

Las adiciones a los cementos

Prof. Dr. JOSE CALLEJA

IETcc

RESUMEN

Se toma como base un interesante y reciente trabajo de A. VIRELLA (1) y se comentan y glosan, con el criterio personal del autor, algunos de los aspectos más importantes del mismo, relativos a las adiciones de los cementos que las contienen, y a la vista del nuevo Pliego RC-75 para los cementos en España.

I. INTRODUCCION

Pocos temas hay tan tradicional y reiteradamente polémicos, dentro del campo de la tecnología de los cementos, como el de las adiciones que se hacen, o se pueden, o se deben o no se deben hacer a los mismos.

La polémica se centra unas veces sobre un aspecto cualitativo: la *naturaleza* de las adiciones; otras, sobre un matiz cuantitativo: la *proporción* de las mismas.

La cualificación de las adiciones por su naturaleza —o al menos el intento de ella— ha dado lugar a la adopción y al uso, en un principio, de términos antagónicos aplicados a las mismas en plan de alternativa única: o adiciones *activas*, o adiciones *inertes*.

Como con toda alternativa excluyente y simplista, se corre con ella el riesgo de tener que dar definiciones y fijar límites, a saber: qué se entiende por actividad e inercia de las adiciones, y dónde termina la primera para dar paso a la segunda, o viceversa.

Por otra parte, la actividad y la inercia, definidas de un cierto modo, exigen una especificación de los aspectos y de las circunstancias en que se producen o manifiestan: una adición puede ser activa (o inerte) en unos aspectos determinados y/o en unas circunstancias dadas, y en otros u otras, no.

En general, al hablar de actividad se suele sobreentender implícitamente que se trata de algo positivo y beneficioso. Y cuando se habla de inercia se suele malentender que se trata de algo negativo y perjudicial.

Pero la propia actividad puede ser realmente beneficiosa o perjudicial, y ya se comprende que, con relación a este último caso, la inercia resultaría ser benéfica. Es más, una adición activa puede dar resultados positivos en algunos de los aspectos y circunstancias señalados, y negativos en otros.

Por último, llámase la atención sobre el hecho de que un organismo como el CEMBU-REAU —y ya lo señala A. VIRELLA (1)—, habla de materiales de naturaleza “*relativamente*” *inerte*, al referirse a las adiciones de los cementos de albañilería.

La cualificación de las adiciones por su naturaleza ha llevado también, en otra faceta, a utilizar calificativos igualmente antagónicos, en términos de alternativa asimismo excluyente y simplista: o adiciones *nocivas*, o adiciones *no nocivas*.

Las nocivas habrían de considerarse, con arreglo al criterio anterior, como activas (negativas); las no nocivas, de acuerdo con dicho criterio, podrían ser activas (positivas) o realmente inertes (neutras).

Pero también la nocividad y la no nocividad requieren una definición, la fijación de unos límites y la especificación de unos aspectos y unas circunstancias, sobre todo lo cual no es necesario insistir.

La cualificación de las adiciones por su proporción —aspecto cuantitativo— lleva consigo la consideración previa de esas facetas y de esas circunstancias tan repetidamente mencionadas.

II LAS ADICIONES EN EL PLIEGO RC-75

En el Pliego RC-75 se definen las *Adiciones*, sin calificativo apriorístico, como “los materiales o productos que añadidos al clínker de cemento portland y molidos *conjuntamente* con él no perjudican el comportamiento normal del cemento resultante en sus empleos específicos, y pueden aportar alguna cualidad positiva adicional, o mejorar algunas de las características que ya posee”.

Se definen también las *Adiciones Hidráulicamente Activas* o *simplemente adiciones activas* como “los materiales que poseen propiedades hidráulicas latentes, como algunas escorias siderúrgicas, o son capaces de fijar cal, como las puzolanas”.

Finalmente se definen las *Adiciones Inertes* como “los materiales que sin perturbar el fraguado, el endurecimiento, o la estabilidad de volumen, introduzcan alguna mejora en cuanto a adherencia, plasticidad o rendimiento de las pastas, morteros u hormigones, o cualquier otra característica que pueda afectar favorablemente a éstos”. Se añade que “estas adiciones se utilizarán *exclusivamente* como componentes del cemento compuesto”.

Al comentar estas definiciones cabe señalar, en primer lugar, que la condición de molienda conjunta que se prescribe para el clínker y para las adiciones no parece estar justificada.

En efecto, experiencias propias y datos bibliográficos aportados por A. VIRELLA (1) ponen de relieve que los mejores resultados en cuanto a resistencias, de mezclas de clínker y adiciones de los tipos más diversos: arenas, calizas, escorias, puzolanas, etc., finamente molidas, se obtienen, a igualdad de superficie específica, con granulometrías del conjunto lo más cerradas posible (curvas granulométricas acortadas, con mayores proporciones de granos del menor número de tamaños —mayor monogranularidad—). Y esto se consigue mejor mediante molienda *por separado* que mediante molienda conjunta; y cuando se opera en *circuito cerrado* que cuando se hace en circuito abierto, sobre todo si las dosis de adición son elevadas —superiores al 5 por ciento—. La molienda por separado exige, claro está, una mezcla íntima y homogénea de los materiales así molidos. La molienda conjunta va, en efecto, bien con dosis de adición inferiores al 5 por ciento, y más aún si la adición coadyuva a la molienda del clínker.

Otro comentario que cabe hacer es el de que la definición de *Adiciones* en general y la de *Adiciones Inertes* en particular, son prácticamente una sola; la segunda, si acaso, un poco más especificada en cuanto a los aspectos del comportamiento del cemento que las adiciones no deben perjudicar o perturbar, y en cuanto a las características en que las mismas pueden introducir mejoras.

No parece, pues, justificado el hecho de que el empleo de adiciones incluso “inertes”, que no perjudican en ningún aspecto y que además aportan mejoras, quede restringido a los cementos compuestos.

Finalmente, la sinonimia que el Pliego RC-75 establece entre *Adiciones Hidráulicamente Activas* y simplemente *Adiciones Activas*, induce a error, pues da a entender que no existe más actividad, al menos reconocida, que la hidráulica.

Este equívoco se confirma al denominar “inerte” a algo a lo que, por definición, se le exige que “introduzca alguna mejora”, o que “afecte favorablemente” a las pastas, morteros y hormigones de cemento; es decir, a algo a lo que se le supone e incluso se le impone una acción, resultado siempre de una actividad, aunque no sea hidráulica.

Todos o parte de estos equívocos y hasta contradicciones nacen, en no escasa medida, de algo sobre lo que se ha venido haciendo hincapié en múltiples ocasiones, aunque al parecer con poco éxito: el hecho de que el resultado de una adición —como en cierto modo el de algunos aditivos— se computa tan sólo, por parte de algunos usuarios del cemento, por los efectos sobre la *resistencia*, lo que a su vez nace del hecho de considerar *siempre* a la resistencia como principalísima, si no única, característica del hormigón, con olvido o menosprecio de las demás, referidas tanto al material fresco como al endurecido.

Se cree, por el contrario, que la resistencia, de la que el cemento anda sobrado en general, es una característica en la que se puede ceder algo, si con ello se logran mejoras en algunos otros aspectos fundamentales, y a veces más decisivos, como pueden ser la estabilidad y la durabilidad, los cuales a su vez condicionan la resistencia, a veces de forma definitiva. Un ejemplo: ¿qué es más racional, utilizar un cemento más resistente —innecesariamente más resistente— sin ninguna adición, en una obra en que cuente mucho la durabilidad —resistencia química— a largo plazo, o emplear otro cemento menos resistente —pero suficientemente resistente— con una adición que imparta mayor durabilidad al hormigón? La respuesta es obvia, puesto que el primero, por su menor resistencia química, ante el ataque de un agresivo puede *perder* su resistencia mecánica, inicialmente alta incluso en demasía; mientras que el segundo, por su resistencia química mayor, ante el mismo ataque puede *mantener* a nivel de seguridad su resistencia mecánica, suficiente en origen, aunque fuese más baja que en el primer caso. La solución adecuada, tanto desde el punto de vista técnico como desde el económico en sus múltiples facetas, sería utilizar el segundo cemento en vez del primero. Pero falsos o discutibles criterios de una seguridad no bien interpretada hacen muchas veces optar por lo *aparentemente* más fácil, más justificable o menos comprometido.

III LAS ADICIONES Y LAS RESISTENCIAS EN EL PLIEGO RC-75

A propósito de unas consideraciones hechas por el mencionado autor A. VIRELLA (1), cabe comentar que es preciso estar totalmente de acuerdo con el hecho real e innegable de que *cementos compuestos C* que contengan como máximo 35 por ciento de adiciones (según definición del Pliego RC-75), *pueden dar a 7 y a 28 días, e incluso a 3 días, resistencias análogas a los cementos de tipo, clase y categoría P-350, P-450 y P-550.*

Que esto es real e innegable queda de manifiesto si se considera que un cemento compuesto puede ser —de hecho lo es— todo aquél que contenga 1, 2, 3, ... 35 por ciento de “inertes”, por no señalar sino una secuencia de números enteros a partir de 1. Y sobre esta base se pueden hacer las consideraciones siguientes:

- 1) si, siendo las puzolanas prácticamente “inertes” a efectos resistentes a cortas edades, el Pliego RC-75 admite que los cementos PUZ-I-350 y PUZ-II-350, con un contenido de puzolana o de ceniza volante que hay que suponer del orden del 30 al 35 por ciento (y en casi todo caso superior al 20 por ciento) *pueden* —aunque no necesariamente *deben*— dar una resistencia de 175 kp/cm² a 3 días, ¿qué razones hay para no admitir que los cementos compuestos con análogo contenido de “inerte” puedan dar a la misma edad la misma resistencia?;
- 2) y si se admite que ello es posible, ¿cómo a un cemento que a 3 días da una resistencia igual o superior a 175 kp/cm² se le limitan a 100 y 200 kp/cm² los mínimos exigibles a 7 y 28 días, respectivamente?;
- 3) y si esto justifica que pudiera haber cementos “C-350” con contenidos de 30 a 35 por ciento de “inerte”, ¿qué motivos existen para no pensar que con contenidos menores no puede haber cementos “C-450” y aún “C-550”?;
- 4) y, sobre todo, pudiendo haber cementos “C-350”, ¿qué motivos pueden explicar la no consideración de los cementos “C-250”, habida cuenta de que dicha categoría se contempla en los S-III, PUZ-I y PUZ-II?

No parecen existir ni estos motivos ni aquellas razones si, teniendo en cuenta la secuencia numérica precedente, y en su extremo inferior, se considera que, en definitiva, un cemento P-550 es (sería) un cemento “C-550” con cero por ciento de “inerte” —de la misma manera que es un CA-550 con cero por ciento de adiciones activas—; que un cemento P-450 es (sería) un cemento “C-450” con cero por ciento de “inerte” —de igual modo que es un cemento S-450 con cero por ciento de escoria; o un PUZ-I-450 o un PUZ-II-450 con cero por ciento de puzolana o de ceniza volante, respectivamente—; y finalmente, que un cemento P-350 es (sería) un cemento “C-350” con cero por ciento de “inerte” —así como es un CA-350 con cero por ciento de adiciones activas; o un S-I-350, un S-II-350 o un S-III-350 con cero por ciento de escorias; o un PUZ-I-350 o PUZ-II-350 con cero por ciento de puzolana o de ceniza volante, respectivamente.

Otra cosa es que, como señala A. VIRELLA (1), tales cementos “C-» 200” se quieran o no se quieran reconocer (y por lo tanto adoptar) por el Pliego RC-75 o por otro cualquiera.

Y otra cosa es también admitir apriorísticamente, sin suficientes pruebas, que las adiciones “inertes” en general, o alguna en particular, perturben el fraguado, el endurecimiento —se quiere decir las resistencias finales o a largo plazo, puesto que en las a corto plazo es sabido que influyen negativamente incluso las adiciones activas: escorias, puzolanas, cenizas volantes—, o la estabilidad de volumen.

Por eso, al margen de reconocimientos y adopciones o no de tales cementos, sigue cada vez más vigente el interés de ensayar y averiguar por vía experimental amplia, cuanto queda planteado en lo que precede, tal como se señalaba en otro lugar (2) y como acepta y subraya A. VIRELLA (1).

IV ADICIONES “INERTES” ESPECIFICAS

Se toman aquí en consideración dos: la arena silícica (sílice cuarzosa) y la caliza, margosa o no.

1. Arena

Que la sílice cuarzosa en estado de gran finura es activa frente a la cal, por una simple reacción de neutralización ácido (silícico más o menos coloidal e hidratado)-base (hidróxido cálcico), en la que intervienen fundamentalmente la superficie específica de la sílice, la concentración de la cal y la temperatura (factor este último que se aprovecha en la industria de productos silicocalcáreos y en prefabricación), es algo tan conocido y aceptado que, sobre ello huelgan las innumerables referencias que se pudieran aportar.

Pero cabe hacer una consideración, y es la de que, al hablar de reactividad de la sílice en general, interviene un nuevo factor, cual es el de la forma en que dicha sílice se encuentra en un determinado material. Si éste es, por ejemplo, una puzolana natural, sabido es que se ha tratado de establecer la actividad de la misma en función de diversos criterios (3) y (4), uno de los cuales es el basado en el contenido de materia soluble —o de residuo insoluble—.

Pero, soluble o insoluble ¿en qué medio y en qué condiciones? Ciertamente que se pueden fijar y de hecho se fijan; pero no es menos cierto que, al variarlos, cambian los resultados. Y ¿no es dado suponer —y fácil de averiguar— que una sílice cuarzosa (arena) finamente molida tiene una solubilidad distinta en un medio y condiciones bien determinados, en función de su superficie específica, de tal modo que cuanto mayor sea ésta tanto más se solubilice —se ataque o reaccione— y, en consecuencia, tanto mayor “actividad” muestre? Entonces, ¿dónde quedaría la “inercia” de la arena molida a gran finura y sometida a la acción de un medio alcalino opuesto al suyo propio, como es el del cemento?

2. Caliza

Así como una simple reacción ácido-álcali puede explicar la “actividad” de la sílice cuarzosa, y, en definitiva, la de la arena finamente molida, la epitaxia puede explicar la de la calcita y, por extensión, la de la caliza.

Bien es verdad que la caliza, así dicho y sin especificar, queda menos definida que la arena, puesto que puede ser más o menos margosa, e incluso dolomítica. Y he aquí un caso en el que, como se señalaba en la Introducción, la actividad puede ser beneficiosa (la de la calcita o la de la caliza de contenido alto de carbonato cálcico), o potencialmente perjudicial o nociva —la de las calizas dolomíticas o dolomías, en cuanto a estabilidad frente a los álcalis —durabilidad—, como ya indica A. VIRELLA (1)—.

V. ACCIONES Y EFECTOS DE LAS ADICIONES “INERTES”

Sentada la duda o la discutibilidad acerca de la “inercia” de la arena y de la caliza; más aún: aceptada una cierta actividad química y, lo que quizás es más importante, unas determinadas acciones de otro tipo por parte de ambas adiciones, ¿cómo se manifiestan tales acciones y tal actividad?

Por lo que respecta a la caliza, es sabido, y A. VIRELLA lo cita (1), que puede sustituir en parte al yeso como regulador del fraguado (retardador), y que asimismo puede, a través de la formación de carboaluminatos cálcicos hidratados, dar lugar, en presencia de

sulfatos, a un tipo de ettringita menos expansiva que la formada en condiciones ordinarias, confiriendo, en tales circunstancias, una mayor estabilidad y durabilidad al hormigón.

Análogamente, su presencia en los cementos de albañilería puede aportar una mayor plasticidad y una mayor capacidad de retención de agua por parte de los mismos, así como un mayor rendimiento de los morteros confeccionados con ellos, sin necesidad de recurrir a la cal grasa de los morteros bastardos.

La adición de ciertas calizas marmóreas a los cementos blancos de albañilería y pavimentación, sobre no perjudicar el color —antes bien, mejorándolo a veces—, confiere a los morteros una mayor docilidad y estabilidad, disminuyendo la posibilidad de variaciones de volumen, y en particular de retracción, causa de fisuraciones y agrietamientos.

En lo que concierne a la arena, su adición al cemento en forma de harina finamente molida contribuye a reducir o eliminar la exudación de las pastas y la segregación de los morteros cuando ello es especialmente necesario.

Y es particularmente útil y activa en los cementos utilizados para tratamientos térmicos del hormigón en prefabricación, sobre todo con vapor a presión en autoclave (3) y (4).

Por lo que atañe a ambas adiciones, arena y caliza, su presencia en el cemento ejerce una acción compensadora en el caso de hormigones cuyos áridos escasean en finos y, particularmente, en los hormigones de terrazo, a los que aportan algunas de las restantes acciones positivas antes señaladas.

Finalmente, ambas adiciones, además de disminuir la retracción, rebajan también el calor de hidratación y, por lo tanto, las temperaturas y los choques térmicos de los conglomerados, causa física de otro tipo de fisuras y grietas que se puede sumar a la retracción de tipo hidráulico.

VI CONCLUSION

En puridad, no se puede hablar a carga cerrada de adiciones “inertes” del cemento, refiriéndose a la arena silícica o a la caliza, sin especificar más.

En cierta medida son o pueden ser activas, sobre todo en determinadas condiciones.

Su actividad de todo orden puede ser, no solamente no nociva, sino incluso beneficiosa o favorable en el caso de la arena silícica y en el de la caliza de contenido elevado de carbonato cálcico; en cambio, puede ser nociva —perjudicial o desfavorable— en el caso de calizas margosas y/o dolomíticas.

Por lo tanto, los conceptos de activo y de inerte, o los de nocivo o no nocivo, no se deben aplicar de una manera global y simplista, sino en función de unas definiciones y de unas especificaciones, así como de unos aspectos y de unas circunstancias dignos de consideración en cada caso.

La actividad puede ser positiva (favorable) o negativa (desfavorable, perjudicial o nociva), o ambas cosas a la vez, dependiendo de los aspectos y de las circunstancias antes mencionados. En todo caso, no es la resistencia mecánica —a corto, mediano o largo plazo— el único (ni siempre el más importante) factor a considerar, a la hora de evaluar y de enjuiciar la acción y los efectos de una adición, supuesto que el cemento que la contiene dé las resistencias requeridas en y para el caso y las condiciones en que se utilice.

Esto es evidentemente así, con absoluta independencia de que se tenga en cuenta o no en las Normas para los cementos, en el momento de establecer tipos, clases y categorías resistentes para ellos en las mismas. Tal parece depender de facetas al margen de las meras consideraciones científico-técnicas que son del caso. De éste y otros aspectos análogos ya se ha tratado con más detalle en otras ocasiones (2), (5), (6), (7) y (8).

REFERENCIAS

- (1) VIRELLA, A.: "Los cementos portland con adiciones y los cementos compuestos". *Materiales de Construcción* (IETCC), núm. 164, 1976.
- (2) CALLEJA, J.: "En torno al Pliego RC-75". *Cemento-Hormigón*, núm. 504, febrero 1976.
- (3) CALLEJA, J.: "Apología de los conglomerantes puzolánicos", *Cemento-Hormigón*, núm. 386, junio 1966.
- (4) CALLEJA, J.: "Las puzolanas". *ION*, 29 y 30, núms. 41, 43 y 44, 1968. *Materiales de Construcción* (IETCC), núm. 281, 1969.
- (5) CALLEJA, J.: "Criterios sobre normas para cemento". *Normas y Manuales* (IETCC), enero 1968.
- (6) CALLEJA, J.: "Las nuevas normas españolas para cementos (conferencia en Brasil y Argentina, en prensa), mayo-junio 1976.
- (7) CALLEJA, J.: "Cementos Puzolánicos" (conferencia en Brasil y Argentina, en prensa), mayo-junio 1976.
- (8) CALLEJA, J.: "Algo más en torno al Pliego RC-75". Trabajo no publicado.