

Análisis de residuos de concreto hidráulico (RCD) para el mejoramiento sostenible de vías terciarias en Colombia

Analysis of hydraulic concrete waste (RCD) for the sustainable improvement of tertiary road in Colombia

Análise de resíduos de betão hidráulico (RCD) para a melhoria sustentável das estradas terciárias na Colômbia

Yolanda Aceneth Jiménez Fuentes¹, <https://orcid.org/0000-0002-1607-2717>, yjimenez25@areandina.edu.co
Eliás José Herrera Sepúlveda¹, <https://orcid.org/0009-0006-6974-4034> eherrera36@estudiantes.areandina.edu.co
Lorena Marcela Rico Pianeta¹, <https://orcid.org/0000-0001-8841-4408>, lrico31@areandina.edu.co
Javier Javier Carrillo Zapata¹, <https://orcid.org/0009-0003-8626-9392>, jcarrillo31@estudiantes.areandina.edu.co

¹Fundación Universitaria del Área Andina, Colombia.

Autor de correspondencia: jcarrillo31@estudiantes.areandina.edu.co

Fecha de recepción: 28 de junio de 2025

Fecha de aprobación: 23 de agosto de 2025

Resumen. Este estudio evaluó la viabilidad de utilizar residuos de construcción y demolición (RCD), provenientes de concreto hidráulico demolidos en Riohacha – La Guajira (Colombia), como material de afirmado para vías terciarias. Se realizaron ensayos de granulometría, desgaste en la máquina de los ángeles, contenido de humedad, índices de plasticidad, solidez de los agregados en sulfato de magnesio y contenido de terrones de arcilla, siguiendo la normatividad de materiales para carreteras del Instituto Nacional de vías - INVIAS. Los resultados muestran que los RCD por sí sólo no cumplen con varios de los requisitos exigidos, como granulometría, índices de plasticidad y contenido de terrones de arcilla, aunque presentan buen comportamiento frente al desgaste y al sulfato de magnesio. Se concluye que el uso de RCD requiere ser combinado con materiales pétreos nuevos para su aplicación efectiva. Esta estrategia promueve la sostenibilidad en el mejoramiento de infraestructura vial en zonas rurales.

Palabras Clave. Afirmado, concreto hidráulico, residuos, sostenibilidad, vías terciarias.

Abstract. This study evaluated the feasibility of using construction and demolition waste (CDW) from demolished hydraulic concrete in Riohacha, La Guajira, Colombia, as road surface material for tertiary roads. Tests were conducted

on particle size distribution, wear in the Los Angeles machine, moisture content, plasticity indices, aggregate strength to magnesium sulfate, and clay lump content, following the road materials regulations of the National Road Institute (INVIAS). The results show that CDW alone does not meet several of the required requirements, such as particle size distribution, plasticity indices, and clay lump content, although it exhibits good performance against wear and magnesium sulfate. It is concluded that the use of CDW must be combined with new stone materials for its effective application. This strategy promotes sustainability in road infrastructure improvement in rural areas.

Keywords. Affirmed, hydraulic concrete, waste, sustainability, tertiary roads.

Resumo. *Este estudo avaliou a viabilidade do uso de resíduos de construção e demolição (RCD) de concreto hidráulico demolido em Riohacha, La Guajira, Colômbia, como material de pavimentação para estradas terciárias. Testes foram conduzidos sobre distribuição granulométrica, desgaste na máquina de Los Angeles, teor de umidade, índices de plasticidade, resistência do agregado ao sulfato de magnésio e teor de torrões de argila, seguindo as normas de materiais rodoviários do Instituto Nacional de Estradas (INVIAS). Os resultados mostram que o RCD sozinho não atende a vários dos requisitos exigidos, como distribuição granulométrica, índices de plasticidade e teor de torrões de argila, embora apresente bom desempenho contra desgaste e sulfato de magnésio. Conclui-se que o uso de RCD deve ser combinado com novos materiais pétreos para sua aplicação eficaz. Essa estratégia promove a sustentabilidade na melhoria da infraestrutura rodoviária em áreas rurais*

Palavras chave. *Afirmado, concreto hidráulico, residuos, sustentabilidade, estradas terciárias*

1. Introducción

Los residuos de construcción y demolición (RCD) generan un impacto ambiental considerable debido a su baja reutilización y al desconocimiento de prácticas de economía circular en el sector (Acevedo & Ruiz, 2022). Aunque suelen desecharse, su uso como materias primas secundarias podría reducir dichos efectos (Ochoa, 2018). El Decreto 1115 de 2012 (Secretaría Distrital de Ambiente, 2012) los reconoce como recursos valiosos para producir áridos reciclados y otros materiales; sin embargo, su gestión sigue siendo un desafío y su disposición final implica una alta carga ambiental.

A nivel nacional, estos residuos de construcción y demolición (RCD) representan cerca del 40% de los residuos sólidos, lo que equivale a 22,27 millones de toneladas anuales, de las cuales entre el 60% y el 90% se destinan a vertederos o rellenos sanitarios (Lozano & Castro, 2018). En Bogotá, esta problemática es

más crítica, con aproximadamente 15 millones de toneladas generadas cada año y una infraestructura de disposición al límite (Sierra, 2020). A nivel nacional, el 13,5% de los rellenos ha alcanzado su capacidad máxima, el 21,8% tiene menos de tres años restantes, el 29,1% entre tres y diez años, y el 35,6% alrededor de una década de vida útil (Rivas, 2018). Esto genera retos ambientales y logísticos, ya que el transporte hacia sitios de disposición lejanos incrementa la huella de carbono (Villalba et al., 2018).

Ante este panorama, la industria de la construcción ha comenzado a adoptar prácticas sostenibles para reducir emisiones y aprovechar los RCD (Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, 2018). Este sector, históricamente uno de los más contaminantes, consume el 40% de la energía global, produce el 50% de las emisiones de CO₂ y utiliza entre el 20% y el 50% de los recursos naturales (Vidal, 2015).

En Colombia, el deterioro de la infraestructura vial, especialmente en zonas rurales, exige soluciones que

mejoren la conectividad y promuevan el desarrollo sostenible (INVIAS, 2023; Rosero, 2020). En este contexto, la reutilización de RCD en pavimentos se perfila como una alternativa viable, con estudios nacionales e internacionales que han demostrado su potencial como material granular para subbases, bases y capas de rodadura (Escobar & Pinzón, 2021; Sangiorgi et al., 2015; Youyun, 2017; Jiménez & García, 2016).

En el ámbito nacional, Castellanos (2021) determinó que el uso de RCD pétreos en vías terciarias es técnicamente factible, recomendando espesores mínimos de 30 cm, mezclas de 20%-35% de RCD con el suelo natural y compactación cada 15 cm. Por su parte, Riveros & Rojas (2019) evidenciaron una viabilidad económica del 12% en ahorro de costos para tramos de vías secundarias y terciarias respecto a materiales convencionales.

A nivel internacional, Li et al. (2017) demostraron en China que 300 metros cúbicos de RCD en 700 metros de terraplén ofrecen alta resistencia y estabilidad con tratamientos simples, mientras que Sangiorgi et al. (2015) resaltaron el buen desempeño y las propiedades autocementantes de los RCD compactados en terraplenes experimentales.

Considerando estas experiencias, este estudio propone un enfoque sostenible para mejorar vías terciarias en Colombia mediante residuos de concreto hidráulico (RCD), evaluando su compatibilidad con las especificaciones del INVIAS (2022) y contribuyendo a la sostenibilidad en la construcción vial del país.

La Tabla 1 detalla los diversos tipos de RCD aprovechables generados en el sector de la construcción, clasificándolos según su grupo, clase y composición. Estos residuos se clasifican en función de su origen y de los materiales que los conforman, lo cual ha servido como punto de partida para varias propuestas que exploran su potencial utilización (Riveros & Rojas, 2019), conllevando beneficios tanto económicos como ambientales.

Tabla 1. Grupo, clase y componentes de los RCD aprovechables.

Grupo, clase y componentes de los RCD aprovechables.

Grupo	Clase	Composición
Orgánicos	Materiales biodegradables	Tierra negra, residuos de jardinería y otros materiales orgánicos
Pétreos Inertes	Material grueso	Concreto, cerámica, ladrillos, arenas, gravas, bloques, mortero, pétreos asfálticos y otros materiales inertes que queden retenidos el tamiz N°200
	Material grueso	Arcillas expansivas o no expansivas, limos, lodos y otros materiales inertes que pasen el tamiz N°200
No pétreos	No Inertes Comunes	Plásticos, vidrios, maderas, cartones, papel, cauchos, siliconas y PVC
	Metales	Aluminio, acero, cobre, estaño, hierro y zinc

Fuente. Adaptado de la Guía para la gestión integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla (Páez & Pacheco, 2019)

Esta investigación se enfoca en evaluar y caracterizar el desempeño de los residuos clasificados como “residuos pétreos inertes”, con especial atención a los provenientes del concreto hidráulico. La selección de este enfoque se fundamenta en el considerable volumen de producción en diversas obras de construcción e infraestructura a nivel nacional y en la demostrada capacidad de estos residuos para ser reutilizados eficazmente como material granular. Los residuos de concreto hidráulico, considerados en este contexto, representan una solución integral, sostenible y eficaz para el mejoramiento de vías terciarias en Colombia.

2. Metodología

La presente investigación adoptó un enfoque mixto, integrando métodos cualitativos y cuantitativos, lo que permitió una visión integral del problema, combinando el análisis en profundidad de aspectos cualitativos con la obtención de datos cuantitativos que respaldaron los hallazgos (INVIAS, 2022).

En la primera etapa, se efectuó una revisión e inspección documental orientada a identificar los parámetros establecidos por las especificaciones técnicas aplicables al material de afirmado en vías

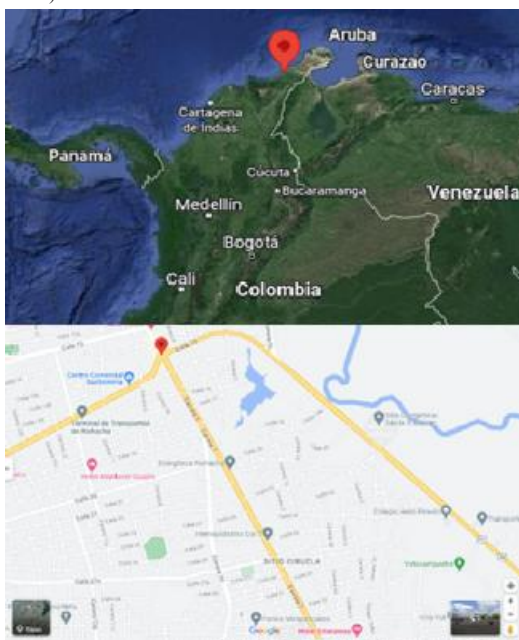
terciarias. Asimismo, se definieron las variables necesarias para que un material granular cumpla con los requisitos normativos, con el objetivo de evaluar el desempeño de RCD provenientes de la demolición de concreto hidráulico como insumo para el mejoramiento de este tipo de vías.

La búsqueda bibliográfica incluyó investigaciones previas que analizaron la aplicación de RCD en diferentes capas de la estructura típica de pavimentos, considerando sus propiedades mecánicas. Posteriormente, se revisó la normativa nacional vigente para determinar los ensayos requeridos a fin de evaluar la viabilidad técnica de los RCD como material de afirmado en vías de tercer orden.

En la fase experimental, se procedió a caracterizar los residuos y obtener indicadores comparables con los valores estipulados en la normativa. Las muestras se recolectaron en un proyecto de rehabilitación de pavimentos rígidos en la avenida Francisco el Hombre, en Riohacha (La Guajira), donde la demolición de la capa de rodadura de concreto hidráulico generó volúmenes significativos de RCD.

Figura 1.

Localización del proyecto (Avenida Francisco el Hombre, Carrera 7).



Fuente: Adaptación de Google Maps (Google, 2023)

Figura 2.

Demolición de pavimento rígido en Avenida Francisco el Hombre (Calle 7).



Fuente: Adaptación de Diario Caribe (2023).

La Tabla 2 muestra los ensayos requeridos por la especificación técnica de INVIAS, realizados sobre las muestras de RCD, así como los equipos utilizados de acuerdo con las normas de ensayo. El objetivo es caracterizar los materiales para su posible uso como material de afirmado en vías terciarias.

Tabla 2. Ensayos realizados a las muestras de suelos

Ensayos realizados a las muestras de suelos

<i>Ensayo</i>	<i>Norma</i>	<i>Equipo/Herramientas</i>
<i>Cuartero</i>	INV-E-202-13	Pala, escoba y palustre
<i>Humedad</i>	INV-E-122 -13	Horno, balanzas, recipiente para las muestras y elementos misceláneos
<i>Granulometría por tamizado</i>	INV-E-123-13	Balanzas, serie de tamices marca ENDECOTTS, recipientes, cepillo y brocha
<i>Límite líquido</i>	INV-E-125-13	Cazuela de Casagrande, ranurador, recipientes para determinar humedades, balanza, horno, y espátula

Ensayo	Norma	Equipo/Herramientas
Límite plástico e índice de plasticidad	INV-E-126-13	Placa de vidrio esmerilado, espátula, balanza, capsulas para determinación de humedad, horno, tamiz No 40, y elementos misceláneos
Contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales	INV-E-211-13	Balanza, recipientes, tamices, y horno
Desgaste en la máquina de los Angeles	INV-E-218-13	Máquina de los Ángeles, tamices, balanza, esferas de acero, y horno

Fuente. Elaboración Propia.

3. Resultados

Caracterización del RCD

Se tomó una muestra de concreto hidráulico, resultado de la construcción de un proyecto de pavimentación ubicado en el municipio de Riohacha, La Guajira, a la cual se le realizaron los ensayos indicados en la Tabla 2, acorde a las especificaciones generales de construcción de carreteras del INVIAS artículo 311 - 22 para materiales de afirmados.

La Tabla 3 presenta los resultados de la granulometría del material seleccionado.

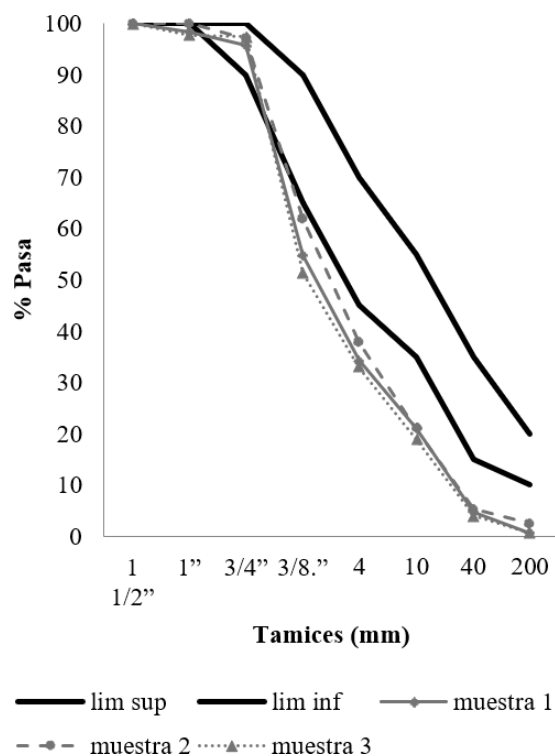
Tabla 3. Análisis granulométrico del material seleccionado
Análisis granulométrico del material seleccionado

Propiedad	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
% Gravas	65.72	62.25	67.11
% Arenas	33.66	35.19	32.82
% Finos	0.61	0.85	0.61
AASHTO	A-1-a (0)	A-1-a (0)	A-1-a (0)
USCS	GW	GW	GW
Material	Grava bien graduada	Grava bien graduada	Grava bien graduada

Fuente. Elaboración propia.

La Figura 3 presenta las curvas granulométricas para las tres muestras de RCD y los límites superior e inferior para su aceptación como material de afirmado, según las especificaciones del INVÍAS.

Figura 3. Curva granulométrica.



Fuente: Elaboración propia.

La Tabla 4 presenta los resultados de la resistencia al desgaste obtenidos en la Máquina de los Ángeles, el contenido de humedad, el índice de plasticidad, límite líquido, contenido de terrones de arcilla y la pérdida en solidez de los RCD.

Tabla 4. Resultados ensayos RCD

Resultados ensayos RCD

Ensayo	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3
Desgaste (%)	40.2	40.7	40.6
Humedad (%)	4.26	4.09	4.61
Índice de plasticidad (%)	NP	NP	NP
Límite líquido (%)	NL	NL	NL
Terrones (%)	2.46	2.70	2.50
Pérdida en solidez (%)	1.60	2.70	3.33

Fuente. Elaboración propia.

La Tabla 5 muestra un resumen de los ensayos realizados a las tres muestras representativas de

RCD de concreto hidráulico, siguiendo las pautas del artículo 311-22 del INVIAS. Se incluyen los resultados promedio y los criterios de cumplimiento.

Tabla 5. Resumen de caracterización de los RCD

Resumen de caracterización de los RCD

<i>Característica</i>	<i>Norma Ensayo Inv</i>	<i>Requisito</i>	<i>Promedio Obtenido</i>	<i>Criterio</i>
<i>Cuarteo</i>	E-202-13	NO APLICA	NO APLICA	NO APLICA
<i>Humedad (%)</i>	E-122 -13	NO APLICA	4.32%	NO APLICA
<i>Granulometría por tamizado</i>	E-123-13	Figura 3	Figura 3	NO CUMPLE
<i>Límite líquido, máximo (%)</i>	E-125-13	35	NL	NO CUMPLE
<i>Índice de plasticidad (%)</i>	E-126-13	4 - 9	NP	NO CUMPLE
<i>Terrones de arcilla y partículas deleznales, máximo (%)</i>	E-211-13	2	2.5	NO CUMPLE
<i>Desgaste, máximo (%)</i>	E-218-13	50	40.5	CUMPLE
<i>Sulfato de magnesio, máximo (%)</i>	E-220-13	18	2.54	CUMPLE

Fuente. Elaboración propia.

4. Discusión

El objetivo principal del estudio fue evaluar la viabilidad de utilizar residuos de construcción y demolición (RCD) de concreto hidráulico como material de afirmado para vías terciarias. Los resultados obtenidos permiten evidenciar que, si bien los RCD presentan propiedades óptimas como una buena resistencia al desgaste (40.5% en promedio, dentro del límite permitido por el INVIAS) y baja pérdida por solidez (2.54%), sin embargo, no cumplen con todos los requisitos exigidos por la especificación del INVIAS, especialmente en aspectos granulométricos, plasticidad y contenido de terrones. Esto implica que el uso directo del RCD como afirmado no es viable sin algún tipo de tratamiento, combinación con otros materiales o mejora adicional.

Al comparar los resultados obtenidos con los

estudios incluidos en la introducción, se evidencia que Castellanos (2021) y Riveros & Rojas (2019) reportan viabilidad técnica del uso de RCD en capas de subrasante con ciertas condiciones como mezcla con suelos naturales o con previo ajuste de la granulometría, algo que este estudio también sugiere de manera implícita al no cumplir totalmente con los requisitos del INVIAS. A nivel internacional, Li et al. (2017) y Sangiorgi et al. (2015) demostraron que los RCD pueden alcanzar una resistencia y estabilidad adecuadas si son tratados o compactados correctamente. En el presente estudio, la buena resistencia al desgaste refuerza esta conclusión, pero la deficiencia en los criterios de plasticidad y finos indica la necesidad de procesos adicionales de mejoramiento.

En lo que respecta a la interpretación de los resultados en cuanto al análisis granulométrico de todas las muestras, estas fueron clasificadas como grava bien graduada (GW) según el sistema de clasificación de suelos USCS, evidenciando un contenido significativo de material grueso, superando el 60%, lo cual es una característica deseable para afirmados, pues es un material permeable, de excelente resistencia, compresibilidad despreciable y facilidad de trabajo en obra. Sin embargo, no cumplen con los límites granulométricos establecidos por el INVIAS, debido a que el porcentaje de arenas y finos es inferior al 35% y 1% respectivamente, lo cual sugiere una distribución inadecuada del tamaño de partículas.

Los resultados de la resistencia al desgaste obtenidos en la Máquina de los Ángeles, son del 40.5%. parámetro que cumple con los requisitos establecidos por el INVIAS, los cuales especifican un límite máximo del 50% para materiales destinados a vías con bajo volúmenes de tránsito (NT1), es decir, que el material tendría una adecuada resistencia a la abrasión y degradación mecánica.

Las muestras registran una humedad promedio de 4.32% y no presentan plasticidad. Estos valores no se ajustan a los requisitos establecidos por INVIAS, que exige un índice de plasticidad comprendido entre el 4%

y el 9%, lo cual podría afectar la cohesión y estabilidad del material en condiciones de humedad.

Los resultados de contenido de terrones de arcilla y partículas deleznales para los RCD (Residuos de Construcción y Demolición) reportan un promedio del 2.5% de terrones, valor que excede el límite máximo establecido por el INVÍAS, esto es 2% para uso como material de afirmado e influyendo negativamente en la durabilidad y estabilidad del mismo al incrementar la susceptibilidad a la desintegración bajo cargas y en presencia de agua.

En lo que respecta a los resultados de pérdida de solidez en sulfato de magnesio, se evidencia que los RCD (Residuos de Construcción y Demolición) presenta una pérdida promedio de 2.54%, cumpliendo con las especificaciones del INVÍAS, donde el porcentaje permitido para uso como material de afirmado es del 18%.

En términos generales, se evidencia que los RCD (Residuos de Construcción y Demolición), en su estado original en una proporción del 100%, no satisface los requisitos necesarios para su uso como material de afirmado en vías terciarias. Por ende, resulta imprescindible su mezcla o combinación con materiales pétreos nuevos para alcanzar condiciones óptimas.

Las implicaciones de este estudio son relevantes para la gestión sostenible de residuos y la infraestructura vial rural en Colombia para la sostenibilidad ambiental, pues propone una solución para reducir la disposición final de los RCD (Residuos de Construcción y Demolición) en vertederos y su impacto ambiental, por otro lado, con previa combinación con otros materiales podría ser utilizado para la construcción de vías terciarias, lo cual mejoraría esta red vial y por tanto beneficiaría la calidad de vida a comunidades rurales.

5. Conclusiones

Durante el estudio, se realizaron pruebas detalladas que abarcaron aspectos como granulometría, resistencia

al desgaste, contenido de humedad y plasticidad, entre otros. Los principales hallazgos indican que los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de concreto hidráulico no satisfacen los requisitos necesarios para su uso como material de afirmado en vías terciarias, según los requisitos establecidos por el Instituto Nacional de Vías (INVÍAS), en términos de granulometría, plasticidad y contenido de terrones de arcilla. Sin embargo, se observaron resultados excelentes en los ensayos de desgaste en la máquina de los Ángeles y en sulfato de magnesio.

Estos hallazgos han logrado cumplir con el objetivo del estudio, el cual se enfocó en evaluar la viabilidad de utilizar Residuos de Construcción y Demolición (RCD), específicamente provenientes de la demolición de un pavimento de concreto hidráulico en Riohacha, Colombia, como material de afirmado en el mejoramiento de vías terciarias. Los potenciales beneficios de la reutilización del RCD incluyen la reducción de la cantidad de residuos enviados a los vertederos, la disminución de la necesidad de extraer materiales vírgenes, el ahorro de costos en la construcción de vías terciarias y la mitigación del impacto ambiental de la construcción.

Por consiguiente, se destaca la importancia de combinar mezclas con materiales pétreos nuevos para alcanzar condiciones óptimas. Este hallazgo subraya la necesidad de adoptar enfoques integrados que incorporen la reutilización de RCD junto con materiales convencionales, ofreciendo así una solución sostenible y eficaz para mejorar las infraestructuras viales en Colombia.

Para dar continuidad a esta investigación y proporcionar una guía práctica para la implementación de mezclas de RCD y materiales pétreos nuevos en la mejora de vías terciarias, se recomienda llevar a cabo un estudio adicional para determinar porcentajes específicos de combinaciones. Se sugiere investigar diferentes proporciones, como un 20% de RCD y un 80% de material pétreo nuevo, un 30% de RCD y un 70% de material pétreo nuevo, y así sucesivamente.

Estas combinaciones podrían ser evaluadas mediante pruebas de laboratorio y análisis de campo para determinar su desempeño en términos de resistencia, durabilidad y estabilidad de la vía. Establecer estos porcentajes precisos facilitaría la implementación práctica de la reutilización de RCD en proyectos de infraestructura vial, ofreciendo así una solución concreta y efectiva para mejorar la sostenibilidad y eficiencia de la construcción de vías terciarias en Colombia.

Además, se sugiere que futuras investigaciones consideren la evaluación del desempeño a largo plazo de las mezclas de RCD y materiales pétreos nuevos en condiciones reales de tráfico y clima. Esto implicaría realizar seguimientos periódicos a las vías mejoradas para analizar su comportamiento frente a factores como la carga vehicular, las variaciones estacionales y la erosión. Estudios de este tipo permitirían obtener información valiosa sobre la durabilidad y la resistencia de las estructuras viales construidas con mezclas de RCD, lo que contribuiría a mejorar aún más las prácticas de construcción sostenible en Colombia y en otros lugares.

El presente estudio ha permitido demostrar que, si bien los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) de concreto hidráulico no cumplen por sí solos con las especificaciones del INVIAS para ser

empleados directamente como material de afirmado en vías terciarias, sí poseen un potencial significativo al integrarse con materiales pétreos nuevos. Esta conclusión es relevante porque abre la puerta a enfoques innovadores y sostenibles que combinan el aprovechamiento de residuos con recursos tradicionales, promoviendo prácticas de construcción más responsables con el medio ambiente.

Entre los aportes más importantes de la investigación se destacan la contribución a la reducción de impactos ambientales derivados de la disposición de escombros y de la explotación de materiales vírgenes y la propuesta de líneas de investigación futuras que permitan determinar proporciones óptimas de mezclas, garantizando resistencia, estabilidad y durabilidad en condiciones reales de servicio. De esta manera, el estudio no solo aporta conocimientos técnicos a la comunidad científica en el campo de la ingeniería civil, sino que también propone soluciones prácticas que podrían influir directamente en la manera como se conciben y ejecutan proyectos de infraestructura vial en Colombia. Su aplicación representa un avance hacia la sostenibilidad, la eficiencia económica y el compromiso social con la gestión responsable de los recursos, constituyendo un punto de referencia valioso para investigaciones y políticas futuras en el ámbito de la construcción de vías terciarias.

Referencias Bibliográficas

- Acevedo, H., & Ruiz, L. (2022). Aproximación a la gestión de los residuos de construcción y demolición en el área metropolitana del Valle de Aburrá. *Revista CEA*. <https://www.proquest.com/docview/2768978402/A83BD2B0479B4ED5PQ/2>. Doi: <https://doi.org/10.22430/24223182.2129>
- Castellanos, C. S. (2021). Análisis de residuos de construcción y demolición pétreos como aditivo para el mejoramiento de vías terciarias en Piedecuesta, Santander (Tesis de maestría). Universidad Santo

Tomás, Bucaramanga <https://repository.usta.edu.co/bitstream/handle/11634/35622/2021CastellanosCesmar.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Diario Caribe. (2023, 16 de mayo). Arrancó la remodelación de la avenida 'Francisco El Hombre' en Riohacha. *Diario Caribe*. <https://diariocaribe.com.co/distrito/arranco-la-remodelacion-de-la-avenida-francisco-el-hombre-en-riohacha/>

Escobar, G., & Pinzón, J. (2021). Consulta bibliográfica del uso de residuos de construcción y demolición (RCD) en la capa asfáltica, base y sub-base de la estructura

- de pavimentos flexibles. Universidad Católica de Colombia. <https://repository.ucatolica.edu.co/entities/publication/019b5a3d-983f-457b-861c-7709f23ee094>
- Google. (2023). Vista satelital de Avenida Francisco el Hombre [Mapa]. Google Maps. <https://www.google.com/maps>
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2022). Especificaciones generales de construcción de carreteras (22ª ed.). <https://www.invias.gov.co/index.php/informacion-institucional/139-documento-tecnicos/4570-especificaciones-generales-de-construccion-de-carreteras>
- Instituto Nacional de Vías (INVIAS). (2023). Estado de la red vial: criterio técnico segundo semestre del 2023 [Informe]. Colombia.
- Jiménez, E., & García, T. (2016). Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos. Universidad Católica, Bogotá. <https://repository.ucatolica.edu.co/server/api/core/bitstreams/09488794-6307-4660-9806-0bf27801d019/content>
- Li, Y., Zhou, H., Su, L., Hou, H., & Dang, L. (2017). Investigation into the application of construction and demolition waste in urban roads. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2017, Article ID 9510212. <https://doi.org/10.1155/2017/9510212>
- Lozano, F. M., & Castro, C. L. (2018). Formulación de un plan de gestión para el uso de agregados de concreto reciclado en concretos hidráulicos para una empresa constructora en la ciudad de Bogotá. <https://hdl.handle.net/10983/22581>
- Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2018). Minambiente reglamenta manejo y disposición de residuos de construcción y escombros. <https://archivo.minambiente.gov.co/index.php/noticias-minambiente/2681-minambiente-reglamenta-manejo-y-disposicion-de-residuos-de-construccion-y-escombros>
- Ochoa, M. (2018). Gestión integral de residuos sólidos y salud ambiental. Fundación Universitaria Del Área Andina. <https://digik.areandina.edu.co/handle/areandina/3545>
- Páez Jiménez, C., & Pacheco Bustos, C. (2019). Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla. <https://manglar.uninorte.edu.co/bitstream/handle/10584/8725/9789587891232%20eGuia%20para%20manejo%20de%20residuos%20de%20construccion.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Rivas Arias, C. (2018). Piensa un minuto antes de actuar: gestión integral de residuos sólidos [Diapositivas]. <https://www.mincit.gov.co/getattachment/c957c5b4-4f22-4a75-be4d-73e7b64e4736/17-10-2018-Uso-Eficiente-de-Recursos-Agua-y-Energi.aspx#:~:text=Los%20Residuos%20S%C3%B3lidos%20constituyen%20aquellos,utilizaci%C3%B3n%20de%20bienes%20de%20consumo>
- Riveros, C., & Rojas, L. (2019). Propuesta metodológica para el uso de residuos de construcción en subbases y bases de carreteras secundarias y terciarias aplicado a un estudio de caso. Universidad De La Salle, Bogotá. <https://hdl.handle.net/20.500.14625/32342>
- Rosero Altamar, A. J. (2020). La sostenibilidad: un camino seguro para la industria de la construcción en Colombia. Cartagena: Universidad de San Buenaventura. <https://bibliotecadigital.usb.edu.co/entities/publication/30338a30-d905-47eb-b7d9-92fcd36cf83>
- Sangiorgi, C., Lantieri, C., & Dondi, G. (2015). Construction and demolition waste recycling: An application for road construction. *International Journal of Pavement Engineering*, 16(6), 530–537. <https://doi.org/10.1080/10298436.2014.943134>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (2012). Resolución 1115. <https://www.alcaldiabogota.gov.co/sisjur/normas/Norma1.jsp?i=49822>
- Secretaría Distrital de Ambiente. (s.f.). Preguntas frecuentes – RCD. Secretaría Distrital de Ambiente. <https://www.ambientebogota.gov.co/preguntas-frecuentes-rcd>
- Sierra, N. (2020). Residuos de construcción y demolición (RCD), construcción en la ciudad de Bogotá y la metodología PMBOK. <https://hdl.handle.net/10654/38030>
- Vidal, C. (2015). Estudio comparativo de los sistemas de gestión de RCDs entre España y Brasil (Trabajo de fin de grado). Universidad da Coruña, Escuela Universitaria de Arquitectura Técnica. <http://hdl.handle.net/2183/14184>
- Villalba, V., Cepeda, E., Rodríguez, O., & Moreno, D. (2018). Evaluación de los beneficios económicos y ambientales para la adecuada gestión de los residuos de

construcción y demolición en la ciudad de Bogotá D.C.
Universidad Católica de Colombia. <https://hdl.handle.net/10983/22403>

Youyun, L., Zhou, H., Linjian, S., Hang, H., & Dang, A.
(2017). Investigation into the application of construction
and demolition waste in urban roads. Meor Othman
Hamzah. <https://doi.org/10.1155/2017/9510212>