



Una visión de ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) caso de estudio: Barranquilla

A vision of a sustainable city from the Construction and Demolition Waste (CDW) management model case study: Barranquilla

Carlos Albeiro Pacheco Bustos¹ , Edgar Humberto Sánchez Cotte² , Carolina Páez³ 

Cómo citar: Pacheco Bustos, C.A., Sánchez Cotte, E.H. y Páez, C. (2020). Una visión de ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) caso de estudio: barranquilla. *Tecnura*, 24(63) 57-72. DOI: <https://doi.org/10.14483/22487638.15359>

Fecha de recepción: 19 de junio de 2019

Fecha de aceptación: 18 de octubre de 2019

RESUMEN

Contexto: La gran cantidad de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) que se genera, se ha convertido en un problema a nivel Mundial. Por esta razón, la legislación en Colombia busca orientar su adecuada gestión y promover el aprovechamiento de estos.

Metodología: En esta investigación se plantea una alternativa para la elaboración del plan de gestión integral basada en un análisis de la legislación nacional y local de las ciudades que están a la vanguardia en el manejo de los RCD en Colombia. Basado en este análisis se estudiaron y analizaron las condiciones y características de una ciudad intermedia como lo es Barranquilla para plantear una alternativa integral para el manejo de estos residuos (gestión y tratamiento).

Resultados: Se identificaron acorde con sus condiciones los aspectos de prevención, almacena-

miento, recolección, transporte, aprovechamiento y disposición final a tener en cuenta dentro del plan de gestión integral de RCD más adecuado para la ciudad de Barranquilla y se planteó un esquema planta de tratamiento que se considera más adecuado en su manejo.

Conclusiones: Barranquilla requiere un ajuste rápido a su modelo de gestión de RCD, dada su alta tasa de desarrollo durante los últimos años. Se reconoció para esta ciudad que la separación en la fuente y el uso son fundamentales en el modelo requerido para lograr un proceso de gestión sostenible. Además, se identificaron debilidades en el sistema de gestión actual, asociadas con el uso de un modelo de economía lineal, por lo tanto, se propone un modelo de gestión basado en los principios de la economía circular.

Palabras clave: Ciudad sostenible; Plan de gestión; RCD; Desarrollo sostenible.

1 Ingeniero Civil, Magister en procesos de ingeniería, doctor en ingeniería. Profesor asistente. Universidad del Norte, Barranquilla (Colombia). Barranquilla, Colombia. Contacto: cbustosa@uninorte.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5198-8122>

2 Ingeniero Civil, Magister en Ingeniería Civil, Doctor (c) en Ingeniería. Docente de la Universidad Distrital Francisco José de caldas. Bogotá, Colombia. Contacto: esanchez@udistrital.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7370-8745>

3 Ingeniera Civil, Universidad del Norte y Universidad del Sur de la Florida. Barranquilla, Colombia. Contacto: carolinapaez@uninorte.edu.co

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6328-2741>

ABSTRACT

Context: The large amount of Construction and Demolition Waste (C&DW) that is generated has become a worldwide problem. For this reason, the legislation in Colombia seeks to guide its proper management and promote its transformation and reuse.

Methodology: This research proposes an alternative for the elaboration of the comprehensive management plan based on an analysis of the national and local legislation of the cities that are at the forefront in the management of the C&DWs in Colombia. Based on this analysis, the conditions and characteristics of an intermediate city such as Barranquilla were studied and analyzed, in order to propose an integral alternative for the management of this kind of waste (management and treatment).

Results: The aspects of prevention, storage, collection, transport, use and final disposition to be

taken into account within the comprehensive management plan of C&DW, most suitable for the city of Barranquilla, were identified. According to these special characteristics and conditions, a treatment plant scheme was proposed.

Conclusions: Barranquilla requires a quick adjustment to its C&DW management model, given the high development of the city in the last years. It was recognized for this city that separation at source and use are fundamental in the model required to achieve a sustainable management process. In addition, weaknesses in the current management system were identified, associated with the use of a linear economy model, therefore, a management model based on the principles of circular economy is raised.

Keywords: Sustainable city; Management plan; CDW; Sustainable development.

INTRODUCCIÓN

En ciudades medianas en las que hace algunos años, la idea de la reutilización o reciclaje de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) producidos en las obras civiles no se había contemplado, dado que no se vislumbraba una necesidad urgente debido a la oferta de las materias primas no renovables existentes. No obstante, múltiples investigaciones en el mundo han demostrado que algunos residuos que hacen parte de los RCD pueden llegar a sustituir de forma satisfactoria los agregados pétreos naturales, y así aportar a la transformación de la industria de la construcción en una actividad sostenible, mediante el uso de la economía circular en los residuos (Castaño, Misle Rodríguez, Lasso, Gómez Cabrera, & Ocampo, 2013; Del Río, Izquierdo, Salto, & Santa Cruz, 2010; Morán del Pozo, Juan Valdés, Aguado, Guerra, & Medina, 2011; Robayo, Matthey, Silva, Burgos, & Delvasto, 2015; Xargay, Ripani, Caggiano, Folino, & Enzo Martinelli, 2019),

cuyo objetivo es que el valor de los productos, los materiales y los recursos se mantenga en la economía durante el mayor tiempo posible, y que se reduzca al mínimo el costo de generación de nuevos materiales” (economiacircular.org., 2018). En Colombia, es importante mencionar que pocas ciudades poseen legislación específica que dé soporte legal a la gestión integral de los RCD, entre las cuales se encuentran: Barranquilla, Medellín y Bogotá. Cada una de ellas ha realizado en los últimos años avances significativos en la aplicación de normativas y estrategias para mejorar la gestión integral de los RCD y así apuntar a ser ciudades ambientalmente sostenibles y, por ende, han generado sus propias normas para el adecuado manejo de los RCD. De igual manera, el gobierno nacional, en cabeza del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, ha generado la resolución 0472 de 2017, en la cual se reglamenta la gestión integral de los RCD en el país y da lineamientos a todos los actores involucrados dentro de la adecuada gestión de los mismos:

entre las que se tienen procesos de generación, transporte, disposición y tratamiento de estos residuos para que se reúsen o aprovechen en proyectos de infraestructura. Esto hace parte de la teoría de economía circular que se ha aplicado a nivel mundial a los residuos sólidos, y ahora se pretende involucrar sus prácticas en la gestión de los RCD.

Por otra parte, debido a una inadecuada disposición de los RCD en sitios no apropiados (tales como cuencas de ríos, lotes baldíos, zonas de parques y drenajes urbanos) (Ramírez, 2007), los ecosistemas (tanto urbanos como rurales), y las personas se han visto afectadas significativamente por afectaciones en la salud, la generación de vectores (moscas, ratas, entre otros) e inundaciones. Este último es uno de los principales problemas que tiene la ciudad de Barranquilla, donde los RCD son dispuestos en los canales de recolección de aguas lluvias o dispuestos en la calle, siendo arrastrados por los arroyos y generando taponamiento en las rejillas de recolección de aguas lluvias de los canales recién construidos (Pacheco, Sánchez, Fuentes, & Rondón, 2017). Es por esto que el modelo actual de gestión integral de RCD de una ciudad de tamaño mediano debe ser planeado, organizado y diseñado basado en la normativa local y nacional vigente, y en las últimas técnicas de reúso y transformación.

Las soluciones planteadas en el presente escrito a la problemática relativa al manejo de los RCD, se basa en el concepto de economía circular he involucra medidas de gestión basadas en el uso de las prácticas adecuadas de la economía circular (separación en la fuente, reúso, reciclaje, y transformación) se pretende mejorar sustancialmente la problemática social, ambiental y económica de la ciudad. Esto va de la mano con el propósito de “aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación de ciudades de tamaño intermedio y una ges-

tió participativa, integradora y sostenible en el manejo de los residuos” (Programa de las Naciones Unidas, 2018), y además “reducir el impacto ambiental negativo per cápita de las ciudades, incluso prestando especial atención a la calidad del aire y la gestión de los desechos municipales y de otro tipo” (Programa de las Naciones Unidas, 2018), enunciadas en el objetivo 11 para construir ciudades y comunidades sostenibles.

Este artículo presenta una revisión del marco legislativo nacional y local de los RCD y el proceso de gestión de los mismos basados en estudios anteriores, contrastando a la ciudad de Barranquilla con Bogotá y Medellín. Así, identificadas las fortalezas, debilidades y características propias de la ciudad, se presentará una propuesta del Plan de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición (RCD) como modelo sostenible del proceso de manejo para la ciudad de Barranquilla. Por tanto, el objetivo de este artículo es definir la mejor alternativa para la elaboración del plan de gestión integral para una ciudad intermedia con un enfoque sostenible y en proceso de expansión urbana: y como caso estudio, se toma la ciudad de Barranquilla para plantear un modelo de gestión integral de RCD basado en los principios de la economía circular. Es importante mencionar que para poder llevar a cabo la estrategia de gestión sostenible presentada en este artículo, se tendrán en cuenta las características propias de la ciudad de Barranquilla, que es una ciudad intermedia (con aproximadamente 1.280 millones de habitantes), y que por sus características y crecimiento en los últimos 10 años posee características especiales como: su clima, falta de apropiación por parte de las empresas constructoras y la ciudadanía en relación al manejo de los RCD, formas inadecuadas de transportar este tipo de residuos (carro de tracción animal), falta de presencia de las entidades ambientales, cultura ciuda-

dana muy arraigada y mínima gestión de los entes administrativos de la ciudad en el área de control y seguimiento de los RCD. Reunir estos aspectos en un mismo análisis, constituye una parte importante de la investigación, debido que con base en ellos será posible generar y organizar un modelo integral acorde a la problemática real que presenta la ciudad.

MARCO LEGISLATIVO PARA LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD) EN COLOMBIA

Contexto nacional

En Colombia, la Constitución Política en el capítulo 3, relaciona los derechos colectivos y del medio ambiente. En el artículo 80, se presenta la necesidad de que el manejo se planifique desde un comienzo y una reducción en el aprovechamiento de los recursos naturales, con el propósito de garantizar un desarrollo ambientalmente sostenible. En el año de 1974, se establece que, en relación con la creación de nuevo conocimiento y aplicaciones de residuos: “La investigación científica y técnica se fomentará para: 1. Reintegrar al proceso natural y económico los desperdicios sólidos, líquidos y gaseosos, provenientes de industrias, actividades domésticas o de núcleos humanos en general. 2. Perfeccionar y desarrollar nuevos métodos para el tratamiento, recolección, depósito, y disposición final de los residuos sólidos, líquidos o gaseosos no susceptibles de nueva utilización” (Colombia, 1974).

En el año de 1994, la Resolución 541 (Ministerio del medio ambiente de Colombia, 1994) fue creada para regular el cargue, transporte, almacenamiento y disposición final de los residuos de construcción, definiendo algunos conceptos (como: materiales, agregados sueltos, espacio público y emisiones fugitivas), y generando lineamientos en materia de

transporte, almacenamiento, cargue, descargue y disposición final. Para el año de 1996, con la Ley 142 (Congreso de Colombia, 1994), el gobierno nacional reglamenta la prestación del servicio público domiciliario de aseo, dejando en manos de los generadores de RCD, la responsabilidad de su recolección, transporte y disposición final. También les da a las entidades prestadoras del servicio de aseo la responsabilidad de coordinar estas actividades, asegurándose que en la ejecución se separen los RCD del resto de residuos sólidos y que su disposición final se haga en las escombreras autorizadas por los entes ambientales locales. Por medio del Decreto 1505 (Colombia, 2003), se estipula un Plan de Gestión Integral de los Residuos (PGIR), orientado a todos los procesos mediante los cuales se desarrollan actividades para un manejo adecuado y eficaz de los residuos sólidos generados en una ciudad. En este punto de actualizaciones de la normativa, se pudo comenzar a vislumbrar que la separación de los residuos era la base fundamental del concepto de economía verde. El Decreto 1259 (Congreso de Colombia, 2008), estableció la creación e implementación del comparendo ambiental, que ha servido como herramienta de culturización en relación al adecuado manejo de residuos sólidos y RCD, denominados a la fecha como escombros. La aplicación de dicho comparendo ambiental se inició con el propósito de prevenir los impactos ambientales negativos por la mala disposición e hizo énfasis en el efecto sobre la salud humana, haciendo uso de sanciones pedagógicas y económicas sobre las personas naturales o jurídicas que infringieran la normativa. Posteriormente (Colombia, 2015), buscó recoger en un solo cuerpo normativo todos los decretos reglamentarios vigentes expedidos hasta aquella fecha. La Tabla 1, muestra el resumen de la legislación (decretos y resoluciones entre otros), que compete al manejo y disposición final de los residuos sólidos.

Tabla 1 Normatividad general a nivel nacional y específica para las ciudades de Bogotá, Medellín y Barranquilla, para el manejo de RCD.

AÑO	NACIONAL	BOGOTÁ D. C.	MEDELLÍN	BARRANQUILLA
1974	Decreto Ley 2811 de 1974			
1989	Decreto 2462, Colombia, octubre 26 de 1989			
1994	Resolución 541, Colombia, 14 de diciembre de 1994			
1996	Decreto 605, Colombia, 27 de marzo de 1996			
2001	Ley 685, Colombia, agosto 15 de 2001			
2002	Decreto 1713, Colombia, 6 de agosto de 2002		Acuerdo 018, Título VII, Decreto 151	
2003	Decreto 1505, Colombia, 6 de junio de 2003	Resolución 556, Bogotá, 7 de abril de 2003		
2004	Decreto 190, Bogotá SDA, 22 de junio de 2004			
2005	Decreto 838, Colombia, 3 de marzo de 2005			
	Decreto 4741, Colombia, 30 de diciembre de 2005			
2006	Decreto 312, SDA Bogotá, 15 de agosto de 2006			
2007	Resolución 1362, Colombia, 2 de agosto de 2007	Decreto 620, SDA Bogotá, 28 de diciembre de 2007		
2008	Decreto 1259, Colombia, 19 de diciembre de 2008			
2009	Ley 1333, Colombia, 21 de julio de 2009	Acuerdo 417, Bogotá, 17 de diciembre de 2009	Decreto 0440, Medellín, 30 de marzo de 2009	
2010	Decreto 2715, Colombia, julio 28 de 2010	Decreto 0874, Medellín, 24 de mayo de 2010		
2011				
2012	Resolución 1115, Bogotá SDA, 26 de septiembre de 2012			
2013	Decreto 2981, 20 de diciembre de 2013	Resolución 715, Bogotá SDA, 30 de mayo de 2013	Decreto 1609, Medellín, 30 de julio de 2013	Decreto 0860
2015	Decreto 1076, Colombia, 26 de mayo de 2015	Resolución 932, Bogotá SDA, 9 de julio 2015		
2016				
2017	Resolución 0472, Colombia, 28 de febrero de 2017	Circular 100-0017, Medellín Cornare, 5 de mayo de 2017		Resolución 1482 de diciembre de 2017 - Barranquilla Verde

Fuente: elaboración propia.

Caso Bogotá

Para el caso de Bogotá, mediante el Decreto 190 ([Alcaldía mayor de Bogotá, 2004](#)) se reconoció el manejo adecuado de los residuos sólidos regionales. El Decreto 312 de 2006 ([Alcaldía mayor de Bogotá, 2006](#)), adoptó el plan maestro para el manejo integral de residuos sólidos para la ciudad, que fue complementado por el Decreto 620 ([Alcaldía mayor de Bogotá, 2007](#)), buscando estructurar un sistema que contuviera los ítems adecuados para el tratamiento, transporte y disposición final de escombros, advirtiendo la necesidad de hacer control en la generación de los mismos. Otro aspecto sobre el cual se buscó dar lineamientos fue la parte tarifaria, donde se estableció el subsistema de reciclaje y aprovechamiento de residuos sólidos ordinarios, designando equipos especiales para su depósito, reciclaje y aprovechamiento de los residuos recolectados en espacio privado ([Alcaldía mayor de Bogotá, 2007](#)). Nació entonces el concepto de escombrera, plantas de trituración o de tratamiento y aprovechamiento de escombros. Posteriormente, la Secretaría Distrital de Ambiente – SDA, expidió la Resolución 2397 ([Secretaría distrital del medio ambiente de Bogotá, 2011](#)), que tuvo como objeto la regulación técnica del tratamiento y/o aprovechamiento de los escombros en la ciudad de Bogotá, proponiendo que las empresas generadoras de escombros, de carácter privado o público, que realizaran labores dentro de la ciudad, incluyeran, desde las etapas de estudio y diseño, el uso de materiales provenientes de centros de tratamiento para buscar un correcto aprovechamiento de los residuos. Para el año 2012, se expidió la Resolución 1115 ([Secretaría Distrital de Ambiente, 2012](#)), la cual presenta los lineamientos técnicos y ambientales para las actividades de aprovechamiento y tratamiento de los residuos de construcción y demolición en el Distrito Capital. Asimismo, definió el

concepto de escombros de una forma internacional, que los define como “residuos objeto de aprovechamiento y/o tratamiento”, y los denomina “Residuos de Construcción y Demolición – RCD”. La Resolución 715 ([Secretaría distrital del medio ambiente de Bogotá, 2013](#)), se elaboró para hacer algunos ajustes y aclaraciones de términos, y también definió como Residuos de Construcción y Demolición – RCD no susceptibles de aprovechamiento, a los materiales aprovechables contaminados con residuos peligrosos y a los materiales que por su estado no pueden ser aprovechados. Para el año 2015, la Alcaldía Mayor de Bogotá, en el marco de su programa Bogotá Humana, publicó el documento denominado Gestión Integral de RCD, orientado a servir como guía en la elaboración de planes de gestión de los mismos en la obra.

Caso Medellín

En el año 2002, en la ciudad de Medellín, se creó la Secretaría Distrital del Medio Ambiente, por el Decreto 151 ([Alcaldía municipal de Medellín, 2002](#)). Posteriormente, en el año 2008, se colocó en marcha el programa de sustitución de vehículos de tracción animal, el cual buscó evitar que este tipo de vehículos realizaran las labores de recolección ilegal de los RCD. En el año 2009, se definieron, de acuerdo a las condiciones de la zona, cómo deben manejarse los RCD, por medio del Manual de gestión socioambiental para obras en construcción ([Secretaría del Medio Ambiente, 2010](#)). En 2013, la alcaldía de la ciudad de Medellín, basada en la implementación de la legislación nacional, incluyó el manejo, tratamiento, transporte, disposición final y aprovechamiento de los escombros o RCD, publicando la Guía de manejo socioambiental para la construcción de obras de infraestructura pública ([Alcaldía municipal de Medellín, 2013](#)).

Caso Barranquilla

En Barranquilla, para marzo del 2013, la Alcaldía Distrital, por medio de la Secretaria de Gobierno y la Policía Ambiental, instauró la imposición de un régimen ambiental en la ciudad que sanciona a personas naturales y jurídicas que, dentro de la jurisdicción del Distrito Especial, Industrial y Portuario de Barranquilla, incurran en faltas contra el medio ambiente, los ecosistemas y la sana convivencia, mediante la mala disposición y/o manejo de los residuos sólidos o escombros (Alcaldía de Barranquilla, 2012). Este es conocido como el Comparendo Ambiental, creado e instaurado bajo los estatutos de la Ley 1259 (Congreso de Colombia, 2008). Además, se definieron las actividades relacionadas con el transporte y la disposición de RCD que serían consideradas infracciones y merecedoras de un comparendo ambiental: 1. Fomentar el transporte de basura y escombros en medios no aptos ni adecuados; 2. Arrojar basuras desde un vehículo automotor o de tracción humana o animal en movimiento o estática a las vías públicas, parques o áreas públicas; 3. Arrojar residuos sólidos o escombros en espacio público y en sitios no autorizados; 4. Realizar quema de residuos sólidos y/o

escombros sin los controles y autorizaciones establecidos por la normatividad vigente. El ente ambiental de la ciudad redactó la Resolución 1011 (Departamento técnico Administrativo del Medio Ambiente Barranquilla – DAMAB, 2016), en donde se presentaron los lineamientos técnicos, ambientales y los protocolos para el manejo, aprovechamiento, transporte y disposición final de Residuos de Construcción y Demolición - RCD en el distrito de Barranquilla. En 2017, se emitió la Resolución 1482 (Barranquilla verde, 2017), por medio de la cual se reglamentó el registro de generadores y gestores buscando la gestión integral de RCD en la ciudad.

PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RCD PARA UNA CIUDAD SOSTENIBLE: CASO BARRANQUILLA

Proyectando a Barranquilla como una ciudad sostenible

Orientar una ciudad hacia la sostenibilidad implica establecer el manejo de residuos como principio rector de los planteamientos metodológicos de desarrollo y expansión, y

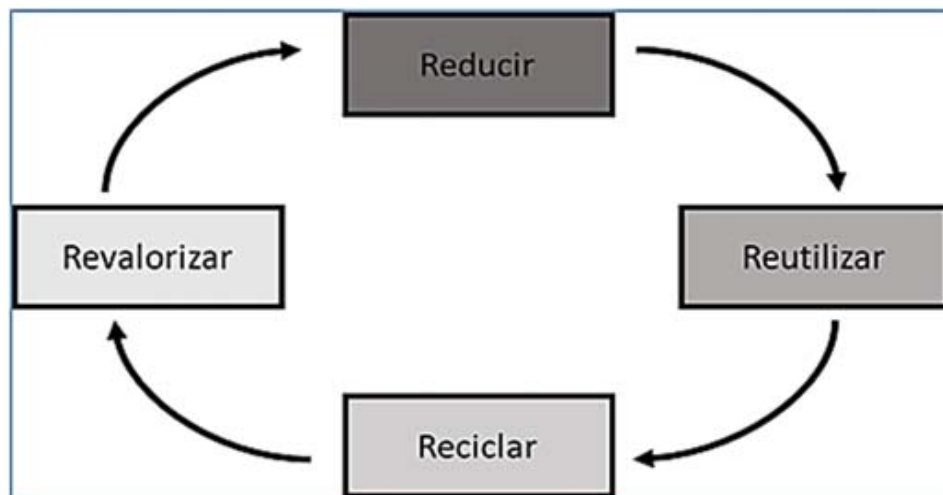


Figura 1. Principio de jerarquía en el manejo de los residuos (Empresa Triple A de Barranquilla S.A. E.S.P, 2018)
Fuente:(Pacheco-Bustos & Páez, 2019)

cuyo objetivo es el de encaminar la gestión integral de RCD hacia la prevención de la generación de los mismos y la maximización de su aprovechamiento. Así, se propone la aplicación del concepto de economía circular en el tratamiento de los RCD generados en la ciudad, de tal manera que se cierre el ciclo de vida del residuo y se alcance la eficiencia en el uso de los recursos. Como se muestra en la [Figura 1](#), el orden jerárquico para el correcto manejo de los RCD es: reducción, reutilización, reciclado y revalorización, minimizando los impactos medioambientales y priorizando la sostenibilidad (Pacheco-Bustos & Páez, 2019).

Para desarrollar esta parte de la investigación, fue necesario entender que Barranquilla tiene aspectos únicos y diferenciadores que hacen que su modelo de gestión se deba plantear bajo ciertas particularidades. Dentro de estos

aspectos, se tiene: el clima de la ciudad, la existencia de una sola empresa encargada de la recolección y disposición final de los residuos generados, pocas opciones de áreas legalmente constituidas para la disposición final, baja apropiación social del tema de separación de los RCD en la obra, así como un bajo conocimiento de la normativa vigente y falta de comunicación de la misma por los entes ambientales (particularidades muy similares a otras ciudades intermedias a nivel mundial). Basado en lo anterior, se realizó una investigación y se planteó un esquema general del plan de gestión integral con énfasis en separación en la fuente y el tratamiento de los residuos recolectados (principios de la economía circular), que fue mejorado a medida que se realizaban encuestas a los principales actores involucrados en la gestión y manejo de los RCD en la ciudad de

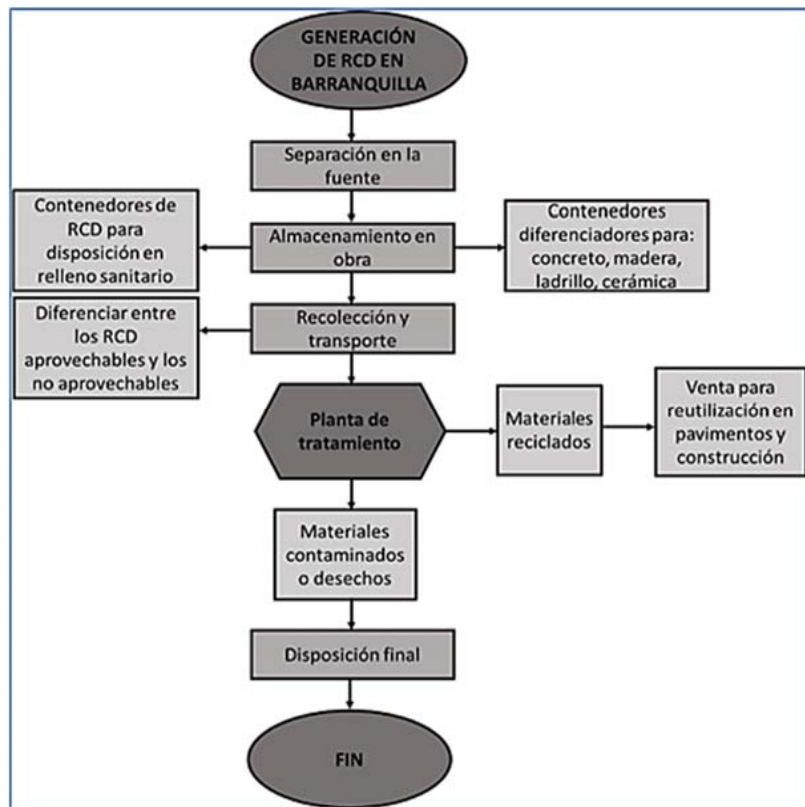


Figura 2. Esquema general del plan de gestión integral de RCD para la ciudad de Barranquilla
Fuente: elaboración propia.

Barranquilla. Una vez identificadas las características principales de la ciudad, se puede plantear el esquema general del plan de gestión integral de RCD para Barranquilla, basándose en el principio de jerarquía anteriormente mencionado (Figura 1). De esta manera, una vez generados los RCD en la obra, se debe proceder a realizar un proceso de separación en la fuente, el cual se basa en un almacenamiento selectivo de los residuos generados para facilitar su posterior gestión: sea su aprovechamiento o disposición final. Así, se plantea el uso de contenedores diferenciadores para aquellos RCD que serán dispuestos, pues por sus características no podrán ser aprovechados, y otros contenedores individuales para residuos como: concreto, madera, ladrillo, cerámica, entre otros que pueden ser reutilizados o reciclados. Se procede a realizar la recolección y transporte de los RCD, para dirigir aquellos materiales aprovechables a las plantas de tratamiento y transformación y de esta forma producir nuevos materiales reciclados, como lo muestra la Figura 2, en donde se muestra el esquema sugerido para el plan de gestión integral de RCD para la ciudad de Barranquilla. En caso de presentarse algún material contaminado, se debe disponer en los lugares establecidos por la entidad ambiental.

Prevención y reducción

Para orientar la gestión hacia la sostenibilidad en el manejo de residuos de construcción y demolición en la ciudad, es necesario priorizar las medidas de prevención y reducción en las obras. Así, actividades como una adecuada programación de obra, abastecimiento de suministros y correcto cálculo de cantidades, pueden beneficiar o afectar en la generación de los residuos. Mantener los sitios de trabajo limpios y ordenados y contar con los equipos necesarios para realizar las actividades, pueden ser puntos clave para la minimización de la generación de desperdicios y así

lograr optimizar la producción de RCD en las obras de la ciudad.

Almacenamiento en obra: separación en la fuente

En la ciudad de Barranquilla, cerca de un 63% de las obras civiles actualmente activas en la ciudad no realizan separación en la fuente de los residuos generados (Pacheco et al., 2017), por lo que para aumentar el porcentaje de aprovechamiento de los residuos como concreto, madera, ladrillo y cerámica (seleccionados por su aplicabilidad y porcentaje de producción), se propone realizar una separación manual diferenciadora in situ por materiales aprovechables y no aprovechables. Esto es conocido como separación en la fuente, y se caracteriza por realizar el acopio selectivo de los residuos seleccionados, dividiéndolos en los dos grandes grupos anteriormente mencionados. A grandes rasgos, un RCD es no aprovechable si se encuentra contaminado, es peligroso o es un residuo ordinario; de lo contrario, dicho residuo se puede clasificar como RCD aprovechable e implica un manejo particular para su reciclaje. En este artículo, se propone el uso de contenedores diferenciadores de los materiales aprovechables como concreto, madera y orgánicos, de tal manera que puedan ser recogidos dependiendo de las cantidades generadas de cada uno y puedan ser transportados al centro de aprovechamiento pertinente. Los residuos no aprovechables deben encontrarse en un contenedor llamado "Varios", donde estén mezclados los residuos ordinarios con los no peligrosos, para proceder a la recolección, transporte y disposición final de dichos materiales en el relleno sanitario. En un contenedor aparte, se deben almacenar los residuos peligrosos, tomando especiales medidas para su manipulación. Se propone la alternativa de que los contenedores diferenciadores de residuos sean asignados a cada obra por parte de la administración distrital,

quien es también la encargada de socializar la forma correcta de separar los residuos y concientizar al gremio constructor de los beneficios ambientales y económicos que traería el aprovechamiento de estos en las obras.

Recolección y transporte

Respecto a la recolección y transporte, en Barranquilla se presenta una problemática marcada dada la poca conciencia ambiental de los constructores, lo cual debe ser superado por medio de un plan de gestión integral de residuos de construcción y demolición. En la ciudad, la mayor cantidad de obras permite que la recolección y el transporte se realice por quien menor costo represente, incluso cuando estos no se encuentran inscritos como gestores ante la entidad ambiental de la ciudad. De hecho, una práctica comúnmente empleada es utilizar vehículos de tracción animal para realizar las actividades

mencionadas (Morán del Pozo et al., 2011). En respuesta a esto, las entidades ambientales deben ejercer un mayor control, pero también se debe generar un sistema tarifario que equilibre los costos de las empresas gestoras legalmente constituidas presentes en el mercado. Un ejemplo del desequilibrio en el cobro de recolección está dado directamente por la comparativa entre el costo por m³ que cobra la empresa encargada de la recolección y aseo de la ciudad: Triple A de Barranquilla S.A. E.S.P – Sociedad de Acueducto, Alcantarillado y Aseo de Barranquilla S.A. E.S.P, versus el cobro que realiza la competencia en el mercado, como se muestra en la Figura 3. Sin embargo, se debe tener en cuenta que sólo se le debe comparar con aquellas empresas privadas que tengan autorización para realizar la recolección y el transporte, pues vehículos sin la logística ni los premisos reglamentarios no deberían ejecutar estas actividades en la

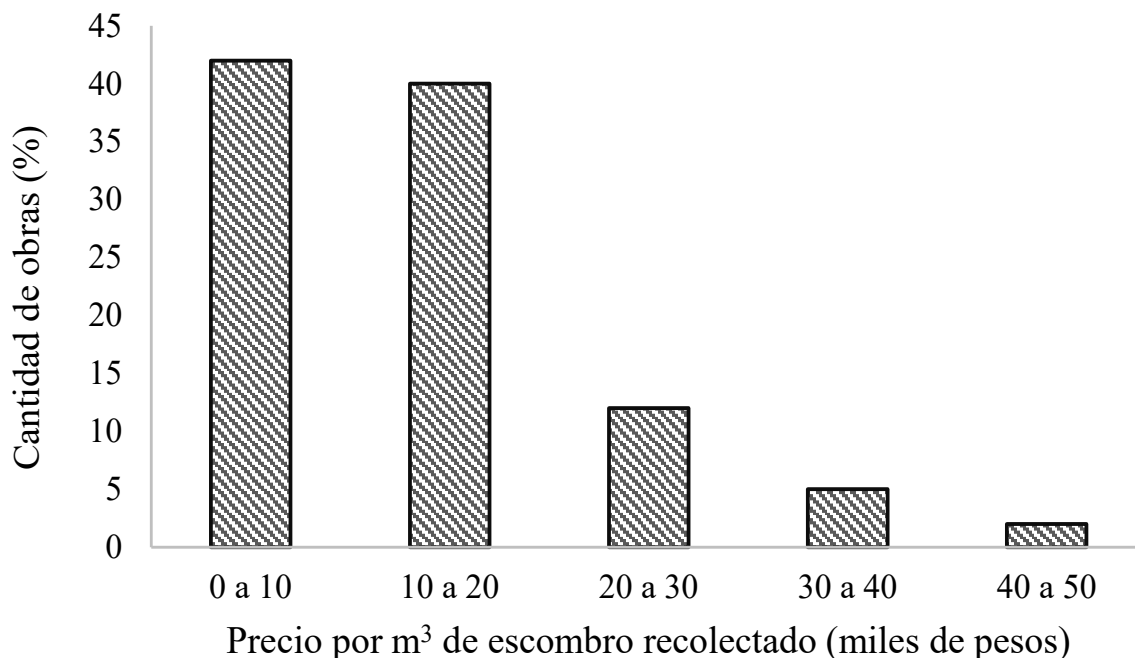


Figura 3. Rango de precios de recolección de RCD en Barranquilla
Fuente: (Pacheco et al., 2017)

ciudad. Por lo tanto, debe evaluarse el costo de la recolección y transporte por parte de la entidad ambiental, y proponer la creación de empresas o cooperativas de recolección especializadas en RCD, para no solo tener la empresa de aseo como opción única. Dentro del análisis del costo de transporte por m³ de RCD, es necesario conocer la cantidad de: material a ser reciclado, material a ser reusado en la misma u otra obra, material a ser depositado en un botadero legalmente constituido, y, por último, material a ser transportado al proceso de tratamiento.

Aprovechamiento

Dar valor a un residuo para volverlo a introducir en el mercado es uno de los principios básicos de la economía circular. El aprovechamiento de los RCD es la etapa en la que se sopesa la posibilidad de extender la vida útil del residuo, y se define como “toda actividad que busque la gestión adecuada de los RCD a través de la reutilización, reciclaje y revalorización, con el propósito de incurrir lo mínimo posible en la disposición final” (Colombia, 2013). Así, la resolución 0472 de 2017 clasifica los residuos de construcción y demolición en “susceptibles de aprovechamiento” y “no susceptibles de aprovechamiento”. Las obras civiles que apliquen la gestión integral de los RCD deberán remitirse a la normativa colombiana para identificar aquellos residuos susceptibles de aprovechamiento y plantear las alternativas de reutilización o revalorización que se le dará a cada uno.

Por otro lado, se propone a la administración distrital “alentar a las empresas a que adopten prácticas sostenibles e incorporen información sobre la sostenibilidad en su ciclo de presentación de informes” (Programa de las Naciones Unidas, 2018), como enuncia una meta del objetivo de desarrollo sostenible 12, relativo a la producción y consumo responsable.

Disposición final

Relativo a la disposición final de los residuos de construcción y demolición, se recomienda que, en lo posible, los únicos residuos que sean dispuestos sean aquellos no aprovechables; es decir, los residuos peligrosos o contaminados, ordinarios, o aquellos que por sus características no pueden ser aprovechados. La problemática actual en la ciudad de Barranquilla, como en muchas otras ciudades intermedias, radica en la carencia de una planta de tratamiento en donde se puedan revalorizar los residuos, por lo que se terminan disponiendo en rellenos sanitarios incluso aquellos RCD que pueden ser utilizados como reemplazos de agregados en el concreto o asfalto, cerámica de uso arquitectónico, entre otros. Las consecuencias de estas prácticas no solo repercuten en el desperdicio de materiales que pueden ser tratados o reutilizados, sino también en la subutilización de los rellenos sanitarios.

PROPUESTA DE PLANTA DE TRATAMIENTO

Selección de planta de tratamiento para ciudades intermedias en proceso de expansión urbana

Partiendo de las necesidades que se tengan para tratar los RCD, existen cuatro niveles tecnológicos de las plantas de tratamiento (Del Río et al., 2010).

Nivel 1: aquellas que utilizan mano de obra para la eliminación del material indeseable y la selección del material a tratar. Recomendable para instalación en sitios de acopio de RCD con el objetivo de recuperar materiales fáciles de valorizar, tratar o eliminar mediante disposición controlada.

Nivel 2: consta de trituración, fragmentación y clasificación granulométrica, lo que permite la venta inmediata, disminuyendo notablemente el volumen de residuo a depositar en el relleno sanitario. Se recomienda para pro-

ducir materiales reciclados para aplicación probada en obras públicas y privadas.

Nivel 3: propicias para el tratamiento de materiales limpios como son los concretos estructurales, concretos de vías, mampuestos y algunos cerámicos seleccionados. Son instalaciones de tipo fijo, y su único problema radica en que el punto de localización debe estar dentro del radio de influencia de cobertura de la planta, de tal manera que el constructor prefiera utilizar el material reciclado antes que el material nuevo.

Nivel 4: a base de demoliciones selectivas (Morán del Pozo et al., 2011), y de clasificaciones en húmedo. Para este nivel tecnológico no se vislumbra una aplicación real hasta que la reglamentación sobre las tasas de vertido, la obligación de reciclar y los precios de venta, resulten lo suficientemente atractivos por la rentabilidad para el inversor.

Respecto a los niveles de las plantas de tratamiento, la normativa vigente y la gestión actual de la ciudad en relación con los RCD, se identifica que la mejor planta a ser implementada es la del nivel tecnológico número 2. Este tipo de plantas disminuye sustancialmente los residuos a disponerse en rellenos sanitarios (concreto, madera, ladrillo, cerámica), y permite que sean usados en la generación de nuevos productos (Alcaldía municipal de Medellín, 2013).

Proceso de operación de planta de tratamiento

Con el nivel de la planta definido, se procede a definir si la planta será semifija o fija. La primera de estas tiene la ventaja de poder ubicarse temporalmente en los sitios de generación (como demoliciones de vías y edificaciones), y moverse mediante sistemas de orugas o ruedas de neumáticos a otros sitios de generación de RCD sin ningún inconveniente. Por su parte, las plantas fijas carecen de capacidad de desplazamiento a las zonas

de generación, pero poseen características muy especiales como el tamaño, la posibilidad de tratar materiales heterogéneos, y la disminución en el costo del tratamiento por tonelaje de material (Del Río et al., 2010). Por esta razón, una planta fija bien ubicada otorgaría excelentes resultados en la ciudad de Barranquilla. Debido a que se considera una separación previa en el origen, los RCD aprovechables deben ser identificados y almacenados en zonas en donde se pueda realizar la eliminación de aquellos productos que pudiesen entorpecer las siguientes etapas del tratamiento. En estas zonas también se debe realizar una limpieza de los RCD para evitar toda contaminación con materia orgánica u otros residuos adheridos que puedan generar problemas al ser reutilizados como materiales pétreos. Además de lo anterior, se debe realizar una separación magnética para poder obtener la mayor cantidad de elementos metálicos y de esta forma evitar que sigan al proceso de trituración (Del Río et al., 2010). La trituración debe ser pensada en dos fases: la primera fase está relacionada con el tamaño esperado de los RCD que se vayan a triturar, y la segunda en relación con el tamaño de la partícula que se quiera como producto final (agregados pétreos para el reúso). Luego de la trituración, se deben almacenar los materiales en pilas y deben ser cubiertos con protecciones superficiales para evitar algún tipo de contaminación atmosférica y de suelos.

Las características físicas, mecánicas, químicas y biológicas de los RCD a ser triturados debe ser otro aspecto a tener en cuenta, puesto que, dependiendo de su composición, este puede ser usado o no en la conformación de nuevos materiales, en mezclas asfálticas o en concretos especiales. Es importante estudiar y conocer muy bien la composición química de los agregados pétreos resultado del proceso de trituración, puesto que estos pueden

reaccionar con el cemento o el asfalto, incidiendo en la pérdida de la resistencia deseada y otros factores que se están estudiando actualmente.

Uno de los objetivos del plan de gestión es lograr el mayor porcentaje de aprovechamiento posible por metro cúbico de RCD reciclado. Sin embargo, es importante aclarar que existirá una porción de ellos que deberá ser en definitiva dispuesta de una forma adecuada,

ya sea en rellenos sanitarios o en sitios protegidos y adecuados para tal fin.

Esquema general de planta de tratamiento

La Figura 4, presenta el esquema general de los procesos asociados a la alternativa elegida, que sería ideal para la planta de tratamiento de RCD de la ciudad de Barranquilla.

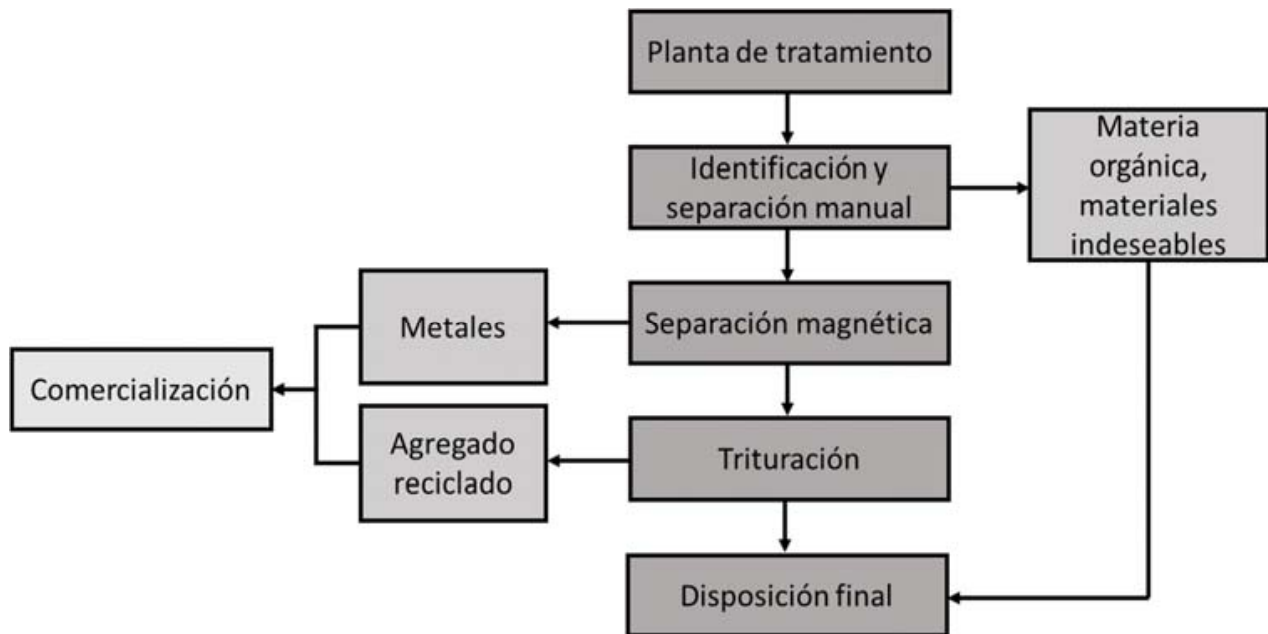


Figura 4. Esquema general de planta de tratamiento de RCD para la ciudad de Barranquilla
Fuente: elaboración propia.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En el presente documento se realizaron dos análisis sobre la aplicación de un plan de gestión de RCD en una ciudad intermedia, caso de estudio Barranquilla. Por un lado, se analizó la legislación vigente para la ciudad, haciendo una comparativa con las ciudades de Colombia con más experiencia en este

tipo de gestión. Por otra parte, se presentó una alternativa de gestión y tratamiento para los RCD generados en la ciudad de Barranquilla, basado en estudios previos (Pacheco et al., 2017). Así, del presente trabajo se pueden sacar las siguientes conclusiones.

- Se hace necesario que Barranquilla empiece a implementar medidas de gestión

integral para el manejo de RCD, siguiendo el ejemplo de ciudades pioneras como Medellín y Bogotá, en aras de cumplir con la normatividad local y nacional vigente.

- Cada generador y/o gestor de RCD deberá crear e implementar su propio Plan de Gestión Integral, de tal manera que se planteen en él las medidas particulares a tomar para el buen manejo de los residuos en sus respectivas obras.
- Se deben priorizar las medidas de prevención y reducción de los RCD, lo que implica un cambio en la conciencia ambiental en el gremio de la construcción de Barranquilla, fomentando así la sostenibilidad.
- Es importante implementar medidas de aprovechamiento de aquellos RCD que cuenten con características para su reutilización o reciclaje. De esta manera, se disminuye la cantidad de residuos dispuestos en rellenos sanitarios, aumentando la vida útil de los mismos.
- La separación en la fuente representa la clave para maximizar el aprovechamiento de los residuos generados en obra, pues evita que se contaminen o se mezclen con residuos que afecten las propiedades para su reutilización o reciclaje.
- Es necesario afianzar el acompañamiento de las entidades locales como la alcaldía, la policía ambiental y los entes de control, a las empresas constructoras que se encuentran en el periodo de implementación de la Resolución 1482 de 2017.
- Adicional al beneficio económico, la implementación de estas nuevas tecnologías de tratamiento de residuos trae consigo mejoras en la calidad de vida de la población y en el medio ambiente, debido

a que genera fuentes de empleo y reduce la explotación de recursos no renovables.

- Asimismo, a raíz de la identificación de los alcances del documento y de los puntos a mejorar en la ciudad de Barranquilla, es posible realizar las siguientes recomendaciones.
- En futuras investigaciones, se hace necesario realizar un análisis económico para conocer la rentabilidad que tendría el mercado de los residuos de construcción y demolición, como el agregado reciclado o el acero, y definir, además, tarifas óptimas para la recolección, transporte y comercialización de los productos finales obtenidos del procesamiento en una planta de tratamiento. Asimismo, se recomienda realizar una evaluación económica comparativa entre los gastos que acarrea la gestión actual de los residuos y los costos e ingresos que se tendrían al implementar las medidas de gestión integral de los mismos.
- Se recomienda realizar un estudio para definir la ubicación de la planta de tratamiento, identificando todos los focos o puntos de generación de RCD de la ciudad.
- Es necesario tener en cuenta los diferentes ensayos (físicos, mecánicos, químicos y biológicos), para la caracterización de los RCD, con el objetivo de definir el tamaño y capacidad de la trituradora a ser empleada en la planta de tratamiento, así como los tamaños de los productos a comercializar para ser incorporados en la construcción de pavimentos y edificios.
- Por último, con este artículo investigativo se pretende dar el primer paso para corregir y disminuir las prácticas inadecuadas que se están llevando a cabo en la ciudad, mediante la aplicación y puesta en

marcha de un plan de gestión integral de residuos que garantice un cambio cultural, comercial y político, que dé beneficios tributarios para la comercialización y reúso de agregados pétreos reciclados.

Así, se espera orientar a la ciudad de Barranquilla hacia la sostenibilidad, partiendo del manejo óptimo de los residuos de construcción y demolición.

REFERENCIAS

- Alcaldía de Barranquilla. (2012). Decreto 0860. , 3 de septiembre. Retrieved from www.barranquilla.gov.co/publicaciones/doc_download/1649-gaceta-no-373
- Alcaldía mayor de Bogotá. (2004). Decreto 190. , 1 de junio.
- Alcaldía mayor de Bogotá. (2006). Decreto 312. , 15 de agosto.
- Alcaldía mayor de Bogotá. (2007). Decreto 620. , 28 de diciembre.
- Alcaldía municipal de Medellín. (2002). Decreto 151. , 20 de febrero.
- Alcaldía municipal de Medellín. (2013). Guía de manejo socio-ambiental para la construcción de obras de infraestructura pública. , marzo.
- Barranquilla verde, A. de B. (2017). Resolución 1482. Retrieved from <http://barranquillaverde.gov.co/planeacion-gestion-y-control/normatividad>
- Castaño, J., Misle Rodriguez, R., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., & Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121–129. <https://doi.org/http://dx.doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2013.4.a09>
- Colombia. (1974). Decreto Ley 2811. Retrieved from http://www.minambiente.gov.co/images/GestionIntegraldelRecursoHidrico/pdf/normativa/Decreto_2811_de_1974.pdf
- Colombia. (2003). Decreto 1505. , 6 de junio.
- Colombia. (2013). Decreto 2981. Retrieved from http://wsp.presidencia.gov.co/Normativa/Decretos/2013/Documents/DICIEMBRE/20/DECRETO_2981_DEL_20_DE_DICIEMBRE_DE_2013.pdf
- Colombia. (2015). Decreto 1076. , 26 de mayo.
- Congreso de Colombia. (1994). ley 142. Diario Oficial No. 41.433 de 11 de julio.
- Congreso de Colombia. (2008). Decreto 1259. , Diario Oficial No. 47.208 de 19 de diciembre.
- Del Río, M., Izquierdo, P., Salto, I., & Santa Cruz, J. (2010). La regulación jurídica de los residuos de construcción demolición (RCD) en España. El caso de la Comunidad de Madrid. *Informes de La Construcción*, 62(517), 81–86. <https://doi.org/10.3989/ic.08.059>
- Departamento técnico Administrativo del Medio Ambiente Barranquilla – DAMAB. (2016). Resolución 1011. , 28 de junio. economycircuar.org. (2018). Economía Circular. Retrieved from https://economycircuar.org/wp/?page_id=62
- Ministerio del medio ambiente de Colombia. (1994). Resolución 541. 14 de diciembre.
- Morán del Pozo, J. M., Juan Valdés, A., Aguado, P. J., Guerra, M. I., & Medina, C. (2011). Estado actual de la gestión de residuos de construcción y demolición: limitaciones. *Informes de La Construcción*, 63(521),

- 89–95. <https://doi.org/10.3989/ic.09.038>
- Pacheco-Bustos, C., & Páez, C. (2019). Guía para el manejo integral de los Residuos de Construcción y Demolición en la ciudad de Barranquilla. Barranquilla: Editorial Universidad del Norte.
- Pacheco, C., Sánchez, E., Fuentes, L., & Rondón, H. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de Barranquilla desde su modelo de gestión. *Revista Ingeniería y Desarrollo*, (57).
- Programa de las Naciones Unidas. (2018). Objetivos del desarrollo sostenible. Retrieved from <http://www.undp.org/content/undp/es/home/sustainable-development-goals.html>
- Ramírez, J. M. C. (2007). Colección de tesis digitales, Universidad de las Américas Puebla, Guía para el manejo de residuos sólidos generados en la industria de la construcción. Retrieved from http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/mgc/cortina_r_jm/indice.html
- Robayo, R., Mattey, 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. *Tecnura*. <https://doi.org/10.14483/udistrital.jour.tecnura.2015.2.a12>
- Secretaría del Medio Ambiente, E. P. de M. (2010). Manual de gestión socio-ambiental para obras de construcción. Retrieved from http://www.colmayor.edu.co/uploaded_files/images/archivos/normograma/manuales/Manualambientalparaprocesosconstructivos.pdf
- Secretaría Distrital de Ambiente, B. D. C. (2012). Resolución 1115. Retrieved from http://www2.igac.gov.co/igac_web/normograma_files/RESOLUCION11152012.pdf
- Secretaría distrital del medio ambiente de Bogoá. (2013). Resolución 715. , 30 de mayo. Retrieved from <http://www.fvs.gov.co/transparencia/marco-legal/normatividad/resolución-715-2013>
- Secretaría distrital del medio ambiente de Bogotá. (2011). Resolución 2397. , 25 de abril.
- Xargay, H., Ripani, M., Caggiano, A., Folino, P., & Enzo Martinelli. (2019). Uso de materiales reciclados en compuestos cementicios. *Tecnura*, 23(60), 38–51. <https://doi.org/10.14483/22487638.14697>

