

# Evaluación de las prestaciones de morteros estructurales fabricados con áridos reciclados mixtos de diferente composición

**Iván Martínez Herrera**

Correo electrónico: imartinez@civil.cujae.edu.cu

**Artículo Original**

**Elier Pavón de la Fé**

Correo electrónico: elierpavon@gmail.com

**Nelson Díaz Brito**

Correo electrónico: nediaz@civil.cujae.edu.cu

Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, La Habana, Cuba

## Resumen

En el presente estudio se analizan las propiedades mecánicas y de durabilidad de morteros estructurales fabricados con sustitución total de áridos naturales por áridos reciclados. Estas propiedades se comparan con las presentadas por un mortero patrón elaborado con árido natural. Se emplearon tres áridos reciclados de composición mixta procedentes de tipologías típicas de viviendas de La Habana y un árido natural que posee una elevada calidad entre los que se comercializan en la ciudad. Se utilizó una dosificación gravimétrica 1:2 para todos los morteros, con el objetivo de obtener una resistencia a compresión superior a los 40 MPa, para el posible uso de los morteros en la fabricación de elementos de ferrocemento. Los resultados muestran que los morteros preparados con áridos reciclados poseen menores prestaciones tanto mecánicas como de durabilidad que el mortero patrón, pero en función de la composición de los áridos estas prestaciones difieren considerablemente. Los morteros fabricados con áridos reciclados de composición cerámica mayoritaria brindaron las mejores prestaciones, mecánicas y de durabilidad entre los morteros reciclados.

Palabras claves: áridos reciclados, residuos de construcción y demolición, morteros estructurales

Recibido: 22 de abril del 2013

Aprobado: 11 de agosto del 2013

## INTRODUCCIÓN

En La Habana se generan aproximadamente 1000 m<sup>3</sup> diarios de residuos de construcción y demolición (RCD) [1], según estimados a partir de datos contabilizados por la Oficina Nacional de Estadísticas (ONE) de Cuba. La mayor parte de estos se depositan en vertederos comunes, lo que provoca su contaminación e imposibilita su posterior utilización. Esto es debido a la falta de una infraestructura tecnológica adecuada y a deficiencias políticas en el manejo de estos residuos.

La mayoría de los RCD sin contaminar existentes en La Habana son de tipo mixto, debido a la ausencia de demoliciones selectivas. Los RCD resultantes contienen materiales de diferente naturaleza (cerámico, hormigón,

morteros, cal, yeso, etc.), que demandan el desarrollo de aplicaciones para su tratamiento.

La construcción de viviendas con interés social, es un tema de vital importancia en la actualidad. El déficit habitacional existente demanda la construcción de un número considerable de viviendas cuyo costo no puede ser elevado, pues sería inviable económicamente. El diseño y desarrollo de elementos de ferrocemento permite fabricar, con consumos reducidos de materiales, elementos constructivos para viviendas. Para la construcción de estos elementos se necesitan morteros de altas prestaciones, que sean capaces tanto de soportar los esfuerzos estructurales como de brindar protección al refuerzo.

Las actuales exigencias de sostenibilidad en la construcción promueven el empleo de materiales con menor impacto ecológico [2]. La utilización de áridos reciclados como sustitución de áridos naturales, contribuirían no solo a la protección de recursos naturales no renovables, sino además con la disminución de los volúmenes de residuos generados y un menor consumo de energía, contribuyendo al descenso de los costes totales del sector de la construcción [3].

Estudios anteriores han demostrado la posibilidad de sustituir áridos naturales por áridos reciclados mixtos en morteros de albañilería con buenos rendimientos [4], [5]. El posible uso de áridos reciclados mixtos para morteros estructurales, potenciaría aún más el uso de RCD en el desarrollo de elementos constructivos, contribuyendo a la sostenibilidad de la industria de materiales del país.

Las propiedades de durabilidad de morteros estructurales con utilización de áridos reciclados no han sido muy estudiadas internacionalmente. Los estudios que tratan el tema muestran que la incorporación de áridos reciclados provoca el decrecimiento de las prestaciones de los morteros, principalmente debido al mortero adherido a los áridos que provoca un debilitamiento en la relación entre el cemento y los áridos y a los mayores índices de porosidad y absorción de los áridos reciclados [6-8].

En este estudio se estudian las propiedades mecánicas y de durabilidad de morteros estructurales con un 100% de sustitución de áridos naturales por áridos reciclados mixtos. Se utilizó una dosificación gravimétrica 1:2 para la fabricación de todos los morteros.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Cemento

Se utilizó un cemento Portland P-35 con un peso específico de 3,12 g/cm<sup>3</sup> (determinado según lo descrito en la norma cubana NC 523: 2007), superficie específica de 3089 g/cm<sup>2</sup> (determinado a través del permeabilímetro de Blaine) y resistencia a compresión de 35 MPa a los 28 días. El cemento proviene de la fábrica René Arcay del Mariel, ubicada en la provincia de Artemisa, aledaña a La Habana. Esta fábrica es la principal abastecedora de cemento de La Habana. En la tabla 1 se muestra la composición química del cemento.

### Producción y composición de los áridos reciclados

Para este estudio se utilizaron 3 áridos reciclados procedentes de diferentes fuentes de residuos de construcción y demolición (RCD). Todas las fuentes de RCD eran de composición mixta. Las composiciones de los RCD responden a las tipologías de viviendas comunes existentes en La Habana.

En la tabla 2 se muestra la nomenclatura utilizada para cada residuo, la tipología constructiva de la que proviene, así como el elemento mayoritario en su composición. Tal y como se puede observar, la mayor parte de los escombros obtenidos de cada una de las tipologías están compuestos por los elementos de cubierta y paredes, también poseen otros materiales como baldosas, mortero, yeso, etc., pero en bajos porcentajes.

Los áridos reciclados se obtuvieron a partir de la trituración de la parte gruesa (material retenido en el tamiz de 4,76mm) de los RCD. Para la trituración se empleó una máquina de mandíbulas de poca capacidad a escala de laboratorio. La introducción de los materiales en la máquina se realiza de forma manual, con lo que se evita la incorporación de impurezas que son removidas por los operarios. Una vez triturado el material, para la fabricación de los morteros se utilizó la fracción que pasaba por el tamiz de 4,76 mm. La composición química de los tres tipos de áridos reciclados se describe en la tabla 3, fue determinada luego de la ignición de estos a 950°C.

Las normas cubanas NC 657: 2008 y NC 251: 2005, establecen las propiedades a cumplir por los áridos finos para su empleo en morteros de albañilería y hormigones. En ellas se admite la presencia de cantidades de yeso siempre que el contenido de SO<sub>3</sub> no sobrepase el 1% del peso total del árido seco. En la tabla 3 se observa que los tres áridos reciclados cumplen con este requisito, de ahí que se toleren los bajos índices de yeso que pueden poseer estos áridos.

### Propiedades físicas de los áridos utilizados

Además de los áridos reciclados se utilizó una arena natural (AN) procedente de la cantera Arimao ubicada en la provincia de Cienfuegos (a unos 240 km de La Habana). Esta arena posee muy buenas propiedades físicas comparadas con otros áridos naturales comercializados en la ciudad, pero la distancia a la que se encuentra la cantera es considerable.

En la figura 1 se muestra la distribución granulométrica de los áridos utilizados.

La arena natural (AN) muestra una granulometría un tanto discontinua, al pasar una gran parte del material por los tamices de mayor tamaño (2,38 mm y 1,19 mm) y luego presentar un bajo contenido de las partículas más finas (0,297 mm y 0,149 mm). Se puede observar como todos los áridos reciclados presentaron un mayor contenido de finos que el natural. Entre los áridos reciclados el AR1 mostró la mayor cantidad de partículas finas, lo que provoca un aumento de la superficie específica y por ende una mayor necesidad de agua, pero puede presentar la ventaja de poseer una mejor matriz de áridos con menor espacio entre partículas.

Tabla 1  
Composición química del cemento

	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O
CP-350	2,74	0,05	0,29	61,11	0,79	0,14	21,34	5,89	1,68	0,50

Tabla 2  
Características de los RCD

Nomenclatura	Tipología constructiva de la vivienda	Composición fundamental	Nomenclatura del árido reciclado obtenido
RCD-1	Cubierta de tejas cerámicas y paredes de mampuesto El residuo obtenido es mayormente cerámico	Mayoritariamente cerámico	AR1
RCD-2	Cubierta de hormigón armado y paredes de ladrillos cerámicos	Mayoritariamente mortero y cerámica	AR2
RCD-3	Cubierta de hormigón armado y paredes de bloques de hormigón	Principalmente hormigón	AR3

Tabla 3  
Composición química de los áridos reciclados

	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MnO	TiO <sub>2</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	MgO	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>
AR1	4,93	0,08	0,38	26,09	0,83	0,08	47,43	13,29	3,82	2,21	0,08
AR2	2,11	0,04	0,22	46,47	0,43	0,1	16,61	4,93	1,54	0,29	0,31
AR3	1,71	0,08	0,17	65,30	0,37	0,1	13,24	3,42	5,77	0,2	0,01

La tabla 4 muestra las propiedades físicas de los áridos naturales y reciclados utilizados. Para la determinación de la densidad y la absorción de agua se siguió lo descrito en la norma cubana NC 177: 2002. Se empleó la norma NC 181: 2002 para la determinación del peso unitario suelto y la NC 182: 2002 para determinar el porcentaje de material que pasa por el tamiz no. 200 (< 0,074 mm).

Como se puede observar en la tabla 4, la absorción de agua de los áridos reciclados es mayor que la del árido natural, de la misma manera, la densidad de los reciclados es menor que la de la arena natural, este fenómeno ya se había verificado en otras investigaciones [4], [9], [10].

Aunque la arena AN presenta un módulo de finura comparable al de los áridos reciclados, la cantidad de finos (material que pasa por el tamiz 0,074 mm) es solo del 1%, siendo menor que la de los áridos reciclados. Para áridos reciclados este material fino está compuesto principalmente por arcilla, por lo que debe prestarse atención a este valor y no admitir porcentajes elevados (NC 251: 2005).

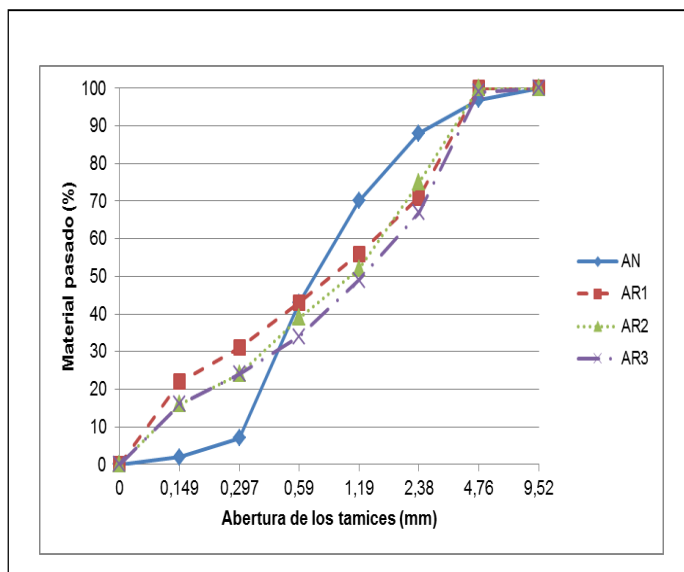


Fig. 1. Distribución granulométrica de los áridos estudiados

Tabla 4  
Propiedades físicas de los áridos estudiados

Propiedades	AN	AR1	AR2	AR3
Densidad (kg/dm <sup>3</sup> )	2,6	2,13	2,1	2,11
Absorción de agua (%)	1,3	4,71	6,79	6,27
Peso unitario suelto (kg/dm <sup>3</sup> )	1,48	1,25	1,16	1,29
Módulo de finura	2,93	2,78	2,94	3,12
Material más fino que el tamiz de 0,074 mm (%)	1	13	11,3	8

### Fabricación de los morteros

La norma cubana NC 656:2008, establece las dosificaciones y especificaciones para morteros estructurales. Para morteros tipo III-2 (arena pasada por tamiz de 4,76 mm y 45 MPa de resistencia a compresión a los 28 días), se propone una dosificación volumétrica 1:2 (cemento: áridos). La norma exige una fluidez de  $190 \pm 5$  mm (medido en la mesa de sacudidas).

Para este estudio, se utilizó una dosificación gravimétrica 1:2, pues la diferencia en el peso unitario suelto existente entre los áridos reciclados y los naturales, provocaría en caso de dosificar por volumen, que los contenidos de cemento fueran diferentes entre los morteros con respecto al peso de total de materiales. Además, para la elaboración de piezas prefabricadas es viable la utilización de dosificaciones gravimétricas.

En esta investigación se utiliza una fluidez de  $210 \pm 5$  mm, buscando un mortero más fluido que el fijado por la norma, con el objetivo de lograr una adecuada compactación con una menor energía. La relación agua/cemento (a/c) utilizada fue la mínima posible para cada mortero, alcanzándose la fluidez deseada con la utilización de un aditivo superfluidificante de base acrílica con retardo de fraguado (Dynamón SRC 20).

Se confeccionaron probetas prismáticas de 40x40x160 mm para la determinación de las propiedades en estado endurecido de los morteros, excepto para la retracción que se utilizaron probetas de 25x25x180 mm. Se emplearon tres probetas para la medición de cada propiedad, excepto la resistencia a compresión donde se realizaron 6 mediciones a partir de las tres probetas analizadas a flexión. Se confeccionaron 12 probetas de 40x40x160 mm para cada dosificación propuesta.

Todas las probetas de mortero se desmoldaron a las 24 h y se curaron sumergidas en agua hasta la edad de ensayo. La selección de las probetas para la realización de los ensayos se realizó de forma aleatoria.

### Ensayos realizados

Los morteros se trabajaron con una fluidez constante de  $210 \pm 5$  mm. En todos los morteros se determinó la capacidad de retención de agua de acuerdo a la norma NC 169: 2002, para ello se utilizó un molde cilíndrico de 100 mm de diámetro y 25 mm de profundidad. Mediante este ensayo, el mortero fresco se somete a un tratamiento de succión empleando un papel de filtro especificado como sustrato y se determina la capacidad de retención de agua de los morteros según la cantidad de agua absorbida por los papeles de filtro.

Tabla 5 Características de los morteros estructurales				
Nomenclatura	Dosificación volumétrica	Árido	a/c	Aditivo (%)
MEP	1:2	AN	0,43	0,3
MER-1	1:2	AR1	0,58	0,7
MER-2	1:2	AR2	0,52	0,6
MER-3	1:2	AR3	0,50	0,6

A todos los morteros fabricados se les determinó las propiedades mecánicas de resistencia a flexión y resistencia a compresión de acuerdo con la norma NC 173: 2002. Se detectaron las propiedades de durabilidad; capacidad de la absorción capilar según lo establecido en la norma NC 171: 2002, la retracción por secado al aire, siguiendo la norma C490/C490M-11 y la resistividad eléctrica.

La medición de la resistividad eléctrica en morteros no está normalizada en Cuba. Su medición se realizó sobre probetas a la edad de 28 días con iguales condiciones de fabricación y curado que las empleadas para la flexión y compresión.

Para la determinación de la retracción, se confeccionaron probetas prismáticas de 25x25x280 mm. A 24 h de hormigonadas se desmoldaron las probetas y se mantuvieron en un ambiente con  $85 \pm 5\%$  de humedad relativa y  $24 \pm 5^\circ\text{C}$  de temperatura, midiéndose las variaciones de longitud durante 90 días.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### Retención de agua

La norma cubana NC 656: 2008 recomienda un valor mínimo de retención de agua del 85 %. En la tabla 6 se muestran los valores de retención de agua obtenidos por los morteros estudiados.

Se puede observar que todos los morteros cumplieron con el valor de retención de agua establecido por la norma cubana. Las diferencias entre los morteros reciclados fueron mínimas. El alto contenido de finos que presentaban los áridos reciclados favoreció el buen desempeño de esta propiedad. El mortero patrón (MEP) mostró los menores índices de retención, esto se debe al bajo contenido de finos que posee la arena natural (AN), como se observa en la figura 1.

### Resistencia a flexión y compresión

Según la NC 656: 2008, para morteros tipo III-2, se exige un valor mínimo de resistencia a compresión de 45 MPa a los 28 días. Aunque las dosificaciones del presente trabajo se realizaron gravimétricamente, se tomará dicho valor como referencia.

La tabla 7 muestra la resistencia a flexión y a compresión de los morteros fabricados. Se puede observar que solo el mortero patrón y uno de los morteros reciclados (MER-1) alcanzaron la resistencia mínima exigida por la norma cubana.

Tabla 6 Propiedades de los morteros en estado fresco		
Morteros	Fluidez (mm)	Retención de agua (%)
MEP	219	90,7
MER-1	223	95,4
MER-2	216	94,9
MER-3	225	94,6

En la figura 2 se muestran los valores de resistencia a compresión y el rango de su dispersión. Se puede destacar que el mortero fabricado con el árido reciclado AR1 obtuvo valores de resistencia próximos al valor fijado por la norma cubana (45MPa) para morteros 1:2 dosificados volumétricamente. El resto de los morteros reciclados analizados se alejaron más de este resultado, pero obtuvieron valores en el entorno de los 40 MPa, resistencia considerable para valorar su utilización en diferentes aplicaciones, como elementos prefabricados de ferrocemento. La mayor relación a/c que presentan los morteros reciclados es uno de los factores determinantes en las menores prestaciones de resistencia a compresión alcanzadas por estos en comparación con el de árido natural.

Estudios anteriores han alcanzado resultados similares, en Corinaldesi y Moriconi [11], se emplearon áridos reciclados provenientes de un único material, reportándose un decrecimiento de las prestaciones mecánicas con respecto a un mortero convencional, pero con valores aceptables teniendo en cuenta la necesidad de la reutilización de los RCD.

### Absorción capilar

Para todos los morteros analizados en este estudio, los índices de absorción capilar son bajos. El mortero patrón, como se observa en la figura 3, presentó los menores valores. Los poros capilares son creados por la evaporación del agua libre existente dentro de la pasta del mortero. En general, los morteros fabricados con árido reciclado requirieron mayor cantidad de agua para alcanzar valores aceptables de fluidez, lo que provoca la aparición de mayor cantidad de poros capilares y como consecuencia el aumento de la capacidad de absorción capilar.

### Resistividad

En la tabla 7 se muestran los valores de resistividad obtenidos por cada uno de los morteros estudiados. Los morteros fabricados con árido AR1 presentaron los índices más elevados de esta propiedad.

La composición del árido AR1, al ser mayoritariamente cerámico (tabla 4), provocó este comportamiento. Resulta interesante tener en cuenta este desempeño, porque en elementos de ferrocemento fabricados con áridos de composición similar al estudiado, brindaría una buena protección al refuerzo del elemento.

Tabla 7 Propiedades mecánicas y de durabilidad de los morteros estructurales					
Morteros	Resistencia a flexión (MPa)	Resistencia a compresión (MPa)	Absorción capilar a 7 días (g/cm <sup>2</sup> )	Retracción a 90 días (%)	Resistividad (kΩ - cm)
MEP	7,3	49,6	0,22	-0,084	48,1
MER-1	7,7	44,33	0,29	-0,138	55,9
MER-2	4,1	39,1	0,31	-0,167	28,8
MER-3	7	42,2	0,41	0,141	24,1

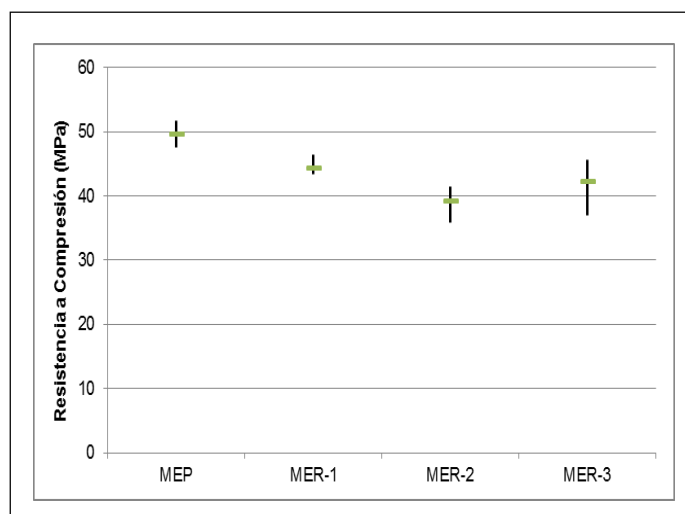


Fig. 2. Resistencia a compresión a 28 días de los morteros, valor mínimo, máximo y promedio

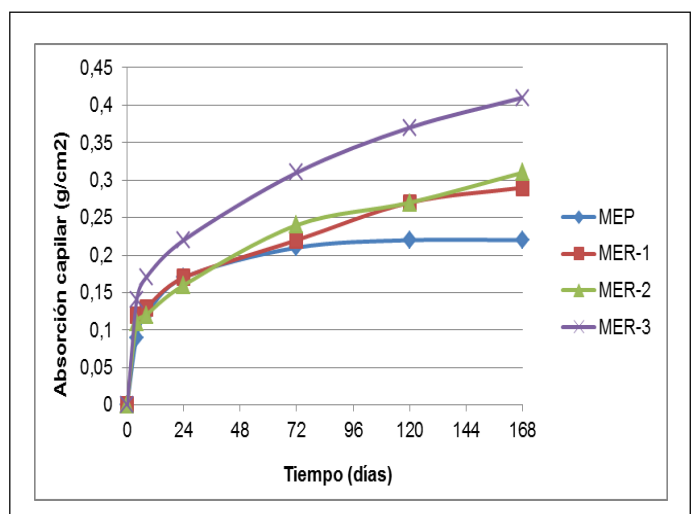


Fig. 3. Absorción capilar de los morteros a la edad de 28 días

Los morteros MER-2 y MER-3 presentaron valores bajos de resistividad si se comparan tanto con el mortero patrón como con el mortero reciclado MER-1. La mayor porosidad que presentan los áridos reciclados unido a la mayor relación a/c que demandan los morteros reciclados provoca este comportamiento. Solo el mortero reciclado MER-1 por la composición propia del árido AR1 no presenta índices similares.

### Retracción

La retracción fue mayor en los morteros preparado con áridos reciclados que para el mortero fabricado con árido natural (figura 5). Los resultados obtenidos por Miranda y Selmo [12] guardan relación con estos resultados, sin embargo, definieron que la alta presencia de material fino ( $<75\mu\text{m}$ ) era el principal factor que afectaba esta propiedad; en dicho estudio no se muestra este comportamiento, pues el mortero reciclado con mayor contenido de material fino (MER-1) presentó el menor valor de retracción entre todos los morteros reciclados.

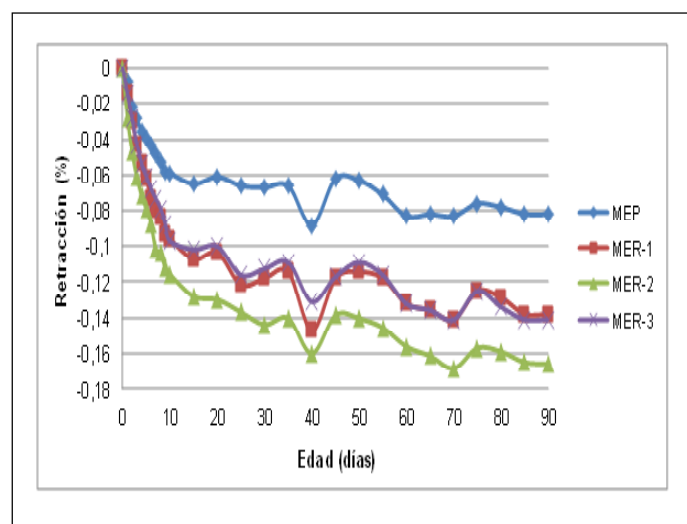


Fig. 4. Retracción de los morteros estudiados

## CONCLUSIONES

Las prestaciones tanto mecánicas como de durabilidad de los morteros estructurales, con sustitución total de árido natural por reciclado, decrecen de manera general, con respecto a las de un mortero patrón fabricado con áridos naturales.

La composición de los áridos reciclados tiene influencia sobre las propiedades de los morteros, el árido reciclado que poseía una composición mayoritaria de material cerámico dio como resultado el mortero con mejores prestaciones, a pesar de necesitar una relación a/c ligeramente superior que el resto de los morteros reciclados.

Los morteros reciclados de menores resistencias mecánicas, alcanzaron valores de compresión en el entorno de los 40 MPa, valor considerable teniendo en cuenta el hecho que los áridos reciclados empleados son de tipo mixto.

El mortero fabricado con áridos de composición cerámica mayoritaria alcanzó los valores de resistividad más elevados, superiores incluso al mortero patrón, lo que puede favorecer la protección de armaduras de refuerzo en elementos armados de ferrocemento o similares.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer a la Agencia Española de Cooperación Internacional para el Desarrollo (AECID, al Ministerio de Asuntos Exteriores y de Cooperación) por la financiación aportada al proyecto que da origen al presente trabajo. Igualmente, quisieran reconocer la contribución brindada por el personal del Laboratorio de Materiales de Construcción del Centro de Estudios de Construcción y Arquitectura Tropical (CECAT) y del Centro de Servicios Técnicos de Ingeniería y Tecnología de la Construcción (CITEC).

## REFERENCIAS

1. PAVÓN, Elie; ETXEBERRIA, Miren; DÍAZ, Nelson. "Estudio de la aplicabilidad del hormigón con árido grueso reciclado en La Habana, Cuba". *Materiales de Construcción*. 2012, vol. 62, núm. 307. DOI: 10.3989/mc.2012.63210. Disponible en Web: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/685/729>. Consultado en Mayo 2013.
2. DAMTOFT, J. S.; LUKASIK, J.; HERFORT, D. "Sustainable development and climate change initiative." *Cement and Concrete Research*. 2008, vol. 38, núm. 2, pp. 115-127. ISSN 0008-8846.
3. OLORUNSOGO, F.; PADAYACHEE, N. "Performance of recycled aggregate concrete monitored by durability indexes." *Cement and Concrete Research*. 2002, vol. 32, núm. 2, pp. 179-185. ISSN 0008-8846.
4. MARTÍNEZ, Iván; ETXEBERRIA, Miren; PAVÓN, Elie. "Evaluación de morteros de albañilería elaborados con áridos reciclados mixtos con diferentes procesos de obtención". *Revista Cubana de Ingeniería*. 2012, vol. 2, núm. 3, pp. 2-7. Disponible en Web: <http://rci.cujae.edu.cu/index.php/rci/article/view/64/pdf>. Consultado en noviembre 2012.
5. MARTÍNEZ, Iván; ETXEBERRIA, Miren; PAVÓN, Elie; DÍAZ, Nelson. "A comparative analysis of the properties of recycled and natural aggregate in masonry mortars". *Construction and Building Materials*. 2013, vol. 49, pp. 384-392. DOI: 10.1016/j.conbuildmat.2013.08.049
6. LEE, Seung-Tae. "Influence of recycled fine aggregates on the resistance of mortars to magnesium sulfate attack." *Waste Management*. 2009, vol. 29, núm. 8, pp. 2385-2391. ISSN: 0956-053X.
7. RYOU, J. S. "Improvement on strength and permeability of recycled concrete made from crushed concrete coarse

- aggregate". *Journal of Materials Science Letters*, 2002, vol. 21, pp. 1565-1567.
8. **POON, C. S.; SHUI, Z. H.; LAM, L.** "Effect of microstructure of ITZ on compressive strength of concrete prepared with recycled aggregates". *Construction and Building Materials*. 2004, vol. 18, pp. 461-468. ISSN: 0950-0618.
9. **VEGAS, I.; AZKARATE, I.; JUARRERO, A.; FRÍAS, M.** "Diseño y prestaciones de morteros de albañilería elaborados con áridos reciclados procedentes de escombros de hormigón". *Materiales de Construcción*, 2009, vol. 59, pp. 5-18. ISSN 0465-2746. Disponible en Web: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/142/183>. Consultado en noviembre 2009.
10. **EVANGELISTA, L.; DE BRITO, J.** "Durability performance of concrete made with fine recycled concrete aggregates". *Cement & Concrete Composites*. 2010, vol. 32, núm. 1, pp. 9-14. ISSN: 0958-9465.
11. **CORINALDESI, Valeria; MORICONI, Giacomo.** "Behaviour of cementitious mortars containing different kinds of recycled aggregate." *Construction and Building Materials*. 2009, vol. 23, núm. 1, pp. 289-294. ISSN: 0950-0618.
12. **MIRANDA, Leonardo; SELMO, Sílvia.** "CDW recycled aggregate renderings?: Part I - Analysis of the effect of materials finer than 75  $\mu$ m on mortar properties". *Construction and Building Materials*. 2006, vol. 20, pp. 615-624. ISSN: 0950-0618.

## AUTORES

### Iván Martínez Herrera

Ingeniero Civil, Instructor, Departamento de Ingeniería Civil, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujate, La Habana, Cuba

### Elier Pavón de la Fé

Ingeniero Civil, Máster en Ciencias, Asistente, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujate, La Habana, Cuba

### Nelson Díaz Brito

Ingeniero Civil, Máster en Ciencias, Profesor Auxiliar, Facultad de Ingeniería Civil, Instituto Superior Politécnico José Antonio Echeverría, Cujate, La Habana, Cuba

# Evaluation of Structural Mortars Made with Mixed Recycled Aggregates with Different Composition

## Abstract

In the present study are analyzed the mechanical and durability properties of structural mortars made with total replacement of natural aggregates by recycled aggregates. These properties are compared with those provided by a standard mortar made with natural aggregate. Three different compositions of mixed recycled aggregates from typical housing typologies of Havana and a natural aggregate which has high quality were used. A 1:2 gravimetric mix proportion for all mortars was used, in order to obtain a compressive strength above 40 MPa. The results show mortars containing recycled aggregates have lower mechanical and durability performances than standard mortar, but depending on the composition of aggregate these benefits differ considerably. The mortars containing recycled aggregates with a majority ceramic composition gave the best mechanical and durability performances among the recycled mortars.

key words: recycled aggregates, construction and demolition waste, structural mortars