

CEMENTOS SIDERURGICOS

Por JOSÉ CÁMARA, Ingeniero de Caminos.

Nos da cuenta el autor, en el presente artículo, de la gran importancia que en el extranjero han adquirido los cementos siderúrgicos y del desarrollo actual de su fabricación en España, señalando sus características y aplicaciones y las ventajas de su empleo en muchos casos. En un próximo artículo presentará el estudio físicoquímico completo de estos aglomerantes.

1. Su denominación.

Entendemos con la denominación de "cementos siderúrgicos" a los aglomerantes hidráulicos fabricados a base de *clinker* de cemento Portland normal y granulado básico de altos hornos. El Pliego de Condiciones español para la recepción de los aglomerantes hidráulicos en las obras de carácter oficial señala estos cementos con el nombre de "cementos de escorias". Como esta denominación se aplica más bien a los cementos formados con la mezcla cal-escoria, hemos creído acertado separar con nombres distintos los dos tipos de aglomerantes, tan diferentes por su propia naturaleza.

Existe también en favor de nuestra propuesta la circunstancia de que en la Orden de la Presidencia del Gobierno de fecha 28 de junio de 1942, sobre régimen de producción de cementos, se indica que el cemento de escorias puede ser fabricado por cualquier procedimiento, siempre que no contenga más de un 65 por 100 de escorias. Puede comprender, pues, esta definición el cemento preparado con la mezcla cal-escoria, ya que las demás condiciones que se exigen a este aglomerante en aquella Orden las cumple perfectamente el producto obtenido con aquella mezcla.

Para evitar, pues, todo confusionismo al referirse a estos cementos, y para poderlos conocer y precisar por sus denominaciones, llamaremos en las líneas siguientes "cementos de escoria" a los obtenidos con cal y escoria, y reservaremos el nombre de cementos "siderúrgicos" o cementos "Portland de altos hornos" a los fabricados con *clinker* y granulado básico, que son los que de momento han de merecer nuestra atención, por ser ya fabricados en España de un modo metódico y regular, y consumidos con mayor amplitud por el mercado constructor nacional.

Queremos también señalar, al tratar de la distinción en el nombre de estos aglomerantes, la diferencia esencial que existe entre un cemento puramente mezclado, como es el cemento de escorias propiamente dicho, y un cemento cocido, como es el Portland de altos hornos, pues entendemos que con ello

justificamos también la razón de la diferencia que perseguimos entre los dos tipos de aglomerantes, aparte que de este modo podrá el consumidor en todo momento distinguirlos y aplicarlos debidamente.

2. División de los cementos siderúrgicos.

El Pliego de Condiciones español para la recepción de los aglomerantes hidráulicos en las obras de carácter oficial, aprobado en 25 de febrero de 1930, se refiere en su capítulo IV a los cementos siderúrgicos, que, según ya hemos dicho, llama de "escorias", y los define como un producto hidráulico obtenido por la molienda de escoria granulada del alto horno y de un mínimo de un 15 por 100 en peso de *clinker* de cemento Portland, siendo ambos productos molidos simultáneamente para conseguir una mezcla íntima.

Asimismo, la disposición de la Presidencia del Gobierno de fecha de 26 de junio de 1942 sobre el régimen de producción y venta de cemento, dice en el apartado D del artículo 2.º, "Cemento de escorias": "Sea cualquiera su procedimiento de fabricación, no contendrá más de 65 por 100 de escorias. Debe satisfacer a la prueba de estabilidad de volumen y su fraguado no comenzará después de las doce horas. La resistencia del mortero normal no será inferior a 170 Kg. y 210 Kg. por centímetro cuadrado a los siete y veintiocho días, respectivamente".

En ambas disposiciones oficiales no se hace, como puede apreciarse, ninguna división entre estos cementos, sea cual fuere las proporciones en que se combinan los elementos componentes. En los Pliegos de Condiciones extranjeros para la recepción de estos aglomerantes hidráulicos en las obras públicas existe diversidad de criterio sobre este tema, y así, aunque en algunos de ellos se sigue el sistema de no hacer ninguna clasificación entre los cementos Portland de altos hornos, otros, en cambio, los dividen o clasifican de acuerdo con las proporciones en que entran los dos materiales componentes: *clinker* y granulado básico.

La fabricación de estos aglomerantes, sea cual fuere las proporciones de las mezclas, son, desde luego, semejantes, y se obtienen teniendo por base el *clinker* de cemento Portland y el granulado básico de altos hornos, siendo el *clinker* producido, a su vez, bien sea con arcillas y caliza o bien con la coquina de cruídos formados con granulado de alto horno y piedra caliza. Los dos elementos base se muelen juntos hasta un grado de finura superior, en general, al del Portland normal, y de la proporción en que se efectúa su mezcla dependen las características del cemento resultante.

Ahora bien: a pesar de esta semejanza en la fabricación, si se tiene en cuenta que las características de los cementos obtenidos son distintas, que son también diferentes sus aplicaciones y que la tendencia moderna está orientada en el sentido de la diferenciación de los cementos de acuerdo con sus especiales aplicaciones, parece que en este caso todo aconseja a considerar dentro de los cementos siderúrgicos dos grupos: uno de ellos en el que domine el *clinker* y en el que la proporción de granulado básico pueda llegar hasta el límite máximo de un cuarenta (40) por ciento, y otro grupo en el que la mezcla se forme con una proporción de granulado básico superior a aquella cifra e inferior al setenta (70) por ciento. Al primer aglomerante lo llamaremos "cemento Portland férreo", y al segundo, "cemento alto horno".

Con un aumento en la proporción de la mezcla, por lo que al granulado básico se refiere, superior al setenta (70) por ciento, cabe producir todavía un aglomerante capaz de ser empleado para revocos, enlucidos y obras de fábrica en general. A pesar de ello, no creemos conveniente agrupar este aglomerante con los dos anteriormente señalados, debido a que sus características físicas y químicas difieren notablemente de las que presentan tanto el cemento férreo como el cemento Portland de altos hornos y, en consecuencia, con las del cemento Portland normal que nos sirve de tipo comparativo. Algunas veces hemos llamado a este aglomerante "cemento de albañilería".

Así, pues, creemos en la conveniencia de agrupar los cementos siderúrgicos en las dos clases ya indicadas, que se ponen de manifiesto a continuación:

Cementos siderúrgicos:

- 1.º «Cemento Portland férreo».
- 2.º «Cemento Portland altos hornos».

El cemento Portland férreo, en el que, como se ha dicho, predomina el *clinker* sobre el granulado básico, es un aglomerante similar totalmente al cemento Portland normal. Sus fraguados, resistencias y finuras de molido son semejantes, presentando el

Portland férreo una mayor estabilidad de volumen. Su diferenciación la constituyen las composiciones químicas y los procesos de fabricación. Y así se da la circunstancia de que en todos los Pliegos de Condiciones extranjeros para la recepción de los aglomerantes hidráulicos, desde hace ya muchos años, se exige al cemento Portland férreo las mismas características físicas que al cemento normal y unas mismas normas se aplican para los dos aglomerantes, cuyo uso es también autorizado por igual en toda clase de obras oficiales.

La explicación de esta posibilidad que proporcione igual categoría a los dos cementos se debe, aparte de ciertas condiciones en el proceso de fabricación, al empleo del granulado básico, siendo totalmente rechazables para el objeto a que nos referimos todas las escorias de los altos hornos enfriadas al aire lentamente o ya en la situación de polvo, pues ya estos últimos materiales, que fueron los utilizados en la fabricación de los cementos siderúrgicos en los primeros tiempos, fueron el motivo de la prevención que más tarde se ha tenido en algunos casos sobre su calidad. El granulado básico de alto horno, de composición alta en cal y de elevada actividad, que es el producto base para la fabricación de este cemento Portland férreo, posee por sí solo muy buenas cualidades aglomerantes, constituyendo un verdadero cemento hidráulico, y al mezclarse con el *clinker* desarrolla toda su energía como tal aglomerante. Esta circunstancia explica por qué como resultado de la mezcla pueden alcanzarse e incluso superarse las resistencias del cemento que hubiera sido fabricado con la molienda del *clinker* solamente.

A los efectos expuestos, merece consignarse que la producción del granulado por medio del enfriamiento rápido, bien sea por el procedimiento húmedo o semiseco, así como su secado, si procede; selección sobre basicidad y estructura física y molturación, son operaciones relativamente costosas en este producto, y así sucede que el precio de coste de los dos cementos resulta prácticamente el mismo. Su empleo, sin embargo, es muy ventajoso a la economía industrial, porque aprovecha un subproducto que de otro modo no tiene valor y ocasiona gastos para su transporte al mar, y porque la transformación en cemento cabe hacerse sin consumo de carbón, lo que en situaciones como la actual es particularmente interesante.

Por lo que a sus aplicaciones se refiere, ya hemos indicado que son iguales a las del cemento Portland normal, sin excepción alguna, por cuanto ya está sobradamente comprobado y conocido fuera y dentro de España que este cemento siderúrgico presenta las resistencias del Portland normal y protege las armaduras en las obras de hormigón armado con las mismas garantías que ofrece este último cemento.

El cemento "alto horno", en el que predomina el granulado básico sobre el *clinker*, tiene naturalmente una composición química semejante a la del "Portland férrico" con menor cantidad de cal y mayor de sílice y de alúmina. Su grado de finura es, sin embargo, más elevado. Es un cemento del tipo frío, lento en el fraguado, que presenta una gran estabilidad de volumen y una especial resistencia a las influencias químicas de toda clase. Sus resistencias son semejantes a las del Portland normal y férrico, quizás algo inferiores, pero en muy pequeña cuantía. Apenas si desprenden calor en su fraguado, por lo que este aglomerante es ventajosamente empleado en las grandes construcciones de hormigón en masa, como las presas de gravedad. En la reciente construcción de la gran presa de Gronvollfoss, en Noruega, fué empleado este cemento con excelentes resultados. Como consecuencia de ser igualmente inatacable por las aguas del mar y sulfatadas en general y selenitosas, ha sido muy empleado este cemento en las obras marítimas, como, por ejemplo, en el gran puerto de Heligoland, en el que la mayor parte de las obras portuarias han sido construídas con este tipo de aglomerante. Muy aconsejable es también su empleo o aplicación en las obras de saneamiento y, en general, en todas las obras hidráulicas.

3.º Condiciones de aplicación.

La forma de aplicar estos aglomerantes siderúrgicos es, por lo demás, igual a la del cemento normal, por lo que a dosificaciones de morteros y hormigones se refiere. Permiten el amasado con un porcentaje superior de agua de un tres por ciento al del cemento de *clinker* solamente, sin decrecer las resistencias, y durante su primer período de endurecimiento es ventajoso conservar la mayor humedad posible en las fábricas con riegos abundantes. Este extremo, tan interesante en todos los cementos Portland, es en los aglomerantes siderúrgicos de sumo interés, debido exclusivamente a su composición, ya que por naturaleza hemos visto que estos aglomerantes son estables en alto grado. Por ello, el empleo de estos cementos en obras hidráulicas es particularmente aconsejable. El cemento Portland férrico presenta una primera edad de endurecimiento similar al del

buen Portland normal, por lo que el desencofrado de obras supone también tiempos semejantes. El cemento alto horno, si bien a los veintiocho días de edad alcanza resistencias semejantes a las de los otros cementos Portland, en los primeros momentos tiene un endurecimiento lento como cemento de tipo frío, y, por ello, los hormigones fabricados con él, adquieren propiedades plásticas que permiten repartir las presiones en forma más regular que con los endurecimientos rápidos. Esta cualidad no supone ninguna desventaja en este caso, pues, como ya se ha dicho, este aglomerante tiene sus aplicaciones esenciales en obras en las que el moldeo o no existe o tiene una importancia secundaria en relación con el volumen de la fábrica a ejecutar.

Esperamos hacer en un segundo comentario el estudio completo físicoquímico de estos aglomerantes para que pueda servir de base a su regularización, por lo que nos hemos limitado en estas líneas a tratar en términos generales el asunto. No queremos, sin embargo, terminar sin hacer presente que la importancia y desarrollo que ha adquirido la fabricación y empleo de los cementos siderúrgicos en los principales países extranjeros se pone de manifiesto si se tiene en cuenta que en los Estados Unidos, una sola Compañía, la Universal Portland Cement Cok, de Pittsburg, produce solamente ella la cantidad de un millón de toneladas al año, y otro tanto sucede con algunas factorías alemanas, como la Esch-Werke, de Duisburg, que produce un tonelaje semejante. Actualmente existen en este país unas 20 fábricas dedicadas a la producción de estos cementos, y entre ellas se encuentra la de Buderus Eisenwerke, en Wetrar, que produce trescientas mil toneladas anuales, distribuídas entre los dos tipos de aglomerantes siderúrgicos que hemos señalado, siendo considerados estos cementos como unos de los mejores de Alemania por su alta calidad. Igualmente, en Francia, ocurre con las fábricas D'Hagondange, por ejemplo, para no citar otras; y en Inglaterra y Bélgica, se encuentran también en explotación instalaciones de gran importancia. En España la Sociedad Altos Hornos de Vizcaya, conocedora del asunto, ha iniciado hace algunos años la fabricación de estos cementos, que han sido ya empleados en obras importantes con éxito, y en general han merecido la aprobación de los constructores nacionales.