



TÍTULO DEL PROYECTO: **Construcción Sostenible**

PROFESOR RESPONSABLE: **Enrique Fernández Ledesma**

MACROÁREA DE CONOCIMIENTO: **Ingeniería y Arquitectura**

RESUMEN:

El fuerte crecimiento en el sector de la construcción está generando un agotamiento global de recursos y aumento de la producción de residuos de construcción y demolición (RCDs). Esto ha desencadenado en numerosos estudios centrados en el uso de áridos reciclados de RCDs en obras de construcción e ingeniería civil. El reciclaje de RCDs aumenta el ciclo de vida de los materiales y minimiza el impacto ambiental adverso del sector de la construcción. La fracción gruesa de áridos reciclados (> 4 mm) se ha utilizado con buenos resultados en la construcción de carreteras y caminos rurales y en la fabricación de hormigón estructural y hormigón no estructural. Mientras que la fracción fina de áridos reciclados (0/4 mm) se ha utilizado en la fabricación de morteros de mampostería. La reutilización de estos residuos ha contribuido notablemente en la optimización de los recursos naturales y por lo tanto en el desarrollo de una construcción sostenible.



PROFESORES PARTICIPANTES:

NOMBRE: Enrique Fernández Ledesma
CARGO: Profesor Ayudante Doctor
DEPARTAMENTO/ÁREA: Mecánica/Mecánica de Medios Continuos y Teoría de Estructuras
CENTRO: EPS de Belmez
CONTACTO: efledesma@uco.es
Tlfnos. 5285 / 657285629 / 957213033
Fax: 957218323

NOMBRE: José Ramón Jiménez Romero
CARGO: Profesor Titular de Universidad
DEPARTAMENTO/ÁREA: Ingeniería Rural/Ingeniería de la Construcción
CENTRO: EPS de Belmez
CONTACTO: jrjimenez@uco.es
Tlfnos. 5238 / 667524702
Fax: 957218550

NOMBRE: Antonio López Uceda
CARGO: Profesor Sustituto Interino
DEPARTAMENTO/ÁREA: Mecánica/Ciencia de los Materiales e Ingeniería Metalúrgica
CENTRO: EPS de Córdoba
CONTACTO: p62louca@uco.es
Tlfnos. 625733839
Fax: 957218323



OBJETIVOS: (General y específicos)

El **objetivo general** de este proyecto se centra en sensibilizar y concienciar a los alumnos ante el impacto ambiental de la generación de residuos y explotación de recursos naturales, y las medidas que podemos tomar para minimizarlo. Esto incluye la reutilización de los áridos reciclados en la construcción.

Los **objetivos específicos**, que se persiguen:

1. Conocer los ensayos que se utilizan para la caracterización de las propiedades físico-mecánicas y químicas de los áridos reciclados.
2. Diseño y fabricación de hormigones con distintas tipologías y fracciones granulométricas de áridos reciclados, y la incorporación de otros tipos de residuos (plásticos, vidrios, cenizas..).
3. Distinguir las diferencias de distintos procesos de amasado (humedecer o no los áridos previamente).
4. Estudiar las propiedades físicas (consistencia y relación agua/cemento) de los hormigones reciclados con el uso de aditivos (superplastificantes, reductores de agua...) y las propiedades mecánicas: resistencia a compresión y tracción indirecta.
5. Elaborar un informe final: (1) Diseño experimental. (2) Representación gráfica y discusión de resultados. (3) Conclusiones: determinar con los resultados obtenidos, si los áridos reciclados, son aptos o no, en la fabricación de hormigones y sus limitaciones.



RECURSOS: (Aulas, laboratorios, equipamiento)

Para la realización de este proyecto disponemos en el Dpto. de Ingeniería Rural de un laboratorio de ingeniería de construcción. Además, usaremos el Seminario de Ingeniería de la Construcción y el Aula Manuel Montes. Todos estos espacios están localizados en el Edificio Leonardo Da Vinci.

Laboratorio de Ingeniería de la Construcción

Dispone de todo el equipamiento necesario para llevar a cabo el proyecto. Cuarteadores, tamizadoras automáticas, tamices para el ensayo granulométrico, mezcladora de hormigón, mezcladora de mortero, hormigonera, moldes metálicos para fabricar probetas de hormigón y morteros, sala con campana de extracción de gases (ensayos químicos), prensa de rotura de 2000 kN de fuerza, prensa multiensayo con célula de rotura de 50 kN y célula de 300 kN, 3 estufas de sacado, 3 cámaras climáticas para el curado de probetas, contenedores para el curado de probetas bajo agua.

Seminario de Ingeniería de la Construcción: aula dotada con pizarra y proyector para presentaciones. Dispone de una capacidad aproximada de 40 alumnos

Aula Manuel Montes: aula dotada con pizarra y proyector para presentaciones. Además dispone de 20 puestos de ordenadores para los alumnos.



DESCRIPCIÓN DE LA ACTIVIDAD: (Máximo 5 hojas)

Introducción

Los Residuos de Construcción y Demolición (RCDs) representan un 32,6% (Eurostat, 2017) del total de los residuos que se producen en la Unión Europea, siendo el tipo de residuo que más se produce. Los RCDs convenientemente gestionados y tratados en Plantas de valorización, se convierten en áridos reciclados que pueden ser utilizados como materias primas en edificación o ingeniería civil.

La concienciación cada vez mayor por parte de las Administraciones por motivos medioambientales ha desencadenado en una mejora de la gestión de los RCDs. A partir de la generación de conocimiento científico-técnico, a partir de proyectos de investigación de carácter nacional e internacional, se han ido ampliando los usos y aplicaciones de los áridos reciclados de RCD y se han llevado a cabo modificaciones de las especificaciones técnicas o normativas específicas que contemplan su uso y permitan mitigar la explotación de recursos naturales

En los últimos años se ha venido investigando intensamente la fracción gruesa de áridos reciclados en la ejecución de capas estructurales de firmes de caminos rurales o carreteras (Jiménez y col. 2011; Agrela y col., 2012; Barbudo y col., 2012; Jiménez, 2013), los resultados obtenidos indican que los áridos reciclados presentan una menor densidad y una mayor humedad óptima de compactación, sin embargo, ofrecen una excelente capacidad portante.

Por otro lado, existen numerosos estudios centrados principalmente en las posibilidades del uso de la fracción gruesa de áridos reciclados de hormigón en la elaboración de hormigón reciclado (Evangelista y Brito, 2010). No obstante, el empleo de la fracción fina de áridos reciclados en la fabricación de hormigones aún no está contemplado en ninguna normativa española, además esta fracción presenta una mayor absorción de agua que la gruesa, lo que se traduce en mayor cantidad de agua de amasado y por consiguiente en una disminución de resistencias mecánicas. Éste efecto puede ser paliado con el uso de superplastificantes (Cartuxo y col, 2014).

Durante las sesiones los estudiantes entrarán en contacto con el trabajo que se lleva a cabo en los laboratorios de investigación, especialmente desarrollando técnicas aplicadas al control de calidad de materiales de construcción.

Protocolos

Los protocolos que se aplicará durante el desarrollo de la actividad incluyen:

- Protocolo de organización de un laboratorio de construcción.
- Protocolos de manejo de los diferentes equipos.
- Realización de un cuaderno de laboratorio.

Materiales y aparatos a utilizar

- Material de laboratorio específico en un laboratorio de Construcción
- Áridos reciclados y áridos naturales
- Cemento
- Cuarteador para dividir muestras
- Mezcladora de hormigón



- Moldes metálicos para la fabricación de probetas
- Prensas de rotura
- Picnómetro
- Tamices de ensayo

Resultados esperados

Este proyecto permitirá abordar el estudio del uso de áridos reciclados en la fabricación de hormigón. Por un lado, aprenderán cómo es la recepción de los materiales, la caracterización físico-mecánica y química de los mismos. Comparar los resultados obtenidos con la normativa técnica y ver según los resultados obtenidos los usos que pueden tener los materiales ensayados. Aprenderán a realizar el diseño experimental de la fabricación de hormigones con áridos reciclados, y ver el efecto del uso de aditivos y superplastificantes durante el amasado. Para finalizar, los alumnos conocerán los fundamentos de la investigación científica en sus aspectos principales y obtener unas conclusiones del proyecto abordado.

Cronograma detallado de la actividad

Primera sesión

Presentación del proyecto por el Profesor

Segunda sesión

Lugar: Laboratorio Ingeniería de la Construcción y seminario (Edificio Leonardo Da Vinci)

Objetivos:

- Conocer las instalaciones y equipos del laboratorio
- Tomar muestras de ensayo
- Conocer los principales ensayos de caracterización físico-mecánica y química.
- Conocer las normas básicas de seguridad e higiene en el laboratorio de Ingeniería de la Construcción
- Concienciar sobre la importancia de un correcto manejo de los residuos de laboratorio para una eficaz protección medioambiental

Recursos y consumibles necesarios:

- Áridos reciclados
- Áridos naturales
- Cuarteador
- Estufas
- Tamices de ensayo
- Reactivos
- Material de protección: gafas de laboratorio, botas de seguridad, batas y guantes desechables



El alumnado manipulará este material siguiendo las instrucciones y bajo supervisión del profesor.

Actividades a desarrollar

Esta sesión comenzará con una explicación en aula de los distintos tipos de ensayos que se realizan a los áridos y la normativa a utilizar en cada caso.

1. Toma de muestras (reducción mediante cuarteo)
2. Ensayo granulométrico de los áridos
3. Ensayo de composición
4. Ensayo de los Ángeles (resistencia a la fragmentación)
5. Densidad y absorción
6. Resistencia a heladas
7. Ensayo de propiedades químicas
8. Test de evaluación ambiental de los áridos reciclados: ensayo de lixiviación en tanque

Tercera sesión

Lugar: Laboratorio Ingeniería de la Construcción y seminario (Edificio Leonardo Da Vinci)

Objetivos:

- Aprender a realizar un diseño experimental (dosificación de hormigones)
- Aprender a hacer una amasada de hormigón y fabricar probetas de ensayo.

Recursos y consumibles necesarios:

- Áridos reciclados
- Áridos naturales
- Cemento
- Material de protección: gafas de laboratorio, botas de seguridad, batas y guantes desechables

Actividades a desarrollar

Esta sesión comenzará con una explicación en aula del diseño experimental a utilizar en el proyecto, así como el método de dosificación de hormigones aplicado.

1. Dosificación de las amasadas de hormigón
2. Realizar al menos 4 amasadas de hormigón (2 amasadas con diferentes tasas de árido reciclado con aditivos y otras 2 amasadas con diferentes tasas de árido reciclado sin aditivos) y estudiar el efecto de la incorporación de otros tipos de residuos(plásticos, vidrios, cenizas..)



3. Estudiar la posibilidad de la incorporación de otros tipos de residuos (plásticos, vidrios, cenizas..) en la fabricación de hormigones
4. Ensayo del hormigón fresco: medida de la consistencia
5. Fabricación de probetas

Cuarta sesión

Lugar: Laboratorio Ingeniería de la Construcción (Edificio Leonardo Da Vinci)

Objetivos:

- Aprender a desmoldar las probetas de ensayo
- Aprender a manejar la prensa de rotura de probetas (parámetros de rotura)

Recursos y consumibles necesarios:

- Cepillos de limpieza de probeta
- Prensa de rotura de probetas

Actividades a desarrollar

- Desmoldar probetas
- Obtención de las propiedades mecánicas del hormigón endurecido (rotura a compresión)
- Análisis y presentación de los resultados

Quinta sesión

Finalización del proyecto

Presentación de los resultados obtenidos

Exposiciones de clase

Impresiones sobre la experiencia desarrollada

Día	Lunes	Martes	Miércoles	Jueves	Viernes
P L A N	Inauguración campus Presentación Proyectos	Trabajo en el laboratorio de Ing. de la Construcción	Trabajo en el laboratorio de Ing. de la Construcción	Trabajo en el laboratorio de Ing. de la Construcción	Trabajo en aula convencional y/o de informática
O B J E T O	Organización de los grupos de trabajo	Conocer el funcionamiento del laboratorio – Ensayos de caracterización de materiales	Aprender a diseñar un estudio experimental	Aprender a interpretar los resultados obtenidos	Aprender a tratar, analizar y presentar los resultados



REFERENCIAS

Agrela, F., Barbudo, A., Ramírez, A., Ayuso, J., Carvajal, M. D., & Jiménez, J. R. (2012). Construction of road sections using mixed recycled aggregates treated with cement in Malaga, Spain. *Resources, Conservation and Recycling*, 58, 98-106.

Barbudo, A., Agrela, F., Ayuso, J., Jiménez, J. R., & Poon, C. S. (2012). Statistical analysis of recycled aggregates derived from different sources for sub-base applications. *Construction and Building Materials*, 28(1), 129-138.

Cartuxo, F., de Brito, J., Evangelista, L., Jiménez, J. R., & Ledesma, E. F. (2015). Rheological behaviour of concrete made with fine recycled concrete aggregates—Influence of the superplasticizer. *Construction and Building Materials*, 89, 36-47.

Eurostat. StatisticExplained. Estadísticas sobre residuos. Acceso el día 9 de abril, 2018 (http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Waste_statistics/es)

Evangelista, L., & De Brito, J. (2010). Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 32(1), 9-14.

Jiménez, J. R. (2013). Recycled aggregates (RAs) for roads. Pacheco-Torgal, F., Tam, VWY, Labrincha, JA, Ding, Y. de Brito, J. (Eds.), *Handbook of recycled concrete and demolition waste*. Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK, 351-376.

Jiménez, J. R., Agrela, F., Ayuso, J., & López, M. (2011). A comparative study of recycled aggregates from concrete and mixed debris as material for unbound road sub-base. *Materiales de Construcción*, 61(302), 289-302.