

- Instituto Técnico de la Construcción y del Cemento -

611-27 ALGUNAS INCOMPATIBILIDADES EN LAS MEZCLAS Y CONTACTOS EN-  
TRE CEMENTOS DE DIVERSA NATURALEZA

(Alcune incompatibilit  nei miscugli e contatti fra cementi di -  
diversa natura)

U. de Simoni

De: "L'INGEGNERE", XXVIII, n  3, Marzo 1954, pág. 266

- - -

CONVENIENCIA Y VENTAJAS DE LAS DIVERSAS MEZCLAS DE AGLOMERANTES  
HIDRAULICOS

Los diversos aglomerantes hidráulicos pueden, según su naturaleza, reaccionar de modo muy distinto cuando se encuentran mezclados en morteros y hormigones; del mismo modo, cuando se encuentran en contacto morteros y hormigones preparados con cementos diferentes, pueden dar lugar a las reacciones más variadas. (Este tema ha sido ya tratado en el artículo "Mélanges et contacts entre ciments différents, note sur les incompatibilit s" del Prof. Ing. Duriez, publicado en el número de marzo 1953 de los -- Annales des Ponts et Chaussées). En primer lugar, se debe llamar la atención sobre dos consideraciones de orden general.

Los cementos Portland artificiales y sus derivados (alta resistencia inicial y supercementos), los cementos naturales (de fraguado normal, semilentos y lentos), los cementos de alto horno y los cementos metalúrgicos, los cementos puzolánicos y por

fin las cales grasas, magras o hidráulicas, pueden encontrarse mez  
clados entre ellos en cualesquiera proporción, sin que por ello -  
derive inconveniente alguno; esto se debe al hecho de que cada ce-  
mento de este primer grupo evoluciona según sus características -  
propias, sin alterar ni modificar la evolución del otro u otros a  
glomerantes con los cuales está mezclado. Las propiedades de la -  
mezcla son intermedias entre las de los cementos mezclados y, a -  
"grosso modo", en razón directa a los respectivos porcentajes de  
los aglomerantes que la componen.

Por otra parte, puede establecerse que los cementos alu  
minosos, sobresulfatados o especiales (como los cementos expansi  
vos y de retracción compensada), no pueden mezclarse a los del pri  
mer grupo sin aportar alguna modificación sustancial a las propie  
dades de los diferentes aglomerantes presentes en la mezcla; esto  
se debe a que los diferentes componentes presentan una interacción  
química bastante marcada. Ello no significa que deban evitarse de  
un modo absoluto las mezclas entre cementos de dos grupos distin-  
tos; por el contrario, se pueden tratar de mezclar en determina-  
das relaciones dos o más para obtener productos de propiedades y  
características especiales. En tal caso, es necesario respetar cui  
dadosamente las proporciones estudiadas y seguir con rigor algún  
procedimiento bien definido.

En la práctica, la cuestión se hace bastante más comple-  
ja de lo que parece a primera vista, porque a las incompatibilida-  
des generales deben añadirse las accidentales, que se manifiestan  
sólo en determinados ambientes y, particularmente, en presencia -  
de aguas marinas o de fuerte contenido en sulfatos. Quiriendo exa  
minar el problema, es necesario recordar que cualquier cemento y,  
por la misma razón, una mezcla de productos hidráulicos diversos

presenta características propias desde el punto de vista de la du ración del fraguado y evolución del endurecimiento; una rapidez - en adquirir la resistencia compuesta y unos valores finales de la misma resistencia. En las mezclas de los productos hidráulicos que componen los cementos, son de considerar, en general, como consti tuyentes fundamentales, el aluminato tricálcico (que es el elemen to de fraguado muy rápido), el silicato tricálcico (que es el ele mento de endurecimiento bastante rápido) y el silicato bicálcico (que provoca un endurecimiento lento).

Puede resultar interesante examinar brevemente algunas mezclas de las que se practican más frecuentemente, para conseguir algún fin particular.

#### Mezclas de cemento Portland artificial y de cementos naturales

Si se pone un poco de cemento rápido (en su fraguado) en presencia de un Portland, aquél acelera el fraguado; si por el con trario, se pone un poco de Portland en un cemento de fraguado rá pido, se crece la resistencia final dada por este último. Tales - efectos son debidos al alto contenido en aluminato tricálcico de los cementos rápidos, componente que suministra un fraguado rápi do pero valores modestos en la resistencia final; los cementos - Portland, por el contrario, contienen preferentemente, silicato - tricálcico con pequeño porcentaje de silicato bicálcico, elemen tos hidráulicos que dan notables resistencias finales.

#### Mezclas de cementos Portland y de cal

Se trata de mezclas poco usadas en Francia, dada la pro sencia en este país de buenas calas hidráulicas, pero que son de empleo bastante amplio en otros países. La adición de cal al Port land

land modera fraguado y endurecimiento, pero confiere al mortero una gran plasticidad; en regiones donde no se produce cemento y todo se importa, motivos económicos pueden aconsejar el empleo de estas mezclas. La adición de Portland a la cal sirve, por el contrario, para preparar la "lechada bastarda", de resistencia bastante más elevada que la lechada común y bastante usada (especialmente en Alemania).

#### Mezclas de Portland y de cementos de alto horno

Los varios cementos metalúrgicos pueden considerarse como constitutivos de estas mezclas. Por cuanto es más sencillo partir de Portland puro y de escoria molida pura, según las proporciones que se deseen, pueden hacerse las mezclas sin inconveniente, en proporciones cualesquiera. De igual manera pueden prepararse mezclas de cal y de cementos de alto horno y mezclas de Portland y cementos puzolánicos; como ya se ha señalado, la calidad de los productos obtenidos será intermedia entre la de los componentes sencillos de la mezcla.

#### Mezclas de cementos rápidos y de cementos de alto horno

Estas mezclas no son de uso corriente, aunque son posibles sin inconveniente e incluso pueden presentar ventajas. Un poco de cemento rápido añadido al cemento de alto horno no aumenta la rapidez de fraguado; por otra parte, la adición en cantidades notables o equivalentes del cemento de alto horno al cemento rápido, no aumenta los valores de la resistencia final. Es de señalar que ni el cemento rápido, ni el cemento de alto horno dejan cal libre en el fraguado, lo que es esencial desde el punto de vista de la resistencia a las aguas marinas y selenito

sas. Casi análogo en todo es el comportamiento de mezclas de cemento rápido y puzolánicas.

Para esta agrupación de aglomerantes, es suficiente conocer las propiedades de los componentes para prever las de la mezcla resultante. Las mezclas en las que intervienen cementos del segundo grupo son, en general, bastante peligrosas; algunas se siguen haciendo con frecuencia, según proporciones definidas y técnicas muy precisas para obtener características determinadas.

#### Mezclas de cemento aluminoso y de Portland

Es el caso más corriente en la práctica y a la vez el más característico. Ambos cementos son de fraguado lento y de endurecimiento bastante rápido en el aluminoso y más o menos lento en el Portland, según que prevalezca en éste el silicato bicálcico o el tricálcico. Las mezclas de estos dos cementos de fraguado lento constituyen un cemento de fraguado rápido o, frecuentemente, instantáneo, según la homogeneización y los contenidos relativos de los dos aglomerantes presentes. El cemento de fraguado rápido así obtenido está sin embargo muy lejos de alcanzar una resistencia final comparable no sólo a la del aluminoso, sino también a la del Portland. Las mezclas más frecuentemente usadas se componen de  $1/3$  ó  $2/5$  de aluminoso y  $2/3$  ó  $3/5$  de Portland; las proporciones inversas dan cementos de rápido fraguado con resistencia final muy reducida y por ello no se adoptan. Por otra parte, deben estudiarse las mezclas antes de su empleo, porque la rapidez en el fraguado y la resistencia final dependen no sólo de las proporciones de los dos cementos, sino también de su naturaleza precisa; partidas distintas de los mismos cementos, mezclados en las mismas proporciones no dan, ni siquiera aproximadamente, los mismos resultados. Por b

tanto, para cada partida, conviene seguir un estudio particular.

#### Mezclas de cemento aluminoso y de cal grasa o hidráulica

Con estas mezclas se obtienen cementos de fraguado rápido, como los anteriores. El aluminoso domina notablemente, y para conseguir un cemento de fraguado muy rápido basta añadir un porcentaje de cal del 1 al 2%. Es evidente que, en estas condiciones, la mezcla debe homogeneizarse en seco antes de su empleo; por eso es más difícil de realizar correctamente y de empleo menos común.

#### Mezclas de cemento Portland y sobresulfatado

Estas mezclas dan productos que, según las proporciones adoptadas, tienen propiedades bastante análogas a los cementos expansivos o a los de retracción compensada. Su correcta realización no es, sin embargo, sencilla y conviene por eso recurrir a cementos especiales, de expansión exactamente regulada con técnicas adecuadas.

#### Mezclas de Portland o de otros cementos con cementos sin retracción

Tampoco estas mezclas son de aplicación práctica por incompatibilidad entre los elementos constituyentes de los cementos expansivos o de retracción compensada y de los otros cementos del tipo del Portland.

## INCOMPATIBILIDAD DE CONTACTOS O MEZCLAS ENTRE MORTEROS U HORMIGONES A BASE DE AGLOMERANTES DIVERSOS.

Como ya hemos indicado, existen dos tipos de incompatibilidad entre cementos diferentes que se encuentran mezclados o bien forman parte de morteros u hormigones puestos en contacto: al primer tipo podemos definirla "incompatibilidad de naturaleza" o absoluta, y al segundo más bien "incompatibilidad de circunstancia" o accidental.

Entre las incompatibilidades del primer tipo pueden citarse, para la mayor parte de los casos, las de los cementos aluminosos con el Portland o la cal (que en determinadas condiciones dan cementos de fraguado extremadamente rápido y, en condiciones bastante próximas, dan productos de resistencia química y mecánica deficientes) y las de los cementos expansivos o de retracción compensada con Portland o cal (deben evitarse, porque dan productos entumecibles en una medida no previsible con precisión). Otra incompatibilidad de naturaleza es la de los cementos sobresulfatados y el Portland y la cal; por ejemplo, si se inyectase cemento sobresulfatado, en el cuerpo de un muro de albañilería o de hormigón con cemento Portland a fin de eliminar una porosidad excesiva a las aguas muy puras o que contienen ácido carbónico, se corre el peligro de alterar la estructura del mortero u hormigón irreparablemente.

Peor conocidas son las incompatibilidades accidentales y que, sin embargo, pueden provocar inconvenientes muy graves; más adelante se examinará brevemente el comportamiento de mezclas que, perfectamente compatibles en condiciones normales, se hacen incompatibles sumergidas en agua de mar. Muy parecido es el comportamiento si, en lugar de en agua de mar, se encuentran sumergidas en otras aguas agresivas.

Consideremos, por ejemplo, un cemento a base de escoria, como el cemento de alto horno o el metalúrgico mixto, amasados ambos para trabajo marítimo, y un cemento Portland artificial, igualmente amasado para tales trabajos. Dos hormigones, o un mortero y un hormigón, se encuentran en contacto, para fijar ideas, en una obra constituida de bloques prefabricados a base de Portland con juntas de mortero de cemento metalúrgico mixto. La obra, a causa del oleaje y de las mareas, se encontrará alternativamente sumergida y emergida en el agua, la cual impregnará tanto el hormigón de los bloques como el mortero de las juntas. El cemento metalúrgico mixto se encontrará por este motivo en contacto con la cal liberada por el Portland y que penetra por difusión en las juntas; éstas serán atacadas con la formación de sal de Candlot y no resistirán. Si fuese sólo el cemento metalúrgico resistiría, porque la escoria (de la que está formado en su mitad) fijaría la cal puesta en libertad en el fraguado del Portland y en consecuencia no se formaría la sal de Candlot (es de señalar que esta última es una sal doble hidratada, compuesta de sulfato y aluminato cálcicos; se presenta en forma pulverulenta, notablemente expansiva cuando el agua que baña la lechada o el hormigón está cargada de cal).

El hormigón de cemento Portland, por el contrario, no se alterará a pesar de la presencia de la cal, porque ya está preparado para resistir el ataque del agua marina; tal resistencia es producida o por un débil contenido en alúmina (cemento fuertemente silíceo) o por la presencia de una fuerte cantidad de óxido férrico, suficiente para neutralizar la alúmina impidiendo la formación del aluminato tricálcico, que es el elemento particularmente nocivo y base fundamental de la sal de Candlot. Se comprende que el cemento a base de escoria sea el único sujeto de -

corrosión por la presencia de la cal, en cuanto las escorias con tengan alúmina y aluminatos en medida superior al Portland.

El ejemplo citado es quizás el más importante de aquéllos en que la mezcla o el contacto de dos cementos admitidos se paradamente para trabajos marítimos, proporciona productos de los que uno al menos pierde sus cualidades de resistencia a la corro sión marina. El caso ha sido recientemente comprobado en persona por el autor, tratándose además de un hormigón poroso.

Perfectamente análogo al descrito es el mecanismo de destrucción de los cementos metalúrgicos (que normalmente resisten las aguas marinas y selenitosas), cuando se les adiciona can tidades de cal superiores a las que podrá fijar la escoria básica contenida en el cemento.

Es por fin, la formación de la sal de Candlot la que pro vo ca la rápida corrosión en contacto con aguas marinas de mez clas formadas por cemento de fraguado rápido (muy ricos en alumi nato tricálcico) con Portland o cal.

### Conclusiones

De lo expuesto resulta claro que es necesario proce der con cautela al mezclar entre sí cementos distintos. Normalmente pueden mezclarse sin inconveniente el Portland, los cementos naturales, los cementos puzolánicos, los cementos de alto hor no y los metalúrgicos; mezclas de los anteriores con cementos alu minosos, sobresulfatados o expansivos se trabajan con particular precaución y sólo para obtener productos especiales. El tercer punto a tener en cuenta es que los cementos cuyas mezclas son nor malmente compatibles, pueden hacerse incompatibles cuando se encuentran en contacto en condiciones particulares.

No se puede siempre conocer a priori las reacciones que intervendrán en una mezcla, a causa de la complejidad de la composición de los varios cementos; por lo tanto, es necesario recurrir a la experiencia para saber si dos cementos (que tomados por separado resistirían en un determinado ambiente), no pierden su resistencia a causa del recíproco contacto.

Hay todavía un hecho fundamental que considerar y es que, si la reacción nociva debida a los ambientes y a los contactos son siempre las mismas, cualesquiera que sean las compacidades de los morteros y hormigones causantes, las velocidades de reacción diferirán notablemente según la compacidad y riqueza en aglomerante. Es por esto, el que una reacción nociva, capaz (con hormigones porosos) de provocar la ruina completa de una obra en sólo seis meses, no provocará alteraciones sensibles en hormigones ricos en aglomerante y, sobre todo, muy compactos, después de veinte años.

F.S.S.