

PAVIMENTACIÓN ARTICULADA CON ADOQUINES A PARTIR DE ESCOMBROS DE OBRAS

Adrián Felipe Beltrán Ibarra^{1*}, Andrés Felipe González Rivera²

^{1,2} Estudiantes de Tecnología en Obras Civiles

*gandresfelipe726@gmail.com, adrianfel16@gmail.com

Resumen

El manejo y la disposición inadecuada de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados de las obras civiles, causan un gran impacto negativo para el medio ambiente y la sociedad. Aumentando considerablemente los residuos sólidos acumulados en sitios abiertos, por tal motivo se pretende encontrar alternativas de solución para la problemática ambiental actual; los cuales van en un descontrolado crecimiento, dichas alternativas van encaminadas al aprovechamiento y valorización comercial de estos residuos o al tratamiento y buena disposición final.

Al reutilizar estos residuos como materiales alternativos para la construcción establece un gran reto en todo el mundo, y se convierte en una razón de vital importancia en la implementación de modelos para el reciclado de los mismos.

El presente tiene como objetivo proponer un guía para el manejo de los residuos y utilizarlos en la pavimentación articulada, como un prototipo de adoquín en concreto a partir de residuos de hormigón, fragmentos de ladrillo, sobrante y desperdicio de mortero. La información se obtuvo a partir de la utilización del análisis documental, así mismo, se utilizan los métodos de investigación teóricos y los resultados se basan en estudios ya realizados.

Palabras clave: Residuos, clasificación, materiales, gestión, e implementación.

Abstract

The inadequate management and disposal of Construction and Demolition Waste (RCD) generated from civil works, cause a great negative impact for the environment and society. Considerably increasing the solid waste accumulated in open sites, for this reason it is intended to find alternative solutions for the current environmental problem; which are in uncontrolled growth, these alternatives are aimed at the commercial use and recovery of these wastes or the treatment and good final disposal.

Reusing these wastes as alternative construction materials sets a great challenge worldwide, and becomes a vitally important reason in the implementation of models for recycling them.

The objective of this present is to propose a guide for waste management and use it in articulated paving, such as a prototype of concrete paving stone from concrete residues, brick fragments, surplus and mortar waste. The information was obtained from the use of documentary analysis, likewise, theoretical research methods are used and the results are based on studies already carried out.

Keywords: Waste, sorting, materials, management, and implementation

Introducción

El desarrollo sostenible y su aplicación a la construcción son fundamentales en el sector de la ingeniería civil. El tema de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la construcción constituye una preocupación debido al crecimiento de esta actividad, sumado a la insuficiente gestión y la falta de conocimiento en el tratamiento de los desechos en el ámbito empresarial, esta generación de residuos sólidos y su manejo inadecuado, ha contribuido a la ocurrencia de situaciones alarmantes como la contaminación de los suelos, la disminución de la calidad ambiental de los ecosistemas marinos e insulares, la ocupación incontrolada del territorio que genera la destrucción de los espacios naturales, así como la creación de focos infecciosos que deterioran la calidad de vida de la población (Lesheni, 2016).

Reutilizar éstos residuos como materiales alternativos para la construcción establece un gran reto en todo el mundo, y se convierte en una razón de vital importancia en la implementación de modelos para el reciclado de los mismos, como vía para resolver las problemáticas anteriores. Muchos de los desechos son generados en gran parte por las empresas constructoras que están especialmente ubicadas en zonas urbanas donde se lleva a cabo obras privadas.

Actualmente la preocupación por la relación entre el hombre y el entorno ambiental ha generado el interés de muchos ingenieros en realizar un producto diferente y ecológico con el manejo de residuos en el sector constructor. Una buena alternativa para hacer un buen uso de dicho material es reutilizarlo para la pavimentación de vías, parques infantiles, entre otras obras.

Por lo tanto, el objetivo es utilizar en la pavimentación articulada un prototipo de adoquín en concreto a partir de residuos de hormigón, fragmentos de ladrillo, sobrante y desperdicio de mortero.

Métodos

La metodología utilizada para este artículo fue inicialmente identificar los problemas a resolver dentro del área de la construcción de pavimentos, tanto en el área social, técnica y ambiental, logrando así definir los objetivos.

Luego se realizó una revisión bibliográfica sobre pavimentos articulados implementados en la construcción, y las ventajas frente a esta alternativa de pavimentación. En total se consultaron 37 bases de datos, de las cuales se encuentran tesis de investigación, artículos, libros y guías de construcción de obras civiles.

Marco teórico

Gestión de la reutilización de los residuos de construcción y demolición (RCD)

Dentro de los procesos de construcción modernos uno de los ítems más importantes a tratar, es la disminución en la explotación de recursos naturales para la elaboración de materiales como concretos, ladrillos y agregados provenientes de canteras y demás lugares, en los que debido a esta práctica se generan daños irreversibles al medio ambiente, por tal motivo día a día se han incentivado a los constructores a la sostenibilidad de sus proyectos, debido a esto varias empresas en Colombia se dedican a realizar adoquines con materiales reciclables (escombros), los cuales deben ser llevados a la utilización mediante la pavimentación articulada.

1. Generación y composición de los residuos

1.1 Definición de los residuos

Los residuos de construcción y demolición conocidos como RCD varían según la construcción, reforma o demolición, básicamente se consideran residuos inertes y especiales debido a que no presentan una transformación química o física, estos proceden principalmente de las actividades propias del sector de la construcción y demolición de obras de edificación.

Estos residuos son constituidos por tierras y áridos mezclados, piedras, restos de hormigón, restos de pavimentos asfálticos, materiales refractarios, ladrillos, vidrios, plásticos, yesos, metales y maderas (Ferreira et al., 2009).

En el país se presenta un problema creciente que ocasiona presiones y coyunturas ambientales con una alta significación, esto se ve provocado por la generación de residuos de todo nivel, dentro se encuentra la actividad de la construcción.

1.2 Clasificación de los residuos

Al ejecutar una construcción se lleva a cabo varias actividades como el movimiento de la tierra o las excavaciones, este tipo de actividades generan los primeros residuos, luego se producen otros tipos de residuos como los restos de concreto, restos de ladrillo, material cerámico y demás.

Según (Ferreira et al., 2009) los RCD Se pueden clasificar en dos grupos.

Tierra y materiales pétreos. Procedentes de obras de excavación y de los movimientos de tierra, estas tierras excavadas pueden ser utilizadas como material de relleno para carreteras o pavimento en vías temporales y rellenos, por lo cual este grupo no afecta al medio ambiente.

Escombros. Procedentes principalmente de las actividades propias del sector de la construcción y demolición de obras, se pueden identificar como hormigones, morteros, ladrillos, cerámicas, tejas, materiales de construcción derivados del yeso, asfalto, metales, residuos mezclados y residuos especiales (pintura y otros).

Como afirma (Aguilar, 2010) estos residuos pueden aparecer mezclados con otros tipos de residuos, como restos vegetales, podas, metales, enseres domésticos, maderas, aglomerados, residuos orgánicos, plásticos e incluso residuos peligrosos. Así mismo, afirma que existen diversos factores que influyen en el volumen y composición, entre ellos se destacan:

1. El tipo de actividad (construcción, demolición o reparación)
2. Tipo de construcción (edificios residenciales, industriales, servicios, etc)
3. Edad de la infraestructura (tipo y calidad de los materiales)
4. Políticas vigentes

Los materiales contenidos de RCD que son aprovechables se clasifican:

Materiales reutilizables. Elementos recuperados que se encuentren en buen estado pueden ser piezas de hacer, madera de calidad, piezas de fábricas.

Materiales reciclables. Fracciones que se pueden recuperar libres de impurezas.

Materiales destinados a la fabricación de productos secundarios. Elementos que se pueden dedicar a la fabricación como los metales, plásticos y vidrios.

2. Gestión de reciclaje de los residuos

El reciclaje se lo entiendo como el tratamiento o manipulación de los desechos, de forma artesanal o industrial, para crear un componente o un material nuevo, una materia prima (Rocha, 2015). Para Lesheni (2016) el reciclaje es una serie de pasos previos para la generación de los residuos, iniciando con una separación adecuada en el origen entrega de materiales, el acopio, transporte y venta, todo esto asimilado a partir de argumentos ambientes, sociales y económicos.

La gestión integral del reciclaje de los RCD se maneja por el ciclo óptimo de residuos de la construcción y demolición (Figura 1), que está compuesto por los procesos de generación, recolección y transporte de los mismos, la separación y reciclaje y la obtención de los productos reciclados. (Bedoya, 2011) plantea que la finalidad de la gestión de los RCD es el aprovechamiento mediante un tratamiento que permita la obtención de un producto técnicamente viable para el uso en obras civiles como vías, edificaciones, ferrocarriles, estaciones petroleras, puentes, etc.

Figura 1. Ciclo óptimo para el manejo de los RCD



Nota 1. Lesheni, 2016

Además (Villoria, 2014) expone que el manejo de los residuos debe gestionarse de forma integral; esto es registrar el camino definido por el residuo, desde su generación hasta su disposición final de forma controlada y segura para el medio ambiente.

2. Proceso de reciclado

Un material reciclado es aquel que una vez clasificado como residuo o desecho, es valorado y transformado como materia prima para ser incluido en un nuevo ciclo de producción (Rocha, 2015). Principalmente los generadores de escombros tanto construcciones públicas como privadas, separan in situ el material procedente de las actividades, sin mezclarlos con material orgánico y/o peligroso (Acosta, 2010).

(Bustos, 2012, Construcción, 2013) concuerdan en que se debe realizar una separación primaria de aquellos residuos que no pueden ser tratados en las plantas de reciclaje, por el cual los residuos se clasifican de la siguiente manera:

- **Clasificación primaria.** Materiales como metales, maderas, plásticos, compuestos orgánicos, elementos visibles, los cuales son depositados en acopios.
- **Clasificación por granulometría.** Separación de partículas grandes de las pequeñas por medio del movimiento a través de mallas o laminas perforadas.
- **Clasificación neumática.** Retiro de elementos de baja densidad que aún están contenidos en los residuos y dificultan el proceso.
- **Separación magnética.** Retiro de elementos metálicos presentes en el proceso productivo.
- **Operaciones de trituración.**

La reutilización es la opción más utilizada pues esta tiene un mínimo costo de procesamiento y el uso de la energía. (Karunasena et al., 2010).

2.1 Procedimiento de los RCD

(Bedoya, 2011) plantean que los procedimientos son todas aquellas instrucciones que si se siguen adecuadamente ayudarán a controlar el sistema de gestión, así como las actividades, los productos y los procesos que se lleven a cabo en el desarrollo de la obra.

De esta manera se implementa la secuencia de los pasos para el proceso de pavimentación en adoquín hecho con escombros de obra, de un modo dinámico con el receptor, entendible y beneficioso.

Fase 1. Identificación de los residuos de construcción y demolición. Identificación de los conceptos de trabajo en donde se emplearán materiales de reúso y reciclaje, así como los tipos de residuos que se generarán del proceso de la obra.

Fase 2. Estimación de la generación y minimización de los residuos

- Hace referencia a las proyecciones de RCD y de excavación que serán generadas en una obra.
- Aplicación de buenas prácticas para reducir la generación de RCD producidos en las actividades de ejecución de las obras civiles.
- Incremento en el empleo de materiales que se puedan reciclar.

Fase 3. Separación en origen y recogida selectiva. Con la finalidad de potencializar su aprovechamiento los residuos deberán identificarse y separarse desde su origen, además debe realizar una recogida respetando dicha separación hasta su disposición.

Fase 4. Transporte de los residuos previamente seleccionados. El transporte de los residuos recogidos se realizará mediante volquetas el cual facilitará la recogida.

Fase 5. Aprovechamiento de los residuos mediante la reutilización, reciclaje y valorización

- Reutilizar: utilizar el material o residuo en un mismo estado
- Reciclar: recolectar y transformar en nuevos materiales
- Valorización: recuperación y reincorporación de los residuos

Fase 6. Disposición Final. Una vez obtenido el adoquín se continuará con el proceso de comercialización, se realizará de dos formas:

- Materia prima para la elaboración de pavimentos articulados
- Producto final (pavimento articulado)

Alvares et al., (2017) considera que la gestión de los RCD es el aprovechamiento mediante un tratamiento que permita la obtención de un producto técnicamente viable para el uso en obras civiles como vías, edificaciones, ferrocarriles, estaciones petroleras, puentes, etc. De esta forma se contribuye a mitigar la contaminación que causa la acumulación en terrenos potencialmente útiles.

Resultados y discusión

1. Colocación del adoquín

Para subrasante de terreno natural, se debe nivelar la subrasante con las pendientes definidas por el diseño geométrico de la vía para el drenaje, de modo que sobre ésta se

coloque posteriormente la capa de base con un espesor constante en toda el área del pavimento (Marín, 2019).

Se debe retirar el material que sobre en los cortes o se deben llenar las zonas bajas, o vacíos, con un material igual o mejor que el de la subrasante. La base se construye por capas de espesor constante en toda el área del pavimento. Cada capa debe quedar completamente compactada antes de colocar la siguiente. El espesor de cada una de estas capas depende de la capacidad del equipo que se tenga disponible para la compactación.

Como al compactar una cantidad definida del material de base se reduce su espesor, es necesario colocar un espesor mayor de material suelto, para que al compactarlo quede el espesor requerido por el diseño.

La superficie debe quedar lo más uniforme posible, sin vacíos, para que la cama de arena de asiento no se introduzca entre estos. Se puede usar un poco de arena o suelo-cemento para emparejar las áreas más rugosas, pero estos rellenos se deben compactar antes de colocar la arena de asiento.

El material de base deberá tener niveles acordes a la estructura total del pavimento, que garanticen los espesores mínimos de los otros componentes, como, por ejemplo: Si se define un adoquín de 6 cm, con una cama de arena de asiento de 3 cm compactados y se requiere dejar un sobre alto de 0.5 cm en relación con los elementos de borde.

El nivel superior de la base granular compactada deberá estar con respecto a los elementos de borde a 8.5 cm. Se recomienda hacer una prueba piloto, en un área de 1 m² con el fin de establecer el rango de asentamiento de la arena de asiento. Esto definirá el espesor de arena a colocar en estado suelto.

2. Alternativas de uso del prototipo de adoquín a base de RCD.

Existen varias alternativas para la implementación del prototipo de adoquín a base de RCD, una de ellas es en pisos articulados en adoquín de concreto para superficies de tránsito peatonal y vehicular, en este caso es muy usual utilizar el patrón de espina de pescado como se indica en la siguiente figura.

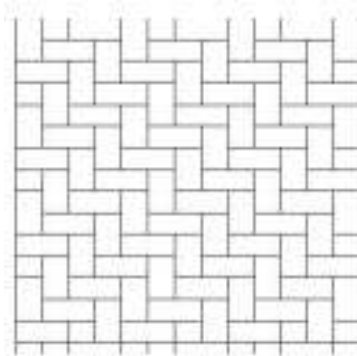


Figura 2. Patrón de Colocación (Espina de pescado) – Para Superficies de Tráfico Vehicular

Según lo anterior se tiene una gran cantidad de formas de adoquines, algunos de ellos, como los rectangulares, se pueden colocar en una variedad, casi infinita, de patrones de colocación. Entre los patrones más utilizados están: en hileras, en hiladas, espina de pescado, parqué etc., cualquiera de los cuales se podrá considerar.

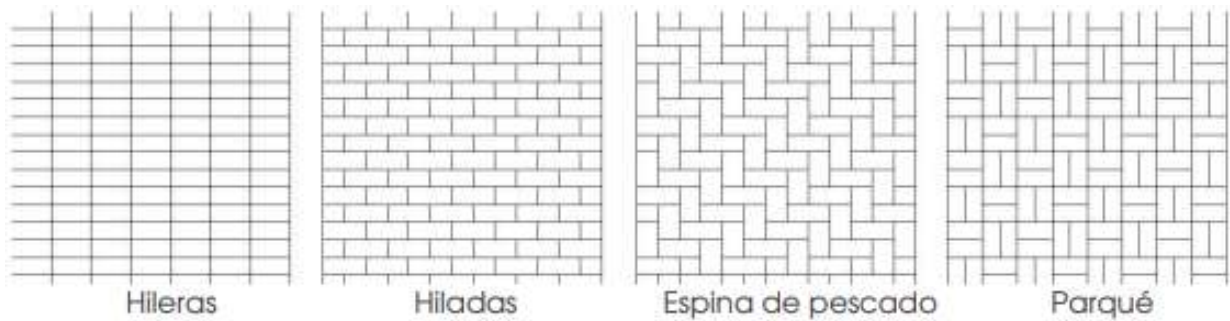


Figura 3. *Patrones de Colocación – Para Superficies de Tránsito Peatonal*

Según la alcaldía mayor de Bogotá considera que se puede utilizar cualquier orientación, pero si la pendiente longitudinal supera el 10%, las hiladas también se deben poner transversales a la pendiente de la vía.

Patrón en hileras (cuadrícula) y tejido de canasto (parqué). Sólo son aptos para tráfico peatonal. Esto se debe cumplir para cualquier combinación de unidades del sistema de adoquines rectangulares que genere juntas continuas.

Patrón en hiladas. El patrón en hiladas se puede construir con adoquines rectangulares de cualquier tipo, o con adoquines no rectangulares.

Cuando se utilicen adoquines cuadrados es preferible colocarlos en hiladas, no en hileras (cuadrícula), pudiéndose hacer con desplazamientos aleatorios de una hilada con respecto a la otra. No se recomiendan de más del 10%, si dejan juntas continuas a lo largo de la pendiente.

Patrón de espina de pescado. Se construye con unidades con una relación largo/ancho igual a dos, como los adoquines rectangulares de 20 cm x 10 cm. Los ejes de las juntas de este patrón deben quedar alineados con los ejes del pavimento a 45° con respecto a dichos ejes, o con la orientación que determine el diseñador.

En zonas de andén y pavimentos en adoquín de concreto será necesario la colocación de un confinamiento interno para un mejor comportamiento y estabilidad de la superficie adoquinada. En superficies adoquinadas con pendientes mayores al 8%, en longitudes mayores a 6 m y en superficies que presenten cambios de nivel, será necesario la colocación de dicho confinamiento. Estos elementos podrán ser prefabricados o construidos en sitio con una resistencia a compresión mínima de 3000 psi a los 28 días y cuyas especificaciones técnicas deberán ser definidas previamente por la entidad contratante de acuerdo a los requerimientos de diseño y con el cumplimiento de lo establecido en la NTC 4109 Prefabricados de concreto. Bordillos, cunetas y tope llantas de concreto. Los elementos de confinamiento tendrán un ancho mínimo de 10 cm y deberán apoyarse como mínimo 15 cm por debajo del nivel inferior de los adoquines de arcilla para garantizar la estabilidad deseada. Estos elementos deberán instalarse o construirse al mismo tiempo de instalación de los adoquines con el fin de no dejar espacios libres que puedan producir el desplazamiento de éstos (Caicedo, 2016).

Teniendo en cuenta la importancia de implementar practicas amigables con el medio ambiente este tipo de prototipo de adoquín se lo considera como una práctica Eco-innovadora desarrollando pavimentos articulados, donde se les puede dar uso en diferentes lugares como (Marín, 2019):

- Parqueaderos
- Carreteras Portátiles
- Zonas de tracción vehicular
- Locaciones móviles
- Pozos estratigráficos
- Eco parques
- Gimnasios callejeros
- Espacios de recreación en general

Así mismo en proyectos inmobiliarios los adoquines se los utiliza en las caminarias y las vías interiores de circulación de las urbanizaciones, además en aceras peatonales donde el porcentaje es de 32% y en las vías de un 31% (Molina, 2012).

El mismo autor clasifica según la resistencia de flexión, de acuerdo con las especificaciones.

- Adoquín tipo 1. Se lo utiliza en la superficie de rodamiento en caminos, carreteras, calles y estacionamiento de todo tipo de vehículos, con un espesor mínimo de 8 cm.
- Adoquín tipo 2. Es el adoquín que se utiliza en la superficie de andenes peatonales y ciclo vías.
- Adoquín especial. Se lo utiliza para casos según requerimientos de diseño.

3. Prototipo de adoquines

Para la elaboración de los adoquines y las pruebas se consideran las normas técnicas colombiana NTC 2017 adoquines de concreto para pavimento, se detalla a continuación:

Tabla 1. Características de los adoquines

CARACTERÍSTICAS DE LOS ADOQUINES		
ESPESOR	6 cm para pavimentos de tráfico liviano y 8 cm para calles, patios industriales, muelles y aeropuertos.	
FORMA	Variada, preferible que su figura no tenga cambios bruscos. Se recomienda rectangular.	
DIMENSIONES	Valores de uso normal Espesor de 100 mm (\pm 3mm) Ancho 125 mm (\pm 2mm) Largo máximo 220 mm (\pm 2mm)	
COLOR	Puede ser de todo tipo de color, siempre y cuando el aditivo colorante no altere las propiedades del concreto, se recomienda que el color sea neutro (gris oscuro)	
TEXTURA	Debe ser fina para ser impermeables. El agregado usado, por tal motivo debe ser fino, con algo de material retenido en una malla No. 4.	
RESISTENCIA	Desgaste	Adecuada resistencia al desgaste, la cual se consigue al usar un agregado adecuado y na buena cantidad de cemento.
	Flexión	Los adoquines, igual que las losas de concreto de pavimentos, el esfuerzo critico es el de flexión. Por lo tanto, lo más conveniente es especificar una resistencia a la flexión, o módulo de ruptura mínimo, determinado en un adoquín entero, rectangular o cortado con disco de diamante, es de 42 Kg/cm ² . Este módulo de ruptura es aproximadamente un 15% de la resistencia a la compresión determinada.

	Comprensión	Los adoquines debe ser de 300 Kg/cm ² , determinada en probetas cúbicas, obtenidas cortando las mitades de la prueba de flexión, o de un adoquín entero.
--	--------------------	---

Nota 2. Normas técnicas colombiana NTC 2017

Según lo anterior algunas formas de presentación para los prototipos de adoquines son los siguientes (Serrano, 2009):

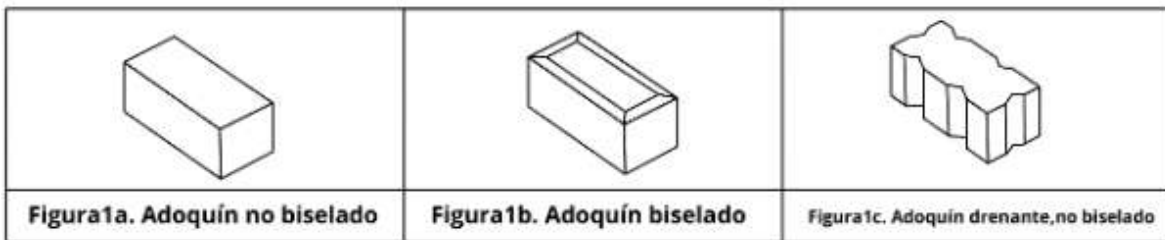


Figura 4. Formas de Adoquines

Referencias bibliográficas

Aguilar, A. (2010). Reciclado de materiales de construcción. Revista Residuos, ISSN:1578-097X 4-12. Recuperado de <http://polired.upm.es/index.php/boletincfs/article/view/2781>

Aiassa, G. M. y Arrúa, P. A. (2007). Diseño de mezclas de suelo compactado para la construcción de terraplenes. Revista EIA ISSN 1794-1237, Número 7. 51-61. Recuperado de <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n7/n7a05.pdf>

Alcaldía de Medellín. (2008). Gestión Integral de Residuos Sólidos G.I.R.S. Medellín: Alcaldía de Medellín. Recuperado de https://www.medellin.gov.co/irj/go/km/docs/pccdesign/SubportaldelCiudadano_2/AtencinCiudadana1/ProgramasyProyectos/Shared%20Content/Documentos/2015/DOCUMENTOACTUALIZACIONPGIRS%20MEDELL%C3%8DNPA_RACONSULTA.pdf

Alpizar, M. M. y Flórez, M. V. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción, UICN, Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe. San José, Costa Rica. Recuperado de https://www.iucn.org/sites/dev/files/content/documents/guia_de_manejo_de_escombros.pdf

Álvarez, M., Barrios, G., Pineda, M. y Martínez, L. (2016). Modelo para la gestión integral de los áridos reciclados en la provincia de villa clara. Recuperado de <https://pdfs.semanticscholar.org/7cd0/a4c2880f97009e5e6da2be7f95dc71a12fe9.pdf>

Álvarez, M., Barrios, G., Pineda, M. y Martínez, L. (2017). Procedimiento de gestión integral de los residuos de construcción y demolición en santa clara. Convención Científica Internacional 2017 ciencia, tecnología y sociedad. Perspectivas y retos, Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/12362/Procedimiento%20de%20Gesti%C3%B3n%20Integral%20de%20los%20RCD.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Armijos, V. (2011). "Estudio del diseño estructural y constructivo de pavimentos articulados en base a bloques de asfalto", (Tesis de Magister en Ciencias de la Ingeniería). Pontificia Universidad Católica de Chile. Recuperado de <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/1468>

Aznar. A. (2013). Automatización de una planta de tratamiento y reciclaje de RCD's (Residuos de Construcción y Demolición). Leganes: Universidad Carlos III de Madrid. Recuperado de <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/17308>

Barroso, G. & Gómez, C. (2011). Análisis de la incorporación de materiales reciclados de los residuos de la construcción para ser usados como agregados en elementos estructurales o no estructurales, (Tesis de pregrado) Universidad de Oriente. Bolívar, Venezuela. Recuperado de <http://ri2.bib.udo.edu.ve:8080/jspui/bitstream/123456789/1381/2/004-Tesis-Analisis%20de%20la%20incorporacion%20de%20materiales%20reciclados.pdf>

Bedoya, C. (2003). El concreto reciclado con escombros como generador de hábitats urbanos sostenibles (Tesis de Magíster en Hábitat), Facultad de Arquitectura, Medellín - Colombia. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3477/1/98589947-2003.pdf>.

Bedoya. Pérez. A., Vásquez. A y Delgado. K. (2011). Construcción sostenible para volver al camino. Recuperado de <http://www.bdigital.unal.edu.co/3738/>

Bedoya, A. B. (2011). Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición (Trabajo de grado). Universidad De San Buenaventura. Recuperado de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/538/1/Propuesta_Manejo_Integral_Bran_2011.pdf

Bojaca, N. (2008). Concreto Sostenible como Alternativa Estructural, Ambiental y Económica en la Construcción de Obras Civiles. Escuela Colombiana de Ingeniería, 32. Recuperado de <http://www.claisse.info/2010%20papers/p15.pdf>

Borsani, M. (2011). Materiales ecológicos, estrategias, alcance y aplicación de los materiales ecológicos como generadores de hábitats urbanos sostenibles. Recuperado de <http://upcommons.upc.edu>

Bran, A. (2011). Propuesta para el manejo integral de los residuos de la construcción y la demolición: caso de aplicación, Medellín Antioquia (Tesis de pregrado) Universidad de San Buenaventura, Medellín, Colombia. Recuperado de http://bibliotecadigital.usbcali.edu.co/bitstream/10819/538/1/Propuesta_Manejo_Integral_Bran_2011.pdf

Cabo, M. (2011). Ladrillo ecológico como material sostenible para la construcción (tesis de pregrado) Universidad Pública de Navarra, Navarra, España. Recuperado de <http://academica-e.unavarra.es/bitstream/handle/2454/4504/577656.pdf?sequence=1>

Cintra, J. E. (2015). Estudio de impacto del uso de áridos reciclados en bloques de hormigón (Tesis de pregrado). Universidad Central "Marta Abreu" de Las Villas, Santa Clara. Recuperado de

<http://www.emsamaquinaria.es/nueva-instalacion-para-elreciclaje-de-residuos-deconstruccion-en-la-zona-surde-caceres/>

Ferreira, J. (2009). Aprovechamiento de escombros como agregados no convencionales en mezclas de concreto, (tesis de pregrado) Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga, Colombia. Recuperado de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/679/digital_18472.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Gaspar, A. G. (2015). Estudio de factibilidad técnico-económico para la producción a pequeña escala de áridos reciclados. Trabajo de Diploma, Universidad Central Marta Abreu de las villas. Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/bitstream/handle/123456789/7405/Tesis%20Completa%20Johanna.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

García, L. (2003). Sostenibilidad de la disposición de escombros de construcción y demolición en Bogotá (Tesis de pregrado). Universidad de los Andes, Bogotá, 97. Recuperado de <https://repositorio.uniandes.edu.co/bitstream/handle/1992/10013/u240077.pdf?sequence=1>

Gutiérrez, A. S. (2016). Manejo de los RCD en la Habana Vieja: Constructora “Puerto de Carenas”, OHH. Experiencias y resultados. Habana. Recuperado de <https://repositorio.uho.edu.cu/jspui/bitstream/uho/4570/1/Tesis%20Ismael%20Bernal.pdf>

Guzmán Moya, M. C. y Guzmán Bermúdez, G. E. (2016). Elaboración de un adoquín para pavimentos articulados a partir de la reutilización de recursos sólidos generados por la construcción en la ciudad de Villavicencio (tesis de pregrado). Universidad Cooperativa de Colombia, Villavicencio. Recuperado de <http://repository.ucc.edu.co/handle/ucc/12589>

Hernández, L. & Grettel, A. (2008). Manejo de los desechos en proyectos de construcción etapa 2, Tecnología en Marcha, Volumen (21 No 4), 60-63. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4835619.pdf>

Karunasena, G., Amaratunga, D., Haigh, R. & Lill, I. (2010). Post disaster waste management strategies in developing countries: Case of Sri Lanka International Journal of Strategic Property Management, 21. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/227640373_Post_Disaster_Waste_Management_Strategies_In_Developing_Countries_Case_Of_Sri_Lanka

Luna, M. A. y Castillo, G. (2018). Algunas consideraciones sobre el uso de los áridos reciclados como fuente alternativa de materias primas en la producción de

hormigones, Revista: Caribeña de Ciencias Sociales ISSN: 2254-7630
Recuperado de <https://www.eumed.net/rev/caribe/2018/05/produccion-arido-reciclado.html>

Pavón, E., Etxeberria, M. & Díaz, N. E. (2012). Estudio de la aplicabilidad del hormigón con árido grueso reciclado en La Habana, Cuba. *Materiales de Construcción*, Vol. 62, 307, 431-441, 11. Recuperado de https://www.researchgate.net/publication/274113634_Estudio_de_la_aplicabilidad_del_hormigon_con_arido_grueso_reciclado_en_La_Habana_Cuba

Reyes, M. C. (2010). Propuesta para la implementación de planta de tratamiento de residuos de construcción en el área Metropolitana De Bucaramanga. Universidad Pontificia Bolivariana. Recuperado de https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/873/digital_19211.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Rocha, C. (2015). Aprovechamiento y revalorización de residuos de la construcción y demolición generados por un evento adverso para la construcción de obras civiles sostenibles.
<http://repositorio.ucm.edu.co:8080/jspui/bitstream/handle/10839/1139/Cristian%20Leonardo%20Rocha%20Osorio.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Rodríguez, J., Domínguez, R. y Álvarez, M. (2016). Estudio de impacto del uso de áridos reciclados en bloques de hormigón (Tesis de pregrado), Universidad Central “Marta Abreu” de Las Villas. Recuperado de <https://dspace.uclv.edu.cu/handle/123456789/4844?show=full>
- Seo, S. & Hwang, Y. (2011). An Estimation of Construction and Demolition Debris in Seoul, Korea: Waste Amount, Type, and Estimating Model. *Journal of the Air & Waste Management Association*, Volume 49, 1999, 53-64. Recuperado de <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/10473289.1999.10463863>
- Villalobos, V. (2012). Propuesta de un modelo para la evaluación de impacto ambiental (Tesis de pregrado). Universidad de Talca, Talca - Chile. Recuperado de http://ctha.otalca.cl/Docs/pdf/Publicaciones/tesis_de_grado/MEMORIA%20VICTOR%20BOBADILLA.pdf