

7.1. INTRODUCCIÓN	103
7.2. PRESCRIPCIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS CORONACIONES DE LOS RELLENOS	103
7.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES	103
7.2.2. SUELOS	103
7.2.3. TODO UNO DE CANTERA	103
7.3. PRESCRIPCIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS UNIDADES DE OBRA DE FIRME	104
7.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES	104
7.3.2. ZAHORRAS NATURALES	104
7.3.3. ZAHORRAS ARTIFICIALES	104
7.3.4. MACADAM	105
7.3.5. SUELOCEMENTO	105
7.3.6. GRAVACEMENTO	105
7.3.7. GRAVAESCORIA	106
7.3.8. GRAVAEMULSIÓN	106
7.3.9. HORMIGÓN MAGRO	106
7.3.10. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN VIBRADO	107
7.3.11. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO	108
7.3.12. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS DE ACERO	108
7.3.13. HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO	109
7.3.14. ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN	109
7.3.15. RIEGOS CON GRAVILLA	110
7.3.16. LECHADAS BITUMINOSAS	110
7.3.17. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE	111
7.3.18. MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO	112
7.3.19. PAVIMENTOS PERCOLADOS	113
7.3.20. LECHOS DE GRAVAS	113

7.4.	CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS	113
7.4.1.	DESCRIPCIÓN	113
7.4.2.	ZONAS DE OPERACIÓN	113
7.4.3.	ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE GRANELES SÓLIDOS	113
7.4.4.	ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE MERCANCÍA GENERAL	113
7.4.5.	ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES	113
7.4.6.	ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE SEMIRREMOLQUES. TERMINALES RO-RO	114
7.4.7.	ZONAS DE USO PESQUERO	114
7.4.8.	VÍAS DE COMUNICACIÓN	114
7.4.9.	OTRAS ZONAS	114
7.5.	DETALLES CONSTRUCTIVOS	114
7.5.1.	ENTREVÍAS	114
7.5.2.	JUNTAS	115
7.6.	EVACUACIÓN DE PLUVIALES	115
7.6.1.	PENDIENTES	115
7.6.2.	CONDUCCIONES Y ARQUETAS	115

Se incluyen recomendaciones de proyecto y construcción de los firmes y pavimentos, con las principales especificaciones que se deben exigir a los materiales empleados en cada caso. Se incluyen así mismo recomendaciones sobre las características superficiales que deben tener los distintos pavimentos, en especial las necesarias para posibilitar la evacuación de las aguas de lluvia.

7.1. INTRODUCCIÓN

Esta parte de las Recomendaciones pretende ser una guía para la redacción de los pliegos de prescripciones técnicas particulares de los proyectos. Aunque se ha intentado que este documento tenga un carácter autónomo, en este punto es inevitable tomar como referencia y por tanto recurrir a las prescripciones generales de la Dirección General de Carreteras (Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente). Dichas prescripciones están contenidas en el *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales para Obras de Carreteras y Puentes*, cuya redacción se autorizó por Orden Ministerial (O.M.) de 21 de enero de 1988 (BOE de 3 de febrero), en la cual se denominaba abreviadamente a dicho Pliego como PG-4/88. Sin embargo, no existe una edición refundida del mismo, por lo que ha de considerarse que a efectos prácticos está formado por el *Pliego de Prescripciones Técnicas Generales PG-3/75* (aprobado por O.M. de 6 de febrero de 1976, BOE de 7 de julio) y por las modificaciones posteriores de algunos de sus artículos aprobadas por O.M. o por Orden Circular (O.C.) de la Dirección General de Carreteras.

7.2. PRESCRIPCIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS CORONACIONES DE LOS RELLENOS

7.2.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Para coronaciones de los rellenos portuarios se pueden emplear por un lado materiales específicos, como el todo uno procedente de los frentes de cantera, pero por otro se pueden utilizar también los mismos materiales que se emplean en las coronaciones de los rellenos compactados de las carreteras.

7.2.2. SUELOS

Para estos materiales es de aplicación el artículo 330 del PG-3/75. Puede tratarse, siguiendo las denominaciones de dicho artículo y de menor a mayor categoría: suelos adecuados, seleccionados y seleccionados con CBR > 20.

7.2.3. TODO UNO DE CANTERA

Es una mezcla sin clasificar de materiales gruesos y finos, obtenidos de frentes de cantera y de la cual se eliminarán los materiales cuyo tamaño supere e 50 % del espesor de la tongada y en cualquier caso los superiores a 20 cm. Salvo en lo que se refiere a la granulometría, los materiales cumplirán las mismas especificaciones que las que se exigen a las zahorras naturales (apartado 7.3.2)

7.3. PRESCRIPCIONES QUE DEBEN CUMPLIR LAS UNIDADES DE OBRA DE FIRME

7.3.1. CONSIDERACIONES GENERALES

Debe tenerse en cuenta que para un adecuado comportamiento de los firmes y pavimentos es fundamental la calidad de los materiales empleados en las distintas capas, de manera que una deficiencia en dicha calidad sólo a veces, y únicamente en parte, puede ser compensada por un sobreespesor de las capas. En este sentido, a pesar de la singularidad de las obras portuarias, debe considerarse que las especificaciones seguidas habitualmente en la técnica de carreteras son la mejor referencia posible. Ello no obsta, para que, por un lado, deban ser tenidas en cuenta eventuales limitaciones en los procedimientos constructivos y, por otro lado y fundamentalmente, deba tenderse al máximo aprovechamiento de los materiales disponibles. Esto último no debe ser un pretexto para aceptar rebajas en la calidad, sino un criterio decisivo para la elección en cada caso de las distintas unidades de obra y por tanto de la sección de firme más viable técnica y económicamente.

7.3.2. ZAHORRAS NATURALES

En relación a esta unidad de obra se estará a lo dispuesto en el anexo 3 de la O.M. de 31 de julio de 1986 (BOE de 5 de septiembre), según se establece en la O.C. 311/90 C y E de la Dirección General de Carreteras.

Los materiales empleados serán áridos no triturados procedentes de graveras o depósitos naturales. Podrán también utilizarse subproductos de naturaleza pétreo (escorias, por ejemplo), siempre que se pueda asegurar que no se van a producir alteraciones químicas o físicas al entrar en contacto con el agua o con otras sustancias.

Deseablemente, la curva granulométrica estará comprendida dentro del huso denominado ZN (25). Hay que tender a emplear los tamaños máximos de árido más reducidos que sea posible, para tratar de minimizar los eventuales fenómenos de segregación.

La zahorra natural tendrá un CBR no inferior a 20 determinado sobre probetas de muestra compactada con la humedad óptima del Proctor modificado y una densidad del 97 % de la máxima. El material deberá cumplir además las siguientes condiciones: límite líquido inferior a 25 e índice de plasticidad inferior a 6.

La zahorra natural se extenderá en una única tongada cuando el espesor de capa no supere los 0,30 m y en dos, aproximadamente del mismo espesor, cuando el espesor total sea superior a dicho valor. La extensión se realizará con motoniveladora o con extendidora.

La compactación se realizará con compactadores de neumáticos y/o rodillos vibratorios y continuará hasta alcanzar una densidad no inferior a la que corresponda al 95 % de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado.

Se admite que el control de la compactación se lleve a cabo mediante técnicas de isótopos radiactivos, siempre y cuando el Director de las Obras haya aprobado expresamente y con carácter previo las correlaciones que se han de establecer al efecto.

Realizado el ensayo de carga con placa, el valor del módulo E_2 no será inferior en ningún caso a 55 MPa. Por su parte, la relación E_2/E_1 no debe ser superior a 2.

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en ningún punto en más de 0,030 m. Comprobada la superficie acabada con regla de 3 m, las irregularidades no sobrepasarán en ningún punto los 0,015 m.

7.3.3. ZAHORRAS ARTIFICIALES

Se estará a lo dispuesto en el anexo 4 de la O.M. de 31 de julio de 1986 (BOE de 5 de septiembre), según se establece en la Orden Circular 311/90 C y E de la Dirección General de Carreteras.

Los materiales procederán de la trituración de piedra de cantera o grava natural, debiendo tener el rechazo por el tamiz 5 UNE un mínimo del 50 % de elementos triturados que presenten no menos de 2 caras de fractura.

La curva granulométrica estará comprendida deseablemente dentro del huso denominado ZA (25).

El coeficiente de desgaste Los Angeles será inferior a 35. El equivalente de arena será mayor de treinta (30).

La zahorra artificial se extenderá en una única tongada con motoniveladora o con extendedora.

La compactación se realizará con compactadores de neumáticos y/o con rodillos vibratorios y continuará hasta alcanzar una densidad no inferior a la que corresponda al 97 % de la máxima obtenida en el ensayo Proctor modificado.

Se admite que el control de la compactación se lleve a cabo mediante técnicas de isótopos radiactivos, siempre y cuando el Director de las Obras haya aprobado expresamente y con carácter previo las correlaciones que se han de establecer al efecto.

Realizado el ensayo de carga con placa, el valor del módulo E_2 no será inferior en ningún caso a 80 MPa; la relación E_2/E_1 no será superior a 2.

La superficie acabada no deberá diferir de la teórica en ningún punto en más de 0,020 m. Comprobada la superficie acabada con regla de 3 m, las irregularidades no sobrepasarán en ningún punto los 0,010 m.

7.3.4. MACADAM

Las prescripciones generales correspondientes a esta unidad de obra están recogidas en el artículo 502 del PG-3/75.

Para el esqueleto del macadam se emplearán áridos gruesos de tamaño uniforme (de 50 a 80 mm), con un coeficiente Los Angeles no superior a 30 y una proporción mínima del 75 % de partículas trituradas con dos o más caras de fractura.

Tras la extensión y compactación del esqueleto de áridos gruesos se procederá a su recebo con una arena cuyos finos (tamaños inferiores a 80 μm) no sean plásticos y su proporción no supere el 25 % en peso.

7.3.5. SUELOCEMENTO

Esta unidad de obra es la definida en el artículo 512 del PG-3/75 como suelo estabilizado con cemento por el método de mezcla en central, con las prescripciones adicionales indicadas en la *Instrucción 6.1 y 2 IC de secciones de firme*.

El suelo cumplirá deseablemente las especificaciones dadas para los suelos seleccionados (apartado 7.2.3). Por su parte, se empleará cemento con adiciones, especialmente aquéllos que responden a la denominación de «resistencia baja» (tipos II-25, III-25, IV-25 y V-25). En ningún caso podrán emplearse cementos aluminosos (tipo VI).

El contenido de agua de la mezcla en el momento de la compactación estará entre un punto por debajo y la óptima obtenida en el ensayo de apisonado Proctor modificado. El contenido de cemento será el mínimo que permita alcanzar las resistencias especificadas.

El proceso de fabricación, transporte, extensión, compactación y curado es idéntico al de la gravacemento, salvo en lo que se refiere al fraccionamiento de los áridos que debe llevarse a cabo en este último caso.

7.3.6. GRAVACEMENTO

Esta unidad de obra es la definida en el artículo 513 del PG-3/75, con las prescripciones adicionales indicadas en la *Instrucción 6.1 y 2 IC de secciones de firme*.

La mezcla de áridos se ajustará en general al huso denominado GC 1 y se elaborará a partir de un mínimo de dos fracciones diferentes y deseablemente de tres. Las características exigidas a estos áridos serán las mismas indicadas en el caso de las zahorras artificiales (apartado 7.3.3). Por su parte, se empleará cemento con adiciones, especialmente aquéllos que responden a la denominación de «resistencia baja» (tipos II-25, III-25, IV-25 y V-25). En ningún caso podrán emplearse cementos aluminosos (tipo VI).

El contenido de agua de la mezcla en el momento de la compactación estará medio punto por debajo del que proporcione la máxima densidad en el ensayo de apisonado Proctor modificado. El contenido de cemento será el mínimo que permita alcanzar las resistencias especificadas. En tiempo caluroso se incorporarán retardadores de fraguado.

La fabricación se realizará siempre en centrales de funcionamiento continuo con dispositivos de dosificación ponderal de los componentes. El transporte se realizará en camiones volquetes de caja abierta convenientemente protegida por lonas o cobertores. La extensión se realizará siempre con extendedora. La compactación se llevará a cabo mediante rodillos vibratorios y/o compactadores de neumáticos.

7.3.7. GRAVAESCORIA

Esta unidad de obra es la definida en el artículo 515 del PG-3/75.

Los áridos empleados se diferencian de los de la gravacemiento fundamentalmente en la menor proporción de materiales de tamaño inferior a 80 µm. De los husos especificados se empleará en general el denominado GEG 1.

El conglomerante será una escoria granulada de horno alto con un coeficiente de reactividad superior a 20, valor en función del cual se empleará una u otra proporción de escoria: del 20 % sobre peso seco de los áridos con coeficientes de reactividad bajos, pudiendo descender al 10 % con coeficientes de reactividad superiores a 60. Además, para que se desarrollen los procesos de fraguado y endurecimiento es necesaria la incorporación de un 1 % de cal.

El proceso de fabricación y puesta en obra se diferencia del de la gravacemiento en que no existen limitaciones de tiempo entre el momento en que se realiza la mezcla y el de finalización de la compactación. Por otro lado, la extensión se puede realizar con motoniveladora, aunque siempre es preferible el empleo de extendedoras.

7.3.8. GRAVAEMULSIÓN

Las prescripciones vigentes están recogidas en el artículo 514 del PG-3/75. En él están especificados dos husos granulométricos: GEA 1 y GEA 2. Se diferencian por el tamaño máximo nominal del árido (20 y 25 mm, respectivamente), recomendándose el primero de ellos por ser menores los problemas de segregaciones.

En todos los casos, los áridos deben tener un coeficiente Los Angeles no superior a 35, un índice de lajas tampoco superior a 35 y un mínimo del 50 % de partículas gruesas con dos o más caras de fractura. El índice de plasticidad del árido fino debe ser siempre no superior a 10 y el equivalente de arena debe ser como mínimo de 30.

La gravaemulsión ha de fabricarse en principio en centrales continuas, del mismo tipo que las empleadas para la fabricación de mezclas bituminosas en frío o de otras gravas tratadas. Sin embargo, también puede fabricarse en centrales asfálticas discontinuas convencionales (sin pasar los áridos por el tambor secador).

La mezcla puede verterse directamente sobre camión o acopiarse, en cuyo caso se deberá contar con silos de recepción o preparar espacios para evitar contaminaciones o segregaciones de la mezcla antes de su transporte. Este no requiere precauciones especiales, pudiéndose utilizar los mismos medios que para cualquier mezcla en frío.

La extensión puede realizarse con extendedora o con motoniveladora. Para la compactación se emplearán rodillos vibratorios y/o compactadores de neumáticos con alta carga por rueda. Una vez extendida la mezcla, puede iniciarse la compactación inmediatamente o esperar incluso varias horas. En cualquier caso, la compactación debe efectuarse antes de que el proceso de rotura de la emulsión haya concluido.

En el caso de que la capa de gravaemulsión tenga que abrirse al tráfico antes de extender la capa de rodadura correspondiente, es necesaria la aplicación de un tratamiento de sellado. Dicho tratamiento consistirá en un riego con emulsión de rotura rápida (unos 0,5 kg/m² de ligante residual) y un ligero enarenado (unos 4 l/m²).

7.3.9. HORMIGÓN MAGRO

Son de aplicación las especificaciones contenidas en la O.C. 311/90 CyE, de 20 de marzo

de 1990, que modifica el artículo 550 (Pavimentos de hormigón vibrado) del PG-3/75, completadas con las contenidas en el anexo 2 de la O.M. de 31 de julio de 1986.

Se empleará cemento con adiciones, especialmente aquéllos que responden a la denominación de «resistencia media» (tipos II-35, III-35, IV-35 y V-35). En ningún caso podrán emplearse cementos aluminosos (tipo VI). La dosificación mínima de cemento será de 140 kg/m^3 . Los áridos se suministrarán al menos en tres tamaños: 0-5 mm, 5-20 mm y 20-40 mm. El árido fino deberá presentar un equivalente de arena superior a 70. El hormigón alcanzará una resistencia a compresión mínima de 10 MPa a los 28 días.

La producción de la central de fabricación será suficiente para garantizar un suministro continuo a los equipos de extensión. Esta central será del mismo tipo de la empleada para la fabricación del hormigón de pavimento.

Antes de la extensión del hormigón se habrá procedido al refinado de la subbase granular, aconsejándose el empleo de una refinadora con nivelación automática para garantizar una superficie perfectamente nivelada y con la tolerancia en cotas exigidas, que será de menos de 0,010 m comprobada con regla de 3 m.

La extensión del hormigón magro se llevará a cabo con los mismos equipos empleados para la extensión del pavimento de hormigón. Se observarán las mismas precauciones frente a la temperatura, humedad atmosférica y lluvia.

7.3.10. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN VIBRADO

Es de aplicación en esta unidad de obra la O.C. 311/90 CyE, de 20 de marzo de 1990, que modifica el artículo 550 del PG-3/75.

Se empleará cemento con adiciones, especialmente aquéllos que corresponden a la denominación de «resistencia media» (tipos II-35, III-35, IV-35 y V-35). No se podrá emplear cemento aluminoso (tipo VI) ni mezclas de cemento con adiciones que no hayan sido realizadas en la fábrica de cemento. El principio de fraguado no podrá tener lugar antes de las dos horas. No obstante, si el hormigonado se realizase con temperatura ambiente superior a 25°C , el principio de fraguado no podrá tener lugar antes de una hora.

El tamaño máximo del árido no será superior a 40 mm. El árido grueso estará formado por al menos tres tamaños diferentes: 5-12 mm, 12-25 mm y 25-40 mm. El equivalente de arena del árido fino no será inferior a 80. El contenido mínimo de partículas silíceas en el árido fino será del 30 % en viales de acceso y del 20 % en el resto de las superficies.

Los eventuales aditivos del hormigón cumplirán las condiciones establecidas en las normas siguientes:

- UNE 83281: Reductores de agua y fluidificantes.
- UNE 83282: Reductores de agua de alta actividad (superplastificantes).
- UNE 83283: Aceleradores de fraguado.
- UNE 83286: Inclusores de aire.

El empleo de cualquiera de ellos debe ser aprobado por el Director de las obras. El aireante será de características tales que las burbujas de aire ocluido producidas tengan un diámetro comprendido entre 10 y $200 \mu\text{m}$ y se encuentren uniformemente repartidas en el hormigón. Su dosificación será del 4 %. Si se emplearan superplastificantes para mejorar las resistencias alcanzadas, se limitará su dosis a $0,4 \text{ kg/m}^3$.

El hormigón a emplear en el pavimento será en general del tipo HP 40, debiendo alcanzar una resistencia característica a flexotracción a los 28 días igual o superior a 4 MPa. El asiento del hormigón, medido con el cono de Abrams, no será inferior a 0,02 m ni superior a 0,06 m. La dosificación de cemento no será inferior a 300 kg/m^3 de hormigón fresco. Por su parte, el contenido de partículas cernidas por el tamiz 0,16 UNE no será mayor de 450 kg/m^3 de hormigón fresco, incluyendo entre aquéllas el cemento y las adiciones. La relación ponderal agua/cemento no será superior a 0,50.

El hormigón para pavimento se fabricará en centrales de mezcla discontinua, capaces de manejar simultáneamente el número de fracciones del árido que exija la fórmula de trabajo adoptada.

Se interrumpirá el hormigonado cuando llueva con una intensidad que pueda, a juicio del Director de las Obras, provocar la deformación del borde de las losas. Apenas la

temperatura ambiente rebase los 25° C, deberá controlarse constantemente la temperatura del hormigón, la cual no deberá rebasar en ningún momento los 30° C. El Director de las obras podrá ordenar la adopción de precauciones suplementarias a fin de que no se supere dicho límite. Cuando la temperatura ambiente sea inferior a 5° C, deberá controlarse constantemente la temperatura del hormigón, adoptando en su caso las precauciones necesarias e interrumpiendo el hormigonado si fuera preciso.

Una vez acabado el pavimento, y antes de que comience a fraguar el hormigón, se pasará una arpillera con objeto de conseguir una superficie áspera que proporcione una suficiente resistencia al deslizamiento.

Se recomienda emplear un producto filmógeno de base parafínica para el curado de las capas de hormigón magro y de base de resina para el curado del hormigón de pavimentos. La dotación se determinará mediante la ejecución de un tramo de ensayo y será, como mínimo, igual a 0,230 kg/m² para el hormigón magro y de 0,250 kg/m² para el hormigón de pavimento. El Director de las obras podrá variar dichas dotaciones si las circunstancias atmosféricas así lo aconsejan. Los pulverizadores deberán asegurar un reparto continuo y uniforme a todo lo ancho de la losa y en sus costados descubiertos. Deberán ir provistos de dispositivos que proporcionen una adecuada protección del producto pulverizado contra el viento y de un dispositivo mecánico en el tanque de almacenamiento del producto que lo someta a éste a una continua agitación durante su aplicación. En zonas pequeñas, irregulares o inaccesibles a dispositivos mecánicos, el Director de las obras podrá autorizar el empleo de pulverizadores manuales.

Las losas tendrán dimensiones de aproximadamente 5x5 m². Cuando se hormigone por bandas, se procederá a la creación de juntas transversales de contracción cada 5 m, mediante serrado una vez que el hormigón está suficientemente endurecido. El número de sierras deberá ser suficiente para seguir el ritmo de hormigonado sin retrasarse, debiendo haber siempre al menos una de reserva.

El Director de las obras deberá indicar las medidas encaminadas a obtener una regularidad superficial aceptable en la superficie sobre la que vaya a extenderse el hormigón y, en su caso, reparar las zonas dañadas. Las desviaciones en planta respecto a la alineación teórica no deberán ser superiores a 0,03 m. Las irregularidades que excedan de las tolerancias especificadas, y las zonas que retengan agua sobre la superficie, deberán corregirse según las instrucciones del Director de las obras.

El tráfico de obra no podrá circular sobre el pavimento antes de tres días, ni de que el hormigón haya alcanzado una resistencia a flexotracción del ochenta por ciento de la exigida. La apertura a la circulación ordinaria no podrá realizarse antes de siete días del acabado del pavimento.

7.3.11. PAVIMENTOS CONTINUOS DE HORMIGÓN ARMADO

Salvo en lo que se refiere a la no necesidad de creación de juntas de contracción, se satisfarán todas las especificaciones dadas para los pavimentos de hormigón vibrado (apartado 7.3.10).

Las armaduras serán en general barras corrugadas de acero de límite elástico no inferior a 510 MPa. La cuantía geométrica longitudinal será del 0,6 %, empleándose barras con un diámetro no inferior a 0,016 m. Se emplearán también barras transversales con un diámetro de 0,008 m como armadura de reparto. Las armaduras se colocarán en el centro de la sección.

7.3.12. PAVIMENTOS DE HORMIGÓN ARMADO CON FIBRAS DE ACERO

Se satisfarán en esta unidad de obra todas las especificaciones dadas para los pavimentos de hormigón vibrado (apartado 7.3.10), salvo en lo que se refiere a su consistencia: se emplearán fluidificantes para que antes de incorporar las fibras el asiento en el cono de Abrams no sea inferior a 0,012 m.

Las fibras serán de acero trefilado, con resistencia a la tracción no inferior a 1200 MPa y sus extremos estarán conformados. Así mismo, las fibras estarán encoladas en peines. El diámetro de las fibras será de 800 µm y su longitud mínima de 0,050 m.

Las fibras se incorporarán a la masa del hormigón en alguna de las fases del amasado con una dotación no inferior en ningún caso a 30 kg/m³.

7.3.13. HORMIGÓN COMPACTADO CON RODILLO

Son de aplicación las especificaciones contenidas en el anexo 1 de la O.M. de 31 de julio de 1986.

La mezcla de áridos se ajustará a husos de granulometría continua, con tamaños máximos de 16 o de 20 mm, y se elaborará a partir de un mínimo de dos fracciones diferentes y deseablemente de tres. Las características exigidas a estos áridos serán similares a las indicadas en el caso de las zahorras artificiales (apartado 7.3.3), comprobándose que en la mezcla de áridos el índice CBR (sin disponer sobrecarga anular y sin efectuar imbibición) no sea inferior a 65. Por su parte, se empleará cemento con adiciones, especialmente aquéllos que responden a la denominación de «resistencia media» (tipos II-35, III-35, IV-35 y V-35).

El contenido de agua de la mezcla en el momento de la compactación será la que proporcione la máxima densidad en el ensayo de apisonado Proctor modificado. El contenido de cemento será el necesario para alcanzar las resistencias especificadas, recomendándose que no baje de 300 kg/m³.

Se ha de controlar especialmente el plazo de trabajabilidad de la mezcla. En tiempo caluroso se incorporarán retardadores de fraguado.

La fabricación se realizará en centrales de funcionamiento continuo, como las empleadas para la fabricación del suelocemento y la gravacemento, o bien en centrales discontinuas como las empleadas para fabricar hormigones vibrados. En todo caso, dichas centrales estarán dotadas de dispositivos de dosificación ponderal de los componentes.

El transporte se realizará en general en camiones volquetes de caja abierta convenientemente protegida por lonas o cobertores. La extensión se realizará siempre con extendedora. La compactación se llevará a cabo mediante rodillos vibratorios y/o compactadores de neumáticos, comprobando constantemente que se alcanzan las densidades especificadas.

Cuando la puesta en obra se realice por bandas, será preciso garantizar que la extensión de cada banda se ejecute antes de que finalice el plazo de trabajabilidad del hormigón de la banda contigua extendida previamente.

Para evitar una desecación excesiva de la superficie, debe procederse a un riego ligero y continuo con agua desde antes de que acabe el proceso de compactación hasta que se aplique el riego de curado.

Acabado el pavimento, y antes de que finalice el período de trabajabilidad del hormigón, se someterá la superficie a algún tipo de tratamiento: arrastre de una arpillera, fratasado, etc.

Una vez que el hormigón esté suficientemente endurecido se procederá a la creación de juntas transversales de contracción mediante serrado, de manera que se formen losas de dimensiones aproximadas 5 x 5 m². El número de sierras deberá ser suficiente para seguir el ritmo de hormigonado sin retrasarse, debiendo haber siempre al menos una de reserva. Las juntas no se sellarán.

7.3.14. ADOQUINES PREFABRICADOS DE HORMIGÓN

El hormigón de los adoquines prefabricados tendrá una resistencia característica a compresión simple a los 28 días (determinada sobre probetas cúbicas talladas de la pieza) no inferior a 50 MPa. Dicho hormigón deberá estar fabricado con cemento tipo I-45, áridos con un coeficiente de desgaste Los Angeles no superior a 20 y arena con un mínimo del 30 % de partículas silíceas.

Las tolerancias geométricas admitidas en los adoquines serán de $\pm 0,002$ m en cualquier dirección en planta y de $\pm 0,003$ m en espesor.

La arena de la capa de nivelación deberá tener un tamaño máximo no superior a 5 mm, con no más de un 15 % de partículas de tamaño superior a 2,5 mm y una proporción de partículas inferiores a 80 μ m no superior al 5 %. Para el recebo de las juntas se empleará una arena con un tamaño máximo no superior a 2,5 mm y una proporción de partículas inferiores a 80 μ m no inferior al 15 %.

La capa de nivelación de arena debe dejarse inicialmente 0,015 m por encima de su rasante definitiva. Tras la compactación del adoquinado el espesor de dicha capa de nivelación habrá de ser de 0,03 m.

Tras una primera compactación del adoquinado mediante elementos vibratorios, se procederá a recebar las juntas, tras lo cual se aplicará una segunda compactación. El exceso de arena de recebo se eliminará mediante cepillado.

7.3.15. RIEGOS CON GRAVILLA

Se seguirán las prescripciones contenidas en la O.C. 297/88 T, de 29 de marzo de 1988, que modifica, entre otros, el artículo 533 (Tratamientos superficiales mediante riegos con gravilla) del PG-3/75.

Los ligantes hidrocarbonados que se han de utilizar en los riegos con gravilla serán emulsiones bituminosas de rotura rápida.

Los áridos deben ser de granulometría uniforme, procedentes de machaqueo (más del 50 % de las partículas con dos o más caras de fractura), limpios, con buena forma (índice de lajas menor de 30), resistentes al desgaste (coeficiente Los Angeles inferior a 30) y no pulimentables (coeficiente de pulido acelerado no inferior a 0,40), si bien esta última exigencia puede obviarse en zonas donde no exista circulación continuada de vehículos.

Para establecer la dotación de ligante y de áridos puede utilizarse la denominada regla del décimo. En un riego monocapa o en cada capa de un riego bicapa:

- Dotación de gravilla: $(D+d)/2$ l/m²
- Dotación de betún residual: $[(D+d)/2]/10$ kg/m²

siendo D y d los tamaños máximo y mínimo (en mm), respectivamente, de la gravilla empleada. Las dotaciones así obtenidas deben considerarse como meramente orientativas y corregirse en función de factores tales como el tamaño medio de la gravilla, la absorción de la misma, su forma, la permeabilidad de la superficie sobre la que se extiende el riego, el tipo de ligante utilizado, etc. En los riegos bicapa, manteniendo la misma cantidad total de ligante residual, se recomienda disminuir algo la cantidad en la primera aplicación para aumentarla correlativamente en la segunda.

En los riegos con gravilla no es admisible otra práctica de extensión del ligante que la de regar con cisterna. Por su parte, el procedimiento de extensión de las gravillas debe garantizar la máxima homogeneidad, recurriéndose al empleo de extendedoras, que pueden ser de diferentes tipos: de compuerta acoplada a la caja del camión, con tolva empujada por el camión o autopropulsadas.

En los riegos monocapa, el apisonado de las gravillas se debe realizar con rodillos de neumáticos de alta presión. En los riegos bicapa, antes de extender la segunda aplicación de ligante conviene dar alguna pasada con un rodillo liso ligero; tras la segunda aplicación de gravilla, el apisonado es igual que en los riegos monocapa. En todos los casos, todas las fases de la ejecución se deben suceder dejando transcurrir el menor tiempo posible entre ellas.

7.3.16. LECHADAS BITUMINOSAS

Se seguirán las prescripciones contenidas en la O.C. 297/88 T, de 29 de marzo de 1988, que modifica, entre otros, el artículo 540 (Tratamientos superficiales con lechada bituminosa) del PG-3/75.

Los tipos de tratamientos superficiales con lechada bituminosa están en función del tamaño máximo del árido (normalmente de 2,5 a 10 mm) y de la dotación con la que se extienden, que suele ir desde 5 a 20 kg/m². Con dotaciones altas se recurrirá a la extensión en dos capas sucesivas.

Los áridos deben ser arenas de machaqueo, duras y muy limpias. Su granulometría debe ajustarse a alguno de los husos especificados. El ligante hidrocarbonado ha de ser una emulsión bituminosa de rotura lenta, preferiblemente controlada, elegida en función de las características del árido, de la climatología en la que se va a desarrollar la puesta en obra y de las características de los equipos de aplicación disponibles.

Las características de la lechada deben ser función de la aplicación que se le vaya a dar. Se han de fijar los siguientes puntos: tipo de lechada, composición de la misma y dotación y número de capas con las que se va a extender.

La formulación debe establecerse en laboratorio. Han de realizarse ensayos de consistencia y ensayos mecánicos de abrasión (a veces complementados por ensayos de exudación). Los contenidos de agua con respecto al peso de los áridos suelen variar entre el 8 y el 20 % (aparte del agua propia de la emulsión), mientras que los de la emulsión bituminosa van desde el 10 % hasta más del 20 % en ocasiones.

Las lechadas se fabrican en mezcladoras móviles sobre camión que también las extienden. El equipo consta, básicamente, de una serie de depósitos para los diversos componentes y de un mezclador de tipo continuo. Del mezclador pasa la lechada a una caja repartidora o rastra a través de una compuerta regulable. Esta rastra va remolcada sobre la superficie a tratar y termina en una maestra de goma, regulable en altura.

7.3.17. MEZCLAS BITUMINOSAS EN CALIENTE

Se estará a lo dispuesto en la O.C. 299/89 T, de 23 de febrero de 1989, de la Dirección General de Carreteras, que modifica el artículo 542 del PG-3/75

El ligante bituminoso a emplear será en general un betún asfáltico B 60/70.

La proporción mínima de partículas de árido grueso con dos o más caras fracturadas no deberá ser inferior al 95 % en capas de rodadura ni al 75 % en capas inferiores. El máximo coeficiente de desgaste Los Angeles del árido grueso será de 30 en capas inferiores y de 25 en capas de rodadura. El mínimo coeficiente de pulido acelerado del árido grueso de la capa de rodadura no será inferior a 0,40, aunque esta exigencia podrá obviarse en las zonas donde no haya circulación habitual de vehículos. El máximo índice de lajas de las distintas fracciones del árido grueso no será superior a 30.

Si el árido fino procediese, en todo o en parte, de areneros naturales, la proporción máxima de arena natural en la mezcla (porcentaje en masa del total de áridos, incluido el polvo mineral) no habrá de ser superior al 15 %.

La proporción mínima de polvo mineral de aportación, excluido el inevitablemente adherido a los áridos, será del 100 % en las capas de rodadura y del 50 % en las capas de base. En todos los casos el polvo mineral de aportación será un cemento, salvo autorización previa y expresa de otro tipo por parte del Director de las obras.

Las curvas granulométricas de las mezclas se ajustarán en cada caso a los siguientes husos:

- | | |
|---|------|
| — Capas de rodadura: | S 20 |
| — Capas inmediatamente debajo de las de rodadura: | S 20 |
| — Capas por debajo de las anteriores: | G 25 |

La relación ponderal entre los contenidos de polvo mineral y de ligante hidrocarbonado será aproximadamente de 1,3 en capas de rodadura, de 1,2 en capas situadas inmediatamente debajo de las de rodadura y de 1,0 en capas situadas por debajo de las anteriores.

Los criterios de dosificación de las mezclas bituminosas en caliente empleando el aparato Marshall serán los siguientes:

- | | |
|------------------------------|---|
| — Número de golpes por cara: | 75 |
| — Estabilidad: | > 10 kN |
| — Deformación: | 2-3 mm |
| — Huecos en mezcla: | 4-5 % en capa de rodadura.
5-7 % en capas por debajo de las de rodadura.
6-8 % en capas por debajo de las anteriores. |
| — Huecos en árido: | ≥ 14 % en mezclas S 20.
≥ 13 % en mezclas G 25. |

La máxima velocidad de deformación en el ensayo de pista de laboratorio en el intervalo de 105 a 120 minutos no será superior, para las mezclas en capas de rodadura y en las situadas inmediatamente debajo de ellas, a 15µm/min.

En todo caso, las dosificaciones mínimas de betún asfáltico no bajarán de los siguientes valores (sobre peso seco de los áridos):

- | | |
|----------------------|--------|
| — Capas de rodadura: | 4,50 % |
|----------------------|--------|

- Capas inmediatamente debajo de las de rodadura: 4,25 %
- Capas por debajo de las anteriores: 3,75 %

Los límites de la irregularidad superficial de las capas de mezcla bituminosa no deberán ser superiores a los que se indican a continuación (expresados como irregularidad máxima bajo regla de 3 m):

- Capas de rodadura: 0,005 m
- Capas inferiores: 0,007 m

7.3.18. MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO

Esta unidad de obra ha de cumplir el artículo 541 del PG-3/75, salvo en lo que se refiere a los husos granulométricos que serán uno de los dos indicados en la tabla 7.1.

El huso AF 12 se empleará cuando la mezcla se vaya a extender en capas de espesor inferior a 0,06 m; para espesores mayores o iguales de 0,06 m se empleará el huso AF 20.

Los áridos cumplirán las mismas exigencias que se han especificado para las mezclas bituminosas en caliente (apartado 7.3.17), salvo en lo referente a la resistencia al pulimento, que no se exigirá ningún valor. Por su parte, los ligantes a emplear serán emulsiones bituminosas de rotura lenta (ECM o EAM); su dosificación se hará aplicando criterios de superficie específica.

La fabricación se llevará a cabo en centrales de funcionamiento continuo. La extensión podrá realizarse con motoniveladora, aunque se recomienda la extensión con extendedora.

TABLA 7.1. HUSOS GRANULOMÉTRICOS DE MEZCLAS BITUMINOSAS EN FRÍO		
CEDAZOS Y TAMICES (mm)	CERNIDO PONDERAL ACUMULADO (%)	
	AF 12	AF20
25		100
20	100	70-90
12,5	60-80	50-70
10	45-65	35-55
5	10-35	5-30
2,5	0-5	0-5
0,080	0-2	0-2

Transcurridas al menos dos semanas desde la extensión de la mezcla bituminosa en frío (cuatro semanas en tiempo frío o húmedo) se procederá al sellado de la superficie mediante la aplicación en una sola capa de una lechada bituminosa del tipo LB 3 con una dotación de 10 kg/m³.

7.3.19. PAVIMENTOS PERCOLADOS

Estos pavimentos se construyen a partir de la extensión de una capa de mezcla bituminosa en caliente del tipo PA 12 con un espesor de 0,04 m. Posteriormente se procederá a la introducción mediante vibración de una lechada de cemento con resinas termoendurecibles (poliuretano o epoxi).

7.3.20. LECHOS DE GRAVAS

Los lechos de gravas estarán confinados lateralmente por un bordillo o encintado de hormigón. En el interior del recinto así formado los lechos estarán compuestos por una capa de grava de machaqueo y granulometría uniforme, similar a un macadam sin recebar (apartado 7.3.4), de 0,35-0,40 m de espesor, convenientemente nivelada y compactada.

El tamaño máximo nominal del árido no será superior a 50 mm, con un coeficiente de desgaste Los Ángeles no superior a 30. La proporción de partículas trituradas con dos o más caras de fractura será del 100 %.

7.4. CARACTERÍSTICAS SUPERFICIALES DE LOS PAVIMENTOS

7.4.1. DESCRIPCIÓN

Las características superficiales de los pavimentos no suelen tener una relación directa con la resistencia estructural del firme (todo lo más con la de unos pocos centímetros superiores). Su importancia deriva de la influencia que tienen en la funcionalidad del pavimento. Estas características son en realidad las únicas que interesan a quienes operan en las diversas zonas del puerto, ya que influyen en los costes de explotación y en la seguridad de las operaciones. Entre las características a considerar se pueden citar las siguientes:

- Resistencia a la rodadura.
- Regularidad superficial .
- Consumos debidos al contacto neumático-pavimento.
- Resistencia al deslizamiento.
- Ruido de contacto neumático-pavimento.
- Permeabilidad y drenabilidad.
- Limpieza.
- Resistencia al ataque de aceites y combustibles.
- Etc.

7.4.2. ZONAS DE OPERACIÓN

En estas zonas se cuidará especialmente la regularidad superficial, sobre todo en dirección perpendicular al cantil a fin de no perturbar la escorrentía de las aguas de lluvia.

7.4.3. ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE GRANELES SOLIDOS

Se atenderá en particular en estas zonas a la limpieza, aunque también a las desagregaciones superficiales que pueden producir las palas y cucharas empleadas para la manipulación de los graneles.

7.4.4. ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE MERCANCIA GENERAL

Los requerimientos son los mismos que los que se indican a continuación para las zonas de almacenamiento de contenedores.

7.4.5. ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE CONTENEDORES

En las zonas por donde se mueven los equipos de circulación no restringida, los giros bruscos producen unos importantísimos esfuerzos horizontales que provocan notables deterioros superficiales en el pavimento. Se trata de una situación en la que hay que

considerar de manera integrada el binomio pavimento-equipos de manipulación, pues superficies especialmente resistentes al desgaste pueden producir consumos de neumáticos muy elevados. En aquellas zonas localizadas en que se prevean importantes esfuerzos horizontales (p. e. zonas de giro de pórticos de almacenamiento) se colocarán planchas de acero de 0.020 m de espesor ancladas al pavimento (ver apartado 3.1.2.3.).

7.4.6. ZONAS DE ALMACENAMIENTO DE SEMIRREMOLQUES. TERMINALES RO-RO

En las rampas para operaciones *ro-ro* se producen impactos especialmente importantes en los soportes de las uñas de las planchas cuando pasan las cargas por encima. Para evitar una rápida degradación del hormigón cabe recomendar dos procedimientos: en primer lugar, disponer hormigones de muy altas resistencias (con áridos especiales y adiciones como el humo de sílice); la otra opción consiste en reforzar las rampas con perfiles laminados de acero o con planchas de palastro.

7.4.7. ZONAS DE USO PESQUERO

En estas zonas, en particular para las lonjas, es de aplicación la Directiva 41/493/CEE de la Comunidad Europea, de 22 de julio de 1991, que establece que las superficies se han de construir de forma que por su porosidad, ranuras, etc, no constituyan un foco de contaminación donde puedan quedar retenidos los residuos del pescado. En concreto en la Directiva citada se establecen para estas zonas los siguientes requisitos:

- Tendrán un pavimento impermeable, fácil de limpiar y desinfectar, con fácil drenaje del agua, tanto la que gotea de las cajas como la utilizada para el baldeo.
- Los sistemas de evacuación de aguas residuales tendrán el dispositivo adecuado para evitar malos olores.
- Debe ponerse especial atención para que incluso mojados los pavimentos no se hagan deslizantes.
- En los pavimentos de hormigón se hará un tratamiento de fratasado para eliminar los poros superficiales así como un tratamiento superficial antipolvo.

7.4.8. VIAS DE COMUNICACIÓN

En las vías de comunicación, tanto en los viales de acceso como en las vías de maniobra, las características superficiales más importantes, y tanto más cuanto mayor sea la velocidad de circulación, son las mismas que en carreteras: la resistencia al deslizamiento y la regularidad superficial.

Los requerimientos sobre resistencia al deslizamiento serán idénticos que en carreteras. En cuanto a la regularidad superficial, las máximas irregularidades admisibles serán función de la velocidad de circulación y también idénticas a las admitidas en carreteras para dicha velocidad. En caso de no conocerse la velocidad de circulación, se adoptará un valor de 50 km/h en vías de maniobra y de 90 km/h en viales de acceso.

7.4.9. OTRAS ZONAS

Hay que hacer especial referencia a las zonas complementarias destinadas al estacionamiento, en las cuales las características superficiales más importantes son la limpieza y sobre todo la resistencia al ataque de aceites y combustibles.

7.5. DETALLES CONSTRUCTIVOS

7.5.1. ENTREVÍAS

Cuando el pavimento se encuentre interrumpido por la presencia de carriles, bien sean de ferrocarril o bien de equipos de manipulación de mercancías de circulación restringida, se deberá dotar a éste de un contracarril adecuado para establecer una huella de ancho y profundidad suficiente para el paso de la pestaña de las ruedas y de forma que el borde del pavimento quede debidamente protegido, sin que se produzca resalto entre las vías y el pavimento contiguo.

El agua de escorrentía que se recoge en la canaladura que queda entre carril y contracarril deberá tener salida mediante dispositivos de desagüe al mar o al propio terreno.

Preferentemente se dispondrán entrevías con igual pavimento que las zonas anejas, siempre y cuando quede garantizada la estabilidad de las mismas.

7.5.2. JUNTAS

En los pavimentos de hormigón se utilizarán con generalidad únicamente juntas a tope (sean de contracción, de alabeo o de construcción), evitándose las juntas machihembradas (de ranura y lengüeta). Así mismo, se procurará evitar elementos de junta tales como tablas, perfiles plásticos o metálicos, etc., realizándose en general las juntas de contracción mediante serrado del hormigón suficientemente endurecido. La profundidad del serrado será de 1/4 a 1/3 del espesor de la losa. Sólo en superficies que hayan de soportar tráfico ligero puede recurrirse a la formación de juntas en fresco mediante un debilitamiento de la sección con el empleo de láminas, perfiles de plástico, etc.

En general no se considera necesario sellar las juntas, salvo en algunas situaciones como en las zonas de almacenamiento de graneles sólidos pulverulentos y de manipulación de pescado.

Se dispondrán juntas de dilatación en los cruces de viales y junto a las obras de fábrica (puentes u otras obras de paso, muelles, cerramientos y demás elementos fijos). Estas juntas de dilatación deberán tener en cuenta no sólo los empujes horizontales, sino también los movimientos verticales relativos que pueden producirse. En el caso de las juntas paralelas a cantil, deberán disponerse junto a ellas los pertinentes sistemas de recogida de las aguas de lluvia.

7.6. EVACUACIÓN DE PLUVIALES

7.6.1. PENDIENTES

Se hace referencia tanto a pendientes longitudinales (en paralelo al cantil) como a pendientes transversales (perpendiculares al cantil), debiendo por otra parte diferenciarse entre las superficies en las que puede haber depósito de mercancías y las destinadas exclusivamente a la circulación de los equipos.

Se procurará que las pendientes transversales no sean inferiores al 0,5 % en pavimentos definitivos y al 0,8 % en pavimentos provisionales. En la medida de lo posible estas pendientes serán a una sola agua en toda la superficie de que se trate, evitándose por tanto las limatesas paralelas al cantil del muelle. Las pendientes transversales máximas serán del 1,25 % en superficies en las que pueda haber depósito de mercancías y del 1,75 % en las destinadas exclusivamente a la circulación de los equipos.

Las pendientes longitudinales obtenidas al dividir la diferencia entre la elevación máxima y la mínima a lo largo de una línea paralela al cantil por la longitud de dicha línea, no debe exceder del 0,8 % en superficies en las que pueda haber depósito de mercancías y del 1,25 % en las destinadas exclusivamente a la circulación de los equipos. En ningún punto la pendiente longitudinal puede exceder del 1 % en superficies en las que pueda haber depósito de mercancías y del 1,5 % en las destinadas exclusivamente a la circulación de los equipos. Cuando no se pueda evitar un cambio de pendiente longitudinal dicho cambio no debe exceder del 1 %.

7.6.2. CONDUCCIONES Y ARQUETAS

El agua deberá poder circular libremente en superficie, sin barreras o resaltos, eliminándose las zonas en las que se pudieran producir remansos o acumulaciones permanentes. A tal fin se comprobará la continuidad de las pendientes, así como la ausencia de obstáculos y de zonas encharcables. En las zonas de almacenamiento de graneles sólidos o de apilamiento de mercancía general directamente sobre el pavimento se procurará que los materiales almacenados o apilados no constituyen una barrera al paso del agua, disponiéndose en caso contrario de los adecuados dispositivos de paso.

Los caudales a desaguar se estimarán aplicando el procedimiento recogido en la Norma 5.1 IC (*Drenaje superficial*) de la Dirección General de Carreteras.

La recogida de las aguas de lluvia se llevará a cabo en canaletas (sumideros continuos), protegidas por rejillas de acero pisables, de manera que en superficie no se produzcan irregularidades apreciables. Las distancias que las aguas de lluvia recorran en superficie no serán en ningún caso superiores a 25 m. A las canaletas se les dotará de la mayor pendiente que sea compatible con la geometría de la superficie y con el nivel de la PMVE (Pleamar Viva Equinoccial). Las canaletas perpendiculares al cantil verterán a otra paralela al mismo, mientras que las paralelas desaguarán por tuberías directas hacia el mar y dispuestas a distancias no superiores a 50 m. En los cruces de las canaletas y en cualquier caso a distancias no superiores a los 25 m se dispondrán arquetas provistas del correspondiente arenero.

En los casos de los lechos de grava, y siempre que el cimientó bajo los mismos por encima del nivel del mar no sea suficientemente permeable, es imprescindible disponer sistemas de drenaje subterráneo para dar salida a las aguas infiltradas a través de los lechos. Estos sistemas pueden estar formados por zanjas drenantes protegidas por geotextiles, en las cuales se colocarán tuberías de plástico ranurado rodeadas de gravillas de tamaño uniforme; el sistema se completará con las correspondientes arquetas. En estas condiciones, los lechos de gravas podrán ser utilizados como sumideros de evacuación de aguas pluviales de las zonas adyacentes pavimentadas.