

EXIGENCIAS ACTUALES PARA ÁRIDOS EN CAPAS DE RODADURA

Jacinto Luis García Santiago
SACYR

Introducción

Las mezclas bituminosas, entre ellas las de capas de rodadura, han de satisfacer nuevos requisitos y exigencias derivadas de la reciente modificación de la normativa de referencia, artículos 542 y 543 del PG-3, por la Orden Circular 24/2008.

Uno de los aspectos modificados, en cuanto materiales constituyentes de las mezclas, es el de los áridos, introduciendo nuevos criterios en cuanto a procedencia y caracterización y modificando los rangos de utilización/aceptación preexistentes hacia una banda más restrictiva.

Como resumen muy general se puede adelantar que hay una exigencia de más calidad en varios parámetros de caracterización del árido grueso (dureza, angulosidad, forma), unas nuevas e importantes restricciones relativas a la procedencia del árido grueso (prohibiendo o limitando mucho los áridos de gravera, con prohibición total de su empleo en las rodaduras de tráfico altos) y una especial atención en la valoración de la resistencia al pulimento.

En lo que sigue se tratará de dar un repaso a estas exigencias a la vez que se comentarán algunas de las situaciones y problemas que se plantean para su estricto cumplimiento, con objeto de abrir un debate sobre los mismos y sugerir el estudio de posibles criterios complementarios.

Requisitos de los áridos: relación con las propiedades de la mezcla y de la capa de rodadura

Podríamos enmarcar los requisitos normativos en dos grandes grupos en función de su relación con las propiedades de la mezcla en la capa:

a) Los que afectan a la durabilidad de la mezcla

Aquí las propiedades más determinantes de los áridos serían: dureza (medible en términos de Desgaste de LA, o MicroDeval), la forma o cubicidad (caracterizada por el Índice

MEZCLAS BITUMINOSAS

de lajas), la adhesividad (intrínseca, inicialmente, con la naturaleza de los áridos, y afectada por su limpieza) y la inalterabilidad en el tiempo.

Otro requisito, no reglamentado directamente, sería el de la homogeneidad o regularidad de cada fracción individual de árido en cuanto a naturaleza (dureza, pulimentabilidad) y granulometría; en este sentido, la normativa sólo contempla unas tolerancias de la granulometría de la mezcla frente a la de referencia, pero no está regulada la homogeneidad de los componentes individuales.

b) Los que afectan a las características funcionales de la capa de rodadura.

La drenabilidad superficial y textura están influidas por la cubicidad o forma, mientras que la dureza tendría una afección más acentuada en capas drenantes y micros en cuanto a degradación granulométrica, en la compactación de puesta en obra y acción posterior del tráfico.

En cuanto a una característica fundamental como la resistencia al deslizamiento, es clara su dependencia de la microtextura y pulimentabilidad del árido, junto con la macrotextura de la capa.

Novedades de la actualización normativa

Procedencia y angulosidad del árido grueso

- a) En ambos artículos se introduce un nuevo apartado titulado “**Procedencia del árido grueso**”, de aplicación a capas de rodadura, especificando que:

*“Para categorías de tráfico pesado T00 y T0, **no podrá fabricarse ningún tamaño de árido grueso por trituración de gravas procedentes de yacimientos granulares ni de canteras de naturaleza caliza.**”*

Para categorías de tráfico pesado T1 y T2 en mezclas tipo hormigón bituminoso, y para categorías de tráfico pesado T1 a T31 en mezclas discontinuas y drenantes, *“en el caso de que se emplee árido grueso procedente de la trituración de grava natural, el tamaño de las partículas, antes de su trituración, deberá ser seis veces el tamaño máximo del árido final”*.

b) Angulosidad del árido grueso: caras de fractura y caras redondeadas.

En este aspecto, relacionado con lo anterior, también se endurecen las condiciones de aceptación, a la vez que aparece un nuevo criterio, el relativo a caras totalmente redondeadas.

En la tablas que siguen se muestran los requisitos actuales, indicando en negrilla los que se modifican y los preexistentes se muestran entre ().

EXIGENCIAS ACTUALES PARA ÁRIDOS EN CAPAS DE RODADURA

PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTAL Y PARCIALMENTE TRITURADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% en masa) <i>En negrilla el actual modificado, entre () el antiguo</i>								
TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	Categoría de tráfico pesado						
		T00	T0	T1	T2	T31	T32 y Arcenes	T4
Rodadura	Discontinua	100				100 (75)	90 (75)	75
	Drenante					100 (90)	90	-
	H. Bituminoso	100			100 (90)	100 (90)	90	75
Intermedia	H. Bituminoso				90			
Base	H. Bituminoso	100	90	75				-

Respecto a la normativa preexistente, aparece un nuevo criterio adicional, considerando unos porcentajes máximos de **partículas con caras totalmente redondeadas**, que según la UNE-EN 933-5 son aquellas partículas con más del 90% de las superficies redondeadas. En la tabla que sigue se resumen las especificaciones.

PROPORCIÓN DE PARTÍCULAS TOTALMENTE REDONDEADAS DEL ÁRIDO GRUESO (% máximo, en masa)						
TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA	Categoría de tráfico pesado				
		T00 a T1	T2	T31	T32 y Arcenes	T4
Rodadura	Discontinua	0			1	10
	Drenante					-
		H. Bituminoso	0		1	
Intermedia	H. Bituminoso	10				
Base	H. Bituminoso	0	1	10		-

A efectos de clarificación se reproducen las definiciones de la norma 933-5:

Partícula totalmente triturada: Partícula con más del 90% de caras de fractura [PTT].

Partícula triturada: Partícula con más del 50% de caras de fractura [PT].

Partícula redondeada: Partícula con el 50% o menos de caras de fractura [PR].

Partícula totalmente redondeada: Partícula con más del 90% de las superficies redondeadas. [PTR].

Caras de fractura: Superficies de una partícula de grava producidas por machaqueo o rotura debido a fuerzas naturales y que están limitadas por aristas vivas. Si las aristas de las superficies de una partícula de grava triturada están desgastadas o meteorizadas por acción de la intemperie, sus superficies se deben considerar como redondeadas a los efectos de este método de ensayo [CF].

MEZCLAS BITUMINOSAS

El concepto de “partículas trituradas” de la anterior redacción de estos artículos del PG-3 se correspondería con el actual de “partículas total y parcialmente trituradas”, es decir que presenten más del 50% de caras de fractura.

c) Comentarios

Estas nuevas prescripciones tienen un alcance importante, afectando a composiciones actuales de mezclas de rodaduras en las que se emplean áridos de gravera.

Por un lado está la prohibición expresa de empleo de cualquier fracción procedente de graveras en T0 y T00. Esta prescripción descalifica el árido por su procedencia, con cierta independencia de las características aceptables (desgaste, CPA, forma, angulosidad/caras de fractura) que pudiera presentar, que ya son muy restrictivas para estos tráfico. Si bien en este tipo de yacimientos pueden presentarse heterogeneidades en la naturaleza (gravas con mezcla de rocas graníticas, silíceas, calizas, etc.) y en sus características (dureza, pulimentabilidad, etc), también, por el contrario, posibles graveras con suficiente homogeneidad y características adecuadas se descartarán con esta prohibición..

Por otro lado, la exigencia de que el tamaño mínimo del bolo sea el séxtuplo del tamaño máximo de la fracción hace que, en la práctica quede proscrito, o muy limitado, el empleo de árido de graveras, en amplias cuencas en las que el bolo existente no alcanza los valores prescritos. Las clásicas mezclas S y D de rodaduras (Ahora, AC 16 SURF y AC 22 SURF) exigirían un tamaño mínimo de bolo de 150/120mm...

Asimismo, se produce un endurecimiento en los criterios de angulosidad para las mezclas tipo hormigón bituminoso (Art. 542), que afecta a las rodaduras de tráfico medios (T3.1 y T2) y a las mezclas para capas de base de T1 en adelante. En mezclas para capas de base de T1 en adelante, ahora no se permite la presencia de Partículas Totalmente Redondeadas (PTR), mientras que antes, en T1, sólo se pedía 90% de Partículas Trituradas (>50% CF), con lo que el 10% podría ser PPR o PTR; ahora es CERO.

El cumplimiento de estos requisitos tienen difícil o imposible solución si el bolo es pequeño, ya que depende del yacimiento; en el proceso de trituración sólo se puede seleccionar el tamaño del material para cada molino. Se podría obtener alguna fracción de gravilla fina válida, pero no las fracciones gruesas que deberían proceder de cantera.

En general, las restricciones para T0 y T00 en el art.542 tendrían poca aplicación práctica, ya que las normas *6.1-IC Secciones de Firmes* y la *6.3-IC Rehabilitación de Firmes*, hacen que las mezclas tipo AC tengan reducido empleo con tráfico T00 y T0.

Con ánimo de abrir debate, ¿podrían calificarse estas prescripciones de conservadoras? Es cierto que las mezclas de rodadura con estos áridos podrían presentar algunos problemas que seguramente se ha tratado de prevenir y evitar, en especial los relacionados con

EXIGENCIAS ACTUALES PARA ÁRIDOS EN CAPAS DE RODADURA

la resistencia al deslizamiento de la superficie de la capa de rodadura (cuantificada mediante Coeficiente de Rozamiento Transversal, CRT):

La regla de la extendidora tiende a dejar la cara pulida hacia arriba, por ello el criterio de Caras Redondeadas frente a Caras Fracturadas parece más adecuado, para asegurar el CRT inicial.

El CRT depende, entre otros, fundamentalmente del Coeficiente de Pulimento Acelerado (CPA) del árido. En caso de árido de gravera podría cuestionarse qué representatividad tiene el CPA de una fracción con presencia de caras naturales pulidas.

Sin embargo, hay casos en que estos áridos han dado muy buen comportamiento en cuanto a resistencia al deslizamiento de la capa, a pesar de la presencia de caras redondeadas. Hay tramos actuales de autovías de tráfico alto, con rodaduras tipo S20/S12, con áridos con dudoso cumplimiento de CF, es decir mucha cara redondeada, pero cuyo CRT, después de más de 15 años, está, todavía, por encima de 0.50.

En estos casos, habría que investigar si, de algún modo, el ensayo pudiera reflejar el CPA de las caras pulidas naturalmente, las redondeadas, lo que nos daría una idea del CRT final y del riesgo que corremos.

Es decir, ¿sería posible establecer algún criterio *adicional* de control para aceptación de las fracciones a emplear, de modo que si el mineral es homogéneo y tiene buenas características, dureza y resistencia al pulimento, no haya que desecharlo necesariamente?

Dureza del árido grueso (Desgaste de los Ángeles, DLA)

También hay un cierto desplazamiento de la exigencia hacia áridos más duros. El cambio más significativo está en las mezclas convencionales, tipo hormigón bituminoso, para capas de rodadura en tráficos medios, T2 y T1, en los que la exigencia pasa de un DLA no superior a 25 a un DLA por debajo de 20.

COEFICIENTE DE DESGASTE DE LOS ÁNGELES DEL ÁRIDO GRUESO En negrilla el actual modificado, entre () el antiguo							
TIPO DE CAPA	TIPO DE MEZCLA		Categoría de tráfico pesado				
			T00 y T0	T1	T2	T3 y Arcenes	T4
Rodadura	Discontinua	BBTM A	15 (20)	20		25	
		BBTM B	15				
	Drenante	PA	15	20		25	-
	H. Bituminoso		20	20(25)		25	
Intermedia	H. Bituminoso		25	25			
Base	H. Bituminoso			25	25 (30)	30	

MEZCLAS BITUMINOSAS

Forma del árido grueso

También se ha tratado de mejorar la calidad del árido, en cuanto a su cubricidad como se muestran en la tabla siguiente del índice de lajas:

ÍNDICE DE LAJAS DEL ÁRIDO GRUESO (máximo) <i>En negrilla el actual, entre () el antiguo</i>							
TIPO DE MEZCLA	Categoría de tráfico pesado						
	T00	T0	T1	T2	T31	T32 Y ARCENES	T4
Hormigón bituminoso	20	25		25 (30)	25 (35)	30 (35)	30 (35)
Mezcla drenante		20 (25)				25	-
Mezcla discontinua	20				20 (25)	25	

Resistencia a la pulimentación del árido grueso. CPA

Se aumenta la exigencia para las mezclas de T0, que pasan a tener la misma que en T00 y para las de T31 que se igualan a las de T2. Hay una variación de los valores, y su expresión, pedidos actualmente debido al cambio de normativa del ensayo; suponemos, en principio, que hay equivalencia con los anteriores. En la tabla se resumen las exigencias actuales y precedentes.

Coeficiente de pulimento acelerado del árido grueso para capa de rodadura				
Categoría de tráfico pesado				
T00	T0	T1 y T2	T3.1	T32, T4 y Arcenes
56	56 (0.50)	50	50 (0.45)	44

Dada la importancia manifiesta que se da a la resistencia al deslizamiento de la capa de rodadura, se introduce una novedad en esta norma bonificando con un 10% el precio de aquellas mezclas de rodadura cuyos áridos tengan un CPA superior en 4 puntos al mínimo especificado.

Como comentario añadir que esta bonificación resulta adecuada si TODO el árido grueso de la mezcla, aquél por encima de 2mm., cumple la condición: es decir, que en el caso de emplear árido fino de otra procedencia, con CPA inferior, la fracción sea realmente de 0-2 mm.

EXIGENCIAS ACTUALES PARA ÁRIDOS EN CAPAS DE RODADURA

Árido fino

Las prescripciones para el árido fino no se modifican. Resaltaría dos aspectos de las mismas:

Definición del árido fino

Se define como árido fino a la parte del árido total cernida por el tamiz 2 mm. y retenida por el tamiz 0,063 mm. de la UNE-EN 933-2.

Resistencia a la fragmentación del árido fino

El material que se triture para obtener árido fino deberá cumplir las condiciones exigidas al árido grueso en el apartado 542.2.2.5 sobre el coeficiente de Los Ángeles.

Se podrá emplear árido fino de otra naturaleza que mejore alguna característica, en especial la adhesividad, pero, en cualquier caso procederá de árido grueso con coeficiente de Los Angeles Inferior a veinticinco (25) para Capas de rodadura e intermedias y a treinta (30) para capas de base.

Comentario:

Se deducen de la norma dos aspectos relevantes:

- En el caso típico de empleo de árido fino de tipo calizo, para mejora de la adhesividad, su DLA en rodadura debe ser menor de 25. Es decir, estos áridos menos duros estarán en el mortero, y nunca superarían los 2 mm. Toda la fracción por encima de 2 mm. en la mezcla deberá tener la dureza especificada para el Árido grueso
- No se prescribe nada respecto al CPA, ya que se da por sentado que toda la fracción por encima de 2 mm. presente en la mezcla cumple las especificaciones de CPA del árido grueso.

No obstante, y a pesar de los años que esta especificación lleva vigente, es un tanto utópico poder suministrarse de árido fino, tal como lo define la normativa, es decir con tamaño máximo de 2 mm. Lo habitual es que las arenas disponibles sean de 0/4 mm. cuando no de 0/5 mm. o más gruesas, incluso.

Esta inadecuada clasificación en la mayor parte del mercado de áridos, da lugar a dos problemas, no poco infrecuentes, en las mezclas:

- Discontinuidad 2/4mm. de las mezclas discontinuas. Realmente, en muchos casos, dicha discontinuidad o no existe, ó está al límite ó sólo puede conseguirse en el tramo 3mm.-5mm., ya que sólo se puede aspirar a tener una fracción fina de 0/3 mm., (obtenida con malla #4 mm.). Las mezclas BBTM B (antiguas F) son las más sensibles a este problema.

MEZCLAS BITUMINOSAS

- CRT de la capa- Estará penalizado por el bajo CPA de la fracción 2mm./4mm. (2/6?) de la mezcla, si se usan arenas calizas, ya que las disponibles suelen ser más gruesas que las teóricas de 0/2 mm..

Algunos problemas... en busca de solución

Suministro de áridos en fracciones adecuadas

Una idea que posiblemente subyace en la normativa es que, como la dotación de la mezcla de rodadura es pequeña, consecuentemente lo son sus necesidades de árido de alta calidad, por lo que la penalización de la distancia de transporte a las fuentes de suministro adecuadas tendría un peso reducido, lo que llevaría a un coste asumible (económico y mediambiental) frente a las ventajas de calidad y durabilidad de la capa.

No obstante, no siempre el árido grueso válido por la naturaleza del mineral (CPA, DLA) está correctamente procesado en cuanto a forma (índice de lajas), clasificación y uniformidad granulométrica de cada fracción, en cuyo caso, da lugar a rechazos en la reclasificación de la planta asfáltica (caso de plantas discontinuas) y a falta de regularidad de la mezcla, por lo que las necesidades reales de este árido “caro” son mayores, además del sobre coste inducido en la fabricación de la mezcla.

Sería necesario que el mercado pudiese ofrecer, con más normalidad, fracciones adecuadamente clasificadas y con buena regularidad granulométrica para las mezclas de la normativa.

Ya se ha comentado antes la problemática debida a inadecuados tamaños máximos del árido fino. Este es un aspecto importante que la industria del árido debería también resolver.

¿Quizás algún sistema de homologación similar al usado por la autoridad ferroviaria con el balasto, estimularía a los fabricantes de áridos a cuidar las fracciones y adecuarlas a lo exigido en la normativa de mezclas bituminosas?

Aumento de exigencias, menos disponibilidad de áridos válidos

Otras dos de las modificaciones introducidas también tendrán una cierta repercusión en los costes, disponibilidades y suministros actuales de los áridos para capas de rodadura:

Una, la mayor exigencia de dureza en las mezclas de rodaduras convencionales (hormigón bituminoso) en las categorías T2 y T1, en las que se pasa de requerir áridos con un DLA inferior a 25, a que el DLA deba situarse por debajo de 20.

La otra, que los áridos para rodaduras en categoría T0 deberán tener un CPA no inferior a 56, en vez de que sea inferior a 50.

EXIGENCIAS ACTUALES PARA ÁRIDOS EN CAPAS DE RODADURA

Esto supone una reducción de fuentes válidas para el suministro, en las cuales aumentará la demanda; como consecuencia, en algún caso, puede que se vea comprometida la viabilidad del suministro en plazo del total de árido necesario.

Esta circunstancia se dará, con mayor probabilidad, en el caso de áridos que deban satisfacer un CPA no inferior a 56, dado el número, más limitado, de canteras válidas al respecto. Además de plantearse distancias de transporte de varios centenares de kilómetros (lo que no resulta, en principio, inmune a posibles críticas del lado de la sostenibilidad), quizás no sea viable bajo el punto de vista del plazo.

Ello nos conduce a un aspecto posiblemente problemático, el de mezclas de áridos de distintas procedencias para resolver alguno de estos inconvenientes.

En principio parecería claro que si todos los áridos o fracciones cumplen las exigencias (CPA, DLA, etc.) se puedan mezclar áridos gruesos de distintas procedencias para fabricar una mezcla. Ello es así, pero puede no ser suficiente: debe hacerse con un control de la proporción de cada una en la mezcla, en todo momento, no sólo por las distintas características granulométricas, sino porque hay que tener bien controlado el peso específico resultante, ya que distintas procedencias es normal que tengan distinto p.e., absorción, etc.

Pero también es posible que se pretenda, o haya que encontrar, una alternativa o solución con una mezcla de áridos, con incumplimientos parciales de algún requisito en alguno de ellos, de modo que la mezcla dé un resultado válido. Los casos más probables se referirán a cumplimientos de DLA en la mezcla o de CPA.

Mezcla de áridos de distinta dureza. Debería acotarse un diferencial máximo de dureza entre fracciones a mezclar, medido en términos de DLA, en especial en mezclas con fuertes tensiones de contacto intergranulares como son las drenantes y discontinuas tipo M (BBTM B).

¿Cuánta diferencia de DLA puede considerarse entre fracciones?, o ¿en cuánto sería admisible que una fracción superase el DLA pedido?

Parece que hay campo para trabajar en esta línea y precisar algún criterio adicional, basado, por ejemplo, en ensayos de degradación granulométrica en probetas de mezcla bituminosa compactadas por impacto, con un nº de golpes a fijar. También habría que tratar de investigar sobre capas extendidas en que se ha empleado esta práctica y ver cuándo ha funcionado bien y cuándo no y extraer posibles criterios complementarios.

Mezclas para cumplimiento de CPA o de CRT de la capa. Este caso se está dando, entre otros motivos por coste y disponibilidad de áridos, en especial para la gama de $CPA \geq 50$. Habría varias cuestiones a tener en cuenta:

MEZCLAS BITUMINOSAS

Para empezar, habría que ser muy cuidadoso con la fracción gruesa del árido fino (la ya citada, que está por encima de 2 mm.), porque si aporta esos tamaños y son del CPA inferior, influirán negativamente en el CRT final de la capa.

Salvado esto, aunque haya una pulimentación diferencial en la superficie, la resistencia al deslizamiento de la capa debería ser proporcional al CPA obtenido ensayando la mezcla de áridos, que sufriría el mismo fenómeno. La confianza en esta premisa se basa en que en la fabricación de la mezcla bituminosa es sencillo asegurar la dosificación de áridos con las proporciones estudiadas (haciéndolo con las tolvas, no con mezcla en acopio) y en que se pueden evitar las segregaciones de la mezcla ya que en prácticamente todas las rodaduras ahora se prescribe el uso de un dispositivo de transferencia remezclador.

También aquí debería limitarse el DLA diferencial entre procedencias.

Puede darse el caso de algún árido en el que destaque sobremanera su resistencia al pulimento, y la resistencia al deslizamiento en las mezclas en que se emplea, pero que tiene deficiencias en otras características (dureza), que no lo habrían hecho admisible.

Así ocurre con algún yacimiento de cuarcitas que presenta un CPA excepcionalmente alto (0.56-0.62), pero, por el contrario, su dureza es cuestionable, con un DLA superior a 20; a pesar de ello, capas de mezclas drenantes ejecutadas con el mismo, han dado un resultado satisfactorio con positivo reflejo en reducción de siniestralidad.

Esta falta de dureza sugiere que se precisarían criterios adicionales objetivando lo de “puesta en obra cuidadosa”, con el fin de evitar roturas de áridos en el extendido y compactación: para concretarlos, otra posible línea de trabajo serían los citados ensayos de degradación granulométrica de probetas en función de la temperatura, por ejemplo, para ver la necesidad e intensidad de ese “cuidado”.

Estas experiencias apoyarían la idea de optar por primar alguna característica muy relevante en la capa (caso del CRT), pero teniendo bajo control los riesgos de aquellas otras propiedades no tan satisfactorias.

Y ya como idea final, cara al futuro: las capas de rodadura derivadas de esta normas incorporarán áridos de muy alta calidad, de alto valor y escasos, por lo que habrá que ir pensando cómo y en qué condiciones reaprovecharlos en futuras rodaduras recicladas.