III ENCUENTRO DE ESTUDIANTESD E DOCTORADO DE LA UPV

# Composites con base cemento activado alcalinamente con fibras de neumático fuera de uso.


Edwin Gudiel Rodríguez – Doctorado de Ingeniería de la Construcción

Instituto de Ciencia y tecnología del Hormigón (ICITECH)

E. Gudiel, J. Payá, J. Monzó, V. Borrachero

## INTRODUCCIÓN

El progresivo aumento de la cantidad de residuos de caucho producido a partir de neumáticos usados se ha traducido en un problema ambiental. El crecimiento en el número de neumáticos usados en la UE, aumentó de 2,1 millones de toneladas en 1994 a 3,3 millones de toneladas en 2010 y el costo anual de su eliminación en países de la UE es cerca de 600 millones euros.

En el presente trabajo, se evaluaron las propiedades mecánicas y de conductividad térmica de composites de matriz de Cemento Activado Alcalinamente (CAA) preparados a partir de SC con refuerzo de Fibras de Neumático (FN)

## OBJETIVO GENERAL

En este estudio, se analiza la valorización de Fibras de Neumático (FN) como agregado ligero en mortero de base Cemento Activado Alcalinamente (CAA) en mezclas cementantes ultraligeras y estudiar sus propiedades mecánicas y térmicas, para desarrollar aplicaciones en la ingeniería civil y la edificación.

## ETAPAS PRINCIPALES DEL DESARROLLO DE LA INVESTIGACIÓN

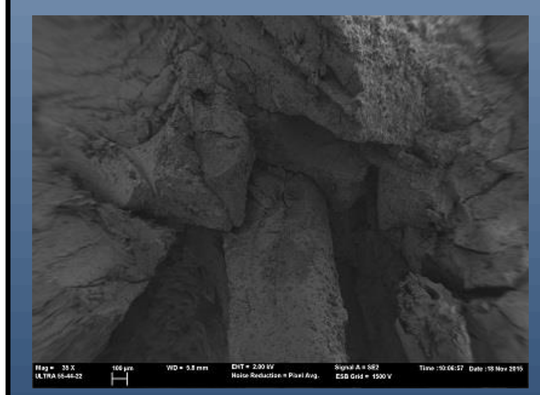
## MATERIALES

**SC**

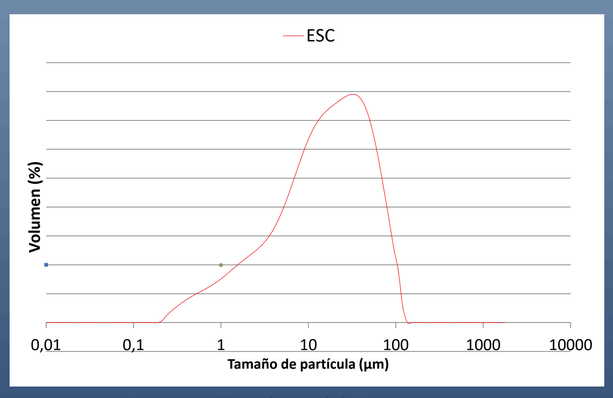
El material cementante es escoria de alto horno SC

**CONGLOMERANTE**

El conglomerante activado alcalinamente se fabrica mezclando un precursor, en este caso escoria de alto horno (SC) con un activador alcalino consistente en carbonato sódico ($Na_2CO_3$) con una concentración molar de 0,2 disuelto en agua



Fotografías de SC de SEM




Composición química del SC en porcentaje

| | $Na_2O$ | MgO | $Al_2O_3$ | $SiO_2$ | $P_2O_5$ | $SO_3$ | $K_2O$ | CaO | $TiO_2$ | $Fe_2O_3$ | Cl | MnO | BaO | P.F. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| SC | 0,87 | 7,43 | 10,55 | 29,89 | 0,26 | 1,93 | 0,57 | 40,15 | 0,50 | 1,29 | 0,44 | 0,39 | 0,18 | 5,53 |

Ensayo de conductividad térmica

Ensayo de compresión

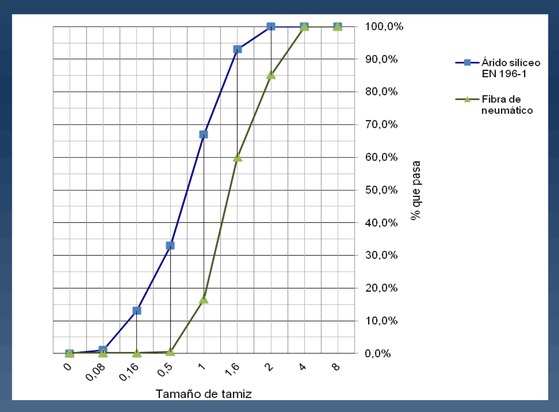
**Fibras De Neumático**

(FN) fueron producidas en el proceso de reparación de la superficie de neumáticos de camión en el recauchutado, - en la etapa del raspado es donde se genera la totalidad de las fibras de neumático y partículas. Se separan las fibras de camión (FC) de las partículas y se usa una granulometría que fue retenida por la malla # 0,63 mm y luego analizada usando la normativa UNE - EN 196-1.

**Árido Silíceo**

El árido empleado para la realización de los morteros de geopolímero fue árido silíceo y la granulometría ha sido analizada por tamizado según la serie de luces de malla de la normativa UNE – EN 196-1.

Fibra de neumático de camión

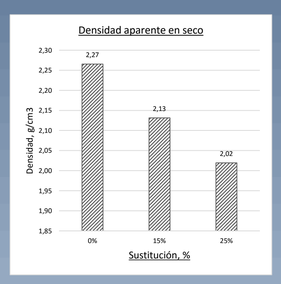


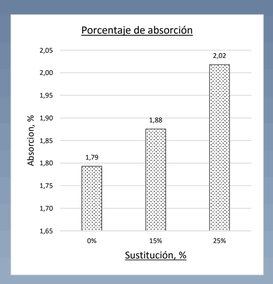

Distribuciones de tamaño de partículas para FN y árido silíceo, en comparación con arena norma CEN (EN 196-1).

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

| TIPO | FCC (g) | ACTIVADOR (g) | FN (g) | ARIDO (g) |
|---|---|---|---|---|
| | | | | |
| CTRL | | | 0,0 | 1350,0 |
| SC15 | 450,0 | 180,0 | 99,7 | 1147,5 |
| SC25 | | | 166,2 | 1012,5 |
| | | | | |
| SC 2/1 | 675,0 | 270,0 | | |
| SC1,4/1 | 472,5 | 189,0 | 322,0 | 0,0 |
| SC 1/1 | 337,5 | 135,0 | | |

Dosificaciones de los morteros




Densidad aparente en seco y la absorción en porcentaje

| | 7 días T° A° | 28 días T° A° | 7 días T° A° | 28 días T° A° |
|---|---|---|---|---|
| Mortero | R f (MPa) | R f (MPa) | R c (MPa) | R c (MPa) |
| CTRL | 8,0 ± 0,4 | 8,1 ± 0,3 | 36,2 ± 1,4 | 44,4 ± 2,1 |
| SC15 | 5,2 ± 0,3 | 5,76 ± 0,09 | 21,3 ± 0,8 | 26,0 ± 1,5 |
| SC25 | 4,5 ± 0,3 | 4,47 ± 0,13 | 15,6 ± 0,7 | 19,2 ± 0,5 |
| SC2/1 | 1,4 ± 0,2 | 2,45 ± 0,09 | 6,85 ± 0,09 | 7,9 ± 0,3 |
| SC1,4/1 | 1,62 ± 0,11 | 2,14 ± 0,15 | 4,5 ± 0,3 | 4,7 ± 0,2 |
| SC1/1 | 1,1 ± 0,6 | 1,32 ± 0,04 | 1,5 ± 0,2 | 2,12 ± 0,11 |

Propiedades mecánicas de los morteros: flexión (Rf) y compresión (Rc)

| Muestra | λ (W / mK) |
|---|---|
| CTRL | 1,23 ± 0,05 |
| SC15 | 1,07 ± 0,06 |
| SC25 | 0,96 ± 0,06 |
| SC2/1 | 0,64 ± 0,03 |
| SC1,4/1 | 0,65 ± 0,03 |
| SC1/1 | 0,76 ± 0,07 |

Conductividad térmica de las pruebas

Se realiza dos amasadas por cada tipo de mortero, con cantidad suficiente para confeccionar 3 probetas de 40x40x160 $mm^3$. Unas probetas se conservaron en una cámara húmeda, a 20 ° C y 100% de humedad relativa durante 28 días y otras muestras a 7 días a una temperatura de 65 ° C. Se determina el peso saturado y seco de cada espécimen, tras la inmersión en agua durante 24 horas y su posterior secado en estufa a 60º hasta alcanzar una masa constante. Se obtuvo la resistencia mecánica, en el entorno de control de desplazamiento a una velocidad de 1 mm / min, con una máquina de ensayo universal (Instron modelo 3382). Se realizaron los test de conductividad térmica usando el equipo C- THERM TCI. Este método permite estimar la conductividad térmica del material en un intervalo comprendido entre de 0.76 y 1,23 W/mK

**CONCLUSIONES**

(1) El uso de FN como agregado condujo a una reducción de la densidad aparente en seco y un aumento de la absorción, en comparación con los valores obtenidos para el mortero CTRL de referencia.

(2) La resistencia a la compresión de morteros que contienen FN varió de 2 a 44 MPa. Las propiedades mecánicas disminuyeron a medida que la FN se incrementó en cada una de las muestras.

(3) Los resultados de conductividad térmica disminuyeron al aumentar el contenido de FN. La conductividad térmica del SC 2/1 se encontró que era 0,64 W / (m K).

(4) El uso de FN procedente de NFU en materiales de base CAA, puede mejorar las propiedades térmicas de estos materiales.


## AGRADECIMIENTOS

PROGRAMA NACIONAL DE BECAS Y CRÉDITO EDUCATIVO – PERÚ