

# Nuestra Facultad

## TESIS DOCTORALES

### LA ACTIVACIÓN ALCALINA COMO PROCEDIMIENTO PARA EL DESARROLLO DE NUEVOS CEMENTOS BELÍTICOS

Los procesos industriales, entre los que se incluye la industria cementera, constituyen una fuente importante de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera. Es por ello que, con el objetivo de reducir estas emisiones, la industria cementera ha realizado un gran esfuerzo durante los últimos años mejorando la eficiencia de los hornos, empleando combustibles alternativos y reduciendo el factor clínker mediante el empleo de adiciones minerales al cemento (SCM). Sin embargo, un incremento en el porcentaje de estas adiciones minerales puede afectar negativamente el desarrollo mecánico resistente inicial de los cementos tradicionales. No obstante, el empleo de grandes cantidades de SCM es posible en los denominados cementos alcalinos. Estos cementos presentan, como norma general, activadores de naturaleza fuertemente alcalina que favorecen la reactividad de los aluminosilicatos de partida. Sin embargo, el uso a nivel industrial de disoluciones alcalinas de elevada concentración implica una serie de dificultades asociadas, principalmente, al manejo de estas disoluciones. Por tanto, con el objetivo de conseguir un cemento más sostenible y con prestaciones similares o incluso mejores que las del cemento Pórtland tradicional, durante los últimos años se han llevado a cabo numerosas investigaciones surgiendo así los denominados cementos híbridos o mixtos. Estos cementos están basados en la tecnología combinada del cemento Pórtland (OPC) y los cementos alcalinos, y constituyen una alternativa interesante, debido no solo a las buenas prestaciones que desarrollan, sino también a la amplitud composicional que permiten.

En esta Tesis Doctoral se plantea diseñar, a escala de laboratorio y posteriormente a nivel industrial, un cemento híbrido a partir de un clínker belítico mineralizado, cenizas volantes y un activador alcalino en estado sólido. Antes de proceder a la elaboración del cemento híbrido, y dadas las características alcalinas del sistema, se considera de especial interés conocer el comporta-

miento de las fases mineralógicas que integran el clínker de cemento en diferentes condiciones alcalinas. Por tanto, la primera parte de esta memoria de Tesis se centra en el análisis de las fases del clínker tras su hidratación en diferentes medios alcalinos, mientras que la segunda parte del trabajo se basa en el diseño de un clínker belítico mineralizado y un cemento híbrido “belítico-alcalino” en el laboratorio, y la reproducción posterior del clínker y el cemento a escala industrial.

Los resultados obtenidos en torno al análisis de las fases del clínker han permitido, no solo asentar los conocimientos básicos en torno a estos sistemas híbridos, sino evaluar de forma paralela el comportamiento de varios activadores alcalinos (NaOH, Na<sub>2</sub>CO<sub>3</sub> y Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>). El análisis del activador es esencial, ya que es un componente fundamental en los cementos híbridos, y la correcta selección del mismo es la clave para transitar con éxito desde la etapa de investigación en el laboratorio a la etapa de desarrollo industrial. De hecho, a partir de los resultados obtenidos se considera que el Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> es de especial interés. Su abundancia natural y fácil manejo, unido al buen comportamiento observado durante el análisis de las fases mineralógicas sintéticas, hacen que esta sal de sodio sea un componente fundamental en el cemento híbrido “belítico-alcalino” diseñado en esta Tesis Doctoral.

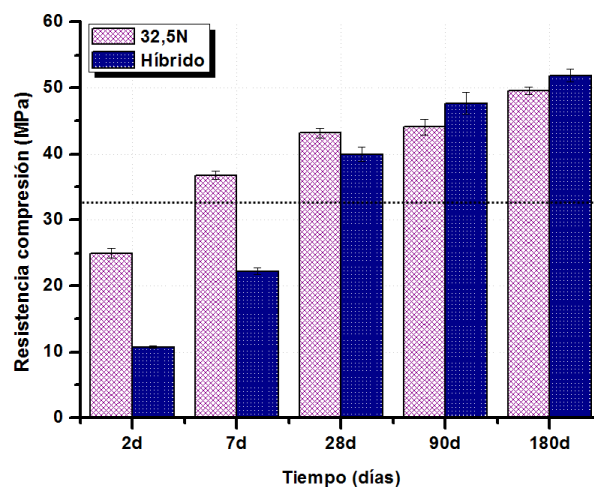


Figura 1. Resistencias a compresión de ambos cementos en mortero.

Respecto al diseño industrial del clínker y el cemento, los resultados obtenidos ponen de manifiesto que los análisis realizados en el laboratorio son reproducibles a escala industrial. Por tanto, es posible elaborar un cemento híbrido “belítico-alcálico” que incorpore un 48 % de cenizas volantes en su composición y cuyo desarrollo mecánico y tiempos de fraguado se ajusten a lo establecido en la Normativa Europea. Según la composición que presenta, este cemento híbrido podría clasificarse como un cemento IVB según se establece en la norma EN 197-1. Además, este cemento híbrido es comparable con un cemento normalizado 32.5N en cuanto a comportamiento mecánico y tiempos de fraguado se refiere (ver Figura 1).

Por consiguiente, el cemento híbrido “belítico-alcálico” no sólo cumple con los requerimientos técnicos hoy día exigidos en la construcción, sino que además cons-

tituye un ejemplo de sostenibilidad con el medio ambiente, ya que permite reducir las emisiones de gases a la atmósfera y disminuir el consumo energético mediante el empleo de la tecnología combinada de la activación alcalina con los mineralizadores y fundentes. Los resultados obtenidos dejan una puerta abierta para la ampliación del conocimiento y del desarrollo tecnológico en el ámbito del cemento, en lo que se refiere a la aplicación conjunta de diferentes técnicas de trabajo: mineralización del clínker, activación alcalina, fases belíticas, etc. Todo ello íntimamente relacionado con la necesidad de incorporar al sector cementero en la senda de la sostenibilidad y de la economía circular.

Maria José Sánchez Herrero

*Dpto. de Química Inorgánica y Química Técnica*