxima de penetración:  $Z_1 \leq Z_2 \leq Z_3$
- Profundidad media de penetración:  $T_1 \leq T_2 \leq T_3$

El hormigón ensayado deberá cumplir lo siguiente:

$$Z_m = \frac{Z_1 + Z_2 + Z_3}{3} \leq 50 \text{ mm } (Z_3 \leq 65 \text{ mm})$$

$$T_m = \frac{T_1 + T_2 + T_3}{3} \leq 30 \text{ mm } (T_3 \leq 40 \text{ mm})$$

- ENSAYOS PREVIOS.

Se realizarán en Laboratorio antes del hormigonado en obra para establecer la dosificación.

Se prescindirá de ellos cuando el hormigón sea fabricado en central o cuando el contratista lo justifique documentalmente.

## Anejo nº 22 Control de calidad

Se fabricarán 4 series de 2 probetas de 4 amasadas distintas por dosificación para romperlas a compresión a los 28 días.

De los valores obtenidos se deducirá el valor de la resistencia media (fcm) que superará el valor de la resistencia de proyecto (fck) con margen suficiente para que posteriormente en obra se supere dicha resistencia de proyecto ( $f_{cm} = f_{ck} + 8 \text{ N/mm}^2$ )

### - ENSAYOS CARACTERISTICOS.

Salvo que el hormigón sea de central o se posea experiencia previa serán preceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar antes del hormigonado que la resistencia característica real del hormigón (fcreal) es mayor que la de proyecto (fck).

Los ensayos se realizarán en obra fabricando 6 series de 2 probetas de 6 amasadas distintas por dosificación para romperlas a compresión a 28 días.

Con los resultados de las roturas se calculará el valor medio de cada amasada:

$$X1 \leq X2 \leq \dots \leq X6$$

El ensayo característico se considerará favorable si se verifica:

$$X1 + X2 - X3 \geq f_{ck}$$

### - ENSAYOS DE CONTROL.

Estos ensayos son perceptivos en todos los casos y tienen por objeto comprobar a lo largo de la obra, que la resistencia característica (fc) es igual o superior a la de proyecto (fck).

Los ensayos se realizan fabricando series de 2 probetas para romper a compresión a 28 días o 90 días según el caso, siempre por Laboratorios acreditados para obras de edificación y preferentemente por estos en el resto de las obras.

El control podrá realizarse según las siguientes modalidades:

- CONTROL A NIVEL REDUCIDO.

Se realiza midiendo la consistencia del hormigón con la frecuencia que indique el P.P.T.P. o la Dirección de Obra, y no menos de 4 ensayos por día.

La aplicación de esta modalidad de control será para:

- Obras de ingeniería de pequeña importancia.
- Edificio de viviendas de 1 o 2 plantas con luces menores de 6m.
- Elementos a flexión de edificios de viviendas de hasta 4 plantas con luces menores de 6 m.

Se adoptará un valor de la resistencia de cálculo a compresión (fcd) no superior a 10 N/mm<sup>2</sup>.

No se permite su aplicación a hormigones sometidos a clases de exposición III y IV.

- CONTROL AL 100 POR 100.

Esta modalidad es de aplicación a cualquier obra determinando la resistencia de todas las amasadas componentes de la parte de obra sometida a control.

A partir de sus resultados se calculará el valor de la resistencia característica real (fc,real) que se corresponde al cuantil del 5% en la función de distribución de valores y se verificará que:

$$f_{c,real} = f_{est} > f_{ck}$$

- CONTROL ESTADISTICO DEL HORMIGON.

Esta modalidad de control es de aplicación general a las obras de hormigón en masa, armado y pretensado.

A efectos de control se dividirá la obra en lotes, inferiores cada uno de ellos al menor de los límites señalados en la siguiente tabla:

Límites máximos para el establecimiento de lotes de control

	Tipo de elementos estructurales		
Límite superior	Estructuras que tienen elementos comprimidos (pilares, pilas, muros portantes, pilotes, etc.)	Estructuras que tienen únicamente elementos sometidos a flexión (forjados de hormigón con pilares metálicos, tableros, muros de contención, etc.)	Macizos (zapatas, estribos de puente, bloques, etc.)
Volumen de hormigón	100 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>	100 m <sup>3</sup>
Número de amasadas (1)	50	50	100
Tiempo de hormigonado	2 semanas	2 semanas	1 semana
Superficie construida	500 m <sup>2</sup>	1.000 m <sup>2</sup>	--
Número de plantas	2	2	--

(1) Este límite no es obligatorio en obras de edificación.

Cuando el lote abarque dos plantas, se realizará al menos una determinación por cada planta.

No se mezclarán en un mismo lote elementos de tipología estructural distinta y las amasadas de un lote procederán del mismo suministrador (mismas materias primas y dosificación).

En el caso de hormigón fabricado en Central en posesión de Sello o Marca de Calidad se podrán aumentar los límites de la tabla anterior al doble siempre que se den las siguientes condiciones:

**Anejo nº 22 Control de calidad**

- Los resultados del Control de producción están a disposición del Peticionario y serán satisfactorios. La Dirección de Obra revisará este aspecto y lo recogerá en la documentación final de la obra.
- El nº mínimo de lotes será de 3 (relativos a los 3 tipos de elementos estructurales).
- Si en un lote la  $f_{est} < f_{ck}$  no se reducirá la intensidad hasta que en cuatro lotes consecutivos se obtengan resultados satisfactorios.

El control se realizará determinando la resistencia a compresión de N amasadas siendo su nº:

- $N \geq 2$  para  $f_{ck} \leq 25 \text{ N/mm}^2$
- $N \geq 4$  para  $25 \text{ N/mm}^2 < f_{ck} \leq 35 \text{ N/mm}^2$
- $N \geq 6$  para  $f_{ck} > 35 \text{ N/mm}^2$

Ordenados los resultados de las determinaciones de resistencia de las N amasadas en la forma:

$$x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_m \leq \dots \leq x_N$$

Se define resistencia característica estimada ( $f_{est}$ ) la que cumple las siguientes expresiones:

Si  $N < 6$   $f_{est} = K_N \cdot x_1$

$x_1$ : Resistencia de la amasada de menor resistencia.

$m$ :  $N/2$  si N es par.

$m$ :  $(N-1)/2$  si es impar.

$K_N$ : Coeficiente según la tabla siguiente en función de N y clase de instalación.

Valores de $K_N$								
N	Hormigones fabricados en central							Otros casos
	CLASE A			CLASE B		CLASE C		
	Recorrido relativo máximo, r	$K_N$		Recorrido relativo máximo, r	$K_N$	Recorrido relativo máximo, r	$K_N$	
Con sello de calidad		Sin sello de calidad						
2	0,29	0,93	0,90	0,40	0,85	0,50	0,81	0,75
3	0,31	0,95	0,92	0,46	0,88	0,57	0,85	0,80
4	0,34	0,97	0,94	0,49	0,90	0,61	0,88	0,84
5	0,36	0,98	0,95	0,53	0,92	0,66	0,90	0,87
6	0,38	0,99	0,96	0,55	0,94	0,68	0,92	0,89
7	0,39	1,00	0,97	0,57	0,95	0,71	0,93	0,91
8	0,40	1,00	0,97	0,59	0,96	0,73	0,95	0,93

La clasificación de la instalación de fabricación del hormigón se realiza en función del coeficiente de variación de la producción, el cual se define a partir del valor del recorrido relativo ( $r$ ) de los valores de resistencia de las amasadas de cada lote.

$x_{\text{máx}}$ : Resistencia de la amasada de mayor resistencia.

$x_{\text{mín}}$ : Resistencia de la amasada de menor resistencia.

$x_m$ : Resistencia media de las amasadas del lote.

- Las plantas se clasifican de acuerdo a lo siguiente:

Clase A: coeficiente de variación  $\square$  entre 0,08 y 0,13.

Clase B: coeficiente de variación  $\square$  entre 0,13 y 0,16.

Clase C: coeficiente de variación  $\square$  entre 0,16 y 0,20.

Otros casos: hormigones con un coeficiente de variación  $\square$  entre 0,20 y 0,25.

Conocidos estos dos aspectos para el cálculo de KN se operará de la forma siguiente:

- Al comienzo de la obra se acepta la clasificación (A,B, o C) que proponga el suministrador en función de su control de producción.

- Se calcula el recorrido relativo ( $r$ ) a partir de las resistencias de las N amasadas. Si es menor al máximo establecido para la clasificación de la planta se aplica el correspondiente KN.

- Si en un lote el recorrido relativo ( $r$ ) es superior al establecido se pasa a la clasificación correspondiente aplicando el nuevo KN para este lote y los siguientes. Si en los sucesivos lotes ocurre lo mismo se opera de igual manera.

- Para aplicar el KN del nivel inmediatamente anterior se obtendrá en 5 lotes consecutivos un recorrido relativo ( $r$ ) inferior o igual al máximo de la tabla, pudiéndose aplicar al quinto resultado y a los siguientes el nuevo KN.

#### • DECISIONES DERIVADAS DEL CONTROL DE RESISTENCIA.

Si en un lote la resistencia estimada  $f_{est} \geq f_{ck}$  el lote se acepta.

Si resultase  $f_{est} < f_{ck}$  se procederá como sigue:

a) Si  $f_{est} \geq 0,9 f_{ck}$  el lote se acepta.

b) Si  $f_{est} < 0,9 f_{ck}$  se realizará, por decisión de la Dirección de Obra o a petición de cualquiera de las partes:

- Estudio de seguridad de los elementos del lote para estimar la variación del coeficiente de seguridad.

- Ensayos de información complementaria para estimar la resistencia del hormigón.

- Ensayos de puesta en carga, que podrá exceder del valor característico tenido en cuenta en el cálculo.

En función de estos estudios, la Dirección de Obra decidirá sobre los elementos que componen el lote si se aceptan, refuerzan o demuelen pudiendo consultar con anterioridad con el proyectista u Organismos especializados.

#### • ENSAYOS DE INFORMACION COMPLEMENTARIA DEL HORMIGON.

## Anejo nº 22 Control de calidad

Estos ensayos serán preceptivos cuando:

- Se produzca algún daño en hormigonados en tiempo de heladas.
- Se pretende fijar el momento de desencofrado, desmoldeo o descimbrado.
- La resistencia estimada  $f_{est} < 0,9 f_{ck}$ .

Los ensayos de información del hormigón pueden consistir en:

- a) Fabricación de probetas conservadas de forma análoga a las condiciones de obra.
- b) Rotura de probetas testigo extraídas de hormigón endurecido (s/UNE EN 12504-1:01/12390-3:03).
- c) Empleo de métodos no destructivos como complemento de los anteriores y debidamente correlacionados con los mismos.

La Dirección de Obra juzgará los resultados, estando a cargo de personal especializando la realización de los mismos.

## 8.7. Prescripciones técnicas para forjados unidireccionales

### NORMATIVA

Instrucción para el proyecto y la ejecución de forjados unidireccionales de hormigón estructural realizados con elementos prefabricados (EFHE).

- Instrucción de hormigón estructural EHE.
- Real Decreto 470/2021, de 29 de junio, por el que se aprueba el Código Estructural.

### PIEZAS DE ENTREVIGADO

- Condiciones de las piezas de entrevigado

Las piezas de entrevigado aligerantes que se consideran que no forman parte de la sección resistente del forjado, pueden ser de cerámica, hormigón, poliestireno expandido u otros materiales suficientemente rígidos, que no produzcan daños al hormigón o a las armaduras.

Toda pieza de entrevigado será capaz de soportar una carga característica de 1,0 kN, situada en la zona más desfavorable de la pieza y su comportamiento de reacción al fuego alcanzará, al menos, una clasificación M-1 s/UNE 23.727/90.

Las piezas de entrevigado resistentes pueden ser de cerámica o de hormigón, y cumplirán las condiciones para piezas aligerantes. Su resistencia característica a compresión no será inferior que la resistencia del proyecto del hormigón de obra con que se ejecute el forjado.

### VIGUETAS

- Condiciones de las viguetas

Las armaduras pasivas cumplirán las condiciones especificadas en la Instrucción de Hormigón Estructural (EHE).

Los alambres corrugados que cumplan las condiciones exigidas para ellos como componentes de mallas electrosoldadas podrán utilizarse como componentes de armaduras básicas electrosoldadas en celosía, tanto en los elementos longitudinales, superior e inferior, como en elementos de conexión (celosía), así como en armadura transversal en viguetas prefabricadas.

Se prohíbe la utilización de alambres lisos como armaduras pasivas, excepto como componentes de mallas electrosoldadas y en elementos de conexión en armaduras básicas electrosoldadas en celosía.

En las viguetas armadas prefabricadas la armadura básica se dispondrá en toda su longitud. La armadura complementaria inferior podrá disponerse solamente en parte de su longitud.

Los tendones pretensos de las viguetas y losas cumplirán las condiciones especificadas en la Instrucción EHE.

La armadura activa situada en la zona inferior de una viga pretensada estará constituida, al menos, por dos tendones en posición simétrica respecto al plano vertical medio.

Después de la transferencia las viguetas no presentarán tracciones mayores que la resistencia a tracción del hormigón utilizado, ni compresiones mayores que el 62,5 por 100 de la resistencia a compresión, ambas en valores característicos a la edad en que se produce la transferencia.

## CONTROL

- Control de recepción de los elementos resistentes y piezas de entrevigado

En cada suministro que llegue a obra se realizarán las comprobaciones siguientes:

- Que los elementos y piezas están legalmente fabricados y comercializados.
- Que el sistema dispone de la "autorización de uso" en vigor, de acuerdo con esta Instrucción.
- Que cada viga lleva una marca que permite la identificación del fabricante y el tipo de elemento.
- Que las características geométricas y de armado del elemento resistente y características geométricas de la pieza de entrevigado cumplen las condiciones reflejadas en la "autorización de uso".
- Que la justificación documental, aportada por el fabricante, permite garantizar las características especificadas para el producto en la "autorización de uso".
- Control del hormigón y armaduras colocadas en obra

El control de estos materiales se efectuará según el nivel previsto en el proyecto, de acuerdo con las prescripciones de la EHE, considerando estos materiales incluidos en los correspondientes lotes de la estructura.

Los niveles de control establecidos para la recepción de los materiales y ejecución del forjado serán los mismos que los del resto de la estructura.

- Control de la ejecución

Durante la ejecución del forjado se comprobarán, al menos:

- Los acopios cumplen las especificaciones de la EFHE.
- Las viguetas no presentan daños.
- La correcta ejecución de los apeos, con especial atención a la distancia entre sopandas, diámetros y resistencia de los puntales.
- La colocación de viguetas con el intereje previsto en planos.
- La longitud y diámetro de las armaduras colocadas en obra.
- La posición y fijación de las armaduras mediante la utilización de los separadores adecuados.

#### Anejo nº 22 Control de calidad

- Las disposiciones constructivas previstas en el proyecto.
- La limpieza y regado de las superficies antes del vertido del hormigón.
- El espesor de la losa superior de hormigón.
- La compactación y curado del hormigón.
- Las condiciones para proceder al desapuntalamiento.

#### DOCUMENTACION DEL FORJADO

En los planos de la estructura incluidos en el proyecto de ejecución debe figurar, al menos, la información siguiente:

- Las cargas consideradas en el cálculo.
- Las características del hormigón y del acero.
- Las solicitaciones más desfavorables en cada tipo de nervio del forjado.
- El canto total del forjado y espesor de la losa de hormigón vertido en obra.
- Los huecos para el paso de instalaciones.

Los planos de ejecución del forjado incluirán:

- Referencia de la “autorización de uso” concedida para el forjado utilizado.
- Tipo de vigueta que debe colocarse en cada zona.
- Longitud, posición y diámetro de las armaduras que deben colocarse en obra.
- Apeos necesarios en cada crujía.
- Detalles de los enlaces del forjado con la estructura principal y de las zonas macizadas.
- Documentación final de la obra

La documentación final de obra incluirá referente al forjado:

- Copia de las fichas de características técnicas del forjado utilizado, en las que figure el sellado de la autorización de uso” concedida.
- Las modificaciones introducidas durante la ejecución.
- Resultados del control realizado.
- Justificación documental aportada por el fabricante.

## 9. Ensayos, análisis y pruebas a realizar

### 9.1.1. Control de los materiales constituyentes del hormigón

Previo al suministro de hormigón a la obra se realizarán los siguientes ensayos, a fin de garantizar que los materiales empleados en la fabricación del hormigón, cumplen la Instrucción EHE.

En el caso de hormigones suministrados desde la central, con la solicitud de los correspondientes certificados pueden obviarse los ensayos de los componentes.

Áridos

Condiciones físico - químicas.

ARENA	GRAVA
Terrones de arcilla	Terrones de arcilla.
Material <0,063 y P.e. <2	Material <0,063 y P.e. <2
Compuestos de azufre	Compuestos de azufre
Materia orgánica	Reactividad de los álcalis
Equivalente de arena	Partículas blandas
Azul de metileno	Cloruros
Reactividad de los álcalis	
Cloruros	

Condiciones físico - mecánicas

ARENA	GRAVA
Friabilidad de la arena	Resistencia al desgaste
Absorción de agua	Absorción de agua
Peso específico	Peso específico
Estabilidad de los áridos frente a las disoluciones de sulfato sódico o magnésico.	Estabilidad de los áridos frente a las disoluciones de sulfato sódico o magnésico.
Granulometría	Granulometría
Módulo de finura	Módulo de finura
Humedad natural	Humedad natural

ARENA	GRAVA
	Coefficiente de forma

### Cemento

- Finura de molido
- Principio y fin de fraguado
- Expansión agujas de Le Chatelier
- Resistencias mecánicas (2 edades)
- Análisis químico
- Peso específico real

### Agua

- pH
- Sustancias disueltas
- Hidratos de carbono
- Grasas
- Sulfatos (SO<sub>4</sub> =)
- Cloruros (C1)

### Aditivos

Antes de emplear cualquier aditivo se comprobará su comportamiento mediante ensayos de laboratorio, utilizando la misma marca y tipo de conglomerante, y los áridos procedentes de la misma cantera o yacimiento natural que hayan de utilizarse en la ejecución de los hormigones de obra. Se harán series idénticas con y sin aditivo.

Estos resultados serán entregados a la Dirección de Obra para su aceptación o no.

#### 9.1.2. Ensayos de control

A fin de garantizar la uniformidad del suministro de los materiales a emplear en la fabricación del hormigón, se realizarán los ensayos enumerados a continuación con la periodicidad que se indica.

#### Áridos

Los ensayos justificativos de todas las condiciones especificadas se realizarán:

- Antes de comenzar la obra si no se tienen antecedentes de los mismos.
- Al variar las condiciones de suministro

Por otra parte, y con la periodicidad mínima siguiente, se realizarán los siguientes ensayos.

- Por cada quinientos (500) metros cúbicos o fracción o una vez cada quince ( 15) días:

- Un ensayo granulométrico
  - Un ensayo de contenido de material que pasa por el tamiz 0,080 UNE.
- b) Una vez cada dos (2) meses:
- Un ensayo de contenido de materia orgánica
- c) Una vez cada seis (6) meses
- Un ensayo de contenido de partículas blandas únicamente en el árido grueso.
  - Un ensayo de contenido de terrones de arcilla
  - Un ensayo de contenido de materiales <0,063 y P.e. <2.
  - Un ensayo de compuestos de azufre
  - Un ensayo de resistencia al ataque de los sulfatos
  - Un ensayo de reactividad de los álcalis
  - Un ensayo de determinación de la forma de las partículas únicamente para el árido grueso.
  - Un ensayo de resistencia al desgaste Los Ángeles
  - Un ensayo de estabilidad de las escorias siderúrgicas cuando éstas se emplean como árido fino.

#### Cementos

- a) Mensualmente se enviarán a la Dirección facultativa los documentos de identificación del cemento, de acuerdo con el vigente Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para la recepción de cementos.
- b) Cada quinientas (500) toneladas o cantidad mayor si la Dirección de Obra lo estimara oportuno, los siguientes ensayos:
- Un ensayo de finura de molido
  - Un ensayo de peso específico real.
  - Una determinación de principio y fin de fraguado
  - Un ensayo de expansión
  - Un ensayo de resistencia mecánica de los cementos
  - Un ensayo del índice de puzonalidad en caso de utilizar cementos puzolánicos.

#### Aguas

Cuando los resultados obtenidos en los ensayos previos estén peligrosamente próximos a los límites prescritos y siempre que la Dirección de Obra lo estime oportuno, se repetirán los análisis.

#### Hormigones

##### a) Ensayos Previos

Por cada tipo de hormigón se realizarán los ensayos previos indicados en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, consistentes en la fabricación de, al menos, cuatro (4) series de amasadas, tomando tres (3) probetas de cada serie. En el caso en el que el Constructor pueda justificar, por experiencias anteriores, que

## Anejo nº 22 Control de calidad

con los materiales, dosificación y proceso de ejecución previstos es posible conseguir un hormigón que posea las condiciones requeridas por la Dirección Facultativa y, en particular, la resistencia exigida, se podrá prescindir de los citados ensayos previos.

### b) Ensayos Característicos

Para cada uno de los tipos de hormigón utilizado en las obras se realizarán, seis semanas antes del comienzo del hormigonado, los ensayos característicos especificados por la Instrucción EHE, artículo 86º, consistente en realizar tres probetas de seis masas diferentes, fabricadas y conservadas conforme a lo indicado en las Normas UNE-EN 12.390-1 y 2:01 y 12.390-3:03.

### c) Ensayos de Control

#### Control de resistencia del hormigón

Se realizará según el artículo 86, “Control del Hormigón”, de la Instrucción de Hormigón Estructural.

Cada toma de resistencia constará de seis (6) probetas para romper dos (2) a siete días y cuatro (4) a veintiocho días.

El hecho de tomar seis (6) probetas se debe a fin de poder guardar alguna para edades posteriores (45 ó 60 días) en el caso de detectarse bajas de resistencia a la edad de 28 días.

Cada toma de resistencia, comprende el siguiente conjunto de operaciones:

- Desplazamiento del equipo de laboratorio a obra
- Toma de muestras de hormigón fresco
- Determinación de la consistencia, mediante el Cono de Abrams.
- Enmoldado de una serie de seis probetas de diámetro 15x30 cm.
- Recogida de la serie de seis probetas al día siguiente de su fabricación para su transporte a la cámara húmeda del laboratorio.
- Curado, refrentado y rotura a compresión de la serie (dos a 7 días y cuatro a 28 días).

#### Control de resistencia del acero para armar.

Se realizará de acuerdo a lo especificado en el Artículo 87, “Control del Acero para las Armaduras Pasivas” y Artículo 89º, “Control del Acero para las Armaduras Activas”, de la Instrucción para el proyecto y la Ejecución de Obras de Hormigón Estructural EHE.

El control consistirá en tomar dos probetas por cada diámetro y cantidad de 20 t. o fracción, siendo los ensayos a realizar:

- Características geométricas.
- Resistencia a tracción, determinando:
  - Límite elástico.
  - Carga de rotura.
  - Alargamiento en rotura.
  - Doblado simple.
  - Doblado-desdoblado.
- Identificación.

Se pueden obviar los ensayos referidos mediante la aportación de los correspondientes certificados de calidad.

## 9.2. Material procedente de canteras para relleno

Siempre que sean de una misma naturaleza, se realizarán previos al empleo del material, los siguientes ensayos:

- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Materia Orgánica.
- Análisis químico.
- Determinación de densidad aparente.

En los drenajes el material de la zona permeable central se realizará el ensayo de Desgaste Los Ángeles.

Debiéndose repetir estos mismos ensayos con la siguiente periodicidad:

- Cuando se cambie de cantera o préstamo.
- Cuando se cambie de procedencia o fuente.

Control de compactación.

- Se realizará un (1) ensayo de densidad-humedad cada 100 m. lineales.

## 9.3. Material granular seleccionado para relleno de zanjas y pozos.

Siempre que sean de una misma naturaleza, se realizarán, previos al empleo del material, los siguientes ensayos:

- Humedad natural.
- Proctor normal.
- Índice de C.B.R.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Materia Orgánica.

Debiéndose repetir estos mismos ensayos con la siguiente periodicidad:

- Una vez al mes.
- Cuando se cambie de procedencia o fuente.

Control de compactación.

- Se realizará un (1) ensayo de densidad-humedad cada 100 m. lineales.

#### 9.4. Bases de zahorra artificial.

Siempre que sea de una única procedencia, se realizarán, previos al empleo del material, los siguientes ensayos:

- Humedad natural.
- Proctor modificado.
- Índice C.B.R.
- Granulometría.
- Límites de Atterberg.
- Equivalente de arena.
- Ensayo de Desgaste Los Ángeles.

Control de producción.

Sólo si cambia la procedencia de cantera o frente de la misma serán exigibles:

- Un próctor modificado.
- Un índice C.B.R.

Dependiendo de los resultados iniciales:

- Un granulométrico.
- Un límite líquido.
- Un límite plástico.
- Un equivalente de arena.

Control de ejecución.

Por cada tres mil quinientos metros cuadrados (3.500 m<sup>2</sup>) o fracción de capa colocada, serán exigibles:

- placa de carga cada 100 metros al tresbolillo.
- Cinco (5) densidad-humedad "in situ".

#### 9.5. Firmes.

Antes de la ejecución de las obras se realizarán los ensayos de los componentes, de los riegos y aglomerados en caliente.

Áridos grueso

- Granulometría
- Adhesividad
- Desgaste Los Ángeles
- C.P.A.
- (solo rodadura)

- Índice de lajas
- Caras de fractura
- Pesos específicos

#### Árido fino

- Granulometría
- Adhesividad
- Desgaste Los Ángeles
- Equivalente de arena
- Pesos específicos

#### Filler.

- Densidad aparente.
- Coeficiente de emulsibilidad.

#### Mezcla de áridos.

- Peso específico por aceite de parafina.

#### Emulsiones.

- Peso específico.
- Viscosidad Saybolt.
- Carga de partículas.
- pH.
- Contenido de agua.
- Betún asfáltico residual.
- Sedimentario.
- Penetración sobre el residuo.
- Solubilidad en tricloroetileno sobre el residuo.

#### Betún y betunes asfálticos modificados.

- Índice de penetración (penetración y punto de reblandecimiento).
- Peso específico.

### **9.6. Aglomerados en caliente.**

Por cada mil toneladas (1.000 Tn) o diariamente se tomará una (1), muestra para la realización de los siguientes ensayos:

- Determinación del contenido de ligante.
- Granulometría de los áridos.

## Anejo nº 22 Control de calidad

- Marshall (estabilidad, deformación, volumen de huecos, densidad aparente y densidad por parafinado).

Control de ejecución.

Se realizarán dos (2), testigos por cada kilómetro y carril en cada una de las capas para la determinación de:

- Espesor.
- Densidad por parafinado.
- % compactación.

### 9.7. Solados de hormigón tipo adoquín o baldosa hidráulica

Con anterioridad a su colocación, y al menos en una ocasión durante el transcurso de la obra, siempre que lo autorice la Dirección Facultativa, se realizarán los siguientes ensayos sobre una muestra recogida al azar:

- Resistencia a flexión.
- Resistencia al choque.
- Absorción de agua.
- Resistencia a compresión.
- Ensayo de resistencia al desgaste por rozamiento.
- Ensayo de heladicidad.

Al comienzo de la obra y con una periodicidad mensual, se realizarán los siguientes ensayos sobre el mortero utilizado en obra:

- Fabricación en obra de seis (6), probetas prismáticas de 4x4x16 cm.
- Rotura a compresión y flexotracción de las probetas a la edad de siete (7) y veintiocho (28) días.

### 9.8. Bordillos de granito:

Con anterioridad a su colocación, y al menos en una ocasión durante el transcurso de la obra, siempre que lo autorice la Dirección Facultativa, se realizarán los siguientes ensayos sobre una muestra recogida al azar:

- Resistencia a compresión.
- Resistencia a flexión.
- Resistencia a choque.

### 9.9. Fontanería y saneamiento.

Una vez realizadas las redes de suministro de agua y saneamiento se realizarán pruebas de funcionamiento comprobado usualmente las conexiones, recibido de tuberías, estanqueidad, radios de curvaturas y etc., realizándose las siguientes pruebas por tramo:

- Pruebas de estanqueidad.
- Pruebas de estanqueidad y funcionamiento.
- Pruebas de resistencia mecánica a golpes de presión.