



MINISTERIO DE OBRAS PUBLICAS Y URBANISMO

DIRECCION GENERAL DE CARRETERAS

SUBDIRECCION GENERAL DE CONSTRUCCION Y EXPLOTACION

NOTA DE SERVICIO  
SOBRE LA DOSIFICACION DE CEMENTO  
EN CAPAS DE FIRME Y PAVIMENTO

12 JUNIO 1989

1.- ANTECEDENTES

En obras de autovía es de aplicación -si el Proyecto no es anterior y ésta no se hubiera recogido contractualmente- la Instrucción sobre secciones de firme en autovías, aprobada por O.M. de 31 de julio de 1986 y que recientemente ha sido englobada -y generalizada a toda clase de carreteras- en la Instrucción 6.ly2-IC aprobada por O.M. de 23 de mayo de 1989.

La dosificación de cemento a exigir en las unidades de obra en las que interviene este conglomerante (suelocemento, gravacemento, hormigón magro, hormigón compactado y hormigón vibrado) queda definida en las citadas Instrucciones por los resultados de unos ensayos de resistencia que -con la excepción mencionada en el párrafo anterior- deben exigirse en el Pliego de prescripciones técnicas particulares.

El R.D. 1312/1988, de 28 de octubre, por el que se aprueba el Pliego de prescripciones técnicas generales para la recepción de cementos RC-88, tipifica los cementos según las Normas UNE 80301/88 y 80302/85, y establece las condiciones de su suministro e identificación. Según su artículo 2º, el citado Pliego es obligatorio para la recepción de cemento en todas las obras.

2.- EL CEMENTO MIXTO (TIPO V)

En firmes de carretera se ha generalizado el empleo de cemento mixto (tipo V) que, además, tiene un precio inferior a los demás. Este tipo de cemento presenta dos particularidades:

- Su composición puede variar mucho dentro del mismo tipo: la suma de los componentes principales escoria siderúrgica, puzolana natural (limitada al 40 %), polvo mineral calizo y, especialmente, cenizas volantes puede oscilar entre el 36 y el 80 % en masa (Tabla 1 del Pliego RC-88).
- Las características mecánicas (resistencia a compresión simple, a tracción indirecta o a flexotracción) se especifican sólo a 90 días (Tabla 2 del Pliego RC-88), ya que la elevada proporción de adiciones activas causa un desarrollo más lento de la resistencia a edades tempranas.

### 3.- REGULARIDAD DEL SUMINISTRO

Las propiedades del cemento y de las unidades de obra con él construídas, y especialmente la resistencia y su desarrollo, varían si lo hace su composición que, en el caso del cemento mixto (tipo V), es potencialmente amplia. Por ello resulta muy importante que el Director de las obras exija la Hoja de características a la que se refiere el apartado 5.2.1 del Pliego RC-88, y en la que deben figurar la naturaleza y proporción nominal de todos los componentes, así como cualquier variación en esta última que sobrepase en más de 5 puntos porcentuales la inicialmente prevista: ya que, en este último caso, se trata de un nuevo cemento (aunque del mismo tipo), y deben repetirse los ensayos de dosificación.

### 4.- LA RESISTENCIA A 90 DIAS

Si se emplea cemento mixto (tipo V), aunque según la Tabla 2 del Pliego RC-88 el fabricante debe suministrar la curva de endurecimiento (7 y 28 días) a efectos de control en obra, las dosificaciones se deberían referir a la resistencia á 90 días. Esto plantea algunos problemas:

- Para el suelocemento, la resistencia a compresión simple -según el apartado 2.2.6 de la Instrucción sobre secciones de firme en autovías- no debe ser inferior á 2,5 MPa á 7 días (NLT-310/79). La Instrucción 6.ly2-IC (apartado 3.3.8) permite la alternativa de 3,8 MPa á 90 días, evidentemente para cemento mixto (tipo V), manteniendo los 2,5 MPa á 7 días para otros tipos de cemento.
- Para la gravacemento -según el apartado 2.2.5 de la Instrucción sobre secciones de firme en autovías, y el 3.3.7 de la Instrucción 6.ly2-IC- se debe cumplir una cualquiera de estas dos condiciones resistentes: 9 MPa a compresión simple (NLT-310/79), ó 0,75 MPa a tracción indirecta (UNE 7396), ambas á 90 días (las cifras dadas á 7 días son para cementos que no sean mixtos).
- Para el hormigón magro -según el apartado 3 del anexo 2 á la Instrucción sobre secciones de firme en autovías- la resistencia a compresión simple (UNE 83301/84 y 83304/84) no debe ser inferior á 12 MPa á 90 días (los 8 MPa son para cementos que no sean mixtos).
- Para el hormigón compactado -según los apartados 3 y 4.1 del anexo 1 á la Instrucción sobre secciones de firme en autovías- la resistencia a tracción indirecta (UNE 83301/84 y 83306/84) no debe ser inferior á 3,3 MPa que, en el caso de cemento mixto, se exigen á 90 días y en los demás casos á 28. En esta unidad de obra se exige controlar también la resistencia á 7 días, para controlar su evolución a edad temprana y proceder a ensayos característicos en obra (apartado 4.2 del citado anexo).

- Para el hormigón vibrado, el apartado 2.2.2 de la Instrucción sobre secciones de firme en autovías admite los tipos HP-45 y HP-40 (este último mayorando el espesor en 2 cm) y remite al apartado 3.2.2 de la Norma 6.2-IC que, a su vez, remite al artículo 550 del Pliego de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes. El apartado 3.3.2 de la Instrucción 6.1y2-IC matiza que el tipo de hormigón HP-45 se reserva a las categorías de tráfico pesado T0, T1 y T2 (admite el HP-40 mayorando en 2 cm el espesor), y el HP-40 a las T3 y T4 (se admite el HP-35 con la misma mayoración de espesor). La versión vigente del artículo 550 del Pliego citado (aprobada en 1976 y actualmente en revisión) define la resistencia característica a flexotracción á 28 días (apartado 550.3), con una comprobación de la media á 7 días para los ensayos característicos en obra (apartado 550.5.2). Obviamente, la posterior aparición del cemento mixto requiere que la resistencia característica a flexotracción (UNE 83301/84 y 83305) se defina para él á 90 días, en lugar de á 28.

La definición contractual de resistencias a un plazo tan largo como 90 días requiere, ante todo, que los ensayos de dosificación se realicen con una anticipación bastante superior a la acostumbrada para otras unidades de obra. Para obtener una estimación (no contractual) de la resistencia en un plazo más corto (7 días) se puede recurrir:

- a utilizar correlaciones experimentales suficientemente conservadoras, como por ejemplo que la resistencia á 7 días está comprendida entre el 50 y el 70 % de la resistencia á 90 días;
- preferiblemente, a realizar los ensayos sobre probetas sometidas a una cura acelerada.

Para definir las correlaciones correspondientes a estos ensayos estimativos -en ambos casos- es preciso disponer de un efectivo amplio (mínimo del orden de 30) que cubra un amplio intervalo de resistencias (entre el 75 y el 100 % de la exigida) y de consistencias (un mínimo de 3 relaciones agua/cemento). Deben contemplarse con precaución los coeficientes de correlación inferiores á 0,80.

Para la cura acelerada de probetas, pueden seguirse varios procedimientos. Los más contrastados son los de la norma ASTM C-684, con ensayos á 24, 28 ó 49 horas, y los frecuentes en España con cura de 1 día en cámara húmeda normal, 5 días inmersas en agua á 65°C, y 1 día otra vez en cámara normal.

Otro problema cuya resolución debe prever el Director de las obras se relaciona con que las roturas de probetas fabricadas durante la construcción de cada lote se realizan también muy tarde (90 días), adquiriendo por consiguiente un cierto carácter de irremediable cualquier merma de resistencia respecto de la prescrita. Es muy conveniente realizar ensayos complementarios á 7 días, valorándolos según las correlaciones obtenidas al realizar los ensayos de dosificación (obligatorias para el hormigón compactado y el hormigón magro, y recomendables para suelocemento, gravacemento y hormigón magro). En el caso del hormigón vibrado, el apartado 550.9.1 del artículo 550 del Pliego

de prescripciones técnicas generales para obras de carreteras y puentes exige que, si la resistencia característica a flexotracción estimada a partir de las probetas fuera inferior a la prescrita, se podrán (o deberán, si fuera inferior al 90 % de ella) realizar ensayos de información sobre testigos extraídos del pavimento.

#### 5.- PROBLEMAS DE MEDICION Y ABONO

El Pliego de prescripciones técnicas particulares establece para cada unidad una forma de abono y medición, frecuentemente inspirada en el modelo que aparece en el Pliego de prescripciones técnicas generales, pero que puede diferir de él sin que ello justifique una modificación de obra para ceñirse al mismo. En el caso de unidades de obra en las que intervienen ligantes hidrocarbonados o conglomerantes hidráulicos, es también frecuente abonar éstos por separado de la fabricación y puesta en obra del resto de aquéllas, contraviniendo en cierto modo la cláusula 51 del Pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del Estado. Esta práctica pretende ajustar la liquidación a la dosificación realmente empleada de un material que es caro.

Sin embargo, si la dosificación realmente empleada resulta en la realidad superior a la prevista al formular las mediciones del Proyecto, se producirá un aumento de mediciones que será forzoso recoger en la liquidación o, en su caso, en una modificación de obra (cláusula 62 del Pliego de cláusulas administrativas generales para la contratación de obras del Estado).

Hay que establecer en las mediciones una dosificación realista, quizá algo por exceso mejor que por defecto, para no incurrir en ese adicional. Un factor de complicación puede ser la tendencia a utilizar un cemento que requiera una dosificación mayor que otro (ambos cumpliendo el Pliego).

En el caso de que el precio unitario comprenda también el ligante o conglomerante (lo que habrá requerido que en su justificación se haya estimado una cierta dosificación) el problema de las mediciones se evita, y el de la búsqueda eventual de dosificaciones elevadas también; pero en caso de fuerte aumento de la dosificación real respecto de la implícita en el precio unitario, es posible que se formulen reclamaciones.

Madrid, a 12 de junio de 1989

EL SUBDIRECTOR GENERAL ADJUNTO  
DE CONSTRUCCION Y EXPLOTACION

  
Sandro Rocci Boccaleri