

**Residuos de construcción y demolición
(RCD), una perspectiva de
aprovechamiento para la ciudad
de barranquilla desde su
modelo de gestión**

Construction demolition waste (CDW),
a perspective of achievement for the
city of Barranquilla since its
management model

Carlos Albeiro Pacheco Bustos*

Luis Guillermo Fuentes Pumarejo**
Universidad del Norte, Barranquilla

Édgar Humberto Sánchez Cotte***

Hugo Alexander Rondón Quintana****
Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá

* Doctor en ingeniería. Profesor Asistente del Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental de la Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. *cbustosa@uninorte.edu.co*

** Doctor en Ingeniería. Director Departamento de Ingeniería Civil y Ambiental, Universidad del Norte, Barranquilla, Colombia. *lfuentes@uninorte.edu.co*

*** Máster en Ingeniería. Profesor Asociado de la Facultad Tecnológica de la Universidad Distrital Francisco José de Caldas. Bogotá, Colombia. *esanchez@udistrital.edu.co*

**** Doctor en Ingeniería. Profesor Titular de la Facultad del Medio Ambiente y Recursos Naturales, Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. *harondonq@udistrital.edu.co*

Correspondencia: Carlos Albeiro Pacheco Bustos, Calle 91 # 46-80 apto 403, Barranquilla, Tel. móvil (57) 3203749202.

Origen de subvenciones o apoyos: La Universidad del Norte a través de la Dirección de investigación, Desarrollo e Innovación (Didi). Fondos de la agenda investigativa del Profesor Carlos Pacheco - Fofico 32101 PE0031.

Resumen

En los últimos años ha crecido significativamente la construcción en la ciudad de Barranquilla, lo cual ha generado que los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se hayan convertido en un problema ambiental, puesto que debido a su cantidad y disposición inadecuada, se han configurado en focos de contaminación de suelos y aguas superficiales. Este problema no es solo local, sino mundial, por lo que diferentes países han tomado medidas para una adecuada gestión integral de los residuos generados en obra. Algunos de los ejemplos de esta adecuada gestión son: reincorporación de RCD en procesos constructivos, reúso o aprovechamiento de RCD como materias primas, procesamiento de RCD para ser convertidos en agregados minerales para concretos y asfaltos o aprovechamiento de RCD como llenantes minerales. Por eso, en este artículo se presentan los resultados de un estudio realizado a 75 obras localizadas en las diferentes zonas de la ciudad de Barranquilla, en donde se realizaron encuestas en temas de manejo, tratamiento y disposición final, al tiempo que se indagó sobre el conocimiento de la legislación local para el manejo de los RCD. A partir de los resultados obtenidos, se identificó que las prácticas de gestión de RCD que actualmente el gremio de la construcción está llevando a cabo no son las adecuadas y como solución se plantea una propuesta de mejora para el modelo de gestión (involucrando aprovechamiento y transformación) con el propósito de que sea implementado en la ciudad en los siguientes años.

Palabras clave: Aprovechamiento, gestión integral, RCD, residuos sólidos, sostenibilidad.

Abstract

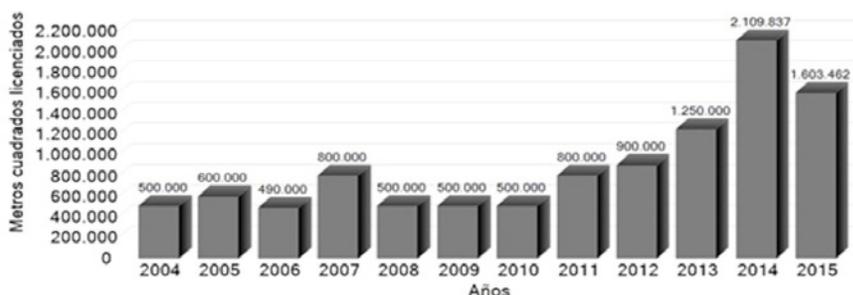
In recent years, there has been a significant increase in construction projects in the city of Barranquilla, leading to contamination in soils and water sources due to the inadequate generation and disposal of Construction and Demolition Waste (CDW). It is clear that this is not a local problem alone but that it involves trends present at a global level, which have led several countries to design measures for an adequate management of waste generated on building sites. Some examples of this adequate management are: reincorporation of CDW in construction processes, reuse or use of CDW as raw materials, processing of CDW to be converted into mineral aggregates for concrete and asphalt and the use of CDW as mineral fillers. In this work we present results of a study carried out in 75 construction sites located at different areas of the city of Barranquilla. We have carried out a detailed survey to assess the management, treatment and final disposal procedures, thus leading to a clear identification of relevant issues to deal with in this field, as well as improvements in the knowledge in the local legislation for the management of CDW. Based on the results obtained here, we have identified that the CDW management practices that the construction guild is currently carrying out are not adequate to solve these problems and that a more practical and long term solution needs to include a proposal to improve the management model (involving use and transformation) and its posterior implementation in the city of Barranquilla.

Keywords: CDW, integral management, solid waste, sustainability, Use.

Fecha de recepción: 15 de julio de 2016
Fecha de aceptación: 18 de marzo de 2017

I. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una de las mayores generadoras de residuos en la actualidad [1], sin embargo, históricamente ha sido un pilar necesario para el desarrollo de nuestras comunidades. Por lo general, la contaminación se presenta en la mayoría de sus procesos: desde la extracción, la fabricación de los materiales, hasta las diferentes actividades desarrolladas en la construcción de las obras civiles. Lo anterior provoca el agotamiento de varios recursos no renovables, así como la contaminación del agua y del aire [2], además del excesivo consumo de energía. En Colombia, el registro evidencia hasta la fecha, que grandes cantidades de residuos o escombros producto de la industria de la construcción son dispuestos en lugares inadecuados o son mal utilizados, como relleno en sitios que a futuro servirán como zonas de construcción de nuevas edificaciones, transformando estos espacios en terrenos inestables y muy difíciles de ser aprovechados. La industria de la construcción va en progresivo crecimiento como lo demuestran los metros cuadrados licenciados cada año en el país (Fig. 1), convirtiéndose así en el sector con mayor producción de RCD.



Fuente: Dane - Elaboración Camacol Regional Caribe m² licenciados.

Figura1. Metros cuadrados licenciados consolidados de Colombia.

El desarrollo de varias investigaciones orientadas al aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) para la generación de nuevos materiales [3], [4], su implementación y la necesidad de un cambio cultural progresivo de los actores de la industria de la construcción [5] ha servido como motivación para expedir numerosas leyes, decretos y resoluciones en países como Colombia (ej: Resolución 541 de 1994, Ley 1259 de 2008,

Decreto 2981 de 2013, Decreto 1076 de 2105), que aunque no tienen mucho tiempo trabajando la temática del aprovechamiento, reciclaje y reutilización, se proponen mitigar los impactos en el escenario en que se desarrollarán las generaciones futuras [6]. Referentes en esta gestión son países como Alemania, España y Bélgica, que en la actualidad se encuentran a la vanguardia en el tratamiento y aprovechamiento de estos materiales, adelantando una política que incluye separación en la fuente, tratamientos específicos y aprovechamientos en diferentes áreas de la construcción, disminuyendo el porcentaje de material residual a ser dispuesto. Sin embargo, estos modelos europeos, no son directamente aplicables a la realidad colombiana, pero nos sirven de base para proponer alternativas que se esperan desarrollar en ciudades como Barranquilla.

Este artículo presenta el panorama para el manejo adecuado de los RCD de una de las ciudades más importantes de Colombia, Barranquilla, y elabora un modelo de gestión ajustado a sus condiciones y características.

II. MARCO TEÓRICO

Los RCD son aquellos residuos provenientes de la construcción, rehabilitación y demolición de cualquier tipo de obra, ya sea de carácter público o privado [7]. Una de las formas de clasificación internacional es catalogar los RCD de acuerdo a su procedencia [8]:

- Materiales de excavación: tierra, arena, grava, rocas, etc.
- Construcción y mantenimiento de obras civiles: asfalto, arena, grava y metales, etc.
- Materiales de demolición: bloques de hormigón, ladrillos, yeso, porcelana y cal-yeso.

De acuerdo a esta clasificación, dentro de los RCD se tienen en cuenta las tierras de excavación limpias, sin embargo, el Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006 de España [9] menciona que dichas tierras son excluidas al no ser consideradas residuos. De conformidad con lo anterior, los RCD se dividen en tres grandes grupos, con sus respectivas subdivisiones como se describe en la Tabla 1.

Tabla 1. Clasificación de residuos de construcción y demolición (rcd)

Categoría	Grupo	Clase	Componentes
RCD aprovechables	I. Residuos mezclados	Residuos pétreos	Concretos, cerámicos, ladrillos, arenas, gravas, cantos, bloques o fragmentos de roca, baldosín, mortero y materiales no pasantes al tamiz # 200
		Residuos finos no expansivos	Arcilla, limos y residuos inertes que sobrepasen el tamiz # 200
	II. Residuos de material fino	Residuos finos expansivos	Arcillas y lodos inertes con gran cantidad de finos altamente plásticos y expansivos que sobrepasen el tamiz # 200
		Residuos no pétreos	Plásticos, PVC, maderas, papel, siliconas, vidrios, cauchos
	III. Otros residuos	Residuos de carácter metálico	Acero, hierro, cobre, aluminio
		Residuos orgánicos	Residuos de tierra negra
		Residuos orgánicos vegetales	Residuos vegetales y otras especies bióticas
RCD No aprovechable	IV. Residuos peligrosos	Residuos corrosivos, reactivos, radioactivos, explosivos, tóxicos y patógenos	Desechos de productos químicos, emulsiones, alquitrán, pinturas, disolventes orgánicos, aceites, resinas, plastificantes, tintas, betunes
	V. Residuos especiales	No definida	Poliestireno, icopor, cartón, yeso (drywall)
	VI. Residuos contaminados con otros residuos	Residuos contaminados con residuos peligrosos	Materiales pertenecientes a los grupos anteriores que se encuentren contaminados con residuos peligrosos
No definida		Residuos contaminados con otros residuos que hayan perdido las características propias de su aprovechamiento	
Otros	VII. Otros residuos	No definida	Residuos que por requisitos técnicos no es permitido su reúso en obras

Fuente: Guía para la elaboración del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición RCD en obra, Secretaría Distrital de Ambiente, Alcaldía Mayor de Bogotá D. C., 2015 [10].

Con base en la caracterización de la Tabla I, se observa que la categoría de aprovechables contiene RCD que potencialmente pueden ser usados nuevamente en el proceso constructivo de edificaciones y de vías, como materiales pétreos, rellenos de bases y sub-bases, llenantes minerales de morteros y asfaltos, elementos constructivos prefabricados (andenes, lozas de pasos peatonales), adoquines y elementos de mampostería, entre otros [4] – [11].

A. Modelo de gestión actual de los RCD en Barranquilla

Actualmente, la ciudad de Barranquilla es una de las ciudades más importantes de Colombia debido a su crecimiento económico, reflejado en el reciente aumento en el número de obras civiles de gran relevancia que se construyen en la ciudad, como la creación de un nuevo puente para unir los departamentos del Atlántico y del Magdalena. Tal megaobra que transformará la infraestructura vial del Caribe colombiano tiene una inversión por parte del Instituto Nacional de Vías (Invías) de \$614.935 millones de pesos colombianos [12]. Este tipo de financiaciones por parte de instituciones gubernamentales y privadas en la ciudad ha potencializado su crecimiento en infraestructura, pero a su vez incrementa la generación de RCD.

Otra de las actividades que se está llevando a cabo en la actualidad en Barranquilla, en el sector de la construcción, es la demolición de edificaciones antiguas con áreas muy amplias, para ser usadas o dispuestas en la conformación de edificios de mayor altura (superiores a cuatro pisos) y capacidad habitacional, los que a su vez, se convierten en focos generadores de RCD. A los magnos proyectos de vivienda, catalogados como grandes generadores, se suma el aumento en las construcciones en los hogares barranquilleros, como lo son: remodelaciones, ampliaciones de casas, cambios en el uso de la vivienda, entre otras, denominados los pequeños generadores. Estos últimos, son construcciones de tipo informal y en muchas ocasiones no cuentan con una licencia ambiental o de construcción que autorice esas obras (Figs. 2 y 3).



Fuente: Elaboración propia. Tomada en Barranquilla el 17 de marzo de 2016.

Figura 2. Grandes generadores de RCD



Fuente: Elaboración propia. Tomada en Barranquilla el 24 de marzo de 2016.

Figura 3. Pequeños generadores de RCD

La gestión de residuos se ha convertido en un tópico de suma importancia en el área de la construcción y del manejo integral de los residuos, motivo por el cual en los últimos meses se ha discutido acerca de las mejoras per-

tinentes que se deben introducir para la gestión correcta de los RCD en la ciudad, haciendo partícipes a todos los entes que de alguna forma generan, transportan, controlan, disponen o tratan este tipo de residuos.

Para conocer de primera mano cuál es el estado actual de la ciudad de Barranquilla referente a los procedimientos que se están llevando a cabo en el manejo de los RCD, tanto en la generación como en la recolección y disposición final, se realizaron seguimientos con fines académicos, a 75 obras civiles que se edifican actualmente en la ciudad.

III. METODOLOGÍA

La metodología utilizada en la investigación relaciona inicialmente la visión general de los actores involucrados en la gestión de residuos de la ciudad de Barranquilla, identificando que la información para contextualizar la problemática de los RCD era muy escasa. Por tal motivo, se elaboró y aplicó un instrumento tipo encuesta, el cual se aplicó a responsables de 75 obras en ejecución de diferente tipo constructivo, localizadas en diferentes zonas de la ciudad. La indagación preguntó por temáticas relacionadas con el conocimiento de la norma a nivel local y nacional, la generación de RCD, la disposición final de los RCD generados y la cultura de manejo que se daba a estos materiales en obra y su posterior disposición final. Luego, se tabuló la información para establecer las tendencias en cada una de las temáticas referidas. También se llevó a cabo un diagnóstico de los sitios o botaderos a cielo abierto en donde se están depositando actualmente los RCD sin ningún control, identificando un serio problema social, ya que quienes realizan estas inadecuadas disposiciones, son los mismos dueños de vehículos de tracción animal. Lo anterior nos permitió identificar el estado en la gestión de los RCD en la ciudad de Barranquilla y plantear, a modo de diagnóstico, el contexto en el cual se presenta la problemática.

A. Principales entidades involucradas en la gestión de los RCD

Triple A: Empresa de Acueducto, Alcantarillado y Aseo, se encarga de la recolección, transporte y disposición de escombros en la ciudad. Por otro lado, es también generadora de residuos como consecuencia de las actividades propias de su labor, por ejemplo: reparaciones de tuberías o limpieza de canales. En la temática del aprovechamiento de los residuos sólidos de

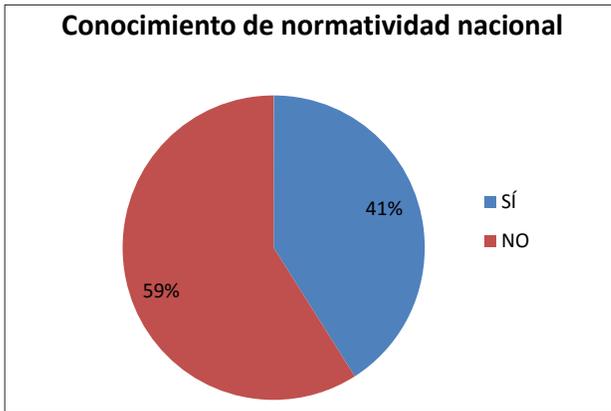
construcción y demolición (RCD), la entidad se encuentra capacitada para ser parte importante de un plan de gestión de residuos, carente en la ciudad de Barranquilla.

Barranquilla verde: Entidad de control y generación de leyes ambientales del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla. Esta entidad se encarga de controlar las emisiones, descargas, vertimientos, gestión integral de residuos (elementos contaminantes, residuos sólidos y residuos peligrosos o tóxicos) y además impone sanciones a los actores públicos y privados que incumplan con la reglamentación ambiental. Sin embargo, cabe anotar que esta entidad fue creada en diciembre de 2016 como sustituto del Departamento Técnico Administrativo del Medio Ambiente de Barranquilla (Damab) que fue cerrado porque la entidad no estaba cumpliendo a cabalidad con los objetivos planteados, según lo expresó la Procuraduría Delegada para Asuntos Ambientales y Agrarios, en su boletín 763 publicado el viernes 31 de julio de 2015, y debido a ello la Alcaldía de la ciudad tomó medidas correctivas para que esta entidad cumpliera con sus responsabilidades.

Área metropolitana de Barranquilla (AMB): El Área Metropolitana de Barranquilla es una entidad administrativa creada en 1981, regida por la Ley 1625 de 2013 para garantizar el crecimiento armónico e integral del territorio colocado bajo su jurisdicción: Barranquilla, Soledad, Malambo, Puerto Colombia y Galapa. Una de sus funciones es la de garantizar la sostenibilidad ambiental del territorio metropolitano. Si bien, no es la única función que debe cumplir la entidad, debería ser un apoyo para las instituciones cuyas funciones principales son de carácter meramente ambiental; pero esto no ocurre y la disgregación entre entidades es evidente.

B. Conocimiento de la normatividad por parte de los generadores de los RCD en la ciudad de Barranquilla

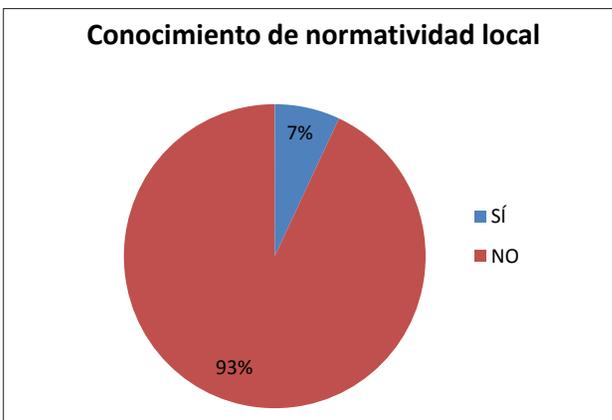
En el Fig. 4, se puede observar que el desconocimiento de la normatividad en la ciudad de Barranquilla aún es muy elevado de desconocimiento, puesto que el 59% de las obras encuestadas manifestó no conocer las pautas nacionales que se deben seguir referente al tratamiento de los RCD, lo que incide en gran medida en las malas prácticas.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 4. Encuesta “¿Conoce usted acerca de la normatividad nacional colombiana de RCD?”.

Mayor preocupación causa el hecho de que siendo recientes los decretos distritales ambientales en Barranquilla, el Decreto 0860 de 2012 y la Resolución 1011 del 28 de junio del 2016, la divulgación de los mismos no ha sido satisfactoria; apenas se publicó en la Gaceta Distrital [13] y ninguna otra estrategia comunicativa ha sido utilizada para socializar masivamente, por ejemplo difundir en medios de comunicación regionales. Dicha falla se traduce en que algunos integrantes del gremio de la construcción desconozcan por completo la normatividad, como se observa en la Fig. 5.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5. Encuesta “¿Conoce usted acerca de la normatividad distrital de Barranquilla de RCD?”.

Fuente: Elaboración propia.

C. Generación y composición de los RCD en la ciudad

La creación de residuos es uno de los puntos más importantes a la hora de diseñar un plan de aprovechamiento de RCD. En este sentido, los distintos profesionales de obras consultados reportan la generación de una cantidad variable de material, dependiendo de las actividades que en ellas se realizan, y, en promedio, las construcciones analizadas ocasionan aproximadamente un total 48,2 metros cúbicos de RCD semanales.

De esa cantidad, es importante realizar una correcta caracterización, puesto que debe conocerse el tipo de residuos que genera una ciudad, para proyectar cómo abordar la problemática de gestión de los mismos y cómo aprovechar de manera eficiente estos residuos. A continuación, se muestra la composición de los RCD generados en la ciudad de Barranquilla (Fig. 6), lo que permite enfocar los ajustes al modelo actual utilizando como base las condiciones propias de la ciudad. Una de las ventajas que se evidencia en la Fig. 6 corresponde a la identificación del residuo de mayor porcentaje en generación, siendo para este caso de estudio el concreto, el cual tiene diversas aplicaciones en pavimentos y construcción de edificaciones, en forma de agregado reciclado (RCA, por su sigla en inglés Recycled Concrete Aggregate) [1], [4], [7], [14]

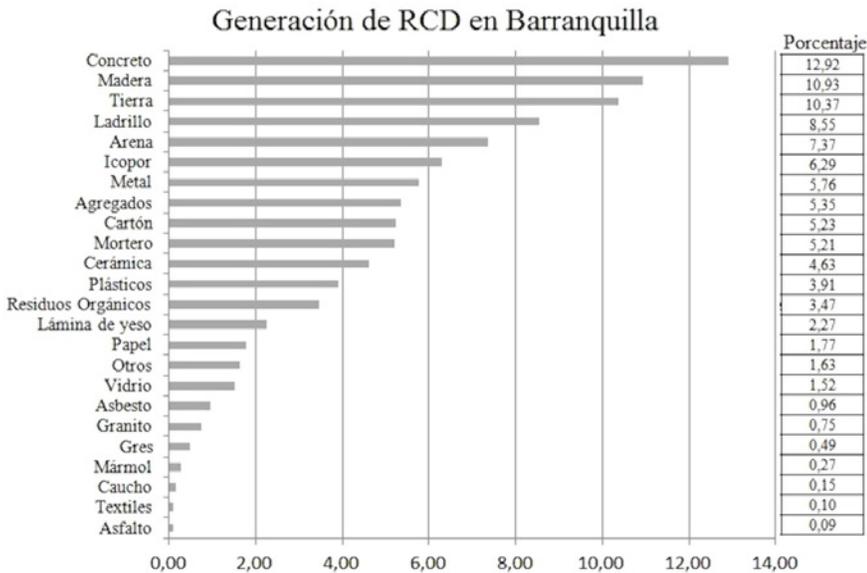
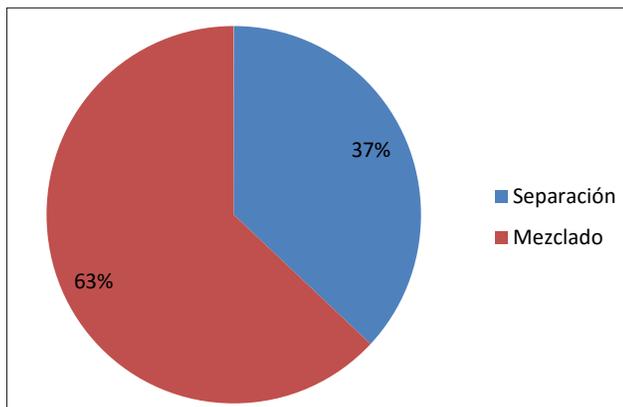


Figura 6. Composición de RCD de la ciudad de Barranquilla.

De acuerdo con la clasificación presentada anteriormente, los RCD en la ciudad presentan una importante conformación dentro del proceso de reutilización de los materiales de construcción debido a que es bien sabido que el concreto, la madera y el plástico resultan ser de los residuos con alto porcentaje de reciclaje y reutilización, es decir los que se presentan en gran porcentaje en la gráfica anterior.

D. Metodología de almacenamiento y recolección

De acuerdo con el estudio realizado, no se está llevando a cabo un correcto tratamiento de los RCD. Así lo expone la Fig. 7, donde 63% de las obras civiles a las que se aplicó la encuesta no realiza separación (ver Fig. 8), lo que disminuye la posibilidad de aprovechamiento ya que pueden estar contaminados con residuos peligrosos, y en ese estado no pueden reutilizarse ni tratarse.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 7. Metodología de almacenamiento de los RCD en las obras de la ciudad de Barranquilla.

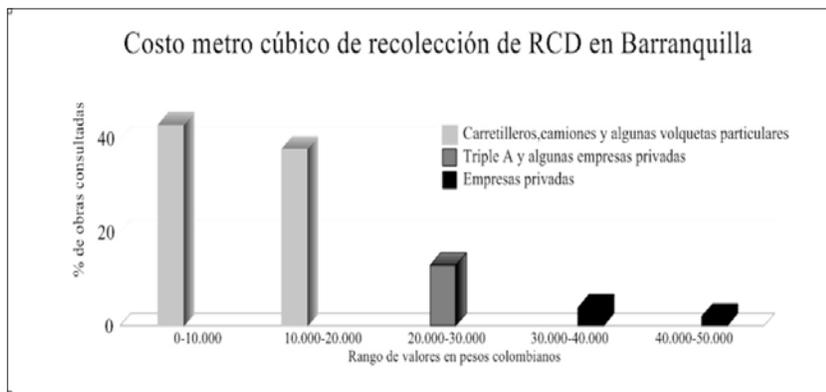


Fuente: Proporcionado por estudiantes del curso de construcción de la Universidad del Norte, 2016.

Figura 8. Método de almacenamiento sin separación mayormente empleado en la ciudad de Barranquilla.

Una de las causas por las cuales el gremio constructor en Barranquilla opta por la recolección informal de los RCD en las obras, bien sea por volquetas particulares o por carretilleros que emplean vehículos de tracción animal (Fig. 10), es el costo de transporte y retiro de los RCD, ya que se observa que el mayor porcentaje de las obras consultadas prefiere que la recolección la realice quien menor costo le represente, generando un problema social

y ambiental, que no ha sido tomado en cuenta en los modelos de gestión actuales (Fig. 9).



Fuente: Elaboración propia.

Figura 9. Preferencias en costo de recolección de RCD en Barranquilla por parte de las obras consultadas.

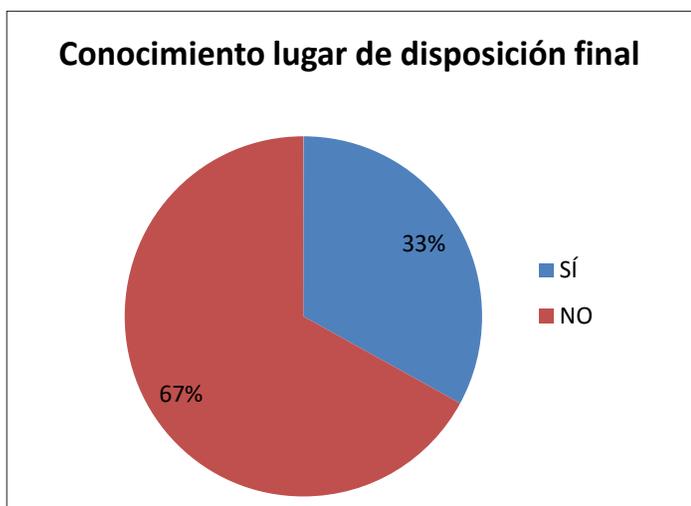


Fuente: Elaboración propia. tomada en Barranquilla el 28 de abril de 2016.

Figura 10. Vehículo de tracción animal depositando escombros

E. Disposición final de los RCD en Barranquilla

Un factor que evidencia el desinterés que se tiene, en términos generales por parte de los generadores de RCD de la ciudad, es el alto porcentaje de desconocimiento de los sitios donde van a disponerse los residuos producidos en las obras (Fig. 11). Los resultados muestran que luego de que los RCD dejan el ente generador, este no se preocupa porque los mismos lleguen a lugares legalmente autorizados; es por esto que existe gran cantidad de botaderos ilegales, de los cuales 44 fueron identificados en esta investigación, y que se muestran en las Figs. 12, 13 y 14.



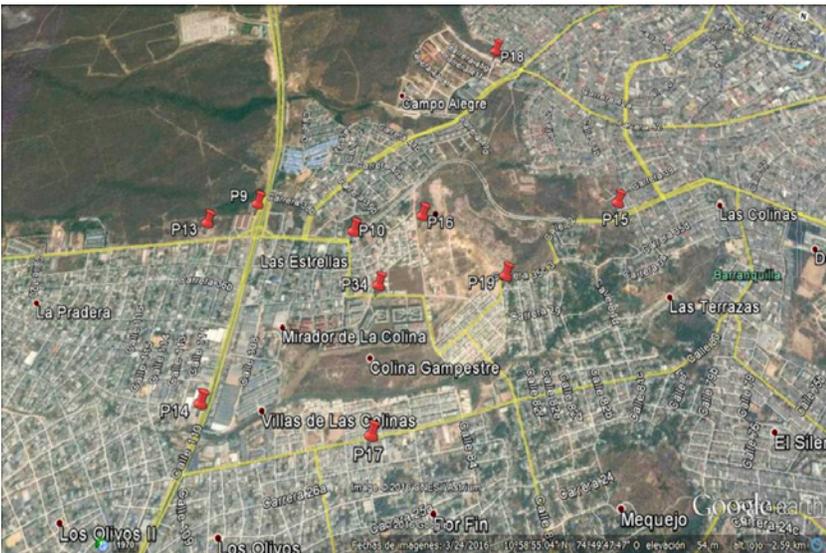
Fuente: Elaboración propia.

Figura 11. Conocimiento del lugar de disposición final de los RCD en la ciudad de Barranquilla.



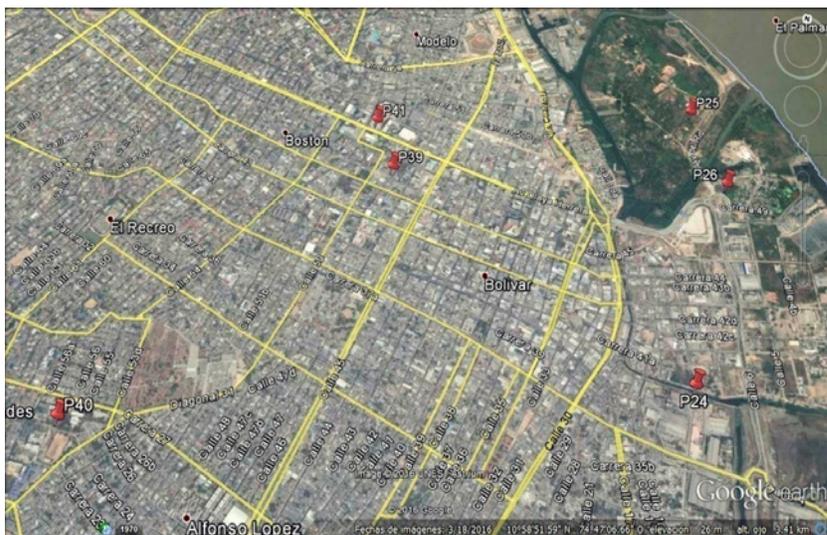
Fuente: Elaboración propia.

Figura 12. Puntos de disposición ilegal encontrados hacia el norte de la ciudad de Barranquilla en software Google Earth.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 13. Puntos de disposición ilegal encontrados hacia el sur occidente de la ciudad de Barranquilla en software Google Earth.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 14. Disposición final encontrada hacia el suroriente de la ciudad de Barranquilla en software Google Earth.

Como puede observarse en las figuras anteriores (Figs. 12, 13 y 14), en buena medida, los RCD se están depositando directamente en la vía (como relleno para desperfectos viales), y en arroyos o lotes baldíos de la ciudad, lugares que se constituyen en focos de contaminación, ya que en estos se generan gases nocivos y lixiviados, debido al contenido de materia orgánica presente [15], [16]. Es importante mencionar que la inadecuada disposición final de los RCD deriva en otro tipo de efectos negativos, como por ejemplo: la dispersión de material particulado presente en gran parte de los escombros y además algunas enfermedades transmitidas por insectos que crecen en las aguas lluvias estancadas en las llantas o escombros; por tal motivo resulta perentorio que estos sitios sean controlados por las entidades ambientales.

IV. PROPUESTA DE AJUSTE AL MODELO DE GESTIÓN ACTUAL DE LA CIUDAD DE BARRANQUILLA

Analizando los distintos problemas asociados y la forma en que se manejan los RCD actualmente en la ciudad de Barranquilla, se propone una serie de ajustes a tener en cuenta al momento de diseñar cualquier plan de gestión de RCD, de acuerdo a como se ha llevado a cabo en otras ciudades

del país, de similar grado de importancia como Bogotá y Medellín, y a las condiciones propias de la zona.

A. Separación en la fuente

La falta de conocimientos por parte de contratistas en cuanto a la clasificación de los residuos sólidos de construcción y demolición presenta el primero de los inconvenientes a los que un plan de gestión de residuos se enfrenta para su puesta en marcha. De acuerdo a esta investigación, Barranquilla no es la excepción, por lo que se debe tratar la temática de los RCD con los constructores tanto de obras públicas como privadas dentro de la ciudad, esto como primera medida de mitigación, que busca crear conciencia dentro del gremio e incentivar a la correcta separación en la fuente.

Bogotá y Medellín, como ciudades pioneras en el aprovechamiento de RCD en Colombia, han propuesto dentro de sus planes de gestión una serie de procedimientos que deben cumplirse para garantizar una buena separación:

- Impedir que los RCD se contaminen con otras sustancias que encarezcan su aprovechamiento y contar en obra con contenedores específicos para su separación por ejemplo: yeso, cerámica, madera, vidrio, etc. [10].
- “Demolición selectiva”, es el proceso mediante el cual se realiza una separación selectiva de los diferentes materiales que se van generando en coordinación con el proceso de demolición; lo que quiere decir que, mientras se lleve a cabo la demolición de la obra paralelamente se lleve a cabo una separación con el fin de prevenir la mezcla de los materiales y la contaminación de las materias reciclables como la madera, el papel, el cartón y el plástico, entre otros [17].

Por otro lado es importante realizar de manera correcta la separación en la fuente de los RCD, porque así se puede, de manera eficaz, identificar los materiales potencialmente reutilizables y reciclables (residuos de mampostería y hormigón que pueden ser reciclados) y los que deben ser dispuestos en las mal llamadas escombreras o rellenos sanitarios. Los metales tienen las más altas tasas de reciclaje entre los materiales recuperados, debido a sus múltiples usos y formas, sus propiedades magnéticas y su alto valor comercial. Por otro lado, la fracción de madera generada como RCD es parcialmente reciclable o reutilizable. La madera no contaminada puede

ser triturada y utilizada para la jardinería, la agricultura, etc. Sin embargo, el material de desecho mixto de RCD y la considerable cantidad de madera pintada e impermeabilizada no es reciclable [2].

B. Recolección y transporte

Actualmente no existen protocolos de recolección y transporte de los RCD en la ciudad de Barranquilla, puesto que no se cuenta con un sitio de disposición especializado para estos materiales. No obstante, teniendo en cuenta los procedimientos que se siguen en Bogotá y Medellín, se tiene que la Resolución 541 del Ministerio de Medio Ambiente de 1994 es la guía principal en cuanto a que permite conocer los requisitos principales y las condiciones que deben tener tanto los RCD que se recolectan como los vehículos utilizados para realizar el transporte de los mismos.

De acuerdo a lo mencionado en la Resolución 541 se establece:

- Una vez generado el escombros, clasificado y separado, este debe ser retirado inmediatamente de la obra o con un plazo no mayor a 24 horas después para su disposición transitoria o final.
- Es obligatorio cubrir la carga transportada con el fin de evitar dispersión de la misma o emisiones fugitivas. La cobertura deberá ser de material resistente para evitar que se rompa o se rasgue y deberá estar sujeta a las paredes exteriores del contenedor o platón en forma tal, que caiga sobre el mismo por lo menos 30 cm. a partir del borde superior del contenedor o platón.

C. Tratamiento de los RCD

La industria debe percatarse del alto potencial de aprovechamiento que muestran los RCD, ya que por medio del triturado puede generarse agregado grueso, el cual puede tener aplicaciones en pavimentos y en la conformación del concreto [18]. De acuerdo a la composición de los RCD de la ciudad de Barranquilla, el elevado porcentaje de concreto, ladrillos, y materiales cerámicos, plantea la oportunidad que se reutilicen dichos residuos. Para este fin, debe generarse un plan de triturado de los RCD para llevarlos a tamaños contemplados por la normatividad colombiana y hacer uso de

ellos en las aplicaciones anteriormente mencionadas, lo que conlleva a una industria de la construcción más sostenible, reduciendo por consiguiente la explotación excesiva de los recursos naturales [1], [11], [18].

D. Mercado para los productos reciclados

Uno de los aspectos más importantes para el éxito de un plan de gestión de residuos es garantizar que exista un mercado que esté en disposición de hacer uso de estos materiales, en este caso, los materiales de RCD tratados. Para esto las condiciones y características de los productos, luego de su tratamiento, deben ser comparables a las de los agregados naturales [19]. Esto supone que el tratamiento que se les dé a los materiales potencialmente aprovechables debe ser riguroso y las pruebas de calidad deben ser periódicas y estandarizadas para garantizar al mercado que se cuenta con la competitividad necesaria para el éxito del plan de gestión de residuos.

E. Sitio de disposición final de los RCD

No todos los RCD pueden ser tratados para su reutilización, es por esto que una parte de ellos debe ser dispuesta en un sitio destinado solo para tal fin. Esto es muy importante debido a que, al disponerse en el mismo entorno con otro tipo de residuos, los RCD no solo le restan vida útil al relleno sanitario [20] sino que impiden que pueda llevarse a cabo una buena gestión porque se interrumpe su proceso de reutilización y reciclaje, lo cual es consecuencia de la falta de control en la generación y clasificación de RCD potencialmente aprovechables.

En la ciudad de Medellín en 2011, se contaba con dos sitios de disposición final para RCD [17] mientras en Bogotá en 2008 se reportaban, con base en el registro de proveedores del IDU y la información consolidada por la Secretaría Distrital de Ambiente (SDA), dieciocho (18) sitios de disposición final [20]. En Barranquilla aún no se tiene una escombrera distrital, a pesar del avance económico que ha tenido la ciudad gracias al sector de la construcción de obras civiles, por lo que un paso importante para una correcta gestión de los RCD, es la búsqueda y la organización de un terreno dispuesto solo para la disposición final de estos tipos específicos de residuos.

CONCLUSIONES

Este documento científico entrega una visión amplia del estado actual de la ciudad de Barranquilla en cuanto al manejo, tratamiento y aprovechamiento que se está dando a los Residuos Sólidos de Construcción y Demolición (RCD) y los ajustes pertinentes que deben tenerse en cuenta para la elaboración de un adecuado plan de gestión.

Es de gran importancia promover acciones a fin de lograr un mayor conocimiento de la normatividad vigente en el país y en la región y un cambio cultural en los actores relacionados a la industria de la construcción. De otra parte, se evidencia la necesidad de incrementar la normatividad local ajustada a las condiciones de la ciudad y los mecanismos efectivos de aplicación para ejercer un control sobre el manejo de los RCD.

La cantidad de residuos del concreto, la madera, el ladrillo y los materiales cerámicos es mayor con respecto a los otros que componen los RCD en la ciudad de Barranquilla, lo que les da ventaja para las prácticas de aprovechamiento, además de contar con un grado de avance en la investigación efectuada sobre estos a nivel mundial.

La informalidad que se presenta en la recolección de los RCD y el desinterés por parte del gremio constructor acerca de la disposición final de los mismos, está fomentando la aparición de lugares de disposición ilegal, tal como se evidenció en este documento, por lo que las entidades ambientales deben ejercer un mejor control, para su pronto control, puesto que se pueden convertir en potenciales focos generadores de enfermedades, contaminación y mala disposición.

Dada la importancia que tiene la ciudad de Barranquilla en el desarrollo del país, está llamada a ser pionera a nivel nacional y de la Costa Atlántica colombiana en el manejo, tratamiento y aprovechamiento de los RCD por lo que se espera que este documento proporcione información necesaria para formular correctamente el plan de gestión y así convertir a Barranquilla en ejemplo para las demás capitales de la región norte del país.

REFERENCIAS

- [1] L. Shen, V. Tam, "Implementation of environmental management in the Hong Kong construction industry", *International Journal of Project Management*, vol. 20, no. 7, pp. 535-543, 2002. doi: 10.1016/S0263-7863(01)00054-0
- [2] N. Kartam, N. Al-Mutairi, I. Al-Ghusain, J. Al-Humoud, "Environmental management of construction and demolition waste in Kuwait", *Waste Management*, vol. 24, no. 10, pp. 1049-1059, 2004. doi: 10.1016/j.wasman.2004.06.003
- [3] N. Kisku, H. Joshi, M. Ansari, S. K. Panda, S. Nayak, S. C. Dutta, "A critical review and assessment for usage of recycled aggregate as sustainable construction material", *Construction and Building Materials*, vol. 131, pp 721-740, 2017.
- [4] G. Vidal, O. J. Reyes-Ortiz, G. Peñuela, "Aplicación de los residuos de hormigón en materiales de construcción", *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, vol. 29 no. 1, 2011.
- [5] S. Lockrey, H. Nguyen, E. Crossin, K. Verghese, "Recycling the construction and demolition waste in Vietnam: opportunities and challenges in practice", *Journal of Cleaner Production*, vol. 133, pp. 757-766, 2106.
- [6] M. Glinka, D. Vedoya, C. Pilar, "Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición", *Jornadas de Investigación*. Secretaria de Investigación y Posgrado, Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional del Nordeste, Argentina, 2006, pp. 1-5.
- [7] F. Cabrera, J. M. Gómez-Soberón, J. Almaral, S. Arredondo, M. C. Gómez, J. Mendivil, "Propiedades en estado fresco de morteros con árido reciclado de hormigón y efecto de la relación c/a", *Revista Científica Ingeniería y Desarrollo*, vol. 35, no. 1, 2017.
- [8] D. Fatta, A. Papadopoulos, E. Avramikos, E. Sgourou, K. Moustakas, F. Kourmoussis, A. Mentzis, M. Loizidou, "Generation and management of construction and demolition waste in Greece-an existing challenge", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 40, no. 1, pp. 81-91, 2003. doi:10.1016/S0921-3449(03)00035-1
- [9] Ministerio de Medio Ambiente Español, "BOE 166 Plan Nacional de Residuos de Construcción y Demolición 2001-2006", Madrid: Ministerio de Medio Ambiente, 2001.
- [10] Secretaria de ambiente de Bogotá (2014, Enero 01) "Guía ambiental para la elaboración del plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición - RCD en la obra", [En línea]. Disponible en: <http://www.minvivienda.gov.co>

- [11] R. Cardoso, R. V. Silva, J. de Brito, R. Dhir, "Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review", *Waste management*, vol. 49, pp. 131-145, 2016.
- [12] Instituto Nacional de vías (INVIAS), (2015, Abril. 28) "El 'Nuevo Puente Pumarejo' transformará la infraestructura vial del Caribe colombiano: Vargas Lleras", [En línea]. Disponible en: <http://www.vicepresidencia.gov.co/prensa/2015/Paginas/El-Nuevo-Puente-Pumarejo-transformara-la-infraestructura-vial-del-Caribe-colombiano-Vargas-Lleras-150428.aspx>.
- [13] J. Pumarejo, "Decreto 0860 - Reglamentación e instauración del comparendo ambiental en el distrito especial, industrial y portuario de Barranquilla", *Gaceta Distrital*, no. 373, Alcaldía de Barranquilla, Barranquilla, Atlántico, 2012.
- [14] A. Rao, K. Jha, S. Misra, "Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 50, no. 1, pp. 71-81, 2001. doi: 10.1016/j.resconrec.2006.05.010
- [15] J. Preciado, C. Paredes, "Iniciativas de salud en Latinoamérica: De la oficina sanitaria panamericana a la iniciativa mesoamericana de salud pública", *Salud pública Méx*, vol. 53, no. 1, pp. 289-294, 2011.
- [16] M. Limbachiya, J. Roberts, "Sustainable waste management and recycling" in *Construction Demolition Waste*, First ed. London, UK: Thomas Telford, 2004.
- [17] A. B. Bedoya, "Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición caso de aplicación: Medellín", Bachelor Thesis, Facultad de ingeniería, Ingeniería Ambiental, Universidad de San Buenaventura, 2011.
- [18] V. Anantha Rama, M. Lokeshwari, "Management of construction and demolition waste", *Journal of Environmental Research and Development*, vol. 51, no. 1, pp. 1-9, 2010.
- [19] J. Jaramillo, *Guía para el diseño, construcción y operación de rellenos sanitarios manuales*, Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente, pp. 19-24, 2002.
- [20] C. Osorio, J. Bocanumenth, L. Calderón, J. Laverd, (2009, Octubre 01) "Gestión integral de escombros anteproyecto para la gestión integral de los RCD en el distrito capital", [En línea]. Disponible en: <http://docplayer.es/6006446-Gestion-integral-de-escombros-anteproyecto-para-la-gestion-integral-de-los-rc-d-en-el-distrito-capital-bogota.html>