

## **551 HORMIGÓN MAGRO VIBRADO**

### **551.1 DEFINICIÓN**

Se define como hormigón magro vibrado la mezcla homogénea de áridos, cemento, agua y aditivos, empleada en capas de base bajo pavimento de hormigón, que se pone en obra con una consistencia tal que requiere el empleo de vibradores internos para su compactación.

La ejecución del hormigón magro vibrado incluye las siguientes operaciones:

- Estudio y obtención de la fórmula de trabajo.
- Preparación de la superficie de asiento.
- Fabricación del hormigón.
- Transporte del hormigón.
- Colocación de elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para la pavimentadora.
- Puesta en obra del hormigón.
- Protección y curado del hormigón fresco.

### **551.2 MATERIALES**

#### **551.2.1 Consideraciones generales**

Lo dispuesto en este artículo se entenderá sin perjuicio de lo establecido en el Reglamento 305/2011 de 9 de marzo de 2011, del Parlamento Europeo y del Consejo, por el que se establecen las condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. Para los productos con marcado CE, el fabricante asumirá la responsabilidad sobre la conformidad de los mismos con las prestaciones declaradas, de acuerdo con el artículo 11 del mencionado Reglamento. Los productos que tengan el marcado CE deberán ir acompañados, además de dicho marcado, de la Declaración de Prestaciones, y de las instrucciones e información de seguridad del producto. Por su parte, el Contratista deberá verificar que los valores declarados en

los documentos que acompañan al marcado CE permitan deducir el cumplimiento de las especificaciones contempladas en el Proyecto o, en su defecto, en este Pliego, debiendo adoptar, en el caso de que existan indicios de incumplimiento de las especificaciones declaradas, todas aquellas medidas que considere oportunas para garantizar la idoneidad del producto suministrado a la obra.

Independientemente de lo anterior, se estará además en todo caso a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud, de producción, almacenamiento, gestión y transporte de productos de la construcción, de residuos de construcción y demolición, y de suelos contaminados.

### **551.2.2 Cementos**

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras fijará la clase resistente y el tipo de cemento, teniendo en cuenta las recomendaciones de uso indicadas en la vigente Instrucción para la recepción de cementos (RC). Éste cumplirá las prescripciones del artículo 202 de este Pliego y las adicionales que establezca, en su caso, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

La clase resistente del cemento será, salvo justificación en contrario, la 32,5N o la 42,5N. El Director de las Obras podrá autorizar el empleo de un cemento de clase resistente 42,5R en épocas frías. No se emplearán cementos de aluminato de calcio, ni mezcla de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en instalación de fabricación específica.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el principio de fraguado (norma UNE-EN 196-3) que, en todo caso, no podrá tener lugar antes de los cien minutos (100 min).

### **551.2.3 Agua**

El agua deberá cumplir las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

## 551.2.4 Áridos

### 551.2.4.1 Características generales

Los áridos cumplirán las prescripciones de la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE y las adicionales contenidas en este artículo.

Se podrán utilizar materiales granulares reciclados, áridos siderúrgicos, subproductos y productos inertes de desecho, en cumplimiento del Acuerdo de Consejo de Ministros de 26 de diciembre de 2008, por el que se aprueba el Plan Nacional Integrado de Residuos 2008-2015, siempre que cumplan las prescripciones técnicas exigidas en este artículo, y se declare el origen de los materiales, tal como se establece en la legislación comunitaria sobre estas materias. Para el empleo de estos materiales se exige que las condiciones para su tratamiento y aplicación estén fijadas expresamente en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Los áridos no serán susceptibles ante ningún tipo de meteorización o alteración físico-química apreciable bajo las condiciones más desfavorables que, presumiblemente, puedan darse en la zona de empleo. Se deberá garantizar tanto la durabilidad a largo plazo, como que no darán origen, con el agua, a disoluciones que puedan dañar a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua. Por ello, en materiales en los que, por su naturaleza, no exista suficiente experiencia sobre su comportamiento, deberá hacerse un estudio especial sobre su aptitud para ser empleado, que tendrá que ser aprobado por el Director de las Obras.

Los áridos utilizados no serán reactivos con el cemento, ni contendrán sulfuros oxidables, sulfato cálcico o compuestos ferrosos inestables, que originen fenómenos expansivos en la masa del hormigón.

Con materiales sobre los que no exista suficiente experiencia en su comportamiento y que por su naturaleza petrográfica puedan tener constitutivos reactivos con los álcalis, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o el Director de las Obras, podrá exigir que se lleve a cabo un estudio específico sobre la reactividad potencial de los áridos, que definirá su aptitud de uso, siguiendo los criterios establecidos a estos efectos en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

La utilización de estos áridos requerirá el empleo de cementos con un contenido de alcalinos, expresados como óxido de sodio equivalente ( $0,658 K_2O + Na_2O$ ) inferior al seis por mil ( $< 6 ‰$ ) del peso de cemento.

#### **551.2.4.2 Árido grueso**

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido grueso a la parte del árido total retenida en el tamiz 4 mm de la norma UNE-EN 933-2.

El tamaño máximo del árido grueso no será superior a cuarenta milímetros (40 mm) y se suministrará, como mínimo, en dos (2) fracciones granulométricas diferenciadas.

El coeficiente de Los Ángeles (LA) (norma UNE-EN 1097-2) deberá ser inferior a treinta y cinco ( $LA < 35$ ), y a cuarenta ( $LA < 40$ ) cuando se empleen materiales reciclados procedentes de capas de aglomerado de firmes de carretera, de demoliciones de hormigones de resistencia a compresión final superior a treinta y cinco megapascales ( $> 35$  MPa), o áridos siderúrgicos.

El índice de lascas (FI) (norma UNE-EN 933-3) deberá ser inferior a treinta y cinco ( $FI < 35$ ).

#### **551.2.4.3 Árido fino**

A efectos de aplicación de este artículo, se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 4 mm de la norma UNE-EN 933-2.

El árido fino será, general, arena natural rodada. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, podrá permitir que el árido fino tenga arena de machaqueo.

El árido fino deberá cumplir lo establecido en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará el valor del equivalente de arena ( $SE_4$ ) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8). Dicho valor no será inferior a setenta ( $SE_4 \geq 70$ ) en general, ni a setenta y cinco ( $SE_4 \geq 75$ ), en carreteras sometidas durante el invierno a heladas y frecuentes tratamientos de vialidad invernal. No obstante, podrán ser aceptadas como válidas las arenas procedentes del machaqueo de rocas calizas o dolomías si cumplen lo establecido en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE, respecto a la calidad de los finos de los áridos.

La curva granulométrica del árido fino (norma UNE-EN 933-1) estará comprendida dentro de los límites que se señalan en la tabla 551.1.

**TABLA 551.1 - HUSO GRANULOMÉTRICO DEL ÁRIDO FINO.**

CERNIDO ACUMULADO (% en masa)						
ABERTURA DE LOS TAMICES UNE-EN 933-2 (mm)						
4	2	1	0,500	0,250	0,125	0,063
81-100	58-85	39-68	21-46	7-22	1-8	0-6

Se podrá admitir un cernido acumulado de hasta un ocho por ciento (8%) por el tamiz 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2), si se cumple lo establecido respecto a la composición de los hormigones en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE, y si se demuestra mediante un estudio específico, que las propiedades relevantes del hormigón fabricado con ese árido fino, son al menos iguales que las de los hormigones con los mismos componentes pero sustituyendo la arena por una que cumpla el huso.

Adoptada una curva granulométrica dentro de los límites indicados, el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras, podrá exigir que su módulo de finura (norma UNE-EN 933-1), definido como la suma de las diferencias ponderales acumuladas, expresadas en tanto por uno, por cada uno de los siete (7) tamices especificados en la tabla 551.1, no experimente una variación superior al cinco por ciento ( $\pm$  5%).

### 551.2.5 Aditivos

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará los aditivos que puedan utilizarse para obtener la trabajabilidad adecuada o mejorar las características de la mezcla, los cuales deberán ser especificados en la fórmula de trabajo y aprobados por el Director de las Obras. Establecerá también su modo de empleo, de acuerdo con las condiciones climáticas y de ejecución y con las características de la obra. Se tendrá en cuenta además lo establecido en la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

Los aditivos utilizados deberán llevar obligatoriamente el marcado CE y la correspondiente información que debe acompañarle, así como disponer del certificado de control de producción en fábrica expedido por un organismo notificado y de la declaración de prestaciones elaborada por el propio fabricante, todo ello conforme a lo establecido en la norma UNE-EN 934-2.

**551.2.6 Productos filmógenos de curado**

Se entiende por productos filmógenos de curado aquellos que, aplicados sobre la superficie del hormigón fresco, forman una membrana continua que reduce la pérdida de humedad durante el período de primer endurecimiento y, al mismo tiempo, la elevación de temperatura por exposición a los rayos solares, como consecuencia de su pigmentación clara, que permite además detectar con facilidad las zonas en las que no ha sido aplicada.

Los productos filmógenos de curado serán compuestos líquidos integrados por una base y un disolvente volátil, que en ningún caso producirán efectos dañinos sobre el hormigón. La base, o porción no volátil, constará de un pigmento claro, preferentemente blanco, finamente dividido, y un vehículo, que estará compuesto de ceras naturales o sintéticas, o bien de resinas.

El producto utilizado no permanecerá viscoso y aparecerá seco al tacto antes de transcurridas doce horas (12 h) desde su aplicación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares fijará las características del producto filmógeno de curado que vaya a emplearse. No se utilizará ninguna clase de producto filmógeno de curado, sin la aprobación previa y expresa del Director de las Obras.

Las partidas de productos filmógenos de curado irán acompañadas de su correspondiente documentación y características, así como de las instrucciones de uso, dotación óptima y tiempo máximo de almacenamiento. Deberán proporcionar protección al hormigón durante un periodo de tiempo no inferior a la duración mínima del curado, estimada según los criterios indicados en el epígrafe 551.5.9.2 de este artículo.

El índice de eficacia en el curado, entendido como el porcentaje de agua que el producto aplicado ha evitado que pierda el hormigón en un determinado tiempo (norma UNE 83299), no será inferior al sesenta por ciento (≧ 60%) durante el periodo de curado.

El producto filmógeno de curado no podrá almacenarse durante un periodo de tiempo superior a seis (6) meses, debiéndose comprobar que durante este tiempo no ha sufrido deterioros, no se ha producido su sedimentación, no se han formado costras

en el recipiente, y mantiene su capacidad de adquirir una consistencia uniforme después de ser batido moderadamente o agitado con aire comprimido.

### 551.3 TIPO Y COMPOSICIÓN DEL HORMIGÓN MAGRO VIBRADO

La resistencia característica a compresión del hormigón magro vibrado, determinada sobre probetas cilíndricas de quince centímetros (15 cm) de diámetro y treinta centímetros (30 cm) de altura, fabricadas y conservadas de conformidad con la norma UNE-EN 12390-2 y ensayadas a 28 días de edad (norma UNE-EN 12390-3) no será inferior a quince megapascals ( $\geq 15$  MPa).

La consistencia del hormigón (norma UNE-EN 12350-2) tendrá un valor de asentamiento comprendido entre uno y seis centímetros (1 a 6 cm). El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o, en su defecto, el Director de las Obras indicará su valor y los límites admisibles de sus resultados pudiendo también especificar otros procedimientos alternativos de determinación.

La masa unitaria del total de partículas cernidas por el tamiz 0,125 mm (norma UNE-EN 933-2), incluyendo el cemento, no será inferior a doscientos cincuenta kilogramos por metro cúbico de hormigón magro vibrado ( $\geq 250$  kg/m<sup>3</sup>).

La dosificación de cemento no será inferior a ciento cincuenta kilogramos por metro cúbico ( $\geq 150$  kg/m<sup>3</sup>) de hormigón fresco y la relación ponderal de agua/cemento no será superior a ciento quince centésimas (a/c  $\leq 1,15$ ).

La proporción de aire ocluido en el hormigón magro fresco vertido en obra (norma UNE-EN 12350-7), no será superior al seis por ciento ( $\leq 6\%$ ) en volumen. En zonas sometidas a nevadas o heladas será obligatoria la utilización de un inclusor de aire. En este caso, la proporción de aire ocluido en el hormigón magro fresco no será inferior al cuatro y medio por ciento ( $\geq 4,5\%$ ) en volumen.

## 551.4 EQUIPO NECESARIO PARA LA EJECUCIÓN DE LAS OBRAS

### 551.4.1 Consideraciones generales

No se podrá utilizar en la ejecución del hormigón magro vibrado ningún equipo que no haya sido previamente empleado en el tramo de prueba y aprobado por el Director de las Obras.

Se estará, en todo caso, a lo dispuesto en la legislación vigente en materia ambiental, de seguridad y salud y de transporte en lo referente a los equipos empleados en la ejecución de las obras.

### 551.4.2 Central de fabricación

El hormigón magro se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar, simultáneamente, el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada. La producción horaria de la central de fabricación deberá ser capaz de suministrar el hormigón magro sin que la alimentación del equipo de extensión se interrumpa o sea necesario modificar su velocidad de avance.

En carreteras con categorías de tráfico pesado T00 a T1, la central de fabricación estará dotada de un higrómetro dosificador de agua y de un sistema de registro con visualización de la potencia absorbida por los motores de accionamiento de las amasadoras y, en su caso, de las pesadas en los áridos, cemento, agua y eventuales aditivos.

Las tolvas para los áridos deberán tener paredes resistentes y estancas, bocas de anchura suficiente para que su alimentación se efectúe correctamente, y estarán provistas de dispositivos para evitar intercontaminaciones; su número mínimo será función del de fracciones de árido que exija la fórmula de trabajo adoptada y como mínimo uno (1) por cada fracción de árido grueso acopiado y dos (2) para el árido fino y una (1) adicional si se utilizan dos tipos de arena: natural rodada y de machaqueo.

Para el cemento a granel se utilizará una báscula independiente de la utilizada para los áridos. El mecanismo de carga estará enclavado contra un eventual cierre antes de que la tolva de pesada estuviera adecuadamente cargada. El de descarga tendrá un dispositivo contra una apertura imprevista antes de que la carga de cemento en la tolva de pesada hubiera finalizado, y de que la masa del cemento en ella difiera en menos del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la especificada; además estará diseñado de forma que permita la regulación de la salida del cemento sobre los áridos.



La dosificación de los áridos se podrá efectuar por pesadas acumuladas en una (1) sola tolva o individualmente con una (1) tolva de pesada independiente para cada fracción.

En el primer caso, las descargas de las tolvas de alimentación y de pesada estarán enclavadas entre sí, de forma que:

- No podrá descargar más de un silo al mismo tiempo.
- El orden de descarga no podrá ser distinto al previsto.
- La tolva de pesada no se podrá descargar hasta que haya sido depositada en ella la cantidad requerida de cada uno de los áridos, y estén cerradas todas las descargas de las tolvas.
- La descarga de la tolva de pesada deberá estar enclavada contra una eventual apertura, antes de que la masa de árido en la tolva difiera en menos de un uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) del acumulado de cada fracción.

Si se utilizasen tolvas de pesada independientes para cada fracción, todas ellas deberán poder ser descargadas simultáneamente. La descarga de cada tolva de pesada deberá estar enclavada contra una eventual apertura antes de que la masa de árido en ella difiera en menos de un dos por ciento ( $\pm 2\%$ ) de la especificada.

El enclavamiento no permitirá que se descargue parte alguna de la dosificación, hasta que todas las tolvas de los áridos y la del cemento estuvieran correctamente cargadas, dentro de los límites especificados. Una vez comenzada la descarga, quedarán enclavados los dispositivos de dosificación, de tal forma que no se pueda comenzar una nueva dosificación hasta que las tolvas de pesada estén vacías, sus compuertas de descarga cerradas y los indicadores de masa de las balanzas a cero, con una tolerancia del tres por mil ( $\pm 3\text{‰}$ ) de su capacidad total.

Los dosificadores ponderales deberán estar aislados de vibraciones y de movimientos de otros equipos de la central, de forma que, cuando ésta funcione, sus lecturas, después de paradas las agujas, no difieran de la masa designada en más del uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el cemento, uno y medio por ciento ( $\pm 1,5\%$ ) para cada fracción del árido o uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) para el total de las fracciones si la masa de éstas se determinase conjuntamente. Su precisión no será inferior al cinco por mil ( $\pm 5\text{‰}$ ) para los áridos, ni al tres por mil ( $\pm 3\text{‰}$ ) para el cemento. El agua añadida se medirá en masa o en volumen, con una precisión no inferior al uno por ciento ( $\pm 1\%$ ) de la cantidad total requerida.

Una vez fijadas las proporciones de los componentes, la única operación manual que se podrá efectuar para dosificar los áridos y el cemento de una amasadora será la de accionamiento de interruptores y conmutadores. Los mandos del dosificador estarán en un compartimento fácilmente accesible, pero que pueda ser cerrado con llave cuando así se requiera.

Si se prevé la incorporación de aditivos a la mezcla, la central deberá poder dosificarlos con precisión suficiente, a juicio del Director de las Obras. Los aditivos en polvo se dosificarán en masa y los aditivos en forma de líquido o de pasta, en masa o en volumen, con una precisión no inferior al tres por ciento ( $\pm 3\%$ ) de la cantidad especificada de producto.

El temporizador del amasado y el de la descarga deberán estar enclavados de tal forma que, durante el funcionamiento de la amasadora, no se pueda producir la descarga hasta que haya transcurrido el tiempo de amasado previsto.

#### **551.4.3 Elementos de transporte**

El transporte del hormigón magro podrá realizarse en camiones hormigonera o en camiones de caja lisa y estanca. En este último caso, los camiones deberán ir siempre provistos de una lona o cobertor adecuado para proteger al hormigón magro durante su transporte, evitando la excesiva evaporación del agua o la intrusión de elementos extraños.

Deberán disponerse los equipos necesarios para la limpieza de los elementos de transporte antes de recibir una nueva carga de hormigón magro.

El equipo de transporte deberá ser capaz de suministrar el hormigón a la zona del extendido de forma continua y uniforme sin que la alimentación del equipo de extensión se interrumpa o sea necesario modificar su velocidad de avance.

#### **551.4.4 Equipos de puesta en obra**

La puesta en obra del hormigón magro se realizará mediante una pavimentadora de encofrados deslizantes, capaz de extender, vibrar y enrasar uniformemente el hormigón magro fresco. El Director de las Obras podrá exigir un equipo para el reparto previo del hormigón magro en toda la anchura de pavimentación.

La pavimentadora dispondrá de un sistema de guía por cable o de sistemas de guiado tridimensional, debiendo actuar los servomecanismos correctores apenas las desviaciones de la pavimentadora rebasen tres milímetros ( $\pm 3$  mm) en alzado, o diez milímetros ( $\pm 10$  mm) en planta.

La pavimentadora estará dotada de encofrados móviles de dimensiones, forma y resistencia suficientes para sostener el hormigón lateralmente durante el tiempo necesario para obtener la sección transversal prevista, sin asiento del borde de la losa. Tendrá acoplados los dispositivos adecuados para mantener limpios los caminos de rodadura del conjunto de los equipos de extensión y terminación.

La pavimentadora deberá poder compactar adecuadamente el hormigón fresco en toda la anchura del extendido, mediante vibración interna aplicada por elementos dispuestos de forma uniforme con una separación comprendida entre trescientos cincuenta y quinientos milímetros (350 a 500 mm) medidos entre sus centros y a una altura tal que queden dispuestos en la mitad ( $1/2$ ) del espesor de la capa extendida. La separación entre el centro del vibrador extremo y la cara interna del encofrado correspondiente no excederá de ciento cincuenta milímetros ( $\neq 150$  mm). Los vibradores internos utilizados deberán poder trabajar en un rango de velocidades comprendido entre siete mil y doce mil revoluciones por minuto (7 000 a 12 000 rpm).

Los elementos vibratorios no se apoyarán, en ningún caso, en la capa inferior, y dejarán de funcionar en el instante en que se detenga la pavimentadora.

La longitud de la maestra enrasadora será la necesaria para que no se aprecien ondulaciones en la superficie del hormigón magro extendido.

Una vez alcanzado su régimen de funcionamiento, la velocidad de avance del equipo de extensión deberá ser uniforme en el tiempo durante el cuál esté trabajando, no pudiendo ser inferior a la aprobada por el Director de las Obras ni superior a sesenta metros por hora ( $\neq 60$  m/h).

#### **551.4.5 Distribuidor del producto filmógeno de curado**

La maquinaria y equipos utilizados en la distribución superficial del producto filmógeno de curado asegurarán una distribución continua y uniforme de la película aplicada, así como la ausencia de zonas deficitarias en dotación, tanto en la superficie como en los bordes laterales de la losa. Además, deberán ir provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento. El

tanque de almacenamiento del producto contará con un dispositivo mecánico, que lo mantendrá en continua agitación durante su aplicación.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares definirá, en su caso, los equipos a emplear en la distribución superficial del producto filmógeno de curado.

Antes de proceder a la aplicación en obra del producto filmógeno de curado, el Director de las Obras exigirá que se realicen pruebas para comprobar la dotación y la uniformidad de distribución lograda con el equipo.

## **551.5 EJECUCIÓN DE LAS OBRAS**

### **551.5.1 Estudio y obtención de la fórmula de trabajo**

La producción del hormigón magro no se podrá iniciar en tanto que el Director de las Obras no haya aprobado la correspondiente fórmula de trabajo, estudiada en laboratorio y verificada en la central de fabricación y en el tramo de prueba, la cual deberá señalar, como mínimo:

- La identificación y proporción ponderal en seco de cada fracción del árido en la amasada.
- La granulometría de los áridos combinados por los tamices 40 mm; 32 mm, 20 mm; 12,5 mm; 8 mm; 4 mm; 2 mm; 1 mm; 0,500 mm; 0,250 mm; 0,125 mm; y 0,063 mm (norma UNE-EN 933-2).
- La dosificación de cemento, la de agua y, eventualmente, la de cada aditivo, referidas a la amasada (en masa o en volumen, según corresponda).
- La resistencia característica a compresión simple, a siete y veintiocho días (7 y 28 d).
- La consistencia del hormigón magro fresco y el contenido de aire ocluido.

Será preceptiva la realización de ensayos de resistencia a compresión simple para cada fórmula de trabajo, con objeto de comprobar que los materiales y medios disponibles en obra permiten obtener un hormigón magro con las características exigidas. Los ensayos de resistencia se llevarán a cabo sobre probetas procedentes de seis (6) amasadas diferentes, confeccionando dos (2) series de dos (2) probetas por amasada (norma UNE-EN 12390-2) admitiéndose para ello el empleo de una mesa vibrante. Dichas probetas se conservarán en las condiciones previstas en la

citada norma, para ensayar a compresión simple (norma UNE-EN 12390-3) una serie de cada una de las amasadas a siete días (7 d) y la otra a veintiocho días (28 d).

La resistencia de cada amasada a la edad especificada se determinará como la media de la resistencia de las probetas confeccionadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad. Ordenados de menor a mayor los valores medios de la resistencia de las seis (6) amasadas,  $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_6$  se estimará la resistencia característica como el resultado de aplicar la siguiente expresión:

$$f_{ck} = \bar{x}_6 - 0,8(x_6 - x_1)$$

Si la resistencia característica a siete días (7 d) resultara superior al ochenta por ciento (> 80%) de especificada a veintiocho días (28 d), y no se hubieran obtenido resultados del contenido de aire ocluido y de la consistencia fuera de los límites establecidos, se podrá proceder a la realización de un tramo de prueba con ese hormigón magro. En caso contrario, se deberá esperar a los veintiocho días (28 d) para aceptar la fórmula de trabajo o, en su caso, para introducir los ajustes necesarios en la dosificación y repetir los ensayos de resistencia.

Si la marcha de los trabajos lo aconsejase, el Director de las Obras podrá exigir la corrección de la fórmula de trabajo, que se justificará mediante los ensayos oportunos. En todo caso se estudiará y aprobará una nueva fórmula siempre que varíe la procedencia de alguno de los componentes, o si, durante la producción, se rebasasen las tolerancias establecidas en este artículo.

### 551.5.2 Preparación de la superficie de asiento

Se comprobarán la regularidad superficial y el estado de la superficie sobre la que vaya a extenderse el hormigón magro vibrado. El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, deberá indicar las medidas necesarias para obtener dicha regularidad superficial y, en su caso como subsanar las deficiencias.

Se prohibirá circular sobre la superficie preparada, salvo al personal y equipos que sean imprescindibles para la ejecución de la capa. En este caso, se tomarán todas las precauciones que exigiera el Director de las Obras, cuya autorización será preceptiva.

En época seca y calurosa, y siempre que sea previsible una pérdida de humedad del hormigón magro, el Director de las Obras podrá exigir que la superficie de apoyo se riegue ligeramente con agua, inmediatamente antes de la extensión, de forma que ésta quede húmeda, pero no encharcada, eliminándose las acumulaciones que hubieran podido formarse.

### **551.5.3 Fabricación del hormigón magro**

#### **551.5.3.1 Acopio de áridos**

Los áridos se producirán o suministrarán en fracciones granulométricas diferenciadas, que se acopiarán y manejarán por separado hasta su introducción en las tolvas de áridos. Cada fracción será suficientemente homogénea y se deberá poder acopiar y manejar sin peligro de segregación, observando las precauciones que se detallan a continuación.

El número de fracciones no podrá ser inferior a tres ( $\geq 3$ ) para las categorías de tráfico pesado T00 a T2, incluidos arcenes. El Director de las Obras podrá exigir un mayor número de fracciones, si lo estimara necesario para mantener la composición y características del hormigón magro vibrado.

Cada fracción del árido se acopiará separada de las demás para evitar que se produzcan contaminaciones entre ellas, disponiéndose los acopios preferiblemente sobre zonas pavimentadas. Si se dispusieran sobre el terreno natural, se drenará la plataforma y no se utilizarán los quince centímetros (15 cm) inferiores. Los acopios se formarán por capas de espesor no superior a un metro y medio ( $\leq 1,5$  m), y no por montones cónicos, y las cargas del material se colocarán adyacentes, tomando las medidas oportunas para evitar su segregación.

Cuando se detecten anomalías en el suministro de los áridos, se acopiarán por separado hasta confirmar su aceptabilidad; esta misma medida se aplicará cuando se autorice el cambio de procedencia de un árido.

El volumen mínimo de acopios antes de iniciar la producción vendrá fijado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares y salvo justificación en contrario, no deberá ser inferior al cincuenta por ciento ( $\geq 50\%$ ) o al correspondiente a un (1) mes de trabajo, en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2.

#### **551.5.3.2 Suministro y acopio de cemento**

El cemento se suministrará y acopiará de acuerdo con el artículo 202 de este Pliego.

La masa mínima de cemento acopiado en todo momento no será inferior a la necesaria para la fabricación del hormigón durante una jornada y media (1,5 d) con un rendimiento normal. El Director de las Obras podrá autorizar la reducción de este límite a una (1) jornada, si la distancia entre la central de fabricación del hormigón y la instalación específica de fabricación de cemento fuera inferior a cien kilómetros (< 100 km).

#### **551.5.3.3 Acopio de aditivos**

Los aditivos se protegerán convenientemente de la intemperie y de toda contaminación; los sacos de productos en polvo se almacenarán en un lugar ventilado y seco. Los aditivos suministrados en forma líquida y los pulverulentos diluidos en agua se almacenarán en depósitos estancos y protegidos de las heladas, equipados de elementos agitadores para mantener permanentemente los sólidos en suspensión.

#### **551.5.3.4 Amasado**

La carga de cada una de las tolvas de áridos se realizará de forma que el contenido esté siempre comprendido entre el cincuenta y el cien por ciento (50 a 100%) de su capacidad, sin rebosar. En las operaciones de carga se tomarán las precauciones necesarias para evitar segregaciones o contaminaciones y la alimentación del árido fino, aun cuando ésta fuera de un único tipo y granulometría, se efectuará dividiendo la carga entre dos (2) tolvas.

El amasado se realizará mediante dispositivos capaces de asegurar la completa homogeneización de todos los componentes. La cantidad de agua añadida a la mezcla será la necesaria para alcanzar la relación agua/cemento fijada por la fórmula de trabajo; para ello, se tendrá en cuenta el agua aportada por la humedad de los áridos, especialmente del árido fino.

Los aditivos en forma líquida o en pasta se añadirán al agua de amasado, mientras que los aditivos en polvo se introducirán en la amasadora, junto con el cemento o los áridos.

A la descarga de la amasadora todo el árido deberá estar uniformemente distribuido y todas sus partículas total y homogéneamente cubiertas de pasta de cemento. Los tiempos de mezcla y amasado necesarios para lograr una masa homogénea y uniforme, sin segregación, así como la temperatura máxima del hormigón a la salida de la amasadora serán fijados durante la realización del tramo de prueba especificado



en el apartado 551.6. Si se utilizase hielo para enfriar el hormigón, la descarga no comenzará hasta que se hubiera fundido en su totalidad, y se tendrá en cuenta para la relación agua/cemento.

Antes de volver a cargar la amasadora se vaciará totalmente su contenido. Si hubiera estado parada más de treinta minutos (> 30 min), se limpiará perfectamente antes de volver a verter materiales en ella. De la misma manera se procederá antes de comenzar la fabricación de hormigón con un nuevo tipo de cemento.

#### **551.5.4 Transporte**

El transporte del hormigón magro desde la central de fabricación hasta su puesta en obra se realizará tan rápidamente como sea posible, y si es transportado en vehículo abierto se protegerá con cobertores contra la lluvia o la desecación.

La máxima caída libre vertical del hormigón en cualquier punto de su recorrido no excederá de un metro y medio (≈ 1,5 m) y, si la descarga se hiciera al suelo, se procurará que se realice lo más cerca posible de su ubicación definitiva, reduciendo al mínimo posteriores manipulaciones.

#### **551.5.5 Elementos de guía y acondicionamiento de los caminos de rodadura para pavimentadoras de encofrados deslizantes**

La distancia entre piquetes en su caso que sostengan el cable de guía de las pavimentadoras de encofrados deslizantes no podrá ser superior a diez metros (≈ 10 m); dicha distancia se reducirá a cinco metros (≈ 5 m) en curvas de radio inferior a quinientos metros (< 500 m) y en acuerdos verticales de parámetro inferior a dos mil metros (< 2 000 m). Se tensará el cable de forma que su flecha entre dos piquetes consecutivos no sea superior a un milímetro (≈ 1 mm).

Donde se ejecute una franja junto a otra existente, se podrá usar ésta como guía de las máquinas. En este caso, la primera deberá haber alcanzado una edad mínima de tres días (3 d) y se protegerá su superficie de la acción de las orugas interponiendo bandas de goma, chapas metálicas u otros materiales adecuados, a una distancia conveniente del borde. Si se observaran daños estructurales o superficiales en los caminos de rodadura, se suspenderá la ejecución, reanudándola cuando el hormigón hubiera adquirido la resistencia necesaria, o adoptando las precauciones suficientes para que no se vuelvan a producir dichos daños.



Los caminos de rodadura de las orugas estarán suficientemente compactados para permitir su paso sin deformaciones, y se mantendrán limpios. No deberán presentar irregularidades superiores a quince milímetros ( $\nlessgtr$  15 mm), medidos con regla de tres metros (3 m) (norma NLT-334).

### **551.5.6 Puesta en obra**

La puesta en obra del hormigón se realizará con pavimentadoras de encofrados deslizantes que trabajarán a una velocidad constante que asegure una adecuada compactación en todo el espesor de la losa y su correcta terminación. La descarga y la extensión previa del hormigón en toda la anchura de pavimentación se realizarán de modo suficientemente uniforme para no desequilibrar el avance de la máquina; esta precaución se deberá extremar al hormigonar en rampa.

Se cuidará que delante de la maestra enrasadora se mantenga en todo momento, y en toda la anchura de la pavimentación, un volumen suficiente de hormigón fresco en forma de cordón de unos diez centímetros (10 cm) como máximo de altura; delante de los fratases de acabado se mantendrá un cordón continuo de mortero fresco, de la menor altura posible.

Donde la calzada tuviera dos (2) o más carriles en el mismo sentido de circulación, se ejecutarán simultáneamente al menos dos (2) carriles, salvo indicación expresa en contrario del Director de las Obras.

Se dispondrán pasarelas móviles con objeto de facilitar la circulación del personal y evitar desperfectos en el hormigón fresco, y los tajos de puesta en obra del hormigón deberán tener todos sus accesos correctamente señalizados y acondicionados para proteger la capa recién construida.

### **551.5.7 Ejecución de juntas de puesta en obra del hormigón**

En caso de que el Director de las Obras autorizase la ejecución de una junta longitudinal de hormigonado, se prestará la mayor atención y cuidado a que el hormigón magro que se coloque a lo largo de la misma sea homogéneo y quede perfectamente compactado. La junta distará al menos cincuenta centímetros (50 cm) de cualquier junta longitudinal prevista en el pavimento de hormigón.

Las juntas transversales de hormigonado se dispondrán al final de la jornada, o donde se hubiera producido, por cualquier causa, una interrupción en la ejecución que hiciera temer un comienzo de fraguado, de acuerdo con el epígrafe 551.8.1.

### **551.5.8 Terminación**

Se prohibirá el riego con agua o la extensión de mortero sobre la superficie del hormigón magro fresco para facilitar su acabado. Donde fuera necesario aportar material para corregir una zona baja, se empleará hormigón aún no extendido. En todo caso, antes de que comience a fraguar el hormigón, se dará a su superficie un acabado liso y homogéneo, según determine el Director de las Obras.

### **551.5.9 Protección y curado**

#### **551.5.9.1 Consideraciones generales**

Siempre que sea necesario, durante el primer período de endurecimiento, se protegerá el hormigón contra el lavado por lluvia, la desecación rápida, -especialmente en condiciones de baja humedad relativa del aire, fuerte insolación o viento- y enfriamientos bruscos o congelación, pudiendo emplear para ello una lámina de plástico, un producto de curado resistente a la lluvia u otro procedimiento que autorice el Director de las Obras.

El hormigón se curará con un producto filmógeno durante el plazo que resulte de aplicar los criterios indicados en el epígrafe 551.5.9.2 de este artículo, salvo que el Director de las Obras autorice el empleo de otro sistema. Deberán someterse a curado todas las superficies expuestas de la losa, incluidos sus bordes laterales, tan pronto como hayan finalizado las operaciones de acabado.

Durante un período que, salvo autorización expresa del Director de las Obras, no será inferior a tres días (≅ 3 d) a partir de la puesta en obra del hormigón, estará prohibido todo tipo de circulación sobre la capa recién ejecutada, con excepción de la imprescindible para comprobar la regularidad superficial.

### 551.5.9.2 Duración del curado

La estimación de la duración mínima del curado del pavimento recién ejecutado deberá tener en cuenta las condiciones ambientales existentes que puedan favorecer la desecación del hormigón, como el grado de humedad relativa del aire, la velocidad del viento o el grado de exposición solar, así como la velocidad de desarrollo de la resistencia del hormigón. Para ello, se aplicará la siguiente expresión:

$$D = KLD_0 + D_1$$

en la que:

D es la duración mínima del curado, en días.

K es un coeficiente de ponderación ambiental, de acuerdo con la tabla 551.2.

L es un coeficiente de ponderación de las condiciones térmicas, de acuerdo con la tabla 551.3.

$D_0$  es un parámetro básico de curado, de acuerdo con la tabla 551.4.

$D_1$  es un parámetro función del tipo de cemento, de acuerdo con la tabla 551.5.

**TABLA 551.2 – COEFICIENTE DE PONDERACIÓN AMBIENTAL K**

CLASE DE EXPOSICIÓN	VALOR DE K
AMBIENTE NORMAL	1
EXISTENCIA DE HELADAS QUE NO REQUIEREN EL EMPLEO DE SALES FUNDENTES	1,15
EXISTENCIA DE FRECUENTES HELADAS Y EMPLEO DE SALES FUNDENTES	1,30

**TABLA 551.3 – COEFICIENTE DE PONDERACIÓN TÉRMICA L**

TEMPERATURA AMBIENTAL MEDIA DURANTE EL CURADO (°C)	L
< 6	1
6 a 12	1,15
> 12	1,30

TABLA 551.4 – PARÁMETRO BÁSICO DE CURADO D0

CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL CURADO DEL PAVIMENTO <sup>1</sup>	VELOCIDAD DE DESARROLLO DE LA RESISTENCIA DEL HORMIGÓN		
	MUY RÁPIDA <sup>2</sup>	RÁPIDA <sup>3</sup>	MEDIA <sup>4</sup>
- A - - EXPUESTO AL SOL CON INTENSIDAD BAJA - VELOCIDAD DEL VIENTO BAJA - HUMEDAD RELATIVA NO INFERIOR AL 80%	1	2	3
- B - - EXPUESTO AL SOL CON INTENSIDAD MEDIA - VELOCIDAD DEL VIENTO MEDIA - HUMEDAD RELATIVA NO INFERIOR AL 50%	2	3	3
- C - - SOLEAMIENTO FUERTE - VELOCIDAD DEL VIENTO ALTA - HUMEDAD RELATIVA INFERIOR AL 50%	3	4	3

1) En el caso de que las condiciones ambientales durante el curado no se correspondan con alguno de los casos contemplados, podrá determinarse el parámetro  $D_0$  utilizando como orientativos los valores recogidos en esta Tabla.

2) Es el caso de hormigones fabricados con cementos de clase resistente 42,5R o superior.

3) Es el caso de hormigones fabricados con cementos de clase resistente 42,5N y 32,5R.

4) Es el caso de hormigones fabricados con cementos de clase resistente 32,5N.

TABLA 551.5 – PARÁMETRO D1

TIPO DE CEMENTO		$D_1$
PÓRTLAND	CEM I	0
CON ADICIONES	CEM II <sup>1</sup>	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

1) Todos los tipos.

### 551.5.9.3 Curado con productos filmógenos

Si para el curado se utilizasen productos filmógenos, se aplicarán apenas hubieran concluido las operaciones de acabado y no quedase agua libre en la superficie de la capa.

El producto de curado será aplicado, en toda la superficie de hormigón, por medios mecánicos que aseguren una pulverización del producto en un rocío fino de forma

continua y uniforme. Se aplicará en las proporciones indicadas por el fabricante y aprobadas por el Director de las Obras. En caso de que no existiesen indicaciones al respecto, esta dotación no será inferior a doscientos gramos por metro cuadrado ( $\approx 200 \text{ g/m}^2$ ). En condiciones ambientales adversas de baja humedad relativa, altas temperaturas, fuertes vientos o lluvia, el Director de las Obras podrá exigir que el producto de curado se aplique antes y con mayor dotación

Al aplicar el producto sobre el hormigón, según la dosificación especificada, deberá apreciarse visualmente la uniformidad de su reparto, procediéndose a efectuar una nueva aplicación antes de transcurrida una hora (1 h) desde el primer tratamiento en aquellas zonas en las que el recubrimiento haya resultado deficiente.

#### **551.5.9.4 Curado por humedad**

Si la capa de hormigón magro vibrado se curase por humedad, se cubrirá su superficie con materiales de alto poder de retención de humedad, que se mantendrán saturados durante el período de curado. Dichos materiales no deberán estar impregnados ni contaminados por sustancias perjudiciales para el hormigón.

Mientras que la superficie del hormigón no se cubra con el pavimento, se mantendrá húmeda adoptando las precauciones necesarias para que en ninguna circunstancia se deteriore la superficie del hormigón.

#### **551.5.10 Protección térmica**

Durante el período de curado, el hormigón magro deberá protegerse contra la acción de la helada o de un enfriamiento rápido. En caso de prever una posible helada, se protegerá hasta el día siguiente a su puesta en obra con una membrana de un material idóneo para tal fin, que será aprobada por el Director de las Obras.

Si fuera probable el enfriamiento brusco de un hormigón sometido a elevadas temperaturas diurnas, como en caso de lluvia después de un soleamiento intenso o de un descenso de la temperatura ambiente en más de quince grados Celsius ( $15 \text{ }^\circ\text{C}$ ) entre el día y la noche, se deberá proteger la capa en la forma indicada en el párrafo anterior.

### 551.6 TRAMO DE PRUEBA

Adoptada una fórmula de trabajo, de acuerdo con el epígrafe 551.5.1, se procederá a la realización de un tramo de prueba con el mismo equipo, velocidad de puesta en obra del hormigón, espesor y anchura que se vayan a utilizar en la obra.

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o en su defecto el Director de las Obras, fijará la longitud del tramo de prueba, que no será inferior a cien metros ( $\geq 100$  m). El Director de las Obras determinará si es aceptable su realización como parte integrante de la unidad de obra definitiva.

En el tramo de prueba se comprobará que:

- Los medios de vibración serán capaces de compactar adecuadamente el hormigón magro en todo su espesor.
- Se podrán cumplir las prescripciones de terminación y de regularidad superficial.
- El proceso de protección y curado será adecuado.

Si la ejecución no fuese satisfactoria, se procederá a la realización de otro tramo de prueba, introduciendo las oportunas variaciones en los equipos o métodos de puesta en obra. No se podrá proceder a la construcción de la capa en tanto que las condiciones que se comprueben en el tramo de prueba no haya sido aceptadas por el Director de las Obras.

El curado del tramo de prueba se prolongará durante el período prescrito en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.

Con el fin de tener una referencia de la resistencia media alcanzada en el tramo de prueba aceptado, que sirva de base para su comparación con los resultados de los ensayos de información a los que se refiere el epígrafe 551.10.1.2, se procederá a la extracción de seis (6) testigos cilíndricos (norma UNE EN 12504 1) a los treinta y tres días (33 d) de su puesta en obra en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros ( $> 50$  cm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a compresión simple (norma UNE-EN 12390-3) a treinta y cinco días (35 d) de edad, después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la norma UNE-EN 12504-1.

## 551.7 ESPECIFICACIONES DE LA UNIDAD TERMINADA

### 551.7.1 Resistencia

La resistencia característica a compresión simple a veintiocho días (28 d) cumplirá lo indicado en el apartado 551.3.

### 551.7.2 Alineación, rasante, espesor y anchura

Las desviaciones en planta respecto a la alineación del Proyecto, no deberán ser superiores a tres centímetros ( $\neq 3$  cm) y la superficie de la capa deberá tener las pendientes y la rasante indicadas en los Planos, admitiéndose una tolerancia de diez milímetros ( $\pm 10$  mm) para esta última.

El espesor de la capa no podrá ser inferior, en ningún punto, al previsto en los Planos de secciones tipo. En todos los perfiles se comprobará la anchura extendida, que en ningún caso podrá ser inferior a la teórica deducida de la sección tipo de los Planos.

### 551.7.3 Regularidad superficial

El Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330) no superará los valores indicados en la tabla 551.6.

TABLA 551.6 - ÍNDICE DE REGULARIDAD INTERNACIONAL (IRI)

PORCENTAJE DE HECTÓMETROS	IRI (dm/hm)
50	< 2,0
80	< 2,5
100	< 3,0

## **551.8 LIMITACIONES DE LA EJECUCIÓN**

### **551.8.1 Consideraciones generales**

Se interrumpirá la ejecución cuando haya precipitaciones con una intensidad tal que pudiera, a juicio del Director de las Obras, dañar al hormigón magro fresco.

La descarga del hormigón, cuando el transporte se efectúe en camiones sin elementos de agitación, deberá realizarse antes de que haya transcurrido un período máximo de cuarenta y cinco minutos (45 min), a partir de la introducción del cemento y de los áridos en la amasadora. El Director de las Obras podrá aumentar este plazo si se utilizasen elementos de transporte con sistemas de agitación o retardadores de fraguado, o disminuirlo si las condiciones atmosféricas originan un rápido endurecimiento del hormigón.

No deberá transcurrir más de una hora (≅ 1 h) entre la fabricación del hormigón y su terminación. El Director de las Obras podrá aumentar este plazo hasta un máximo de dos horas (2 h), si se adoptan precauciones para retrasar el fraguado del hormigón o si las condiciones de humedad y temperatura son favorables. En ningún caso se colocarán en obra amasadas que acusen un principio de fraguado, o que presenten segregación o desecación.

Si se interrumpe la puesta en obra durante más treinta minutos (> 30 min), se cubrirá el frente de ejecución de forma que se impida la evaporación del agua. Si el plazo de interrupción fuera superior al máximo admitido entre la fabricación y la puesta en obra del hormigón, se dispondrá una junta de hormigonado transversal, de acuerdo con lo establecido en el epígrafe 551.5.7.

### **551.8.2 Limitaciones en tiempo caluroso**

En tiempo caluroso se extremarán las precauciones, de acuerdo con las indicaciones del Director de las Obras, a fin de evitar desecaciones superficiales y fisuraciones.

Con temperatura ambiente superior a treinta grados Celsius (> 30 °C), se controlará constantemente la temperatura del hormigón, la cual no deberá rebasar en ningún momento los treinta y cinco grados Celsius (≅ 35 °C). El Director de las Obras podrá ordenar la adopción de precauciones suplementarias a fin de que el material que se fabrique no supere dicho límite.



### 551.8.3 Limitaciones en tiempo frío

La temperatura de la masa de hormigón magro, durante su puesta en obra, no será inferior a cinco grados Celsius ( $\geq 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) y se prohibirá la puesta en obra del hormigón magro sobre una superficie cuya temperatura sea inferior a cero grados Celsius ( $< 0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ).

En general, se suspenderá la puesta en obra siempre que se prevea que, dentro de las cuarenta y ocho horas (48 h) siguientes, pueda descender la temperatura ambiente por debajo de los cero grados Celsius ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ). En los casos que, por absoluta necesidad, se realice la puesta en obra en tiempo con previsión de heladas, se adoptarán las medidas necesarias para garantizar que, durante el fraguado y primer endurecimiento del hormigón magro, no se producirán deterioros locales en los elementos correspondientes, ni mermas permanentes apreciables de las características resistentes del material.

Si, a juicio del Director de las Obras, hubiese riesgo de que la temperatura ambiente llegase a bajar de cero grados Celsius ( $0\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) durante las primeras veinticuatro horas (24 h) de endurecimiento del hormigón, el Contratista deberá proponer medidas complementarias que posibiliten el adecuado fraguado, las cuales deberán ser aprobadas por el Director de las Obras.

### 551.8.4 Apertura a la circulación

El paso de personas y de equipos para la comprobación de la regularidad superficial podrá autorizarse cuando hubiera transcurrido el plazo necesario para que no se produzcan desperfectos superficiales, y se hubiera secado el producto filmógeno de curado, si se emplea este método.

El tráfico de obra no podrá circular antes de siete días (7 d) desde la ejecución de la capa. El Director de las Obras podrá autorizar una reducción de este plazo, siempre que el hormigón magro vibrado hubiera alcanzado una resistencia a compresión de, al menos, el ochenta por ciento (80%) de la exigida a veintiocho días (28 d).

## **551.9 CONTROL DE CALIDAD**

### **551.9.1 Control de procedencia de los materiales**

En el caso de productos que deban tener el marcado CE, según el Reglamento 305/2011, para el control de procedencia de los materiales, se llevará a cabo la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE cumplen las especificaciones establecidas en este Pliego. Independientemente de la aceptación de la veracidad de las propiedades referidas en el marcado CE, si se detectara alguna anomalía durante el transporte, almacenamiento o manipulación de los productos, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos sobre los materiales suministrados a la obra. En este caso se seguirán los criterios que se indican a continuación.

En el caso de productos que no tengan la obligación de disponer de marcado CE por no estar incluidos en normas armonizadas, o corresponder con alguna de las excepciones establecidas en el artículo 5 del Reglamento 305/2011, se deberán llevar a cabo obligatoriamente los ensayos para el control de procedencia que se indican en los epígrafes siguientes.

#### **551.9.1.1 Cementos**

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 de este Pliego.

#### **551.9.1.2 Áridos**

Los áridos deberán disponer del marcado CE con un sistema de evaluación de la conformidad 2+, salvo en el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra (artículo 5.b del Reglamento 305/2011).

En el primer caso, el control de procedencia se podrá llevar a cabo mediante la verificación de que los valores declarados en los documentos que acompañan al marcado CE permiten deducir el cumplimiento de las especificaciones establecidas en este Pliego.

En el caso de los áridos fabricados en el propio lugar de construcción para su incorporación en la correspondiente obra, de cada procedencia, y para cualquier

volumen de producción previsto, se tomarán muestras (norma UNE-EN 932-1) y para cada una de ellas se determinará:

- El coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- El índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- La granulometría de cada fracción, especialmente del árido fino (norma UNE-EN 933-1).
- El equivalente de arena ( $SE_4$ ) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8) y, en su caso, el índice de azul de metileno (según la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE).
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre (S) y sulfatos solubles en ácido ( $SO_3$ ) (norma UNE-EN 1744-1).
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).
- Ausencia de reactividad álcali-árido y álcali-carbonato (según la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE).
- Ausencia de componentes solubles que puedan dar lugar a disoluciones que puedan dañar a estructuras u otras capas del firme, o contaminar corrientes de agua (norma UNE-EN 1744-3).

Estos ensayos se repetirán durante el suministro siempre que se produzca un cambio de procedencia, no pudiéndose utilizar el material hasta contar con los resultados de ensayo y la aprobación del Director de las Obras.

## **551.9.2 Control de calidad de los materiales**

### **551.9.2.1 Cementos**

Se seguirán las prescripciones del artículo 202 de este Pliego.

### **551.9.2.2 Áridos**

Se examinará la descarga en el acopio desechando los materiales que, a simple vista, presenten materias extrañas o tamaños superiores al máximo aceptado en la fórmula de trabajo. Se acopiarán aparte aquéllos que presenten alguna anomalía de aspecto, tal como distinta coloración, segregación, lajas, plasticidad, etc., hasta la decisión de

su aceptación o rechazo. Se vigilará la altura de los acopios y el estado de sus elementos separadores y de los accesos.

Para los áridos que tengan marcado CE, la comprobación de las siguientes propiedades podrá llevarse a cabo mediante la verificación documental consistente en que los valores declarados en la información que acompaña al marcado CE son conformes con las especificaciones establecidas en este Pliego y en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares. Si se detectara alguna anomalía durante su transporte, almacenamiento o manipulación, el Director de las Obras, en el uso de sus atribuciones, podrá disponer en cualquier momento, la realización de comprobaciones y ensayos, con objeto de asegurar sus propiedades y la calidad establecida en este Pliego.

En los materiales que no tengan marcado CE, se deberán hacer obligatoriamente las siguientes comprobaciones.

Sobre cada fracción de árido que se produzca o reciba, se realizarán los siguientes ensayos:

**Al menos dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde:**

- Granulometría (norma UNE-EN 933-1).
- Proporción de finos que pasan por el tamiz 0,063 mm de la norma UNE-EN 933-2.
- 

**Al menos una (1) vez a la semana:**

- Índice de lajas (FI) del árido grueso (norma UNE-EN 933-3).
- Equivalente de arena (SE<sub>4</sub>) del árido fino (Anexo A de la norma UNE-EN 933-8).

**Al menos una (1) vez al mes:**

- Coeficiente de Los Ángeles (LA) del árido grueso (norma UNE-EN 1097-2).
- El contenido ponderal de compuestos totales de azufre (S) y sulfatos solubles en ácido (SO<sub>3</sub>) (norma UNE-EN 1744-1).
- Determinación de compuestos orgánicos que afectan al fraguado y endurecimiento del cemento (norma UNE-EN 1744-1).

- Comprobación de que no existe reactividad álcali-árido y álcali-carbonato, de acuerdo con la vigente Instrucción de Hormigón Estructural EHE.

### **551.9.3 Control de ejecución**

#### **551.9.3.1 Fabricación**

Se tomará diariamente al menos una (1) muestra de la mezcla de áridos, y se determinará su granulometría (norma UNE-EN 933-1). Al menos una (1) vez cada quince días (15 d) se verificará la precisión de las básculas de dosificación, mediante un conjunto adecuado de pesas patrón.

Se tomarán muestras a la descarga de la amasadora, y con ellas se efectuarán los siguientes ensayos:

#### **En cada elemento de transporte:**

- Control del aspecto del hormigón y, en su caso, medición de su temperatura. Se rechazarán todos los hormigones segregados o cuya envuelta no sea homogénea.

#### **Al menos dos (2) veces al día (mañana y tarde):**

- Contenido de aire ocluido en el hormigón (norma UNE-EN 12350-7).
- Consistencia (norma UNE-EN 12350-2).
- Fabricación y conservación de probetas para ensayo a compresión simple (norma UNE-EN 12390-2).

El número de amasadas diferentes para el control de la resistencia de cada una de ellas en un mismo lote ejecutado, no deberá ser inferior a tres (3) en carreteras con categoría de tráfico pesado T00 a T2, ni a dos (2) en T3, T4 y arcenes. Por cada amasada controlada se fabricarán, al menos, dos (2) probetas.

### 551.9.3.2 Puesta en obra

Se medirán la temperatura y la humedad relativa del ambiente mediante un termohigrógrafo registrador, para tener en cuenta las limitaciones del apartado 551.8.

Al menos dos (2) veces al día, una por la mañana y otra por la tarde, así como siempre que varíe el aspecto del hormigón, se medirá su consistencia. Si el resultado obtenido rebasa los límites establecidos respecto de la fórmula de trabajo, se rechazará la amasada.

Se comprobará frecuentemente el espesor extendido, mediante un punzón graduado u otro procedimiento aprobado por el Director de las Obras, así como la forma de actuación del equipo de puesta en obra, verificando la frecuencia y amplitud de los vibradores.

### 551.9.4 Control de recepción de la unidad terminada

Se considerará como lote, que se aceptará o rechazará en bloque, al menor que resulte de aplicar los tres (3) criterios siguientes a la capa de hormigón magro vibrado:

- Quinientos metros (500 m) de calzada.
- Tres mil quinientos metros cuadrados (3 500 m<sup>2</sup>) de calzada.
- La fracción construida diariamente.

El espesor de la capa y la homogeneidad del hormigón se comprobarán mediante extracción de testigos cilíndricos en emplazamientos aleatorios, con la frecuencia fijada en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o que, en su defecto, señale el Director de las Obras. El número mínimo de puntos a controlar por cada lote será de dos (2), que se ampliarán a cinco (5) si el espesor de alguno de los dos (2) primeros resultara ser inferior al prescrito o su aspecto indicara una compactación inadecuada. Las extracciones efectuadas se repondrán con hormigón de la misma calidad que el utilizado en el resto de la capa, el cual será correctamente enrasado y compactado. El Director de las Obras determinará si los testigos han de romperse a compresión simple en la forma indicada en el apartado 551.6, pudiendo servir como ensayos de información, según el epígrafe 551.10.1.2.

Las probetas de hormigón magro vibrado, conservadas en las condiciones previstas en la norma UNE-EN 12390-2, se ensayarán a compresión simple a veintiocho días

(28 d) (norma UNE-EN 12390-3). El Director de las Obras podrá ordenar la realización de ensayos complementarios a siete días (7 d).

Se comprobará en perfiles transversales cada veinte metros (20 m) que la superficie extendida presenta un aspecto uniforme, así como la ausencia de defectos superficiales importantes, tales como segregaciones, modificación de la terminación, etc.

Tan pronto como sea posible, y antes de la extensión de la siguiente capa, se controlará la regularidad superficial, en tramos de mil metros de longitud (1 000 m) mediante la determinación del Índice de Regularidad Internacional (IRI) (norma NLT-330), calculando un solo valor del IRI para cada hectómetro (hm) del perfil auscultado, que se asignará a dicho hectómetro (hm), y así sucesivamente hasta completar el tramo medido, que deberá cumplir lo especificado en el epígrafe 551.7.3.

## **551.10 CRITERIOS DE ACEPTACIÓN O RECHAZO**

Los criterios de aceptación o rechazo de la unidad terminada se aplicarán sobre los lotes definidos en el epígrafe 551.9.4, según lo indicado a continuación.

### **551.10.1 Resistencia mecánica**

#### **551.10.1.1 Ensayos de control**

La resistencia característica estimada a a compresión simple para cada lote por el procedimiento fijado en este artículo, no será inferior a la exigida. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ), el Contratista podrá elegir entre aceptar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o solicitar la realización de ensayos de información. Dichas sanciones no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al doble (2) de la merma de resistencia, expresadas ambas en proporción.
- Si es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) de la exigida, se realizarán ensayos de información.

La resistencia de cada amasada a una determinada edad, se determinará como media de las resistencias de las probetas fabricadas con hormigón de dicha amasada y ensayadas a dicha edad. Una vez efectuados los ensayos, se ordenarán de menor a mayor los valores medios  $x_i$  obtenidos de las  $N$  amasadas controladas ( $x_1 \leq x_2 \leq \dots \leq x_N$ ), se calculará su valor medio ( $\bar{x}$ ) y el valor de su recorrido muestral, definido como la diferencia entre el mayor y el menor valor de las resistencias medias de las amasadas controladas ( $r_N = x_N - x_1$ ). A partir de estos valores, se podrá estimar la resistencia característica mediante la siguiente expresión, en la que  $K$  es el coeficiente indicado en la tabla 551.7.

$$f_{ck,estimada} = \bar{x} - K \cdot r_N$$

TABLA 551.7 COEFICIENTE MULTIPLICADOR EN FUNCIÓN DEL NÚMERO DE AMASADAS

NÚMERO DE AMASADAS CONTROLADAS EN EL LOTE	K
2	1,65
3	1,02
4	0,82
5	0,72
6	0,66

### 551.10.1.2 Ensayos de información

Si tras los ensayos de control de un lote del epígrafe 551.10.1.1 resultase necesario realizar ensayos de información, antes de que transcurran treinta y tres días (33 d) de su puesta en obra, se extraerán del lote seis (6) testigos cilíndricos (norma UNE-EN 12504-1), situados en emplazamientos aleatorios que disten entre sí un mínimo de siete metros (7 m) en sentido longitudinal, y separados más de cincuenta centímetros (> 50 cm) de cualquier junta o borde. Estos testigos se ensayarán a compresión simple (norma UNE-EN 12390-3) a la edad de treinta y cinco días (35 d), después de haber sido conservados durante las cuarenta y ocho horas (48 h) anteriores al ensayo en las condiciones previstas en la norma UNE-EN 12504-1.



El valor medio de los resultados de estos ensayos se comparará con el valor medio de los resultados del tramo de prueba o, si lo autorizase el Director de las Obras, con los obtenidos en un lote aceptado cuya situación e historial lo hicieran comparable con el lote sometido a ensayos de información: Si no fuera inferior, el lote se considerará aceptado. En caso contrario, se procederá de la siguiente manera

- Si es superior o igual al noventa por ciento ( $\geq 90\%$ ), se aplicarán al lote las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares.
- Si es inferior a su noventa por ciento ( $< 90\%$ ), pero no a su ochenta por ciento ( $\neq 80\%$ ), el Director de las Obras podrá aplicar las sanciones previstas en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares, o bien ordenar la demolición del lote y su reconstrucción, por cuenta del Contratista.
- Si fuera inferior a su ochenta por ciento ( $< 80\%$ ) se demolerá el lote y se reconstruirá, por cuenta del Contratista.

Las sanciones referidas no podrán ser inferiores a la aplicación de una penalización al precio unitario del lote, cuya cuantía sea igual al doble (2) de la merma de resistencia, expresadas ambas en proporción.

### 551.10.2 Espesor

El Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares deberá fijar las penalizaciones a imponer por falta de espesor.

El espesor medio obtenido no deberá ser inferior al especificado en el Pliego de Prescripciones Técnicas Particulares o en los Planos de secciones tipo. Si fuera inferior, se procederá de la siguiente manera:

- Si es superior al noventa por ciento ( $> 90\%$ ) del especificado, se compensará la diferencia con un espesor adicional equivalente de la capa superior aplicado en toda la anchura de la sección tipo, por cuenta del Contratista.
- Si es inferior al noventa por ciento ( $< 90\%$ ) del especificado, se demolerá la capa correspondiente al lote controlado y se repondrá, por cuenta del Contratista. El producto resultante de la demolición será tratado como residuo de construcción y demolición, según la legislación ambiental vigente, o empleado como indique el Director de las Obras, a cargo del Contratista.

Adicionalmente, no se admitirá que más de dos (2) individuos de la muestra ensayada presenten resultados individuales inferiores al especificado en más de un cinco por ciento ( $> 5\%$ ). De no cumplirse esta condición se dividirá el lote en dos (2) partes iguales y se tomarán testigos de cada una de ellas, aplicándose los criterios descritos en este epígrafe.

### 551.10.3 Rasante

Las diferencias de cota entre la superficie obtenida y la teórica establecida en los Planos del Proyecto no excederán de las tolerancias especificadas en el epígrafe 551.7.2, ni existirán zonas que retengan agua.

- Cuando la tolerancia sea rebasada por defecto y no existan problemas de encharcamiento, el Director de las Obras podrá aceptar la superficie siempre que la capa superior a ella compense la merma con el espesor adicional necesario sin incremento de coste para la Administración
- Cuando la tolerancia sea rebasada por exceso, se corregirá el exceso mediante fresado por cuenta del Contratista siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.

### 551.10.4 Regularidad superficial

En los tramos donde los resultados de la regularidad superficial excedan de los límites especificados en el epígrafe 551.7.3, se procederá de la siguiente manera:

- Si es en menos del diez por ciento ( $< 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado, se corregirán los defectos de regularidad superficial mediante fresado, siempre que no suponga una reducción del espesor de la capa por debajo del valor especificado en los Planos.
- Si es igual o más del diez por ciento ( $\geq 10\%$ ) de la longitud del tramo controlado, si lo autorizase el Director de las Obras se podrá corregir estos defectos mediante fresado, siempre que se cumpla el espesor de la capa prescrito o bien se demolerá el lote y se reciclará el material por cuenta del Contratista.

## 551.11 MEDICIÓN Y ABONO

La capa de hormigón magro vibrado completamente terminado, se abonará por metros cúbicos ( $m^3$ ), medidos sobre Planos, incluyéndose en el precio todas las operaciones necesarias, la preparación de la superficie de apoyo, todo tipo de aditivos y el curado y acabado de la superficie.

Se descontarán las sanciones impuestas por resistencia insuficiente del hormigón magro o por falta de espesor de la capa.

## NORMAS REFERIDAS EN ESTE ARTÍCULO

Las normas recogidas en este artículo podrán ser sustituidas por otras de las utilizadas en cualquiera de los otros Estados miembros de la Unión Europea, o que sean parte del Acuerdo sobre el Espacio Económico Europeo, y en aquellos Estados que tengan un acuerdo de asociación aduanera con la Unión Europea, siempre que se demuestre que poseen idénticas especificaciones técnicas.

NLT-330	Cálculo del Índice de Regularidad Internacional (IRI) en pavimentos de carreteras.
NLT-334	Medida de la irregularidad superficial de un pavimento mediante la regla de tres metros, estática o rodante.
UNE 83299	Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Productos de curado para morteros y hormigones. Determinación de la pérdida de agua por evaporación.
UNE-EN 196-3	Métodos de ensayo de cementos. Parte 3: Determinación del tiempo de fraguado y de la estabilidad de volumen.
UNE-EN 932-1	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 1: Métodos de muestreo.
UNE-EN 932-3	Ensayos para determinar las propiedades generales de los áridos. Parte 3: Procedimiento y terminología para la descripción petrográfica simplificada.
UNE-EN 933-1	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 1: Determinación de la granulometría de las partículas. Método del tamizado.
UNE-EN 933-2	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 2: Determinación de la granulometría de las partículas. Tamices de ensayo, tamaño nominal de las aberturas.
UNE-EN 933-3	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 3: Determinación de la forma de las partículas. Índice de lajas.
UNE-EN 933-8	Ensayos para determinar las propiedades geométricas de los áridos. Parte 8: Evaluación de los finos. Ensayo del equivalente de arena.
UNE-EN 934-2	Aditivos para hormigones, morteros y pastas. Parte 2: Aditivos para hormigones. Definiciones, requisitos, conformidad, marcado y etiquetado.

- UNE-EN 1097-2 Ensayos para determinar las propiedades mecánicas y físicas de los áridos. Parte 2: Métodos para la determinación de la resistencia a la fragmentación.
- UNE-EN 1744-1 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 1: Análisis químico.
- UNE-EN 1744-3 Ensayos para determinar las propiedades químicas de los áridos. Parte 3: Preparación de eluatos por lixiviación de áridos.
- UNE-EN 12350-2 Ensayos de hormigón fresco. Parte 2: Ensayo de asentamiento
- UNE-EN 12350-7 Ensayos de hormigón fresco. Parte 7: Determinación del contenido de aire. Métodos de presión.
- UNE-EN 12390-2 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 2: Fabricación y curado de probetas para ensayos de resistencia.
- UNE-EN 12390-3 Ensayos de hormigón endurecido. Parte 3: Determinación de la resistencia a compresión de probetas.
- UNE-EN 12504-1 Ensayos de hormigón en estructuras. Parte 1: Testigos. Extracción, examen y ensayo a compresión.