

DISEÑO DE NUEVAS MATRICES CEMENTANTES BASADAS EN RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

¹Asensio de Lucas, E.; Sánchez de Rojas, M. I.; Frías, M.; Medina, C.

¹Instituto Eduardo Torroja de Ciencias de la Construcción

C/ Serrano Galvache 4. 28033 Madrid

e-mail: ¹eloyadl@ietcc.csic.es

RESUMEN

En este trabajo se va a estudiar la posible reutilización de los residuos de construcción y demolición (RCD) centrandó especial atención en su empleo como adición activa al cemento.

Los residuos son recogidos de diversas plantas de gestión españolas de distintas localizaciones.

Es importante conocer las características de estos residuos y de esta manera conocer su comportamiento como adición en el cemento. Estas características van a depender del material original, del tratamiento en la planta de gestión y también de la posibilidad de que contenga productos indeseables como pintura, mortero, grasa u otros.

Este estudio muestra la caracterización de los residuos recogidos, desde el punto de vista químico, mineralógico y su actividad puzolánica, así como la caracterización de las mezclas obtenidas por la sustitución del cemento por el residuo en porcentajes determinados.

Los resultados revelan un buen comportamiento y una composición similar a otros residuos que normalmente son usados como adiciones activas en los cementos.

Keywords: RCD, Cerámico, Reciclado, Puzolana, Cemento.

1.- Introducción.

El reciclado es muy importante en el mundo, se está acostumbrado a reciclar en las casas distintos tipos de residuos como papel y cartón, vidrio, envases, etc., pero reciclar no es solo eso, hay otras fuentes de residuos que son o deben llegar a ser objeto del reciclado. Una de esas fuentes son los residuos de construcción y demolición (RCD); el sector de la construcción genera una gran cantidad de este tipo de residuos alrededor del mundo (aproximadamente 500 millones de toneladas solo en Europa), pero debido a las bajas tasas de reciclaje, la mayor parte son vertidos en escombreras [1]. Además es muy importante gestionar esta clase de residuos en las plantas de reciclado para intentar darles una nueva vida, y conocer sus características, que dependerán del material original, el tratamiento en las plantas de gestión y también la posibilidad de contaminación sufrida por productos indeseables como pintura, grasa, mortero, esmaltes, etc.

Actualmente estos residuos son empleados en su mayoría como árido en la fabricación de hormigones reciclados. [2, 3]

Esta investigación presenta el estudio de los residuos de construcción y demolición como adición activa al cemento, entonces, es necesario un primer acondicionamiento de estos residuos provenientes de las plantas de gestión, una caracterización química y mineralógica y una caracterización de las mezclas cuando el cemento es reemplazado por el residuo.

Los resultados muestran una composición tanto química como mineralógica similar a otros residuos industriales usados como adición activa al cemento (humo de sílice, ceniza volante y teja cocida), además de un buen comportamiento puzolánico, por lo que es posible por tanto usar estos residuos y su comparación con materiales actualmente en uso.

Con una gestión apropiada por las plantas de reciclado con un acondicionamiento inicial, estos materiales podrían ser incorporados al cemento, llevando a cabo su valorización con las ventajas que esto implica:

- Reducción de esta clase de residuos en vertederos con un menor impacto visual.
- Reducción en la producción de clinker, con menos explotación de las fuentes de materias primas además de menos emisiones de CO₂ a la atmósfera.
- El término sostenible de reutilización, podría introducirse en el sector de la construcción, que tradicionalmente ha sido considerado como irrespetuoso con el medio ambiente, estando en consonancia con las políticas de desarrollo sostenible.

A la vista de estos datos y de las ventajas expuestas, el presente trabajo presenta como objetivo principal:

- Reutilización de residuos de construcción y demolición empleados como adición puzolánica en el cemento.

2.- Materiales y métodos.

Los materiales usados fueron cemento y diferentes residuos de construcción y demolición.

- El cemento de referencia usado fue un CEM I 42.5R, de acuerdo a la norma UNE – EN 197-1:2011 [4], con un contenido en clínker al menos de un 95% con un máximo de 5% en componentes minoritarios.
- Las muestras consisten en RCD provenientes de plantas españolas de gestión con un contenido en material cerámico superior al 20%, y el resto de residuo pueden ser productos indeseables como pintura, mortero, grasa, etc. El total de muestras recogidas fueron 20 de 12 plantas diferentes. Las localizaciones de las plantas, se muestran en el mapa correspondiente a la figura 1.

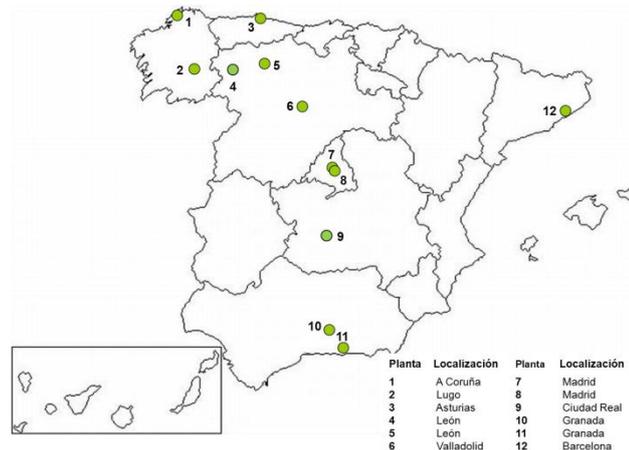


Fig.1. Mapa de localización de las plantas de reciclaje donde se han recogido muestras.

Para poder usar estos materiales, es necesario llevar a cabo en estos residuos un acondicionamiento previo que consiste en secar la muestra a 105°C seguido de una molienda hasta obtener un tamaño de partícula inferior a 63 micras. Después de este proceso, es posible reemplazar el cemento por el residuo en unas proporciones determinadas, estando entonces la mezcla preparada para su uso, siendo muy importante conservarla sin humedad.

3.- Resultados y discusión

3.1.- Caracterización del residuo.

Después del acondicionamiento de los residuos de las diferentes plantas de gestión españolas es necesario llevar a cabo una caracterización química y mineralógica.

3.1.1.- Mineralógica.

La composición mineralógica fue estudiada por difracción de rayos X (DRX) en todas las muestras recogidas, siendo el cuarzo, calcita, dolomita, moscovita e illita los compuestos cristalinos más importantes.

A modo de ejemplo, en la figura 2, se muestra el diagrama de difracción correspondiente al residuo recogido en la planta número 4 (figura 1).

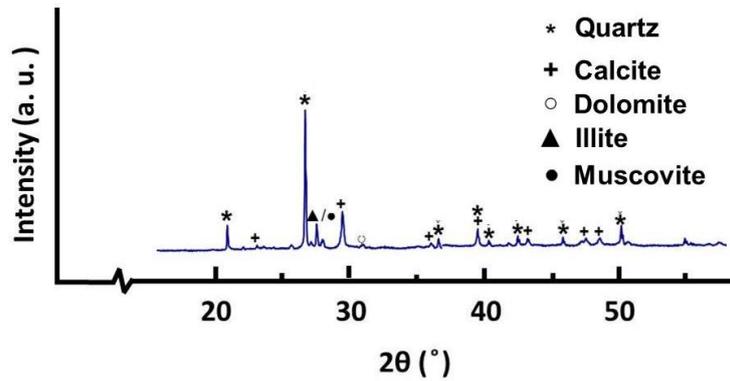


Fig.2. Diagrama de difracción del residuo recogido en la planta 4

3.1.2.- Química.

El análisis de fluorescencia de rayos X (FRX) se realizó para determinar la composición química de los diferentes residuos recogidos, los resultados se muestran en la tabla 1 en comparación con otros residuos usados como adiciones activas.

Compuestos (%) [*]	Materiales			
	Ceniza Volante	Humo de Sílice	Teja Cocida	RCD ^{**}
SiO ₂	42.44	92.22	67.03	61.40
Al ₂ O ₃	28.00	0.10	19.95	9.36
Fe ₂ O ₃	17.38	0.62	6.29	2.56
CaO	7.40	0.54	0.11	11.66
MgO	1.38	0.27	1.37	2.27
Na ₂ O	0.21	0.01	0.21	0.67
K ₂ O	1.55	0.60	3.54	2.73
SO ₃	0.05	0.18	0.00	0.66
LOI	1.23	5.50	0.47	8.22

* Completado hasta 100% con componentes minoritarios

** Los resultados son la media de las 20 muestras recogidas en las 12 plantas (Figura 1).

Tabla 1. Comparativa de la composición química de algunos tipos de residuos industriales.

De acuerdo a los resultados, se observa que la composición de los RCD es muy similar a otros residuos comparados. Es importante conocer que la composición química se va a ver influenciada por el porcentaje cerámico en las muestras.

3.1.3.- Estudio de la actividad puzolánica

Se evaluó la actividad puzolánica en todos los residuos recogidos, por un método rápido basado en el estudio de la fijación de cal con el tiempo por las muestras cuando estas se curan en una disolución saturada de hidróxido cálcico [5].

Los resultados que se muestran en la figura 3, son el valor medio de la fijación de cal y son comparados con otros residuos como ceniza volante, humo de sílice y teja cocida que son normalmente empleados como adición puzolánica en cementos [6].

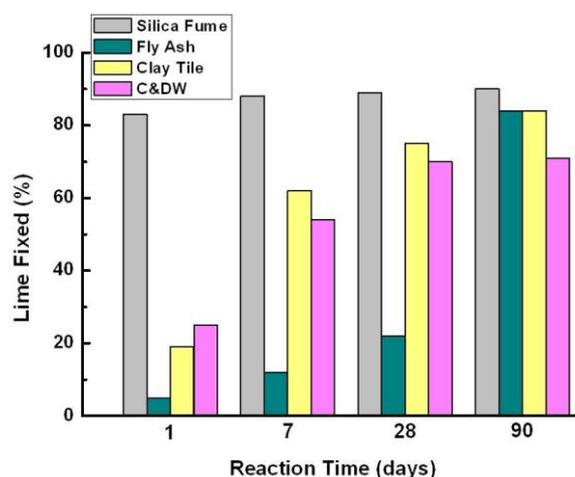


Fig.3. Actividad puzolánica: Fijación de cal (%)

De la misma manera que la composición química, la actividad puzolánica también se va a ver influenciada por el porcentaje cerámico en el residuo.

3.2.- Caracterización de las mezclas de cemento y residuo.

Las mezclas de estos residuos en diferentes porcentajes [7] (10, 20 y 30% en peso) con cemento se llevaron a cabo en la muestra número 4 (figura 1), para comparar los resultados con el cemento Portland de referencia.

3.2.1.- Química-

Los contenidos en sulfatos y cloruros en las mezclas fueron evaluados por fluorescencia de rayos X (FRX) y los resultados se muestran en la tabla 2.

	Cl ⁻ (%)	SO ₃ (%)
Cemento*	0.000	3.7
Muestra 10%	0.002	3.4
Muestra 20%	0.004	3.0
Muestra 30%	0.006	2.7
UNE – EN 197-1:2011	≤ 0.100	≤ 4.0

* Se tiene en cuenta el cemento usado

Tabla 2. Comparativa de contenido en cloruros y sulfatos en las mezclas realizadas

3.2.2.- Ensayo de puzolanidad.

La actividad puzolánica fue evaluada en tres mezclas diferentes de la planta número 4, de acuerdo con la norma UNE – EN 196-5:2006 [8].

Los resultados se muestran en la figura 4 y cumplen con la normativa UNE – EN 197-1:2011.

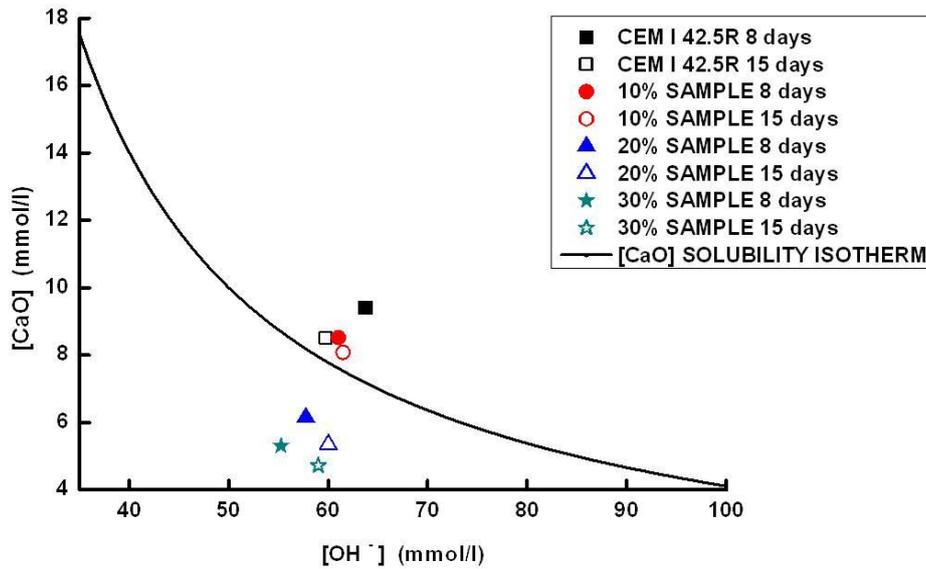


Fig. 4. Gráfico para la actividad puzolánica de tres muestras diferentes y CEM I usado como referencia a 8 y 15 días.

La norma anteriormente mencionada, deben cumplirla los cementos de tipo CEM IV/A y CEM IV/B (con porcentajes de residuo entre el 11 y el 55%)

3.2.3.- Física

Se midieron el tiempo de fraguado y la estabilidad de volumen en las tres mezclas estudiadas cumpliendo con la normativa (UNE – EN 197-1:2011) al tener en todos los casos un tiempo de fraguado superior a 60 minutos y una expansión inferior a 10 mm.

3.2.4.- Comportamiento mecánico

Se llevó a cabo el estudio del comportamiento mecánico en morteros. La elaboración de los morteros se realizó acorde a la norma UNE - EN 196-1:2005 [9]. Los resultados de los esfuerzos a compresión en morteros del cemento usado como referencia y de las muestras con residuo reemplazando al cemento en diferentes porcentajes se muestran en la figura 5.

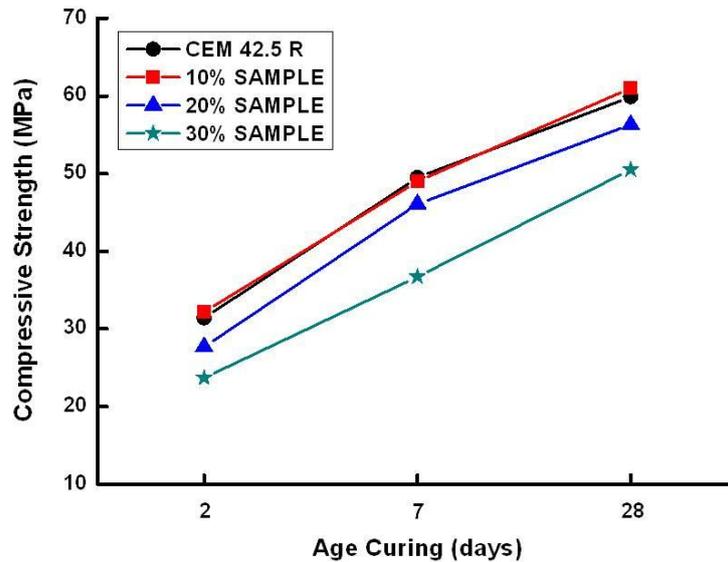


Fig.5. Comparación de los esfuerzos a compresión entre CEM I y las muestras

4.- Conclusiones.

- Los resultados muestran similar composición química y mineralógica además de similar actividad puzolánica entre diferentes plantas de gestión españolas, que se van a ver influenciadas por el porcentaje cerámico.
- La composición y la actividad puzolánica es similar a la de otros residuos previamente empleados.
- Cuando el cemento es reemplazado por residuo los requerimientos químicos y físicos cumplen con la norma UNE – EN 197-1:2011.
- Los esfuerzos a compresión disminuyen con respecto a la referencia aunque la resistencia inicial y a 28 días de las muestras es buena, cumpliendo con la normativa.
- Es posible reutilizar este tipo de residuos como adición activa en cementos con buenos resultados.
- Importantes ventajas medioambientales como la reducción de la explotación de los recursos debido a la reducción en la producción de clinker, menores emisiones de CO₂ y reducción de los residuos en vertederos con menor impacto visual.

REFERENCIAS.

- [1] Plan español de residuos de construcción y demolición 2001 – 2006 (BOE nº 166 12/07/01)
- [2] Instrucción de hormigón estructural (EHE – 08). 2008
- [3] Guía española de áridos reciclados procedentes de RCD. Proyecto GEAR. 2012.
- [4] Norma Europea UNE – EN 197-1 (2011): “Cemento Parte 1: Composición, especificaciones y criterios de conformidad para cementos comunes”.
- [5] Sánchez de Rojas, M. I. (1986): “Study of the connection structure – pozzolanic activity of Spanish siliceous materials (source: natural or artificial) and their use as hydraulic binders”, *PhD. Thesis, Autonomous University of Madrid*
- [6] M. I. Sánchez de Rojas et al. *J. Am. Ceram. Soc.* Vol. 89, No. 12, pp. 3701 – 3705 (2006).
- [7] Patente. P201330415. Residuo cerámico útil para la fabricación de cemento, procedimiento de obtención y cementos incluidos. 22/03/2013

- [8] Norma Europea UNE – EN 196-5 (2006): "Método de ensayo en cementos. Parte 5: "Ensayos de puzolanidad para cementos puzolánicos".
- [9] Norma Europea UNE – EN 196-1 (2005): " Método de ensayo en cementos. Parte 1: Determinación de resistencias mecánicas".

Agradecimientos.

El presente estudio fue subvencionado por el Ministerio Español de Ciencia e Innovación bajo la coordinación del proyecto de investigación (BIA2010-21194-C03-01).