

AVANCES EN
HORMIGÓN: SINERGIAS
Y COLABORACIONES
ENTRE UNIVERSIDADES
Y CENTROS DE
INVESTIGACIÓN

María Eugenia Maciá Torregrosa, Ángel Castillo Talavera

ADVANCES IN
CONCRETE: SYNERGIES
AND COLLABORATIONS
BETWEEN
UNIVERSITIES AND
RESEARCH CENTRES

memacia@ceu.es
<https://orcid.org/0000-0001-6655-1495>

acastillo@ietcc.csic.es

*Doctora Arquitecta. Profesora Adjunta de Construcciones Arquitectónicas.
Departamento de Arquitectura y Diseño. Universidad CEU San Pablo.
Dr. Ángel Castillo Talavera. Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja-CSIC.
Científico Titular de OPIS. Departamento de Construcción.*

Universidades y Centros de Investigación son organismos que deben establecer una colaboración estrecha en los campos científico, técnico y cultural de interés común. Se exponen, a través de este artículo, algunas de las colaboraciones más importantes realizadas en el campo de la investigación en hormigones entre la Universidad San Pablo CEU y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja en la última década. A través de Convenios de Colaboración se han desarrollado diferentes trabajos relacionados con el estudio del comportamiento de diferentes tipos de hormigones sometidos a altas temperaturas. Esta colaboración ha permitido codirigir una Tesis Doctoral relativa al comportamiento a altas temperaturas de hormigones ligeros, así como obtener un ayudante de investigación mediante convocatoria pública de la Comunidad de Madrid para trabajos relacionados con esta temática. Es indispensable la colaboración entre la educación superior y la investigación para el avance del conocimiento en este campo.

Palabras clave: Hormigón, universidad, centro de investigación, autocompactantes, altas temperaturas, avances, colaboraciones.

ABSTRACT

Universities and Research Centres are organizations that must cooperate closely in scientific, technical and cultural fields of common interest. Through this article, some of the most important collaborations carried out in the field of concrete research between Universidad San Pablo CEU and the Eduardo Torroja Institute of Construction Sciences in the last decade are presented. Through Collaboration Agreements different works have been developed related to the study of the behaviour of different types of concrete subjected to high temperatures. This collaboration has made it possible to co-direct a Doctoral Thesis on the behaviour of lightweight concrete at high temperatures, as well as to obtain a research assistant through a public call from the Community of Madrid for works related to this topic. Collaboration between higher education and research is essential for the progress of knowledge in this field.

Keywords: Concrete, University, research centres, Self-compacting, high temperatures, progress, collaborations.

INTRODUCCIÓN

La Universidad San Pablo CEU (USPCEU) y el Instituto de Ciencias de la Construcción Eduardo Torroja (IETcc) han venido colaborando desde hace más de una década con el fin de acercar los estudios en hormigones realizados en uno de los centros de excelencia en investigaciones sobre materiales de construcción de nuestro país a los estudiantes de carreras técnicas como la arquitectura o la ingeniería.

La USPCEU considera la investigación como uno de los pilares fundamentales sobre los que se asienta su labor y es uno de los factores principales de su éxito como institución académica. El IETcc tiene como función fundamental llevar a cabo investigaciones científicas y desarrollos tecnológicos en el campo de la construcción y sus materiales.

Dentro de la USPCEU y de la Escuela Politécnica Superior (EPSCEU), una parte de la actividad

investigadora del Departamento Arquitectura y Diseño se centra en el estudio de las propiedades y comportamiento de los materiales, y de manera singular en el análisis del comportamiento de los hormigones sometidos a altas temperaturas, interés que comparte con el IETcc. De esta forma, se han realizado diferentes colaboraciones a lo largo de la última década que han permitido a los estudiantes de la universidad participar en los laboratorios tanto propios como del IETcc, realizar investigaciones conjuntas sobre el avance en el conocimiento de diferentes hormigones sometidos a altas temperaturas, codirigir una Tesis Doctoral entre ambas instituciones, así como conseguir un ayudante de investigación mediante convocatoria pública de la Comunidad de Madrid.

METODOLOGÍA

Las colaboraciones en el ámbito de los estudios de hormigones sometidos a altas temperaturas entre la EPSCEU y el IETcc comienzan en el año 2009 mediante la elaboración de diversos trabajos que permitían abordar aspectos parciales en investigaciones conjuntas, facilitando la formación permanente del personal de ambas entidades, la prestación recíproca de servicios técnicos e infraestructuras y el asesoramiento mutuo en cuestiones relacionadas con el mundo de los hormigones. A la vez, la posibilidad de la participación de alumnos (Fig. 1) en tareas de



Primer acercamiento al hormigón.



Trabajos en laboratorio de estudiantes universitarios.

Fig. 1
(Fuente: Elaboración propia).

elaboración de hormigones tanto en el laboratorio de materiales de la EPSCEU como en los laboratorios de materiales del IETcc, permitió acercar a los estudiantes al conocimiento de este material en sus etapas iniciales (tipologías, materiales, dosificaciones, moldes, maquinaria, ensayos, normativa...).

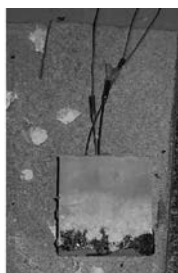
Uno de los primeros trabajos realizados conjuntamente entre ambas entidades fue la “*Determinación experimental de curvas tiempo-temperatura en probetas de hormigón sometidas a altas temperaturas*”. El objetivo de este trabajo consistió en obtener curvas experimentales de evolución de temperatura con el tiempo para probetas de hormigón expuestas a altas temperaturas. Se diseñó un dispositivo experimental para someter a las probetas a una evolución no estacionaria y no uniforme de su campo de temperaturas. Se sometió a cada probeta en una de sus caras a un flujo de calor impuesto por un horno mientras que la otra cara se expuso a temperatura ambiente. Mediante un conjunto de termopares ubicados en el interior de las probetas se midieron diferentes curvas de temperatura en función del tiempo. Las probetas se elaboraron en el IETcc y se ensayaron en la EPSCEU. (Fig. 2)



Probeta de hormigón con termopares.



Dispositivo experimental.



Probeta en estado final.

Fig. 2
(Fuente: Elaboración propia).

A continuación, se realizó un estudio que llevó por título “*Determinación experimental de la resistencia a compresión en probetas de hormigón autocompactante sometidas a altas temperaturas*”. El objetivo principal de este trabajo consistió en analizar las diversas propiedades mecánicas que pueden verse afectadas por un incremento de la acción térmica y que puedan modificar las cualidades físico-químicas del material objeto de estudio¹. De forma experimental, se realizaron algunos ensayos que facilitaron la obtención de diversos parámetros con el fin de validar las referencias teóricas. La elaboración y caracterización de las probetas se realizó en el IETcc mientras que los ensayos a altas temperaturas se llevaron a cabo en la EPSCEU (Fig. 3) así como los de resistencia a compresión (Fig. 4).



Apertura del horno de cámara con probeta en su interior.



Probeta en estado final.

Fig. 3
(Fuente: Elaboración propia).



Fig. 4
Proceso de rotura de la probeta HCW F-4 en la máquina de compresión de hormigones. (Fuente: Elaboración propia).

Posteriormente, la colaboración entre ambas instituciones dio paso a los “*Ensayos a altas temperaturas en probetas de hormigón autocompactante con distintas dosificaciones*”. La elaboración y caracterización de los hormigones autocompactantes con diferentes dosificaciones se realizó en el IETcc mientras que la parte experimental relativa al calentamiento de las probetas de hormigón se desarrolló en la EPSCEU. Se estudió, a través de esta experimentación, el deterioro sufrido por la acción térmica (Fig. 5) así como la pérdida de resistencia a compresión de las probetas².

¹
Pablo Anaya, Carmen Andrade, Ángel Castillo, María Eugenia Maciá, *Hormigones autocompactantes en la prefabricación. Comportamiento a altas temperaturas* (Madrid: Csic, 2012). p.44-54

²
Pablo Anaya, Carmen Andrade, Ángel Castillo, María Eugenia Maciá, *Influencia del filler calizo en el comportamiento frente a fuego de hormigones autocompactantes* (Madrid: Csic, 2011). p.303-312

El avance en el conocimiento de hormigones autocompactantes a altas temperaturas por parte de las dos instituciones dio lugar a una codirección de Tesis Doctoral que llevó por título *“Efecto de altas temperaturas sobre la resistencia mecánica de hormigón autocompactante con árido ligero reciclado”*³. A través de este trabajo se añaden al conocimiento de este tipo de hormigón las características de ligereza, reciclabilidad, aislamiento térmico, sostenibilidad... y se evalúan las prestaciones residuales de los hormigones autocompactantes ligeros con EPS sometidos a altas temperaturas (Fig. 6). La inclusión de porcentajes establecidos de poliestireno como reemplazo de árido, así como la exposición a determinados escalones térmicos no sólo permitieron avanzar en el conocimiento sino también facilitaron la publicación de diversos artículos en medios relevantes^{4 y 5}.

Finalmente, a través de una de las Convocatoria de ayudas para la contratación de ayudantes de investigación y técnicos de laboratorio cofinanciadas por el Fondo Social Europeo a través del Programa de Empleo Juvenil, un alumno de la EPSCEU pudo comenzar su carrera investigadora trabajando y formándose en ambos centros en el estudio del comportamiento de hormigones de altas prestaciones con áridos ligeros reciclados sometidos a altas temperaturas. Mediante el análisis de diversas composiciones y dosificaciones de hormigones con áridos reciclados procedentes de residuos cerámicos, mixtos o de hormigones reciclados (residuos de construcción y demolición) se ha podido estudiar su comportamiento termomecánico (Fig. 7). Los últimos avances en la inclusión de materias primas recicladas en hormigones autocompactantes, que permiten hacer un uso más eficiente y sostenible de los recursos, han sido objeto de estudio en este trabajo.

La continua colaboración entre ambas instituciones ha dado lugar a investigaciones ya publicadas⁶ y a otras que están en curso. La participación de es-

tudiantes universitarios en labores de investigación en el campo del hormigón les ha facilitado adquirir diferentes habilidades y competencias: flexibilidad e integración en un equipo de investigación, capacidad de iniciativa, adaptación al cambio desde la titulación superior obtenida mediante el estudio mayoritariamente teórico de las asignaturas al campo experimental del laboratorio, creatividad e innovación, responsabilidad y toma de decisiones con base razonada, cumpliendo los compromisos que se adquieren con el equipo de investigación y la Universidad, transmisión de conocimientos a través de la exposición del desarrollo de su trabajo... entre otras.

CONCLUSIONES

Durante la última década, la colaboración entre la USPCEU y el IETcc ha sido muy fructífera. Ambas entidades han venido realizando labores conjuntas de investigación y experimentación en hormigón que han redundado en la ampliación del conocimiento en este campo, la integración de universitarios en labores de investigación, así como la publicación de las investigaciones en diversos medios relevantes.

Gracias al análisis de las propiedades mecánicas que pueden verse afectadas por un incremento de la acción térmica y que pueden modificar las cualidades físico-químicas del hormigón, los ensayos experimentales que facilitan la obtención de diversos parámetros con el fin de validar las referencias teóricas analizadas, el análisis de la influencia de la naturaleza de los áridos en los comportamientos térmicos de los hormigones autocompactantes, la evaluación de la variación de las propiedades mecánicas de los hormigones autocompactantes fabricados sometidos a una acción termomecánica (acción térmica y mecánica concomitantes) con respecto a la pérdida de las propiedades mecánicas residuales de las probetas (post enfriamiento)... es posible avanzar conjuntamente en el interesante y complejo mundo del hormigón.

3

Rocío Sancho, Efecto de altas temperaturas sobre la resistencia mecánica de hormigón autocompactante con árido ligero reciclado (Madrid: Teseo, 2017)

4

Rocío Sancho, Ángel Castillo, María Eugenia Maciá, Rosa Corral, «Changes of Mechanical Properties of Lightweight Cement Mortar Mixed with Recycled Expanded Polystyrene and Subjected to High Temperatures», Advanced Materials Research 1051 (2014): 752-756

5

Rocío Sancho, María Eugenia Maciá, Ángel Castillo, Propiedades físico-mecánicas de hormigones autocompactantes ligeros con EPS reciclado sometidos a altas temperaturas (Oporto: Universidade do Porto, 2015). p.139-148

6

Esperanza Menéndez, E. Puerto, Ravindra Gettu, María Eugenia Maciá, Ángel Castillo, Assessment of the Behaviour of Polymer Cement Mortars for Repair at high Temperatures (India: Rilem, 2017). p.469-477

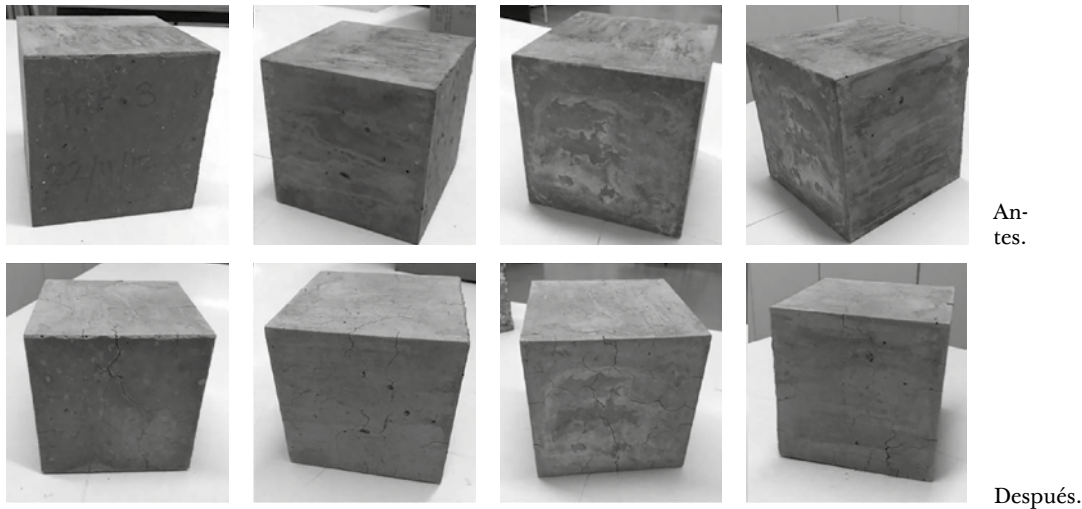
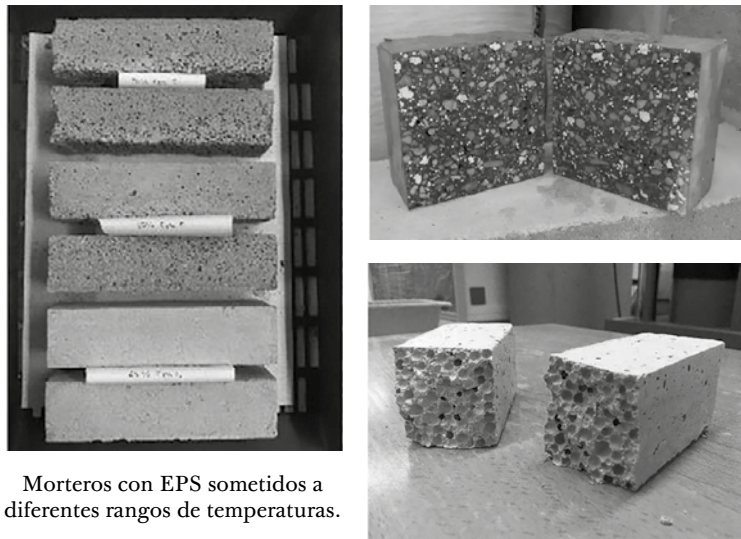


Fig. 5

Aspecto exterior de la probeta HPF-3 antes y después de haber sido sometida a la acción térmica.
(Fuente: Elaboración propia).

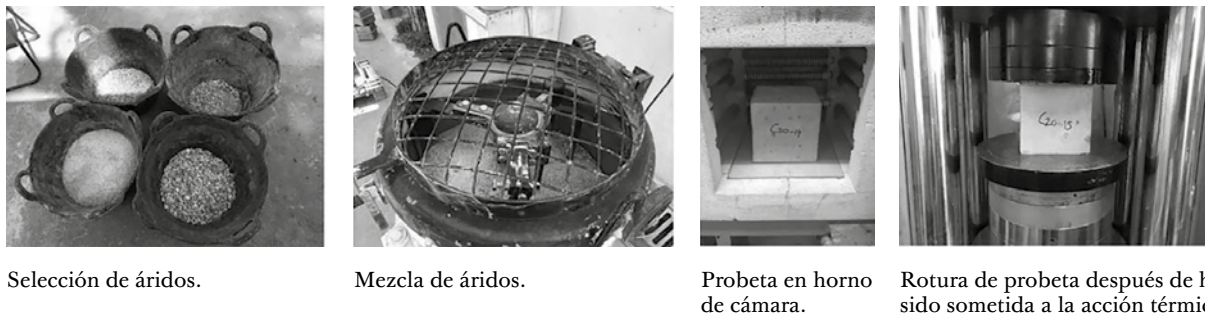


Morteros con EPS sometidos a diferentes rangos de temperaturas.

Probeta de hormigón con EPS.

Fig. 6

(Fuente: Elaboración propia).



Selección de áridos.

Mezcla de áridos.

Probeta en horno de cámara.

Rotura de probeta después de haber sido sometida a la acción térmica.

Fig. 7

(Fuente: Elaboración propia).

Bibliografía

Anaya, Pablo; Andrade, Carmen; Castillo, Ángel y Maciá, María Eugenia. Influencia del filler calizo en el comportamiento frente a fuego de hormigones autocompactantes. Madrid. Csic. 2011.

Anaya, Pablo; Andrade, Carmen; Castillo, Ángel y Maciá, María Eugenia. Hormigones autocompactantes en la prefabricación. Comportamiento a altas temperaturas. Madrid: Csic, 2012.

Menéndez, Esperanza; Puerto, E; Gettu, Ravindra; Maciá, María Eugenia y Castillo, Ángel. Assessment of the Behaviour of Polymer Cement Mortars for Repair at high Temperatures. India: Rilem, 2017.

Sancho, Rocío. Efecto de altas temperaturas sobre la resistencia mecánica de hormigón autocompactante con árido ligero reciclado. Tesis Doctoral. Universidad San Pablo CEU. 2017.

Sancho, Rocío; Castillo, Ángel; Maciá, María Eugenia y Corral, Rosa. Changes of Mechanical Properties of Lightweight Cement Mortar Mixed with Recycled Expanded Polystyrene and Subjected to High Temperatures. Advanced Materials Research 1051, 2014.

Sancho, Rocío; Maciá, María Eugenia y Castillo, Ángel. Propiedades físico-mecánicas de hormigones autocompactantes ligeros con EPS reciclado sometidos a altas temperaturas. Oporto: Universidade do Porto, 2015.