



Estudio para aprovechamiento de RCD en Santiago de Cali como agregado en materiales de construcción

Study for RCD utilization in Santiago of Cali as aggregate in materials of construction

Leydi M. Jimenez Bolaños ^{1*}, Nilson F. Trochez Sánchez ², Yessica D. Díaz Rosero ³

¹ Investigadora, Sena Centro de la Construcción. TPIC. ljimenezb@sena.edu.co

² Investigador, Sena Centro de la Construcción. TPIC. nftrochez@sena.edu.co

³ Investigadora, Sena Centro de la Construcción. TPIC. jessicadiazros@gmail.com

Resumen

El sector de la construcción aporta alrededor del 50% de la contaminación de residuos sólidos inorgánicos en el planeta; generando contaminación en el aire, agua y suelo modificando el ecosistema. En la ciudad de Santiago de Cali (Colombia) se produce aproximadamente 2500 metros cúbicos de residuos de construcción y demolición (RCD) por día, situando a esta ciudad en el segundo puesto de las capitales colombianas con mayor generación de este tipo de residuos. Esta investigación presenta como alternativa el aprovechamiento de los RCD de la estación de transferencia del sur de la ciudad para ser empleados como agregados. Se realizó una clasificación general por tipo de material y posteriormente una caracterización como agregado fino de acuerdo a la Norma NTC 174, para medir el desempeño mecánico de este agregado reciclado se fabricaron ladrillos prensados, además se utilizó escoria de parrilla (residuo de quema de carbón en calderas) como sustituto del cemento gris, dichos ladrillos fueron curados en invernadero. Los ladrillos fabricados con los RCD se evaluaron de acuerdo a la norma NTC 4026, obteniendo resistencias a

compresión de 17,9 Mpa y absorción de agua máxima de 9,79 % a los 28 días de curado. Se puede concluir que es factible utilizar los RCD como agregado para la producción de ladrillos cumpliendo con la normatividad vigente.

Palabras clave: Gestión ambiental, ladrillo, materiales de construcción, residuos de demolición y construcción.

Abstract

The construction sector contributes around 50 % of the pollution of inorganic solid waste on the planet; generating pollution in the air, water and soil and modifying the ecosystem. The city of Santiago of Cali (Colombia) produces approximately 2500 cubic meters of construction and demolition waste (RCD) per day, placing to this city in the second position of the Colombian capitals with major generation of this type of residues. This research presents as an alternative the use of RCD`s of the transfer station in the south of the city to be used as aggregates. For this purpose, a general classification and later a characterization as aggregate according to

88

the NTC 174 standard was carried out. In order to measure it's performance, pressed bricks were manufactured, using boiler slag as replacement of cement Portland, and curing in greenhouses. The bricks with the RCD's manufactured were evaluated according to the NTC 4026 standard, obtaining compressive strength of 17,9 MPa and maximum water absorption of 9,79% after 28 days of curing. It can be concluded that is feasible to use the RCD's as an aggregate for production of bricks in compliance with current regulations.

Key words: Environmental issues, brick, construction materials, demolition and construction waste.

1. Introducción

El sector constructivo aporta alrededor del 50% de la contaminación de residuos sólidos inorgánicos en el planeta, con una tendencia de crecimiento constante acorde con el aumento de la población mundial y el crecimiento urbanístico, generando Residuos de Construcción y Demolición denominados RCD, considerados estos como residuos especiales los cuales requieren un manejo diferente como lo indica el decreto 0291 de 2005 de Santiago de Cali, al igual que el decreto 2981 de 2013, esto hace que los procesos de transporte, disposición y aprovechamiento sean factores importante a tener en cuenta en el momento del manejo de los RCD. A la fecha en la ciudad de Cali no está definida la disposición final de los RCD generando de esta manera escombreras ilegales en varios puntos de la ciudad creando contaminación visual y ambiental (Castaño, Rodríguez, Lasso, Gomez, &

Ocampo, 2013) Según el Ministerio de ambiente y sostenibilidad en Colombia en el año 2011 se produjeron alrededor de 22 millones de toneladas de RCD entre las principales ciudades del país, en la ciudad de Santiago de Cali se producen aproximadamente 2500 m³ de RCD por día, (Robayo, Matthey, Silva, Burgos, & Delvasto, 2015) de este volumen se estima que un 76,6% es aportado por las constructoras y obras de infraestructura, conocida como "generación formal" y 23,4% es aportado por construcciones y remodelaciones regulares, conocido como "sector informal" (Sanchez, Ruiz, Ortiz, & Silva, 2013).

Diferentes investigaciones han explorado alternativas sostenibles para utilización de RCD esto en procura de la conservación de los recursos naturales empleados para la fabricación de materiales de construcción. Actualmente se encuentran estudios alrededor del empleo de RCD como agregado reciclado para mortero y concreto (Ledezma, y otros, 2014; Fernandez, Jimenez, Ayuso, Fernandez, & de Brito, 2015; Akhtar & Sarmah, 2018) y elementos de mampostería prefabricados para el sector de la construcción de varios residuos industriales los cuales pueden tener un comportamiento puzolánico al ser mezclado con cal hidratada. (Eliche Quesada, Martínez Martínez, Pérez Villarejo, Sánchez Soto, & Sandalio Perez, 2017; Lima, Varum, Sales, & Neto, 2012)

En la presente investigación se estudiaron las propiedades físicas de los RCD de acuerdo a la especificación NTC 174 y su viabilidad técnica como agregado fino reciclado (ARF). Además se determinó el comportamiento frente al uso midiendo el desempeño físico mecánico de los ARF mediante la elaboración

de ladrillos, en estos se utilizó el ARF como agregado y como aglomerante un cementante alternativo a partir del acondicionamiento de escoria de parrilla (residuo de caldera) en reemplazo del cemento gris convencional (OPC), finalmente se evaluaron los ladrillos para determinar su cumplimiento frente a la norma técnica colombiana NTC 4026.

2. Metodología

La metodología implementada en la presente investigación es de tipo explicativa, aplicando un diseño experimental, la población en estudio fueron los RCD recolectados de la estación de transferencia Ubicada en la Av. Simón Bolívar con carrera 50 en la ciudad de Cali, Evaluando su cumplimiento como agregado según la NTC 174, además se desarrollaron ladrillos macizos a partir de los AFR y se evaluaron sus propiedades según la norma NTC 4026.

2.1 Materiales

2.1.1 RCD

El muestreo de los RCD se efectuó durante 3 meses, cada semana en días aleatorios y se clasificaron de acuerdo a los materiales encontrados: **Concreto, Cerámica Roja, Mixto** (dos o más materiales que no se pueden separar) **Cerámica** (cerámica para enchapes de pisos y muros) **Tierra, Otros** (materiales no cerámicos, madera, metal, plásticos, cartón, etc.)

Posteriormente se realizó proceso de conminución del material utilizando una trituradora de mandíbulas y una de rodillos,

el triturado se tamizó por una malla de 4,75 mm de abertura (tamiz #4), garantizando en el ARF un tamaño de partícula que brinde una mejor textura a los ladrillos.



Figura 1. Adecuación de RCD en ARF.

El ARF se caracterizó con base en la norma NTC 174 donde se establecen los requisitos de gradación y calidad para los agregados finos y gruesos para uso en concretos y morteros, en la tabla 1 se muestran los ensayos empleados para el estudio.

Tabla 1. Ensayos realizados según especificación NTC 174.

<i>Caracterización RCD como ARF</i>	
<i>Propiedad</i>	<i>Norma</i>
<i>Granulometría y módulo de finura</i>	NTC 77
<i>M.U.S (kg/m³) y M.U.C (kg/m³)</i>	NTC 92
<i>D aparente (g/cm³)y % Absorción</i>	NTC 237
<i>Impurezas orgánicas</i>	NTC 127
<i>Terrones de arcilla y partículas Deleznales</i>	NTC 589
<i>Sanidad de Agregados</i>	NTC 126

2.1.2 Escoria de parrilla

La escoria de parrilla fue recolectada de la caldera de un ingenio azucarero del Valle del Cauca. Se realizó un proceso de molienda en molino de bolas donde se buscó obtener tamaños de partícula inferiores a 40 μm , con el fin de activar físicamente el material como cementante (Zhao, Ni , Wang, & Jiu , 2007).

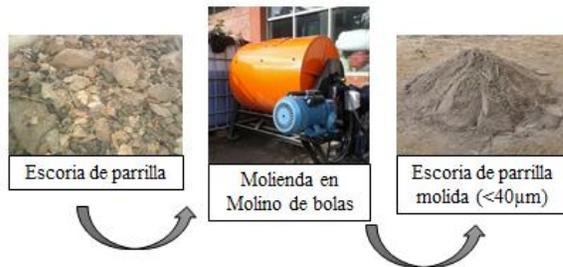


Figura 2. Transformación escoria de parrilla.

2.2 Elaboración de ladrillos

Se elaboraron ladrillos macizos (tolete) de medidas 24x12x7 cm, la dosificación utilizada se muestra en la tabla 2.

Tabla 2. Dosificación de materiales para mezcla.

Dosificación en % de peso			
ARF	Escoria	Cal hidratada	Agua
55,2	25,7	11	8.1

El proceso empleado para la elaboración de los ladrillos a partir de AFR y escoria de parilla se muestran en la figura 3.



Figura 3. Proceso de elaboración de ladrillos.

3. Resultados

De acuerdo al muestreo efectuado y posterior clasificación los materiales más representativos en los RCD estudiados son: **Concreto** 38%, **Mixto** (pedazos de ladrillo, concreto y mortero) 25,6%, **Cerámica Roja** 18.7% y **Cerámica** 9,8% como se muestra en la figura 4, este resultado presenta tendencias similares al estudio reportado para Ciudad de Bogotá (Chávez Porras, Guarín Cortes, & Cortes Duarte, 2013)

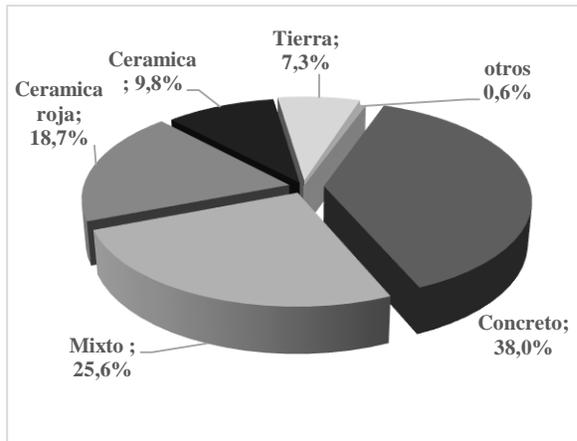


Figura 4. Composición promedio RCD.

El análisis granulométrico del ARF de acuerdo a la norma NTC 174 muestra que el material aunque no se encuentra en su totalidad dentro de los límites inferior y superior recomendados como agregado fino, si presenta una capacidad de acomodamiento y distribución adecuada para una matriz cementicia.

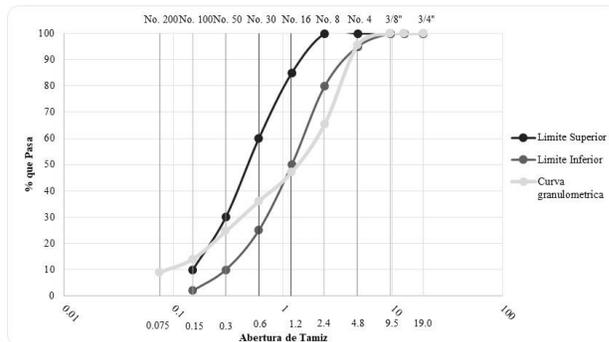


Figura 5. Distribución granulométrica del ARF

En la tabla 3, se observa las características físicas del ARF estudiado.

Tabla 3. Caracterización de AFR como agregado fino (NTC 174).

Propiedad	Unidad	Valor	Especificación NTC 174
Peso unitario suelto	Kg/m ³	1448.9	N.A
Peso unitario compactado	Kg/m ³	1575.5	N.A
Módulo de Finura		3.17	2.3 a 3.1

Absorción	%	7.41	N.A
Gravedad específica	g/cm ³	2.22	N.A
Porcentaje que pasa en el tamiz 200 micras	%	9	7*
Partículas Deleznales	%	3.2	3
Solidez frente a sulfato de magnésio	%	22.55	15
Colorimetría		3	3

*Porcentaje para arena triturada

La figura 6 muestra el ensayo de impurezas orgánicas por método colorimétrico, el ARF se cataloga como N°3. Lo cual indica que el contenido de materia orgánica es aceptable para ser utilizado como agregado en la producción de concretos y morteros.



Figura 6. Ensayo de impurezas orgánicas de AFR (NTC 127).

En la tabla 4, se muestran los resultados obtenidos de la evaluación de los ladrillos elaborados y se comparan con los valores exigidos según la norma NTC 4026 para ladrillos macizos (tolete) los cuales se emplean en la fabricación de muros de carga en el sistema de construcción de mampostería confinada, título D capítulo 10 de la NSR10 (norma de sismo resistencia del 2010); se observa que para el ladrillo fabricado se cumple con lo requerido en la norma y se pueden clasificar como ladrillos estructural de clase alta, el cual exige como valor mínimo 13 Mpa de resistencia a compresión y una absorción total máxima 91

92

del 12% para ladrillos de peso mediado cuya densidad este entre 1680 y 2000 kg/m³

Tabla 4. Resultados de caracterización de ladrillos frente NTC 4026

	Resistencia (Mpa) 28 días	% Absorción	Densidad kg/m ³
Ladrillo	17,90	9,79	1789
NTC 4026	13	17	1680 y 2000

Conclusiones

Los RCD transformados en AFR cumplen con la mayoría de los requisitos de la NTC 174 para uso como agregado en materiales de construcción, es factible el uso de los mismos como agregado en la producción de ladrillos macizos clase alta, NTC 4026, empleados en la fabricación de muros de mampostería confinada según NSR10, el no cumplimiento del porcentaje de material inferior a 74 micras y del comportamiento de solidez ante sulfatos no afecta el desempeño mecánico de los ladrillos, pero se plantea en segunda fase ensayos de durabilidad a largo plazo para descartar afectación.

Es posible desarrollar materiales de construcción que cumplan con los requerimientos técnicos realizando un aprovechamiento de más del 90% de los RCD.

Bibliografía

Akhtar, A., & Sarmah, A. (2018). Construction and demolition waste generation and properties of recycled aggregate concrete: A

global perspective. *Journal of Cleaner Production*, 186, 262-281. doi:https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.03.085

Castaño, J., Rodríguez, R., Lasso, L., Gomez, A., & Ocampo, S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: Perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129. doi:ISSN 0123-921X.

Chávez Porras, Á., Guarín Cortes, N., & Cortes Duarte, M. (2013). Determinación de propiedades físicoquímicas de los materiales agregados en muestra de escombros en la ciudad de Bogotá D.C. *Ingenierías Universidad de Medellín*, 12(22), 45-57. doi:ISSN 1692-3324

Eliche Quesada, D., Martínez Martínez, S., Pérez Villarejo, L., Sánchez Soto, P. J., & Sandalio Perez, J. A. (2017). Investigation of use of coal fly ash in eco-friendly construction materials: fired clay bricks and silicacalcareous non fired bricks. *Ceramics International*.

Fernandez, E., Jimenez, J. R., Ayuso, J., Fernandez, J. M., & de Brito, J. (2015). Maximum feasible use of recycled sand from construction and. *Journal of Cleaner Production*(87), 692-706. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.jclepro.2014.10.084

Ledesma, E., Jimenez, J., Fernandez, J., Galvín, A., Agrela, F., & Barbudo, A. (2014). Properties of masonry mortars manufactured with fine recycled concrete. *Construction and Building Materials*(71), 289-298. http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.08.080.

Lima, S., Varum, H., Sales, A., & Neto, V. (2012). Analysis of the mechanical properties of compressed earth block masonry using the sugarcane bagasse ash. *Construction and Building Materials*, 829- 837. doi:http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2012.04.127



Meneses, Alexander.;Hernández, Eudes E.2013.Identificación de emisiones directas e indirectas de GEI en el sector tratamiento y disposición de aguas residuales:bases para la formulación de proyectos MDL en Ptar.Bistua.2(1):60-69

Robayo, R., Matthey, P., Silva, Y., Burgos, D., & Delvasto, S. (2015). Los residuos de la construcción y demolición en la ciudad de Cali: un análisis hacia su gestión, manejo y aprovechamiento. *Tectura*, 19(44), 157-170. doi:http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.2.a12

Vera, J. y Cañón, J. (2018). El valor agregado de un sistema de gestión ambiental más allá de la certificación. *Revista de la Facultad de Ciencia Básicas*, 16(1), 86-91.

Sanchez, D., Ruiz, F., Ortiz, H., & Silva, M. (25 de Agosto de 2013). ¿De donde vienen y a donde van a parar los ecombros de Cali? *El país*. Obtenido de <http://www.elpais.com.co>

Zhao, F., Ni, W., Wang, H., & Jiu, H. (2007). Activated fly ash/slag blended cement. *Conservation and Recycling*, 52, 303-313. doi:10.1016/j.resconrec.2007.04.002

L. Jiménez, Ingeniera de Materiales (2000) de la Universidad del Valle, Magister de ingeniería en sistemas industriales (2010) ENIM-Francia. Estudiante de maestría en ingeniería de materiales (2017) de la Universidad Del Valle. Integrante activo del Grupo de Investigación Tecnología para la innovación en la construcción (TPIC) Instructora-Investigadora, SENA Centro de la construcción, Regional Valle, con experiencia en el sector de la construcción. Diseño y producción de materiales e investigación para la optimización de concretos, morteros y acabados, como la reutilización de otras materias primas en el desarrollo de nuevos productos. <https://orcid.org/0000-0002-4978-0250>

N. Trochez, Ingeniero de Materiales (2000) de la Universidad del Valle, Magister de ingeniería en sistemas industriales (2010) ENIM- Francia. Estudiante de maestría en ingeniería de materiales (2017) de la Universidad Del Valle. Integrante

93

activo del Grupo de Investigación Tecnología para la innovación en la construcción (TPIC). Instructor- Investigador, SENA Centro de la construcción, Regional Valle, con experiencia en el sector de la construcción, Diseño de materiales e investigación en la optimización Materiales para el sector de la construcción; Diseño de materiales de construcción a partir de residuos industriales y municipales.

<https://orcid.org/0000-0003-0695-6110>

Y. D. Díaz Rosero, Ingeniera de materiales (2015) de la Universidad del Valle; Estudiante de maestría en ingeniería ambiental (2018) de la Universidad Nacional de Colombia, Palmira, Valle del Cauca. Investigadora, SENA Centro de la construcción, regional Valle, Integrante activo del Grupo de Investigación Tecnología para la innovación en la construcción (TPIC). <https://orcid.org/0000-0002-7225-8604>

*Para citar este artículo: Jimenez Bolaños L.M.; Trochez Sánchez N.F.; Díaz Rosero Y.D.Study for RCD utilization in Santiago of Cali as aggregate in materials of construction. . *Revista Bistua*. 2019 17(1):87-93

+ Autor para el envío de correspondencia y la solicitud de las separatas: Jimenez Bolaños L.M. Sena Centro de la Construcción. TPIC. ljimenezb@sena.edu.co

Recibido: Marzo 15 de 2018

Aceptado: Agosto 10 de 2018