

**Construction and demolition waste management plan. Case study:
Asphalt plant in Loja-Ecuador.**

**Plan de manejo de residuos de construcción y demolición. Caso de
estudio: Planta de asfalto de Loja-Ecuador.**

Autores:

Chamba-Coronel, Juan Carlos
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Posgradista – Maestría en Construcciones con mención en Administración de la
Construcción Sustentable
Cuenca– Ecuador



juan.chamba.95@est.ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0002-6574-0523>

Solano-Peláez, José Luis
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Docente – Investigador
Cuenca – Ecuador



jsolano@ucacue.edu.ec



<https://orcid.org/0000-0001-8388-0338>

Paucar-Camacho, José Abelardo
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA
Docente - Maestría en Construcciones con mención en Administración de la Construcción
Sustentable
Cuenca– Ecuador



jose.paucarcamacho@ucacue.edu.ec



<http://orcid.org/0000-0003-2722-1850>

Citación/como citar este artículo: Chamba-Coronel, Juan Carlos., Solano-Peláez, José. (2023).
Plan de manejo de residuos de construcción y demolición. Caso de estudio: Planta de asfalto de Loja-Ecuador.
MQRInvestigar, 7(3), 1652-1675.

<https://doi.org/10.56048/MQR20225.7.3.2023.1652-1675>

Fechas de recepción: 01-JUN-2023 aceptación: 15-JUL-2023 publicación: 15-SEP-2023



<https://orcid.org/0000-0002-8695-5005>

<http://mqrinvestigar.com/>



Resumen

El sector de la construcción es importante para el desarrollo de un territorio, sin embargo, tiene un impacto significativo en el medio ambiente produciendo cantidades interesantes de desechos y en Ecuador dicha situación no es ajena. Por lo tanto, es crucial que las empresas y profesionales del sector adopten prácticas sostenibles; como el reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) configurándose como una alternativa responsable que permite conservar recursos naturales y disminuir la cantidad de desechos enviados a vertederos. En base a una investigación de tipo cualitativa este artículo analizó la importancia del reaprovechamiento de RCD como componente principal para producir nuevos concretos y asfaltos. Mediante revisión bibliográfica internacional y el uso de normativas vigentes competentes en Ecuador se presenta como resultado el plan de manejo de RCD para la planta asfáltica del cantón Loja. Este documento exhibe una gestión completa de RCD, que va desde planificación, pasando por la recolección y traslado, la minimización, la segregación y almacenamiento, el reprocesamiento de desechos, el re-direccionamiento, hasta el seguimiento y control. A partir de los resultados obtenidos, se demuestra que los RCD, pueden ser aprovechados. Como ejemplo: el asfalto reutilizado puede incluirse en un nuevo pavimento hasta en un 40%.

Palabras claves: aprovechamiento; RCD; construcción; agregados reciclados; asfalto.

Abstract

The construction sector is important for the development of a territory; however, it has a significant impact on the environment, producing interesting amounts of waste, and in Ecuador, this situation is no exception. Therefore, it is crucial that companies and professionals in the sector adopt sustainable practices, such as the recycling of construction and demolition waste (RCD) as a responsible alternative that conserves natural resources and reduces the amount of waste sent to landfills. Based on a qualitative research, this article analyzed the importance of reusing RCD as the main component to produce new concrete and asphalt. Through an international bibliographic review and the use of competent regulations in force in Ecuador, a RCD management plan for the asphalt plant in the Loja canton is presented as a result. This document shows a complete management of RCD, from planning, through collection and transfer, minimization, segregation and storage, waste reprocessing, re-direction, monitoring and control. From the results obtained, it is shown that RCD can be used, as an example; reused asphalt can be included in a new pavement up to 40%.

Keywords: recycled aggregates; construction; RCD; asphalt.

Introducción

La industria de la construcción es una de las actividades más importantes en el mundo; aporta a la economía de los países desarrollados y en vía de desarrollo, por otra parte, la generación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) también es uno de los aspectos ambientales con mayor impacto no por el grado de contaminación al medio ambiente sino por el volumen que ocupan en vertederos (Vasanthalin & Kavitha, 2021). A nivel mundial, se han observado los siguientes registros en el continente asiático 1.994 millones de toneladas (Mton), en Europa 843 Mton, Oceanía 19 Mton y en África 4.7 Mton, por otra parte, en América: Brasil genera 101 Mton, Colombia 22 Mton, México 10 Mton (Deresa et al., 2020) y en Ecuador fueron recolectadas 12.613 toneladas (Tm) de residuos sólidos en el año de 2020 (Cando, 2021). En Ecuador, la normativa principal que regula la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) es el "Reglamento de Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición" emitido por el Ministerio del Ambiente de Ecuador. Sin embargo, no existen estadísticas puntuales y específicas que proporcionen datos sobre la generación de RCD ya que, en Ecuador los procesos constructivos no están totalmente industrializados y los materiales utilizados no tienen un comportamiento porcentual constante, incidiendo directamente en las estadísticas de producción de residuos (Rea Lozano, 2017).

La mala disposición de los RCD también representa una pérdida de recursos potenciales que aun poseen capacidad para ser reutilizados, obligando de esta manera a explotar recursos naturales (Contreras Quezada & Herrera Lázaro, 2015). El objeto fundamental de este estudio es analizar la gestión de RCD y a su vez sugerir un plan de manejo de residuos para la planta de asfalto de la Municipalidad de Loja, con el fin de delimitar lineamientos para estructurar, mejorar y coordinar eficientemente sus actividades de gestión.

Los resultados obtenidos se analizarán en el marco de estudios similares y también se verificará que las propiedades analizadas de los RCD cumplan con los estándares que establece la normativa del Acuerdo Ministerial No 061 Reforma del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria, con el fin de que en futuros proyectos viales se puedan emplear este tipo de agregados reciclados. La normativa mencionada se encarga de “establecer los procedimientos y regular las actividades y responsabilidades públicas y privadas en materia de calidad ambiental. Se entiende por calidad ambiental al conjunto de



características del ambiente y la naturaleza que incluye el aire, el agua, el suelo y la biodiversidad, en relación a la ausencia o presencia de agentes nocivos que puedan afectar al mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos de la naturaleza” (Ambiental, 2003).

Material y métodos

El presente plan de manejo de RCD es planteado para la Planta Asfáltica del Municipio de Loja- La Tenería, mismo que se encuentra ubicada al sur de Ecuador en la ciudad de Loja, la variación altitudinal de la zona tiene una cota media de 2335 msnm, recorre aproximadamente 650 metros y tiene un área aproximada de 39.657 m² rodeada de un área agrícola. La ubicación exacta de acuerdo a las coordenadas UTM WGS-84 (17 694253, 9564163).

Figura 1.

Planta Asfáltica del Municipio de Loja-La Tenería



Elaborado por: Chamba, 2022.

Material

1. Revisión bibliográfica



Los primeros estudios registrados sobre la caracterización de materiales resultantes de la demolición de pavimentos, con el propósito de utilizarlos como agregados en hormigón, se remontan a mediados de la década de 1940, llevados a cabo por investigadores europeos. Estos estudios están directamente relacionados con el período de posguerra, donde se buscaba encontrar una aplicación para estos materiales de desecho. De esta manera, se podría reducir la cantidad de escombros generados por la destrucción de las ciudades, lo que a su vez disminuiría la necesidad de espacios para su disposición y la demanda de materiales nuevos necesarios para la reconstrucción de los centros urbanos (Contreras Quezada & Herrera Lázaro, 2015).

En 2002, se había tomado conciencia de que la industria del concreto a nivel mundial utilizaba aproximadamente 10 mil millones de toneladas de arena y roca natural, lo que generaba más de 1 mil millones de toneladas de residuos de construcción y demolición (RCD) cada año. En Estados Unidos, se estimaba que la cantidad de residuos alcanzaba entre 250 y 300 millones de toneladas anuales. Por otro lado, a principios de este siglo, Japón generaba 85 millones de toneladas de residuos de construcción al año, de los cuales el 40% correspondía a desechos de concreto (Morales Alpízar & Villalta Flórez-Estrada, 2011).

En la Unión Europea se calculaba que la producción de residuos de construcción y demolición (RCD) se situaba en un rango de 200 a 300 millones de toneladas al año, lo que equivale a aproximadamente 0,5 a 1 tonelada per cápita anualmente. Además, alrededor del 28% de estos desechos fueron reciclados a fines de la década de 1990 (Pacheco Bustos et al., 2017). Según los datos de 2005, en el caso de Alemania, la cantidad de residuos de construcción y demolición (RCD) alcanza los 88,6 millones de toneladas al año, de las cuales el 69% se recicla y se utiliza para la producción de materiales de construcción. De ese total, solo 1,9 millones de toneladas (aproximadamente el 3,1%) se utilizan como agregado para hormigón. Por otro lado, en los Países Bajos se generan anualmente 20 millones de toneladas de RCD, lo que equivale a 1,25 toneladas por habitante, y más del 95% de estos residuos se reutiliza principalmente para la subbase de carreteras, mientras que solo el 3,3% se utiliza en la producción de nuevos hormigones (López Domínguez et al., 2014).

A partir de 2010, se inició la fabricación de nuevos materiales de construcción mediante el reciclaje de residuos de construcción y demolición (RCD) para su uso en proyectos de infraestructura tanto públicos como privados, siguiendo los requisitos establecidos por las diversas Normas Técnicas Colombianas (NTC) vigentes. En la actualidad, se han recuperado más de dos millones de toneladas de RCD que han sido reutilizadas en diversos proyectos de construcción en la ciudad capital y sus alrededores (Jiménez Montero & García Torres, 2016).

Hasta hace poco tiempo, en la construcción de carreteras se descartaba material que no cumplía inmediatamente con las características geotécnicas requeridas, como el contenido de

agua, contenido mineral, propiedades mecánicas, entre otros. Estos materiales eran considerados residuos y se reemplazaban por otros obtenidos de canteras externas y bancos de materiales que sí cumplían con las especificaciones geotécnicas necesarias para el proyecto. Sin embargo, debido a la necesidad de conservar los recursos naturales y optimizar su uso, junto con la gestión de residuos, se están desarrollando métodos para tratar los suelos y utilizar subproductos industriales que ayuden a ahorrar recursos naturales y construir estructuras estables. Además de los beneficios económicos que conlleva, esto también está impulsado por las crecientes restricciones ambientales en muchos lugares, que exigen una optimización y gestión más eficiente. Como resultado, se ha logrado un gran avance en el desarrollo de métodos para la estabilización de suelos (López Domínguez et al., 2014).

El uso de residuos de construcción y demolición (RCD) ha ganado importancia e interés en diversos países como Japón, Estados Unidos, Bélgica, Holanda, Reino Unido, entre otros. Estos países han desarrollado normas, regulaciones o recomendaciones específicas con el propósito de fomentar su utilización. Los RCD pueden ser utilizados como agregados en la producción de bases y sub-bases granulares para carreteras, así como en hormigones estructurales (Leite et al., 2011). En Estados Unidos, la asociación federal de carreteras ha llevado a cabo actividades de reciclaje de pavimentos de concreto. Un ejemplo notable de esto fue la construcción de 7,000 carreteras en Wyoming, donde se aprovechó el reciclaje de pavimentos de concreto para la construcción de bases y sub-bases granulares. Esta práctica resultó en un ahorro del 16% en comparación con el uso de materiales convencionales para la construcción de carreteras (Jiménez Montero & García Torres, 2016).

Actualmente, la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) presenta una situación variada en diferentes regiones geográficas. Algunos países con escasa disponibilidad de materiales áridos y políticas medioambientales avanzadas, como Holanda o Dinamarca, han implementado iniciativas específicas para regular esta gestión, penalizando el vertido de residuos que podrían ser reutilizados o reciclados. Se estima que, en Holanda, alrededor del 60% de los RCD generados anualmente se reutilizan en la construcción de nuevas edificaciones sostenibles (Bravo, 2010).

En la actualidad, existe la falta de una gestión adecuada para los residuos de demolición y construcción, lo que impide promover su reutilización o reciclaje en nuevos proyectos y obras. Sin embargo, debido a las necesidades actuales de materiales en la construcción de infraestructuras como carreteras, puentes y la creciente demanda de viviendas, así como la importancia de la gestión medioambiental, la falta de regulación y atención en relación a estos residuos ha generado una problemática en su disposición y manejo (López Domínguez et al., 2014).

Flor Chávez, G. F. (2012) presenta un caso particular en su documento “Aprovechamiento de hormigón reciclado en obras viales”, El objetivo principal objetivo de este estudio es

examinar las opciones de uso de los residuos de construcción y demolición (RCD) en un caso específico. Se centra en el uso de agregados pétreos reciclados (AR), obtenidos a partir del reciclaje de pavimentos urbanos en la zona de La Plata, Argentina, mediante la trituración de losas que se retiraban durante trabajos de reparación. Este análisis se llevó a cabo teniendo en cuenta los aspectos tecnológicos y económicos, con el propósito de aprovechar estos materiales en proyectos viales, especialmente en la reutilización de concretos hidráulicos, concretos asfálticos y bases granulares.

Introducción a los RCD

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son aquellos que provienen de actividades de construcción, rehabilitación y demolición de obras, tanto públicas como privadas (Cardoso et al., 2016). Existen diferentes formas de clasificar internacionalmente los RCD según su origen (Covarrubias et al., 2017). Estos se pueden dividir en materiales de excavación, que incluyen tierra, arena, grava, rocas, entre otros; materiales utilizados en la construcción y mantenimiento de obras civiles, como asfalto, arena, grava y metales, en ese orden; y materiales provenientes de demoliciones, como bloques de hormigón, ladrillos, yeso, porcelana y cal-yeso.

Las oportunidades de valorización y aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición mediante reutilización, reciclaje o coprocesamiento dependen de los mercados de los materiales individuales presentes en los residuos, así como de la capacidad para procesar aquellos que no han sido seleccionados o separar cada tipo de material. Los escombros contienen principalmente dos grupos de materiales que pueden ser utilizados en la producción de agregados reciclados: a) materiales compuestos por cemento, cal, arena y piedra, como concretos, argamasas y bloques de concreto; y b) materiales cerámicos como tejas, tubos, ladrillos y baldosas. La composición de los escombros varía según diversos factores, como las características geológicas y morfológicas de la región, los hábitos y costumbres de la población, y el nivel económico, entre otros (Morales Alpizar & Villalta Flórez-Estrada, 2011).

2. Observación directa

La observación directa implica realizar un registro sistemático, válido y confiable del comportamiento o la conducta observable, y puede aplicarse en diversas situaciones. Mediante el método de observación, el investigador se esfuerza por mantenerse neutral y no intervenir, pero participa al observar, registrar y analizar los hechos relevantes. El objetivo principal es documentar el comportamiento sin influir en él. (Fernández, 2006)

Para una correcta evaluación de los campos mencionados dentro del campo de acción, la investigación se llevó a cabo mediante la observación directa recopilando información en

cuanto a las actividades y procesos llevados a cabo en la zona de estudio. De esta forma se diagnosticó el estado actual de la gestión de RCD en la ciudad de Loja.

Dentro de la Ficha de Observación Directa de Residuos de Construcción y Demolición realizada el día martes nueve de mayo del año dos mil veinte y tres, se realizó la observación in situ obteniendo la siguiente información: Dentro de la planta de asfalto de Loja- La Tenería no se clasifican los RCD, es decir no reciben materiales para su reutilización ya que, para procesar el asfalto se trabaja con materiales nuevos y en la zona de estudio los Residuos de Construcción y Demolición los utilizan directamente como lastre en la ruralidad. Además, los materiales se encuentran dispersos en diferentes áreas, no se observa un área específica designada y debidamente señalizada para su almacenamiento temporal. También se observa que el personal no utiliza de manera adecuada los EPP's, ya que a algunos se visualizó con overol, guantes y el respectivo calzado, sin embargo, es evidente la ausencia del casco protector, gafas protectoras y mascarillas o equipos de protección respiratoria. Finalmente, los materiales y maquinaria se encuentran directamente en contacto directo con el suelo, lo que puede generar contaminación por lixiviación de materiales como el hormigón y los metales. Por lo tanto, se evidencia una falta de manejo de los residuos de construcción y demolición en el sitio observado. Es necesario implementar medidas de planificación, recolección y traslado, minimización, segregación y almacenamiento, reprocesamiento de los RCD pétreos y no pétreos, re direccionamiento, seguimiento y control. Además, se recomienda mejorar las medidas de seguridad e higiene para proteger la salud de los trabajadores y minimizar el impacto ambiental.

Métodos

Las técnicas de recopilación de información mencionadas se triangularon para la elaboración de los resultados del proyecto de investigación. De esta forma, se formula las respectivas acciones de mejora definiendo un plan de manejo acorde a la planta de asfalto, logrando definir para el desarrollo de la investigación, cinco etapas, las cuales serán detalladas a continuación:

Etapa 1. Recopilación de información: Al tratarse de una investigación descriptiva, la información se obtuvo por dos medios: análisis bibliográfico y observación directa. El análisis bibliográfico se llevó a cabo con la lectura correspondiente de estudios relacionados a los procedimientos metodológicos utilizados para el tratamiento de residuos de construcción y demolición de manera similar al presente estudio, mediante artículos de revistas indexadas y trabajos de investigación. También fue utilizada como técnica de recopilación de información, la observación directa con el fin de tener conocimiento de la situación actual de los RCD, detectando su incidencia en la ciudad de Loja.

Etapa 2. Procesamiento de datos: La recopilación de información se estructuró a través de un análisis cualitativo. La metodología propuesta en el estudio implica evaluar y analizar las variables principales que forman parte de la investigación. También se tienen en cuenta factores externos que, según la experiencia, influyen en el desarrollo global del proyecto.

Etapa 3. Elaboración de metodología: Se establece un plan que abarca la gestión y la utilización adecuada, que involucra la disposición adecuada de los RCD una vez que han sido caracterizados. Las pautas metodológicas se han determinado en función de la información recopilada y la observación directa. En esta fase también se describen los parámetros logrados, su relación para su interpretación y discusión de los resultados, que en última instancia conducen a la formulación de las conclusiones.

Etapa 4. Utilizando la información analizada en la segunda etapa, se desarrolla una propuesta metodológica que sigue el ciclo de manejo y gestión de los RCD, basada en estándares y metodologías internacionales. Se establece una correlación entre la información obtenida de fuentes bibliográficas y los datos recopilados a través de la observación directa.

Etapa 5. Conclusiones: Se llevó a cabo un análisis de los resultados obtenidos, lo que permitió obtener conclusiones sobre la implementación de un plan de gestión de RCD antes, durante y después del proyecto. En este caso, se sugirieron lineamientos para aplicar a proyectos de gestión integral de residuos de construcción o mejoramiento en pavimentos flexibles como una herramienta óptima para disminuir costos de inversión, así como la disminución del impacto ambiental. (Pacheco Bustos et al., 2020)

Resultados

Descripción de la muestra

En base a la recopilación bibliográfica y a la observación directa, se ha obtenido un proceso metodológico el cual se centra la recopilación bibliográfica y la observación directa. Las fases metodológicas recomendadas para la construcción de la propuesta de manejo de RCD de la planta de asfalto de la ciudad de Loja se describen a continuación.

Análisis de los Resultados

Fase 1: Planificación de la gestión los RCD

Por lo general, las construcciones generan una cantidad considerable de residuos sólidos; que pueden ser previstos desde esta fase con el fin de conocer la magnitud de la actividad de la

construcción o demolición. Así como también se puede estimar la cantidad de residuos que generan la obra para determinar la zona en la que serán ubicados con el permiso pertinente de las autoridades.

Se debe planificar el manejo de los residuos bajo criterio económicos y ambientales. Económicos ya que los RCD pueden ser reutilizados en otra obra representando un ahorro; y ambientales para disminuir los efectos negativos en el medio en el que estén presentes los residuos, así como reducir la afectación que cause en la movilidad de la población (Sandoval Valenzuela, 2019).

Se sugiere tener en cuenta las siguientes recomendaciones con el objetivo de reducir la cantidad de RCD en proyectos de construcción o demolición: desarrollar un plan de gestión y aprovechamiento de RCD en el lugar de trabajo y compartirlo con ingenieros, arquitectos, supervisores, responsables de calidad y gestión ambiental, contratistas y colaboradores; realizar un análisis de las actividades del proyecto de reciclaje de RCD y su impacto en los componentes ambientales durante las etapas de pre-construcción, construcción y operación; identificar los riesgos financieros del proyecto y evaluar los costos asociados con el manejo de los RCD generados en el lugar de trabajo; determinar la cantidad y origen de los residuos en cada etapa constructiva y de demolición; optimizar el uso de materiales mediante el dimensionamiento adecuado y el cumplimiento de las normativas, en función del diseño y la planificación; considerar normas de seguridad y salud ocupacional en los sitios de trabajo; organizar y disponer correctamente los materiales de construcción para evitar desorden en el área de trabajo; y dar un tratamiento especial a los residuos peligrosos para prevenir la contaminación del resto de los residuos.

Fase 2: Recolección y traslado de RCD

Para evitar la manipulación directa y la dispersión de los residuos se recomienda seguir las siguientes medidas de seguridad necesarias para el cuidado de la población y el medio ambiente: los RCD generados en cada obra pueden ser cargados en retroexcavadora de cucharón con capacidad de una yarda cúbica (yd³) equivalente a 0,77 m³; el depósito de los RCD es recomendable utilizar un contenedor de forma trapezoidal hecho de metal con una capacidad de 8 m³ para la recolección de residuos generados en proyectos de construcción o demolición. Los vehículos encargados de transportar estos residuos deben estar en buen estado. El contenedor debe ser ubicado estratégicamente en la obra para facilitar el depósito de los residuos generados hasta que alcance su capacidad máxima sin ningún problema de preferencia deben tener algún tipo de cobertura para evitar pérdidas o derrames, se puede cubrir con una malla raschel color verde; es importante definir la ruta por la que se dirigirá el vehículo, así como también analizar las horas de menor tráfico vehicular para no causar molestias en el tránsito.

Esto implica realizar el intercambio de contenedores según sea necesario, ya sea dejando un contenedor vacío y recogiendo uno lleno o simplemente dejando un contenedor vacío. Este proceso es llevado a cabo por el conductor del vehículo y su ayudante. Es importante destacar que el personal encargado de realizar este y todos los procedimientos dentro de este plan debe estar capacitado adecuadamente y contar con el equipo de protección personal necesario.

A continuación, se detalla las especificaciones técnicas básicas de los Equipos de Protección Personal (EPP's) que debe emplear el personal específicamente en la zona de trabajo de los RCD: Cubrir los ojos con gafas o pantallas de protección; para evitar lesiones en el rostro se deben utilizar pantallas faciales; utilizar protectores auditivos estos pueden ser introducidos en el conducto auditivo externo (protectores insertos) o pueden ir colocados entre el pabellón auditivo (protectores externos); para prevenir la inhalación de partículas contaminantes que puedan causar intoxicación inmediata se recomienda utilizar equipos de protección respiratoria independientes del ambiente, en situaciones donde exista riesgo de intoxicación no inmediata debido a la presencia de partículas contaminantes, se deben utilizar equipos con filtros de retención mecánica o equipos independientes del ambiente, además, se debe proteger las extremidades superiores utilizando dediles u otros medios de protección adecuados; guantes y mangas para los trabajos que impliquen cortes, pinchazos, quemaduras, exposición a altas o bajas temperaturas, exposición al sol e incluso contacto con agresivos químicos o biológicos; debe ser obligatorio el uso de calzado de seguridad adecuado como mínimo de punteras protectoras. Cuando exista el riesgo por perforación de suelas se debe utilizar plantillas o suelas especiales. La protección de las extremidades inferiores puede complementarse con el uso de cubrepiés y polainas en caso de ser necesario.

Fase 3: Minimización

Se fomenta la separación de los RCD en su origen para facilitar su gestión posterior. Esto implica la clasificación adecuada de los materiales pétreos y no pétreos. Se deben acoplar los RCD de manera ordenada y con ayuda de los cargadores se debe acomodar y esparcir. Posteriormente, se procede a realizar una separación manual de la mayor cantidad de residuos con el objetivo de que los trabajadores puedan clasificarlos en las áreas designadas de almacenamiento, permitiendo así recuperar la mayor cantidad posible de materiales reutilizables. En el caso de Ecuador, los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) se clasifican en diferentes categorías según el "Reglamento de Gestión Ambiental de Residuos de Construcción y Demolición" emitido por el Ministerio del Ambiente. A continuación, se presenta una clasificación general de los RCD en Ecuador:

RCD Pétreos: Comprende los residuos de construcción y demolición con una composición principalmente mineral. Esta categoría incluye materiales como:

- Hormigón y concreto.



- Ladrillos, bloques y cerámicas.
- Piedras y rocas.
- Asfalto.

Estos materiales pétreos suelen ser reciclables y reutilizables en la construcción.

RCD No Pétreos: Incluye los residuos de construcción y demolición que no son de naturaleza mineral o pétreos. Esta categoría abarca materiales como:

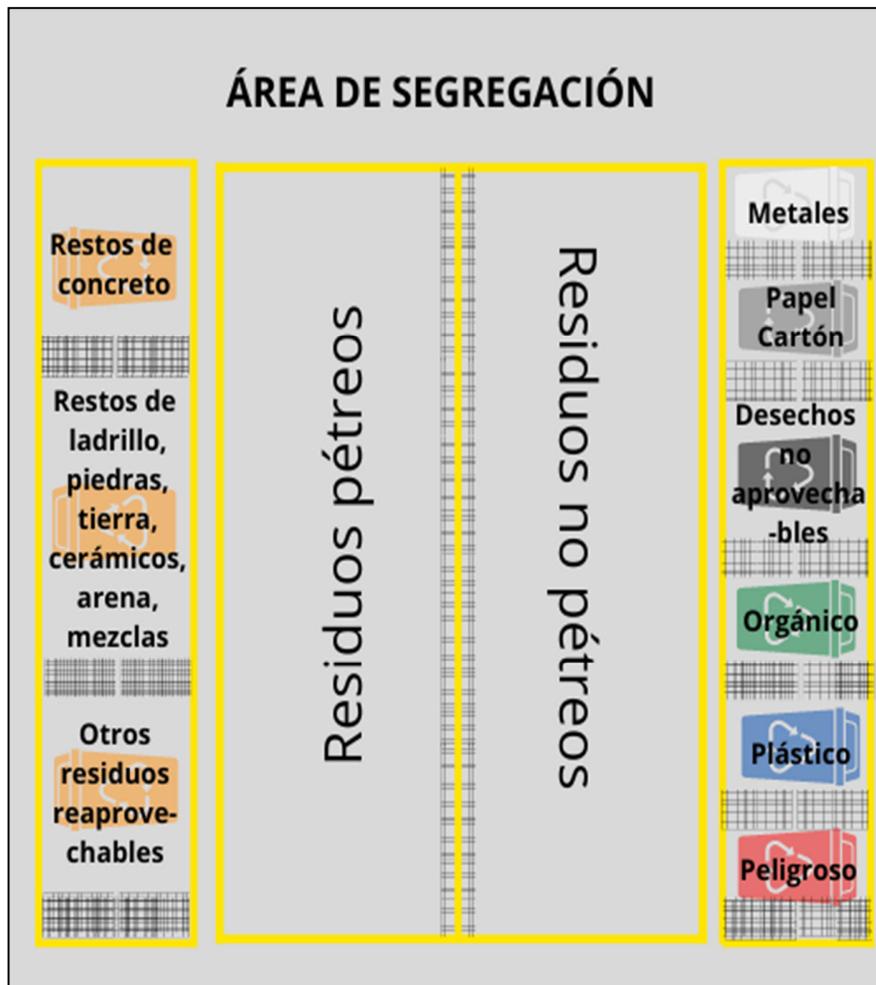
- Maderas y tableros.
- Plásticos de construcción, como tuberías y láminas.
- Metales, como hierro, acero y aluminio.
- Vidrios, como ventanas y espejos.

Estos materiales no pétreos también pueden ser reciclados y reutilizados en diversos procesos (Norma de Calidad Ambiental, 1992).

Fase 4: Segregación y Almacenamiento

Para la clasificación se debe contar con un área de acopio de residuos, es importante adoptar contenedores apropiados, diferenciados y separados ordenadamente. El área debe estar dividida en dos ambientes claramente identificados y delimitados mediante líneas de pintura de tráfico de color amarillo, incluyendo una línea divisoria en el centro también pintada de color amarillo (Trujillo Vargas & Quintero Vargas, 2021).

Figura 2.
Área de segregación de los RCD recolectados.



Fuente: (Trujillo Vargas & Quintero Vargas, 2021)

Además, el área debe contar con una estructura metálica que consista en mallas y marcos metálicos compuestos por tubos estructurales cuadrados. Se utilizarán planchas metálicas como placas de sujeción, así como ángulos y platinas metálicas. En el primer ambiente se almacenarán los residuos pétreos, que principalmente provienen de demoliciones, excavaciones, remodelaciones, estructuras y muros de albañilería confinada. En el otro ambiente, los residuos no pétreos y generales como maderas, papeles, cartones, metales, plásticos, vidrios, tuberías, equipos y herramientas se colocarán de manera ordenada en contenedores individuales. Estos residuos se generan principalmente durante las fases de estructuración, instalaciones y acabados de las obras de construcción.

Asimismo, es importante identificar y señalar las distintas áreas mediante carteles que especifiquen el nombre de los residuos pétreos y no pétreos. Como resultado, se obtendrán nueve subáreas correctamente delimitadas y segmentadas. A continuación, se presenta la estandarización de colores para recipientes de depósito y almacenamiento temporal de residuos sólidos según la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2841) con los cuales se han trabajado para diseñar el área de segregación.

Figura 3.

Estandarización de colores para residuos generados en la planta de asfalto de Loja, cumpliendo con la Norma Técnica Ecuatoriana (NTE INEN 2841 INEN -2014).



Realizado por: Chamba, 2022.

Fase 5: Reprocesamiento de los RCD no pétreos

El reprocesamiento de los RCD no pétreos es una práctica fundamental para promover la gestión sostenible de los residuos de construcción y demolición. Estos materiales, como la madera, plásticos, metales y vidrios, pueden ser reciclados y reutilizados de manera eficiente. Mediante procesos adecuados de clasificación y separación, se pueden obtener materiales reciclados de alta calidad que encuentran aplicación en diversas industrias. El reprocesamiento de los RCD no pétreos reduce la demanda de materias primas vírgenes, disminuye la generación de residuos y contribuye a la conservación de recursos naturales.

En esta fase es recomendable identificar los residuos recolectados que puedan ser reciclados como el vidrio, metales, papel, cartón, plásticos y envases multicapa; dichos residuos pueden ser comercializados a empresas recicladoras o plantas de reciclaje brindando una nueva oportunidad de utilidad y continuidad al ciclo productivo de estos desechos, lo que trae consigo fuentes de trabajo y a su vez ingresos económicos adicionales para la empresa.

Fase 6: Reprocesamiento de los RCD pétreos

El reprocesamiento de los RCD pétreos es una práctica esencial para fomentar la sostenibilidad en la industria de la construcción. Estos residuos, como el hormigón, ladrillos y piedras, tienen un gran potencial de reutilización y reciclaje. Mediante técnicas adecuadas, como la trituración y clasificación, se pueden obtener materiales reciclados de alta calidad que pueden ser utilizados en nuevas construcciones. Esto reduce la necesidad de extraer recursos naturales, disminuye los costos de producción y minimiza el impacto ambiental. La reutilización de los residuos de construcción y demolición pétreos no solo promueve la economía circular, sino que también ayuda a preservar los recursos y disminuir la generación de residuos.

En esta etapa se lleva a cabo el proceso de reciclaje de los residuos pétreos mediante el uso de una máquina trituradora que reduce los bloques de construcción a diámetros de 3 pulgadas, 3/4 de pulgada y partículas más pequeñas. Estos materiales reciclados son posteriormente transportados a través de una cinta transportadora hacia una criba. Antes de llegar a la criba, se utiliza un electroimán para separar los residuos metálicos presentes en estos desechos, como varillas, clavos y alambre. El objetivo es obtener los agregados reciclados que se utilizarán en la construcción de veredas, tramos de carreteras, canchas deportivas y bloques de concreto.

También es posible aprovechar el concreto, ladrillos y piedras mediante un proceso de selección, clasificación, trituración y cribado. Esto permite obtener agregados reciclados, tanto en formas gruesas como finas, que son ideales para la fabricación de adoquines de concreto utilizados en pavimentos peatonales y vehiculares. Estos materiales reciclados

también son adecuados para su aplicación en la construcción de carreteras, autopistas, ciclo vías, caminos, así como en la creación de pisos para áreas y espacios públicos, como plazas o parques (Sandoval Valenzuela, 2019)

A continuación, se describen algunos ejemplos de residuos que pueden ser aprovechados:

Residuos de madera:

- El material reciclado se puede utilizar para fines de paisajismo, como cubrimiento en áreas verdes, vertederos y en el compostaje de fangos provenientes de plantas de tratamiento de aguas residuales.
- La fracción fina de los residuos reciclados puede ser empleada en el compostaje y como enmiendas para mejorar la calidad del suelo.
- El polvo de viruta y las astillas de tamaño reducido pueden ser utilizados como lechos para animales.

Residuos de concreto:

- Pueden ser reutilizados en rellenos sanitarios.
- Se puede usar para la recuperación de terrenos y tabiques.

Residuos de metales:

- El hierro o acero son recuperados para procesos de fundición.
- El aluminio, puertas, barandas y otros pueden venderse como chatarra.

Residuos de asfalto:

- La mayoría de los residuos son reutilizados en la construcción de la capa base de carreteras, sin embargo, hasta un 40% de ellos pueden ser incorporados en la fabricación de nuevos pavimentos.

Residuos de hormigón:

- A través de su proceso junto con el asfalto puede ser reutilizado como base en las carreteras.

Residuos de cerámicos:

- Reutilizar como adoquín.
- Reciclar como fachada.



- Reciclar para acabados

Residuos de tejas, bloques, entre otros:

- Reciclaje como bases para nuevos productos.

Residuos de tierra de excavación

- Reutilizar como relleno y recuperación de talud.
- Estabilización de suelos.

Las Especificaciones Técnicas establecidas por el Instituto de Desarrollo Urbano (IDU) en Bogotá, Colombia, en relación con las actividades de aprovechamiento de RCD, establecen que se puede reutilizar las capas de material existente en la construcción de nuevas mezclas. Esto implica el uso de la carpeta asfáltica (RCD) o parte de la base granular existente, junto con un material adicional aglutinante, como emulsión asfáltica, asfalto espumado o cemento Portland. El propósito de este material de incorporación es proporcionar la cohesión necesaria para soportar las cargas a las que estará expuesta la mezcla y la estructura del pavimento en general. (Jiménez Montero & García Torres, 2016).

Para los RCD pétreos que han sido reutilizados en un nuevo proyecto como pavimento asfáltico, es necesario determinar ciertas pruebas o ensayos que verifiquen la calidad de los materiales. A continuación, se muestra un resumen de los ensayos requeridos:

Tabla 1.-Resumen de ensayos requeridos en una subrasante para un proyecto nuevo.

Ensayo	Norma		Descripción	Cantidad mínima de material para el ensayo	Especificación y/o disposición
	ASTM	AASHTO			
Granulometría por tamizado	D 422 Y D 1140	T 88	Clasificación del material por el tamaño de sus partículas	8 kg	No aplica

Límites de Atterberg	D 4318	T 89	Determinación de la consistencia para su clasificación	300 g para cada prueba	No aplica
Próctor Estándar	D 698	T 99, método C	Densidad en función del contenido de humedad	15 kg	No aplica
CBR	D 1883	T 193	Resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas	100 kg	No aplica

Fuente: (Ulloa Calderón, 2011)

Fase 7: Re-direccionamiento

Los residuos que no pueden ser reutilizados, como los desechos no aprovechables, los orgánicos y los peligrosos, deben ser transportados por un medio adecuado que cumpla con las normas de seguridad para su traslado a vertederos autorizados. De la misma manera, los RCD que ya no pueden ser aprovechados, ya sea en la fase de comercialización, reprocesamiento o aquellos que hayan perdido completamente su capacidad para un nuevo ciclo útil, deben ser llevados a un relleno sanitario autorizado para su disposición final. Además, mejorar la recolección de productos para la reutilización requiere una demolición selectiva y un adecuado manejo in situ de las operaciones. (Comisión Europea, 2016).

Fase 8: Seguimiento y control

El equipo de apoyo debe realizar actividades para realizar seguimiento y control al adecuado manejo de RCD generados en la planta de asfalto de Loja, respondiendo a los requerimientos de la Normativa Ambiental Ecuatoriana.

Figura 4.
Esquema de Tratamiento de RCD's para la Planta Asfáltica de Loja.



Realizado por: el autor.

En la **Figura 4.** se ordenan y esquematizan los diferentes procesos metodológicos recomendados para el manejo de RCD de la planta de asfalto de la ciudad de Loja, está basado en recopilación bibliográfica de acuerdo a las necesidades de la zona de estudio para el correcto desarrollo del plan de manejo. Según (Páez Jiménez & Pacheco Bustos, 2019), una propuesta de seguimiento consiste en registrar las cantidades del re-procesamiento de los RCD pétreos y no pétreos, y datos del re-direccionamiento de los RCD trasladados a los vertederos autorizados.

Conclusiones

En base al caso de estudio se concluye la ausencia de reutilización de RCD's en la Planta Asfáltica de la Municipalidad de Loja- La Tenería, por ello se propuso el Plan de Manejo de Residuos de Construcción y Demolición; con el fin de garantizar el cumplimiento de las regulaciones y normativas vigentes relacionadas con la gestión de residuos. Esto evita posibles sanciones legales y asegura que la empresa o entidad responsable se ajuste a los estándares y requisitos establecidos por las autoridades competentes.

Mediante la observación directa, se pudo comprobar la ausencia de una cultura de manejo de RCD, ya que es habitual observar el inadecuado depósito de estos residuos en calles, veredas y terrenos obstaculizando el tráfico peatonal, vehicular, incluso puede generar ruido visual y daños al medio ambiente mediante degradación o escorrentía de estos materiales.

Implementar una gestión adecuada de los RCD puede generar beneficios económicos para la ciudad al proporcionar nuevas oportunidades de empleo a través del reciclaje. Además, un plan eficiente de manejo de RCD permite optimizar los recursos al fomentar la reutilización, el reciclaje y la recuperación de materiales de los residuos de construcción y demolición. Esto contribuye a reducir la necesidad de extraer y producir nuevos materiales, lo que resulta en un ahorro de recursos naturales y energía.

Se recomienda realizar la transferencia de tecnologías a todo el personal de la Planta de asfalto de Loja, mediante capacitaciones o charlas técnicas que indiquen las fases del plan de manejo de RCD. Además, es vital impartir capacitaciones sobre la importancia y los beneficios de reutilizar materiales que aún conservan condiciones aceptables.

Implementar un plan de manejo de RCD muestra un compromiso con la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Esto puede mejorar la imagen corporativa de la empresa o entidad, demostrando su preocupación por el cuidado del medio ambiente y la comunidad. Por lo que se espera que este documento proporcione la información necesaria para implementar el uso de RCD en nuevas obras civiles.

El estudio proporciona información sobre los RCD pétreos y no pétreos que pueden ser reciclados o reutilizados. Esto permite identificar oportunidades para implementar programas de reciclaje y promover la utilización de materiales reciclados en futuras construcciones.

Se pudo analizar los materiales de RCD en su mayoría pueden ser aprovechados, principalmente tienen potencial para reutilizarse al interior de las obras, como por ejemplo el concreto que puede ser utilizado en rellenos sanitarios para la recuperación de terrenos y tabiques, así como también el asfalto puede ser reutilizado para formar una capa base de

carretera o se puede incluir en un nuevo pavimento hasta en un 40%. El realizar este tipo de acciones contribuye a la disminución en el volumen de RCD generado y almacenado en los sitios de disposición final.

Agradecimientos.

El presente artículo es parte del trabajo de investigación y titulación del Programa de Maestría en Construcción con Mención en Administración de la Construcción Sustentable de la Universidad Católica de Cuenca, por ello Agradecemos a todos y cada uno de los instructores pertenecientes a los grupos de investigación; ciudad, Ambiente y Tecnología(CAT), y Sistemas embebidos y visión artificial en ciencias, Arquitectónicas, Agropecuarias, Ambientales y Automática (SEVCA), por los conocimientos e información brindados para la elaboración del trabajo.

Referencias bibliográficas

Ambiental, C. (2003). REFORMA TEXTO UNIFICADO LEGISLACION SECUNDARIA. MEDIO AMBIENTE, LIBRO VI, Decreto Ejecutivo 3516, Registro Oficial Suplemento 2, 31/03/2003.

Bravo, F. (2010). Reciclado y reutilizo de Residuos de Construcción y Demolición, una herramienta para el desarrollo económico local. Recuperado de: [http://www. ideassonline. org/public/pdf/RCDDocumentEsp. pdf](http://www.ideassonline.org/public/pdf/RCDDocumentEsp.pdf).

Cando, C. (2021). Estadística de información ambiental económica en gobiernos autónomos descentralizados municipales. Instituto Nacional de Estadísticas y Censos, Quito.

Cardoso, R., Silva, R. V., Brito, J. de, & Dhir, R. (2016). Use of recycled aggregates from construction and demolition waste in geotechnical applications: A literature review. *Waste Management*, 49, 131–145. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2015.12.021>

Comisión Europea. (2016). Protocolo de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición en la UE. ECORYS Brussels, Belgium.

Contreras Quezada, K. B., & Herrera Lázaro, V. A. (2015). Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub-bases de estructura de pavimento en Nuevo Chimbote – Santa—Ancash. Universidad Nacional del Santa. <http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/2708>

Covarrubias, F. G. C., Gómez-Soberón, J. M., Sánchez, J. L. A., Rea, S. P. A., Soberón, M. C. G., & Escalante, J. M. M. (2017). Properties in fresh state of mortars with recycled aggregate concrete and effect of c/a relation. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(1).



Deresá, S. T., Xu, J., Demartino, C., Heo, Y., Li, Z., & Xiao, Y. (2020). A review of experimental results on structural performance of reinforced recycled aggregate concrete beams and columns. *Advances in Structural Engineering*, 23(15), 3351–3369. <https://doi.org/10.1177/1369433220934564>

Fernández, L. (2006). ¿Cuáles son las técnicas de recogida de información? *Butlletí LaRecerca*, 6, 1–13.

Flor Chávez, G. F. (2012). Aprovechamiento de hormigón reciclado en obras viales [Tesis, Universidad Nacional de La Plata]. <https://doi.org/10.35537/10915/23820>

Jiménez Montero, E., & García Torres, H. (2016). Aprovechamiento de los RCD en proyectos de construcción y conservación de pavimentos urbanos [PhD Thesis]. Tesis de Grado. Universidad Católica de Colombia, Colombia.

Leite, F. da C., Motta, R. dos S., Vasconcelos, K. L., & Bernucci, L. (2011). Laboratory evaluation of recycled construction and demolition waste for pavements. *Construction and Building Materials*, 25(6), 2972–2979. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.105>

López Domínguez, M. G., Perez Salazar, A., & Garnica Anguas, P. (2014). Estado del arte sobre el uso de residuos y sub-productos industriales en la construcción de carreteras. *PUBLICACION TECNICA*, 394. <https://trid.trb.org/view/1377284>

Morales Alpízar, M., & Villalta Flórez-Estrada, M. (2011). Guía de manejo de escombros y otros residuos de la construcción. San José, Costa Rica. Editorial: Oficina Regional para Mesoamérica y la Iniciativa Caribe, Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza UICN.

Norma de Calidad Ambiental. (1992). *NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL PARA EL MANEJO Y DISPOSICIÓN FINAL DE DESECHOS SÓLIDOS NO PELIGROSOS*. Quito: Libro VI.

Pacheco Bustos, C. A., Fuentes Pumarejo, L. G., Sánchez Cotte, É. H., Rondón Quintana, H. A., Pacheco Bustos, C. A., Fuentes Pumarejo, L. G., Sánchez Cotte, É. H., & Rondón Quintana, H. A. (2017). Residuos de construcción y demolición (RCD), una perspectiva de aprovechamiento para la ciudad de barranquilla desde su modelo de gestión. *Ingeniería y Desarrollo*, 35(2), 533–555. http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0122-34612017000200533&lng=en&nrm=iso&tlng=es

Pacheco Bustos, C. A., Sánchez Cotte, E. H., & 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), 68–83.

Páez Jiménez, C., & Pacheco Bustos, C. (2019). Guía para el manejo integral de los residuos de construcción y demolición en la ciudad de Barranquilla. Universidad del Norte.

Rea Lozano, A. (2017). Gestión de residuos en la construcción: Plan de gestión de residuos generados en construcciones de vivienda multifamiliar en el Ecuador. Universidad de Cuenca, Ecuador. Recuperado de: <http://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28544/1/GESTION%20DE%20RESIDUOS%20DE%20CONSTRUCCION%2c%20REA%20LOZANO%20A%20DRIANA%20ESTEFANIA.pdf>.

Sandoval Valenzuela, D. A. (2019). Manejo de Residuos de Construcción y Demolición en el Municipio de Monjas, Jalapa. Universidad de San Carlos de Guatemala.

Trujillo Vargas, K. L., & Quintero Vargas, A. P. (2021). Análisis del manejo de Residuos de Construcción y Demolición RCD y sostenibilidad en la construcción en Bogotá DC.

Ulloa Calderón, A. (2011). Guía de pruebas de laboratorio y muestreo en campo para la verificación de calidad en materiales de un pavimento asfáltico. *Métodos y Materiales*, 1, 39–50. <https://doi.org/10.15517/mym.v1i1.8393>

Vasanthalin, P. C., & Kavitha, N. C. (2021). Prediction of compressive strength of recycled aggregate concrete using artificial neural network and cuckoo search method. *Materials Today Proceedings*, 46(17), 8480–8488.

Conflicto de intereses:

Los autores declaran que no existe conflicto de interés posible.

Financiamiento:

No existió asistencia financiera de partes externas al presente artículo.

Agradecimiento:

N/A

Nota:

El artículo no es producto de una publicación anterior.