

ECONOMÍA CIRCULAR

UN APOORTE A TRAVÉS DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)



Jorge Sánchez Molina
Jessica Viviana Sánchez Zuñiga
Jorge Hernando Bautista Ruiz



**Universidad Francisco
de Paula Santander**
Vigilada Mineducación



Jorge Sánchez Molina

Doctor en Avances en Ingeniería de los Materiales y Energías, Magíster en Gerencia de Empresas, Especialista en Gerencia de Empresas, Especialista en Aseguramiento de la Calidad, Ingeniero Químico y Tecnólogo en Laboratorio de Ingeniería. Como miembro de la Universidad Francisco de Paula Santander se ha desempeñado en los cargos de: Rector, Vicerrector Administrativo, Vicerrector Asistente de Investigación y Extensión, Decano (E) de la Facultad de Ciencias Básicas, Director de Ingeniería de Producción Industrial, Director de departamento (E) de procesos industriales, Director (E) Plan de estudios Especialización en Aseguramiento de Calidad y Jefe (E) de Biblioteca. Director General del Centro de Investigación en Materiales Cerámicos – CIMAC, Director del Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica – GITEC, y Docente Titular.

Se destaca su trayectoria en el campo de la investigación científica, como investigador principal de proyectos de cofinanciación por Colciencias, autor y coautor de más de 80 artículos científicos publicados en revistas indexadas y más de 15 libros resultados de investigación, ha presentado más de 65 ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales, tutor de jóvenes investigadores e innovadores, director de más de 60 proyectos de grado en los que se incluyen trabajos de investigación a nivel de doctorado, maestría y pregrado e inventor de 8 productos tecnológicos con patentes de innovación y 4 productos radicados ante la Superintendencia de industria y Comercio para solicitud de patente de invención. Su trayectoria le ha permitido obtener la categoría de Investigador Senior por Minciencias, en la convocatoria 894 de 2021.

ECONOMÍA CIRCULAR

**UN APORTE A TRAVÉS DEL
APROVECHAMIENTO DE LOS
RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y
DEMOLICIÓN (RCD)**

JORGE SÁNCHEZ MOLINA
JESSICA VIVIANA SÁNCHEZ ZÚÑIGA
JORGE HERNANDO BAUTISTA RUIZ

Sánchez Molina, Jorge, autor

Economía circular : un aporte a través del aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD) / Jorge Sánchez Molina, Jessica Viviana Sánchez Zúñiga, Jorge Hernando Bautista Ruiz -- Primera edición -- San José de Cúcuta : Universidad Francisco de Paula Santander ; Bogotá : Ecoe Ediciones, 2023.

79 páginas. -- (Ingeniería, desarrollo sostenible, economía circular. Ingeniería civil, ingeniería de materiales, industria de la construcción)

Incluye datos curriculares de los autores -- Incluye referencias bibliográficas.

ISBN 978-958-503-645-1 (impreso) -- 978-958-503-646-8 (pdf)

1. Residuos de construcción y demolición - Reciclaje 2. Aprovechamiento de residuos (Construcción) 3. Industria de la construcción - Residuos I. Sánchez Zúñiga, Jessica Viviana, autor II. Bautista Ruiz, Jorge Hernando, autor

CDD: 628.44 ed. 23

CO-BoBN- a1113544



Área: Ingeniería, Desarrollo Sostenible, Economía Circular

Subárea: Ingeniería Civil, Ingeniería de Materiales, Industria de la Construcción



**Universidad Francisco
de Paula Santander**
Vigilada Mineducación

© Jorge Sánchez Molina
© Jessica Viviana Sánchez Zúñiga
© Jorge Hernando Bautista Ruiz

© Universidad Francisco
de Paula Santander
Avenida Gran Colombia
No. 12E-96, Barrio Colsag
San José de Cúcuta - Colombia
Teléfono: 607 577 6655

► Ecoe Ediciones S.A.S.
info@ecoeediciones.com
www.ecoeediciones.com
Carrera 19 # 63 C 32 - Tel.: 919 80 02
Bogotá, Colombia

Primera edición: Bogotá, marzo del 2023

ISBN: 978-958-503-645-1
e-ISBN: 978-958-503-646-8

Directora editorial: Claudia Garay Castro
Coordinadora editorial: Paula Bermúdez B.
Corrección de estilo: Maria del Pilar Osorio
Diagramación: Sindy Nicol Pulido Casallas
Carátula: -----
Impresión: Xpress Estudio Gráfico y digital
Carrera 69 H # 77 - 40

*Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio
sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales.*

Impreso y hecho en Colombia - Todos los derechos reservados



DEDICATORIA

A mi hija, Jessica Viviana Sánchez Zúñiga, quien es el motor de mi vida porque siempre me ha dado su apoyo y motivación para alcanzar los objetivos propuestos.

Jorge Sánchez Molina

A mi esposo, Johan, y a mis padres, Jorge y Janeth, por su amor incondicional y por ser mi fortaleza.

Jessica Viviana Sánchez Zúñiga

CONTENIDO

CAPÍTULO 1. HISTORIA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	1
1.1 Ciclo de vida de los residuos de construcción y demolición	2
1.2 Antecedentes generales.....	4
1.3 Antecedentes investigativos	6
CAPÍTULO 2. ORIGEN Y PRODUCCIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	11
2.1 Clasificación de los RCD	13
2.2 Generación de los RCD	15
2.2.1 Tipos de RCD según su origen	16
2.2.1.1 Residuos generados de la extracción de materia prima	16
2.2.1.2 Residuos provenientes de nuevas obras de construcción	16
2.2.1.3 Residuos provenientes de demoliciones	17
2.2.2 Residuos inertes	17
2.2.3 Residuos no peligrosos	18
2.2.4 Residuos tóxicos y peligrosos.....	19
CAPÍTULO 3. GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN	21
3.1 Lineamientos para gestionar los RCD	23

3.2	Uso correcto de los RCD	24	
3.3	Separación de la fuente	26	
3.4	Recogida y transporte de los RCD	28	
3.5	Almacenamiento	29	
3.6	Aprovechamiento	31	
3.6.1	Aprovechamiento en obras civiles horizontales	31	
3.6.1.1	RCD en bases y sub-bases granulares.....	31	
3.6.1.2	Reconformación morfológica de minas.....	32	
3.6.1.3	Pavimentos rígidos.....	32	
3.7	Disposición final de RCD.....	32	
3.8	Tendencias en la gestión de los RCD	33	
3.9	Problemas en la implementación de una correcta gestión de RCD	34	
CAPÍTULO 4. IMPACTOS DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN			
Y DEMOLICIÓN			37
4.1	Impactos sociales y medioambientales por la generación de RCD	38	
4.1.1	Impactos sobre el medio inerte.....	43	
4.1.2	Impactos en el medio biótico	44	
4.1.3	Beneficios sociales y ambientales en la implementación de la gestión de RCD	45	
4.2	Impactos económicos de la gestión de los RCD.....	47	
CAPÍTULO 5. RECICLAJE Y RECUPERACIÓN DE LOS RESIDUOS DE			
CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN			51
5.1	Procesos de reciclaje según el tipo de material.....	52	
5.1.1	Reciclaje del concreto.....	52	
5.1.2	Reciclaje de la madera.....	54	
5.1.3	Reciclaje del metal.....	57	
5.1.4	Reciclaje del plástico	59	
5.2	La economía circular en el marco de la industria de la construcción	62	
5.3	Elementos prefabricados con RCD	67	
REFERENCIAS			73

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Documentos por año sobre RCD en Scopus	8
Figura 2. Número de documentos generados por cada país sobre la temática de RCD	9
Figura 3. RCD	12
Figura 4. Categorías de RCD.....	13
Figura 5. Grupos de RCD	13
Figura 6. Desmontaje de residuos	15
Figura 7. Residuos inertes de RCD.....	18
Figura 8. Residuos no peligrosos	18
Figura 9. Residuos radioactivos	19
Figura 10. Separación de los RCD.....	27
Figura 11. Recolección de RCD sin separar	29
Figura 12. Almacenamiento de madera proveniente de RCD	30
Figura 13. Tipos de aprovechamiento según el RCD.....	31
Figura 14. Disposición final de los RCD en vertedero.....	33
Figura 15. Chatarra reciclada proveniente de los RCD	39
Figura 16. Capacitaciones sobre la gestión de estos residuos	41
Figura 17. Residuos generados por una excavación.....	42

Figura 18. Medio biótico.....	45
Figura 19. Beneficios económicos de los RCD	48
Figura 20. Reciclaje del concreto	53
Figura 21. Reciclaje de la madera	55
Figura 22. Reciclaje del metal.....	59
Figura 23. Reciclaje de tuberías de plástico.....	61
Figura 24. Economía circular	63
Figura 25. Elementos prefabricados	67

CAPÍTULO 1

HISTORIA DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Aunque el abandono ha sido el método común de gestión de los residuos, este siempre ha sido parte de la historia humana. Hoy, sin embargo, existen distintos métodos de gestión de residuos, incluida la recogida y el vertido de residuos que es una forma sistemática de disponer de los residuos que no se pueden reciclar.

Ese problema no tenía mayor consecuencia mientras las poblaciones y los centros densificados eran pequeños y se encontraban muy dispersos. Sin embargo, el problema de los residuos de construcción comienza con la aparición de centros poblados en la antigüedad en donde cientos y miles de personas habitaban en un área relativamente pequeña. De esta manera, la concentración de este tipo de residuos, así como de basuras, obligaron al ser humano a desarrollar los primeros sistemas masivos de abastecimiento y saneamiento (Chica-Osorio y Beltrán-Montoya, 2018).

El ser humano ha explotado de manera exponencial todos los recursos que le ha ofrecido la naturaleza con la finalidad de desarrollar múltiples productos con diversos usos los cuales una vez utilizados los abandonan porque ya no son útiles. Hasta el segundo tercio del siglo XX se presentó un incremento de la producción y el consumo de todo tipo de recursos debido a la importante mejora de diversos procesos industriales; sin embargo, en aquel momento, el impacto ambiental de los residuos generados por los asentamientos y la actividad humana era relativamente bajo debido a que se fomentaba la reducción de los costes de producción para dinamizar la economía (André y Cerdá, 2006).

La concentración de residuos en grandes asentamientos urbanos tuvo una segunda consecuencia, ya que generaban residuos en forma tan rápida que la capacidad que tenía el planeta para absorberlos por medio de los ciclos naturales era insuficiente, sin tener en cuenta el daño a los ecosistemas por la sobreexplotación de los recursos existentes para satisfacer una demanda exponencial.

Cuando las problemáticas sobre los residuos urbanos empezaron a aparecer, el concepto de residuos de construcción y demolición (RCD) no existía, puesto que las materias primas que se utilizaban en ese entonces para la construcción, es decir, la madera, el ladrillo y la piedra eran tan valiosos que no era una opción el abandono. Sin embargo, su extracción, fabricación y transporte requería de múltiples esfuerzos como para desecharlos después de haber cumplido su finalidad (Sánchez-Muñoz *et al.*, 2019).

El coliseo de Roma es un ejemplo de una estructura antigua que se utilizó como cantera para edificios posteriores más contemporáneos. De tal forma que en la antigüedad cuando una infraestructura perdía su uso, generalmente, se reutilizaban sus materiales como la roca, en este caso.

La problemática de los RCD surge a partir de la Segunda Guerra Mundial cuando dos factores potencializaron el volumen de este tipo de residuos. El primero fue la destrucción producida por los bombardeos que generaron montañas de residuos de construcción y demolición en los corazones de las principales ciudades europeas. El segundo fue la creación de máquinas con motores que poseían potencias inimaginables, que dieron paso a la creación posterior de la maquinaria pesada moderna (Tchobanoglous, 1998).

Los vertederos de residuos de construcción y demolición, donde se reutilizaban y reciclaban parte de estos residuos, fueron posibles por la necesidad de mover grandes cantidades de material con rapidez. El patrón de consumo se modificó durante el último tercio del siglo XX para reflejar la idea de que el consumo es un fin en sí mismo y no un medio para otros fines; es decir, no interesa que las cosas sigan siendo el motor de la economía y su mayor aliado sea la publicidad, que se encarga de animar a la gente a gastar más.

1.1 Ciclo de vida de los residuos de construcción y demolición

El ciclo de vida de los residuos de construcción y demolición (RCD) es el conjunto de procesos que se llevan a cabo desde que se generan hasta que se eliminan o se reutilizan. Los residuos de construcción y demolición incluyen materiales como ladrillos, cemento, madera, vidrio, metal y plástico, que se generan durante la construcción, renovación o demolición de edificios, infraestructuras y otras obras de ingeniería civil (Gómez Cortés, 2020).

A continuación, se describen los principales pasos del ciclo de vida de los RCD:

- **Generación:** los RCD se generan durante las actividades de construcción, renovación o demolición. Pueden provenir de diferentes fuentes, como edificios, carreteras, puentes, aeropuertos, líneas de ferrocarril, entre otros.
- **Recogida y transporte:** una vez generados, los RCD deben ser recogidos y transportados a un lugar de almacenamiento temporal, como un vertedero o una planta de tratamiento de residuos.
- **Almacenamiento temporal:** los RCD se almacenan temporalmente en vertederos o plantas de tratamiento de residuos hasta que se lleve a cabo su valoración y tratamiento.
- **Valoración y tratamiento:** los RCD deben ser valorados y tratados para determinar su posible reutilización o eliminación. Existen diferentes opciones de tratamiento, como el reciclaje, la reutilización, la valorización energética o la eliminación en vertedero.
- **Reutilización o eliminación:** si los RCD pueden ser reutilizados, se destinan a nuevos proyectos de construcción o demolición. Si no pueden ser reutilizados, se eliminan en vertederos de manera controlada.

Es importante destacar que el ciclo de vida de los RCD está regulado por leyes y normativas que buscan minimizar el impacto ambiental de estos residuos y fomentar su reutilización y reciclaje. Al adoptar las medidas adecuadas en cada etapa del ciclo de vida de los RCD, es posible reducir el consumo de recursos naturales y contribuir a la conservación del medio ambiente (Hernández Salinas, s.f.).

Así mismo, existen algunas consideraciones adicionales sobre el ciclo de vida de los RCD:

- **Gestión de residuos:** la gestión de los RCD incluye la planificación y la organización de las actividades relacionadas con su generación, recogida, transporte, almacenamiento, valoración y tratamiento. Es importante realizar la gestión de los RCD de manera responsable y sostenible para minimizar su impacto ambiental.
- **Reciclaje:** es una de las principales opciones de tratamiento de los RCD, ya que permite reutilizar los materiales de forma sostenible y reducir el consumo de recursos naturales. Los materiales de los RCD más comúnmente reciclados son: la madera, el vidrio, el metal, el plástico y el papel.
- **Reutilización:** consiste en el uso de los RCD para su mismo propósito original o para un propósito distinto al original. Por ejemplo, se pueden reutilizar ladrillos y bloques de cemento para construir nuevas edificaciones o mamparas de protección.

- Valorización energética: esta es otra opción de tratamiento de los RCD que consiste en recuperar la energía contenida en los materiales mediante su quema. Esta opción es adecuada para aquellos materiales que no pueden ser reutilizados o reciclados.
- Eliminación en vertedero: cuando los RCD no pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados energéticamente se eliminan en vertederos de manera controlada. Es importante destacar que los vertederos deben cumplir con ciertos requisitos ambientales y de seguridad para minimizar su impacto en el medio ambiente.

En conclusión, la generación, recolección, transporte, almacenamiento temporal, valorización, tratamiento y reutilización o eliminación de estos residuos conforman el ciclo de vida de los RCD. Es posible reducir el consumo de recursos naturales y ayudar a preservar el medio ambiente tomando las medidas adecuadas en cada etapa del ciclo de vida de los RCD (Gómez Cortés, 2020).

1.2 Antecedentes generales

La gestión de los RCD es un tema que ha sido abordado a nivel internacional y nacional durante varias décadas. A continuación, se presentan algunos de los antecedentes más importantes de esta gestión:

A nivel internacional, uno de los antecedentes más importantes es la Convención de Basilea, firmada en 1989 y entrada en vigor en 1992. Esta Convención trata sobre el control de los movimientos transfronterizos de residuos peligrosos y su eliminación, y establece los principios y estándares para la gestión de residuos peligrosos (Useche, 1995).

Otro antecedente importante es la Directiva sobre residuos de la Unión Europea que establece un marco para la gestión de residuos en la UE y determina los objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de residuos. Esta Directiva ha sido modificada varias veces, y la última versión, conocida como la Directiva sobre Residuos de la Unión Europea (2018/851), entró en vigor en 2018 (Directiva [UE] 2018/851 del Parlamento europeo y del Consejo del 30 de mayo de 2018, 2008).

En particular, España tiene un antecedente importante de la gestión de RCD con la Ley 22 de 2011, de Residuos y Suelos Contaminados, que establece las bases para la gestión de residuos en España. Esta ley establece los objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de residuos, así como para la prevención y la gestión de la contaminación del suelo (Ley 22 del 28 de julio de 2011, de Residuos y Suelos Contaminados).

También es importante la Ley 39 de 2015, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas, que establece las bases para el procedimiento

administrativo común de las administraciones públicas en España. Esta ley establece las obligaciones de las administraciones públicas en relación con la gestión de residuos y ofrece un marco para la participación ciudadana en la toma de decisiones sobre residuos (Ley 39 del 1 de octubre de 2015 del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas).

Además, en España existen varias leyes regionales y autonómicas sobre la gestión de residuos y establecen medidas específicas para la gestión de RCD en cada comunidad autónoma.

Un antecedente importante a nivel internacional es la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible, adoptada por la Asamblea General de las Naciones Unidas en 2015. Esta agenda establece 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) que buscan abordar los desafíos más importantes a nivel global, incluida la gestión sostenible de los recursos naturales y la eliminación de la pobreza. El ODS 12, en particular, se centra en garantizar la gestión sostenible de los recursos y la reducción de la generación de residuos, y establece objetivos y metas específicas para la gestión de residuos, incluyendo la reducción de la generación de residuos y el aumento de la tasa de reciclaje (Naciones Unidas/CEPAL, 2019).

También existen diversas normativas nacionales y regionales en España que establecen requisitos específicos para la gestión de RCD, como la Ley 4 de 1999, de las Medidas de Prevención y Control Integrado de la Contaminación, en Cataluña, y la Ley 3 de 1998, de Protección del Medio Ambiente de Andalucía.

En conclusión, la gestión de los RCD ha sido abordada a nivel internacional durante varias décadas y existen una serie de leyes y normativas que establecen los principios y estándares para su gestión. Estos antecedentes son importantes para garantizar una gestión adecuada de los RCD y proteger el medio ambiente y la salud humana.

La gestión de los RCD en Colombia está regulada por diversas leyes y normativas nacionales y regionales. Algunas de las leyes y normativas más importantes son:

- La Ley 99 de 1993 del Medio Ambiente establece las bases para la gestión ambiental en Colombia y determina los objetivos y metas para la prevención y control de la contaminación ambiental, incluida la gestión de residuos (Ley 99 de 1993).
- El Decreto 1753 de 1994 establece las normas técnicas para la gestión de residuos en Colombia y establece los criterios técnicos y procedimientos para la gestión de residuos (Decreto 1753 de 1994).
- El Decreto 1782 de 2002 establece la reglamentación del Título VIII de la Ley 99 de 1993 sobre la Licencia Ambiental (Decreto 1782 de 1994).
- La Ley 1753 de 2015 establece las bases para la gestión integral de residuos sólidos en Colombia y los objetivos y metas para la reducción y el reciclaje

de residuos, así como para la prevención y control de la contaminación del suelo y del agua (Ley 1753 de 2015).

Además, existen diversas leyes y normativas regionales y municipales que establecen requisitos específicos para la gestión de RCD en cada región o municipio.

En general, en Colombia se han establecido una serie de leyes y normativas para regular la gestión de RCD y promover la reducción y el reciclaje de estos residuos. Sin embargo, aún existen desafíos en la implementación y el cumplimiento de estas leyes y normativas, y se requiere un esfuerzo continuo para mejorar la gestión de RCD en el país.

En América Latina, la gestión de RCD es regulada por diversas leyes y normativas nacionales y regionales. Algunos de los países de América Latina que cuentan con leyes y normativas específicas para la gestión de RCD son:

- Argentina: Ley 24.051 de 1993 de Residuos Peligrosos y su Reglamentación establece las bases para la gestión de residuos peligrosos en Argentina y establece objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de residuos (Ley 24051 de 1993).
- Brasil: Ley 12.305 de 2010 de Gestión de Residuos Sólidos establece las bases para la gestión de residuos sólidos en Brasil y los objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de residuos (Ley 12.305 de 2010).
- Chile: Ley 20.417 de 2010 de Gestión Integral de Residuos establece las bases para la gestión integral de residuos en Chile y los objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de residuos (Ley 20417 de 2010).
- México: Ley General de Residuos y Suelos Contaminados, adoptada en 2015, establece las bases para la gestión de residuos y suelos contaminados en México y los objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de residuos (Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos, 2015).

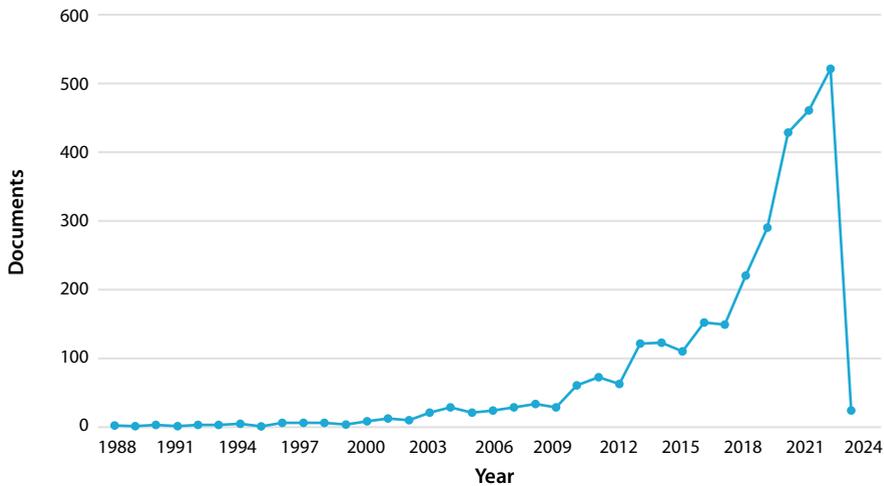
En América Latina existen una serie de leyes y normativas para regular la gestión de RCD y promover la reducción y el reciclaje de estos residuos. Sin embargo, aún existen desafíos en la implementación y el cumplimiento de estas leyes y normativas, y se requiere un esfuerzo continuo para mejorar la gestión de RCD en la región.

1.3 Antecedentes investigativos

Se han desarrollado una gran cantidad de investigaciones sobre los RCD a nivel global en las últimas décadas, por tanto, es difícil seleccionar las más relevantes y con mayor impacto. Sin embargo, se presentan algunas de las investigaciones más importantes sobre este tema:

1. Estudios sobre la generación y composición de RCD. Muchos estudios hacen una evaluación de la cantidad de RCD generados y su composición, ya que estos datos son esenciales para la planificación y gestión de RCD. Estos estudios permiten conocer la cantidad y tipos de residuos generados en diferentes contextos e identifican oportunidades para su reducción y reciclaje (Lima *et al.*, 2005; Reddy *et al.*, 1986).
2. Investigaciones sobre el reciclaje de RCD. Hay numerosos estudios sobre el reciclaje de RCD que incluyen la evaluación de diferentes técnicas y tecnologías de reciclaje y la comparación de su rendimiento y costos. Estos estudios han servido para mejorar la eficiencia del reciclaje de RCD y a promover el uso de materiales reciclados en la construcción (Huang *et al.*, 2018; Marzouk & Azab, 2014a).
3. Investigaciones sobre la gestión y regulación de RCD. Estas investigaciones incluyen la implementación de objetivos y metas de reducción y reciclaje, el uso de incentivos y sanciones, y la participación de diferentes actores en la gestión de RCD. Estos estudios están encaminados a mejorar la gestión y regulación de RCD en diferentes contextos (Menegaki & Damigos, 2018; Yang *et al.*, 2017).
4. Investigaciones sobre la valorización y reutilización de RCD. Estos estudios que incluyen la evaluación de diferentes técnicas y tecnologías para aprovechar los materiales y componentes de los RCD han ayudado a promover el uso de materiales reciclados y reutilizados en la construcción y a reducir la dependencia de los recursos naturales (Marzouk & Azab, 2014b, 2014c).
5. Investigaciones sobre el impacto ambiental y social de la gestión de RCD. Estos estudios pueden incluir la evaluación de la contaminación del aire y del agua asociada con la gestión de RCD, así como el impacto en la salud humana y el medio ambiente. Otras investigaciones analizan el impacto económico de la gestión de RCD e incluyen el impacto en la industria de la construcción y en el empleo (Lotfi *et al.*, 2015; Marzouk & Azab, 2014c; Ossa *et al.*, 2016; Wagih *et al.*, 2013).
6. Investigaciones sobre el uso de tecnologías y técnicas innovadoras para la gestión de RCD. Estas pueden incluir la evaluación de nuevas técnicas de reciclaje, la utilización de tecnologías de procesamiento de residuos de alta eficiencia, así como el uso de tecnologías de monitoreo y control para mejorar la gestión de RCD. Tales estudios pueden servir para identificar oportunidades en la mejora de la eficiencia y la sostenibilidad de la gestión de RCD.

En la Figura 1 se observa un análisis bibliométrico sobre la cantidad de investigaciones desarrolladas en los últimos años.

Figura 1. Documentos por año sobre RCD en Scopus

Fuente: Scopus.

Así mismo, en la Tabla 1 se encuentran las áreas y la cantidad de documentos según Scopus.

Tabla 1. Cantidad de documentos por área en Scopus

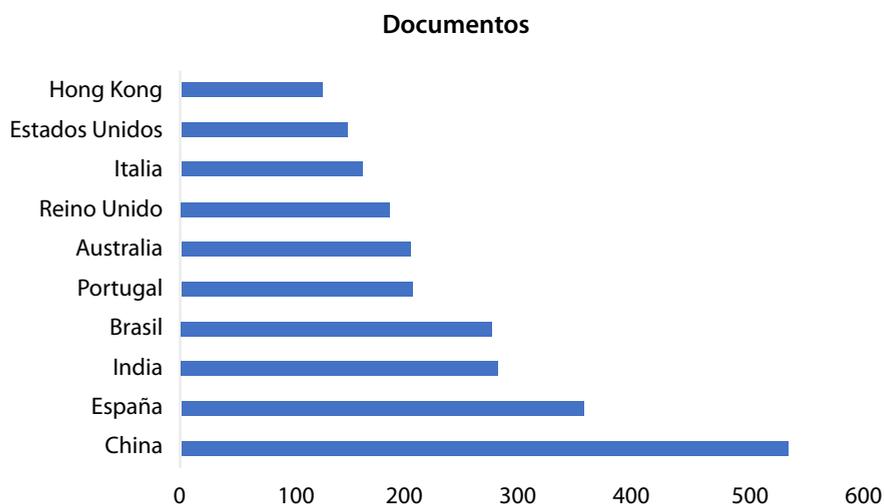
Área	Cantidad
Ingeniería	1653
Ciencia medioambiental	1254
Ciencia de los materiales	802
Energía	388
Negocios, gestión y contabilidad	283
Ciencias sociales	228
Ciencias de la Tierra y planetarias	224
Física y astronomía	169
Ciencias de la computación	152
Economía, econometría y finanzas	144
Ingeniería química	89
Química	69
Medicina	67
Ciencias agrícolas y biológicas	66
Matemáticas	34
Ciencias de la decisión	27
Multidisciplinario	27

Área	Cantidad
Artes y humanidades	18
Farmacología, toxicología y farmacéutica	10
Bioquímica, genética y biología molecular	9
Inmunología y microbiología	4
Neurociencia	4
Profesiones de la salud	1

Fuente: elaboración propia con base en Scopus (2022).

Finalmente, en la Tabla 2 se presenta el número de documentos escritos en cada país sobre esta temática.

Figura 2. Número de documentos generados por cada país sobre la temática de RCD



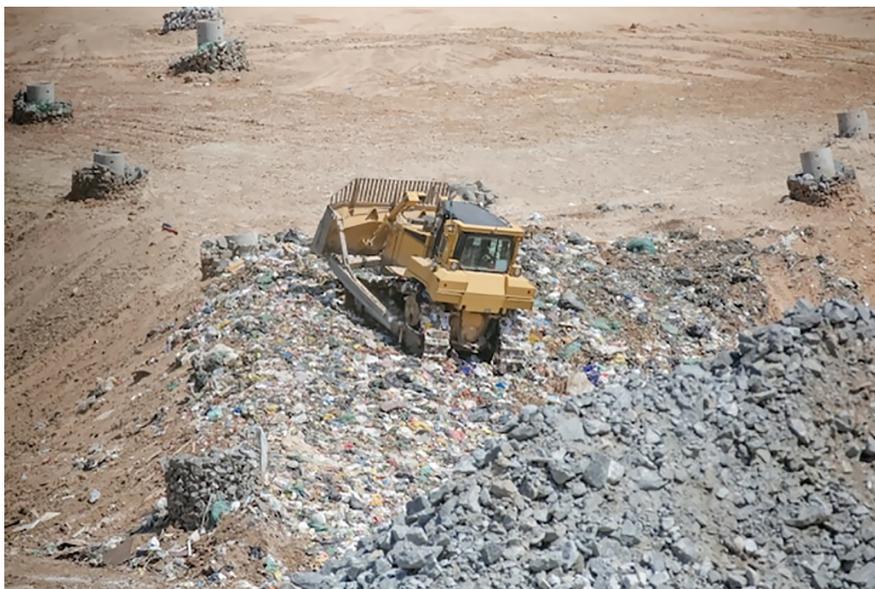
Fuente: Scopus.

En resumen, existe una cantidad de investigaciones sobre RCD a nivel global que abordan una amplia variedad de temas, desde la generación y composición de RCD hasta el impacto ambiental y social de su gestión. Estas investigaciones sirven para mejorar la gestión de RCD y promueven la valorización y reutilización de sus materiales. Además, permiten identificar oportunidades para reducir la generación de RCD y desarrollar una gestión ambiental cada vez más sostenible.

CAPÍTULO 2

ORIGEN Y PRODUCCIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los principales generadores y productores de RCD son la construcción, la renovación y la demolición de edificios, infraestructuras y otras obras de ingeniería civil. Estos proyectos son realizados por empresas de construcción, contratistas, arquitectos, ingenieros y otros profesionales del sector de la construcción. Los RCD pueden provenir de diferentes fuentes como edificios, carreteras, puentes, aeropuertos, líneas de ferrocarril, entre otros.

Figura 3. RCD

Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

Los RCD incluyen una amplia variedad de materiales como ladrillos, cemento, madera, vidrio, metal y plástico. Estos se generan durante las actividades de construcción, renovación o demolición y pueden ser reutilizados o eliminados de manera controlada.

Es importante destacar que la gestión responsable y sostenible de los RCD es clave para minimizar su impacto ambiental. Por lo tanto, es fundamental contar con sistemas eficientes de gestión de residuos que permitan valorar y tratar adecuadamente estos materiales. Al adoptar las medidas adecuadas en cada etapa del ciclo de vida de los RCD, es posible reducir el consumo de recursos naturales y contribuir a la conservación del medio ambiente.

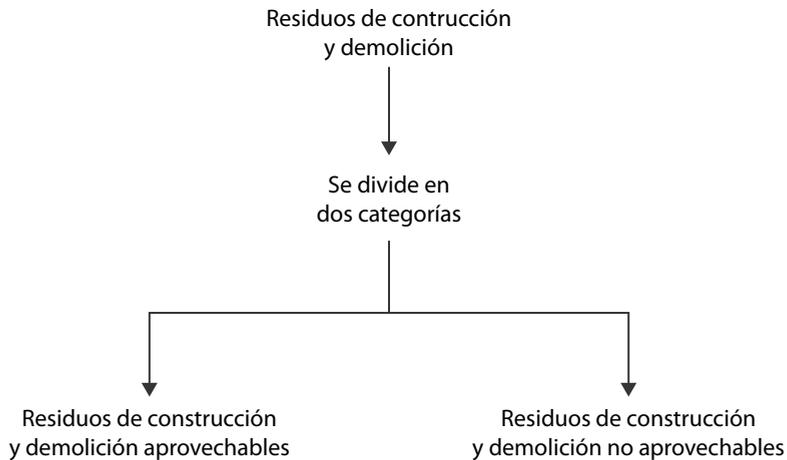
Dado que la mayoría de los materiales empleados en la construcción no representan un peligro, es posible diferenciarlos según su calidad y potencial de aprovechamiento. Esta característica facilita la clasificación de los residuos generados por estas actividades de manera distinta. Por ejemplo, se pueden reutilizar los materiales no contaminantes como techos, tejas y ladrillos; de esta manera se optimiza su uso y se reduce el impacto ambiental.

Se realiza una clasificación de los distintos materiales para identificar la correcta gestión de los RCD dado que los residuos aprovechables pueden tener potencial y los no aprovechables han tenido una gestión insuficiente que les hace perder su potencial para enlazar en una nueva cadena (Tapias Mendivelso, 2017a).

2.1 Clasificación de los RCD

Como se mencionó anteriormente, los RCD se clasifican en dos categorías (Figura 4):

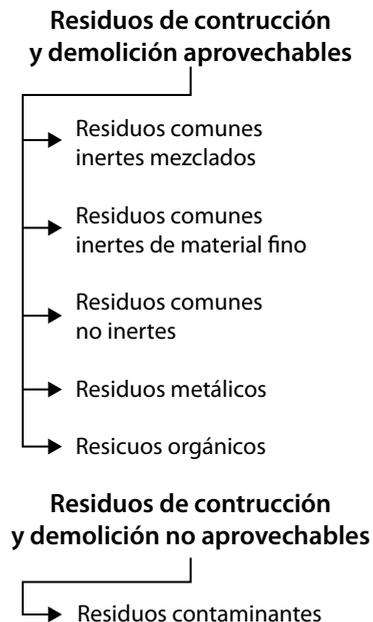
Figura 4. Categorías de RCD



Fuente: elaboración propia.

Cada una de estas dos categorías se clasifica en grupos de residuos (Figura 5):

Figura 5. Grupos de RCD



Fuente: elaboración propia.

Por lo tanto, los RCD aprovechables dentro del grupo de residuos comunes inertes y mezclados están compuestos por los siguientes elementos:

- **Residuos pétreos:** arena, cerámica, ladrillos, concreto, bloques, cantos rodados, grava o fragmentos de cualquiera de estos, rocas, tejas, mortero y suministros que no pasan por el tamiz n.º 200.

Los materiales del grupo de residuos comunes inertes de material fino, están compuestos por:

- **Residuos finos no expansivos:** los limos, arcillas y residuos, poco o no plásticos, o expansivos que no pasen por el tamiz n.º 200.
- **Residuos finos expansivos:** arcillas (montmorillonitas) y lodos inertes, con una cantidad sustancial de material fino, que son expansivos y plásticos, los cuales son retenidos por el tamiz n.º 200.

Los materiales del grupo de residuos comunes no inertes están compuestos por:

- **Residuos no pétreos:** el plástico, el vidrio, la madera, el cartón, los papeles, el caucho, la silicona y el material compuesto por PVC.

Los materiales del grupo de residuos metálicos están compuestos por:

- **Residuo de carácter metálico:** entre ellos, el aluminio, el acero, el cobre, el estaño, el hierro y el zinc.

Los materiales del grupo de residuos orgánicos están compuestos por:

- **Residuos de pedones:** hace referencia a la tierra orgánica que se destaca por su color negro.
- **Residuos de cespedones:** como los residuos de material vegetal o cualquier otro tipo de compuesto biótico.

Seguidamente, entre los RCD no aprovechables, el grupo de los residuos está compuesto por:

- **Residuos peligrosos:** los productos químicos desechados, el alquitrán, emulsiones, aceites, disolventes orgánicos, resinas, plastificantes y asfaltos, pintura, barniz y tejas, plomo, cenizas volantes y asbesto, residuos explosivos, etc.
- **Residuos especiales:** espuma de poliestireno, cartón, yeso y poliestireno, (paneles de yeso), así como los lodos residuales producto de procesos industriales.
- **Residuos contaminados:** todos los materiales comentados anteriormente que se encuentren contaminados con cualquier tipo de residuo especial y peligroso.

2.2 Generación de los RCD

Se considera como punto de partida para la generación de los RCD, el momento en el que ocurre una construcción o demolición dentro de una obra de ingeniería o un edificio, de tal manera, que el origen de estos áridos reciclados y su calidad depende principalmente de la separación de estos residuos mediante un procedimiento de demolición selectiva, el cual genera en primera instancia un aumento en el costo de la demolición.

Este proceso de demolición selectiva se realiza para minimizar la cantidad de RCD destinados a la disposición final, por lo tanto, para ejecutarlo de manera correcta se deben tener en cuenta las siguientes etapas (Figura 6):

- Desmontaje de todos los elementos clasificados como residuos peligrosos: este tipo de desmontaje hace referencia a elementos como tubos fluorescentes, conducciones de aire acondicionado, entre otras.
- Desmontaje de las instalaciones eléctricas y de plomería; dentro de estos se incluyen los sanitarios, los grifos, el sistema de abastecimiento de agua potable y la climatización.
- Desmontaje de todo tipo de carpintería.
- Desmontaje de los falsos techos, revestimientos, tabiques y cerramientos.
- Demolición de la superestructura, columnas, vigas, placas macizas y muros de carga.
- Demolición de las fundaciones.

Figura 6. Desmontaje de residuos



Cada uno de los elementos mencionados en las tres primeras fases se deben depositar separadamente en diferentes contenedores o en acopios independientes que permitan una posterior entrega a los recicladores. Estos deben entregarse a un gestor que se encargue de reciclarlos, de ser posible hacerlo.

Determinar con precisión la cantidad de RCD que se produce en Colombia actualmente, ya que esto depende de diversos factores como el ritmo de crecimiento de la construcción, la renovación y la demolición de edificios y de otras infraestructuras en el país.

Sin embargo, se sabe que los RCD representan un porcentaje significativo de los residuos generados en Colombia. Según datos del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible de Colombia, los RCD representan alrededor del 20 % del total de residuos generados en el país.

Es importante destacar que la gestión responsable y sostenible de los RCD es clave para minimizar su impacto ambiental. Por lo tanto, es fundamental contar con sistemas eficientes de gestión de residuos que permitan valorar y tratar adecuadamente estos materiales. Al adoptar medidas adecuadas en cada etapa del ciclo de vida de los RCD, es posible reducir el consumo de recursos naturales y contribuir a la conservación del medio ambiente.

2.2.1 Tipos de RCD según su origen

De acuerdo con De Santos Marián *et al.*, (2013) los residuos de construcción y demolición según su origen se clasifican en:

- Residuos que provienen de puntos de extracción de áridos, obras en las que se realizan movimientos de tierra donde no exista ningún otro tipo de actividad constructiva.
- Residuos que provienen de obras de construcción nuevas.
- Residuos que provienen de obras de demolición.

Cada uno de los tipos de residuos presenta diferentes características:

2.2.1.1 Residuos generados de la extracción de materia prima

Este hace referencia a los residuos que se componen íntegramente con materiales pétreos y tienen naturaleza y granulometría variables. Este tipo de residuos se caracterizan por no contener algún tipo de contaminación por parte de otros elementos encontrados convencionalmente en un proyecto de construcción.

2.2.1.2 Residuos provenientes de nuevas obras de construcción

Este tipo de residuos se caracteriza por ser principalmente petróleo y cerámica, asimismo, posee una presencia aproximada del 25 % de otros materiales. Por lo

tanto, en la fracción pétreo generalmente se pueden encontrar restos de concreto y cerámica que provienen de recortes o cualquier tipo de material que sea degradado.

Los otros materiales que se pueden encontrar en este tipo de compuesto son residuos de vidrio, madera, papel e, incluso, residuos más peligrosos como sustancias tóxicas, pinturas y hasta metales. Este tipo de residuos contiene una gran fracción de materiales plásticos y papeles provenientes de los materiales de la obra.

2.2.1.3 Residuos provenientes de demoliciones

Este residuos son similares en cuanto a la proporción de los residuos provenientes de nuevas construcciones, mencionados anteriormente; sin embargo, la principal diferencia se observa en que estos están muy mezclados unos con otros. Ya que en una nueva construcción es más sencillo separar los diferentes recortes o pedazos sobrantes bien sean de cerámica o concreto, mientras que en una demolición resulta casi imposible hacerlo.

Por esta razón, cuando se pretende demoler una edificación se debe tratar de separar los diferentes tipos de materiales, es decir, metales, plásticos, yesos, techos, fibras sintéticas, entre otros. Esta sería una demolición selectiva que permite separar los materiales de forma adecuada; sin embargo, aunque se cumplan tales observaciones siempre existirá una parte que no se podrá reaprovechar de ninguna manera.

Asimismo, los RCD se pueden clasificar según su naturaleza, de acuerdo con el tipo de procedencia que tienen. Por lo tanto, según su naturaleza, los residuos de construcción pueden ser clasificados como:

- Residuos inertes
- Residuos no peligrosos
- Residuos tóxicos y peligrosos

2.2.2 Residuos inertes

Dado que no experimentan efectos físicos, químicos o biológicos significativos, los residuos inertes generalmente no son peligrosos. En este tipo de residuos no existen componentes solubles o combustibles que reaccionen física o químicamente con cualquier otro tipo de material.

De esta manera, tales residuos no perjudican a la salud humana ni contaminan la integridad del medio ambiente. Si se relacionan según su origen, este tipo de residuos hace referencia a los residuos que provienen de puntos de extracción o movimientos de tierra. Este tipo de residuos hace referencia a la mayor parte de los RCD (Figura 7).

Figura 7. Residuos inertes de RCD

Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

2.2.3 Residuos no peligrosos

Son los residuos que, aunque en principio no presentan altos niveles de toxicidad, si pueden llegar a contenerla o se producen modificaciones físicas, químicas o biológicas que facilitan la creación de sustancias realmente perjudiciales para la naturaleza y la sociedad. Entre ellos, la madera, el plástico, el papel, el yeso, los materiales textiles y la gran mayoría de los metales entran en esta categoría (Figura 8).

Figura 8. Residuos no peligrosos

Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

2.2.4 Residuos tóxicos y peligrosos

Dentro de este tipo de residuos se encuentran los que poseen cualquier tipo de sustancia tóxica o peligrosa para el medio ambiente o las personas. Este tipo de residuos, generalmente, se encuentran regulados y su manipulación está en manos de gestores autorizados.

Aunque el volumen de RCD es minúsculo, en general, no se puede menospreciar ya que poseen un alto potencial tóxico por su capacidad de contaminar otros tipos de residuos. En este caso, la separación y clasificación es la mejor estrategia para evitar este tipo de eventos. Las pinturas, los solventes, el plomo y todos los desechos radiactivos son los más peligrosos (Figura 9).

Figura 9. Residuos radioactivos



Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

CAPÍTULO 3

GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Con el fin de planificar, organizar y llevar a cabo las actividades relacionadas con la producción, recogida, transporte, almacenamiento, valoración y tratamiento de estos residuos, existen una serie de procesos y actividades que se conocen como gestión de RCD (Pacheco Bustos *et al.*, 2020).

La gestión de los RCD implica la puesta en marcha de sistemas y medidas para minimizar la generación de residuos, fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales y disminuir el impacto de estos residuos en el medio ambiente. Además, implica organizar y planificar la recogida de RCD, trasladarlos a vertederos o instalaciones de tratamiento de residuos, y analizar y tratar estos residuos para decidir si se pueden reciclar o eliminar.

Es importante destacar que la gestión de los RCD está regulada por leyes y normativas que buscan minimizar el impacto ambiental de estos residuos y fomentar su reutilización y reciclaje. Al adoptar medidas adecuadas en la gestión de los RCD, es posible reducir el consumo de recursos naturales y contribuir a la conservación del medio ambiente (Tapias Mendivelso, 2017b).

A continuación, se describen algunas consideraciones adicionales sobre la gestión de los RCD:

1. **Planificación:** la planificación es una parte fundamental de la gestión de los RCD, ya que consiste en anticipar y programar las actividades relacionadas

con la generación, el tratamiento y la eliminación de estos residuos. La planificación incluye la definición de objetivos, metas y estrategias para minimizar la generación de RCD y promover su reutilización y reciclaje.

2. Recogida y transporte: la recogida y el transporte de los RCD son actividades clave en la gestión de estos residuos. Es importante contar con sistemas de recogida y transporte eficientes y sostenibles que permitan llevar los RCD a vertederos o plantas de tratamiento de residuos de manera segura y controlada.
3. Almacenamiento temporal: los RCD deben ser almacenados temporalmente en vertederos o plantas de tratamiento de residuos hasta que se lleve a cabo su valoración y tratamiento. Es importante contar con instalaciones adecuadas y cumplir con los requisitos ambientales y de seguridad para minimizar el impacto de estos residuos en el medio ambiente.
4. Valoración y tratamiento: la valoración y el tratamiento de los RCD consisten en determinar su posible reutilización o eliminación. Existen diferentes opciones de tratamiento como el reciclaje, la reutilización, la valorización energética o la eliminación en vertedero.
5. Reutilización o eliminación: si los RCD pueden ser reutilizados, se destinan a nuevos proyectos de construcción o demolición. Si no pueden ser reutilizados, se eliminan en vertederos de manera controlada.

La gestión de los RCD incluye la planificación, la recogida y el transporte, el almacenamiento temporal, la valoración y el tratamiento, y la reutilización o eliminación de estos residuos. Al adoptar medidas adecuadas en la gestión de los RCD, es posible reducir el consumo de recursos naturales y contribuir a la conservación del medio ambiente (Cadavid, 2014).

La gestión de RCD varía en diferentes partes del mundo dependiendo de factores como la legislación y regulación existente, la disponibilidad de infraestructuras y tecnologías de gestión de RCD, y el grado de concientización y participación de la sociedad en la gestión de estos residuos (Acosta, 2002a).

A continuación, se presenta un resumen del estado de la gestión de RCD en diferentes partes del mundo:

- Europa: la gestión de RCD está regulada por leyes y normativas nacionales y comunitarias que establecen objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de estos residuos. Muchos países de Europa tienen tasas de reciclaje relativamente altas y cuentan con infraestructuras y tecnologías avanzadas para gestionar RCD de manera sostenible. Sin embargo, aún existen desafíos en la implementación y el cumplimiento de las leyes y normativas existentes, y se requiere un esfuerzo continuo para mejorar la gestión de RCD en la región.

- América del Norte: la gestión de RCD está regulada por leyes y normativas federales y estatales que establecen objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de estos residuos. En general, la gestión de RCD en América del Norte es relativamente avanzada y hay una mayor concientización sobre la importancia de gestionar estos residuos de manera sostenible. Sin embargo, aún existen desafíos en la implementación y el cumplimiento de las leyes y normativas existentes, y en algunos casos, la gestión de RCD puede ser más costosa debido a la falta de infraestructuras y tecnologías de gestión avanzadas.
- América Latina: la gestión de RCD está regulada por leyes y normativas nacionales y regionales que establecen objetivos y metas para la reducción y el reciclaje de estos residuos. Sin embargo, en general, la gestión de RCD en América Latina es menos avanzada que en otras partes del mundo y hay menor concientización sobre la importancia de gestionar estos residuos de manera sostenible. Además, en algunos casos, puede haber falta de infraestructuras y tecnologías de gestión avanzadas, lo que puede dificultar la implementación y el cumplimiento de las leyes y normativas existentes.
- Asia: la gestión de RCD varía ampliamente en los diferentes países y depende de factores como el desarrollo económico y el nivel de urbanización.
- África: la gestión de RCD es menos avanzada que en otras partes del mundo y hay menor concientización sobre la importancia de gestionar estos residuos de manera sostenible.

En resumen, la gestión de RCD varía en diferentes partes del mundo y depende de factores como la legislación y regulación existente, la disponibilidad de infraestructuras y tecnologías de gestión de RCD, y el grado de concientización y participación de la sociedad en la gestión de estos residuos. En general, la gestión de RCD es más avanzada en regiones con mayor desarrollo económico y nivel de urbanización, pero aún existen desafíos en la implementación y el cumplimiento de leyes y normativas en todo el mundo (De Dios Frías, 2018; Glinka *et al.*, 2006; Vargas Hernández, 2019).

3.1 Lineamientos para gestionar los RCD

Para desarrollar una correcta gestión de los RCD es importante considerar los siguientes lineamientos:

- Reducir la generación de RCD: una de las principales medidas para gestionar adecuadamente los RCD es reducir su generación. Esto se puede lograr agilizando los procedimientos involucrados en la construcción, renovación y demolición, así como fomentando la reutilización y el reciclaje de materiales.

- Fomentar la reutilización y el reciclaje: la reutilización y el reciclaje son opciones sostenibles y eficientes para tratar los RCD. Al reutilizar o reciclar los materiales, se reduce el consumo de recursos naturales y se contribuye a la conservación del medio ambiente.
- Establecer sistemas de recogida y transporte: es importante contar con sistemas de recogida y transporte eficientes y sostenibles que permitan llevar los RCD a vertederos o plantas de tratamiento de manera segura y controlada.
- Gestionar adecuadamente los vertederos: estos son los lugares donde se eliminan de manera controlada los RCD que no pueden ser reutilizados ni reciclados. Es importante contar con instalaciones adecuadas y cumplir con los requisitos ambientales y de seguridad para minimizar el impacto de estos residuos en el medio ambiente.
- Regulación y normativas: la gestión de los RCD está regulada por leyes y normativas que buscan minimizar su impacto ambiental y fomentar su reutilización y reciclaje. Es importante conocer y cumplir con estas normativas para garantizar una gestión responsable y sostenible de estos residuos.

La gestión de los RCD requiere la implementación de medidas para reducir su generación, fomentar su reutilización y reciclaje, y gestionar adecuadamente su transporte, almacenamiento y eliminación. Al adoptar estos lineamientos, es posible reducir el consumo de recursos naturales y contribuir a la conservación.

3.2 Uso correcto de los RCD

La gestión de RCD, como se mencionó anteriormente, implica la producción, el uso, el transporte y la eliminación. La producción y reutilización de los RCD debe reducirse, por lo que los generadores de RCD deben implementar ciertas medidas de gestión ambiental; estas medidas deben hacerse de manera gradual, algunas de estas medidas son:

- Aplicación cooperativa de las directrices por parte de las empresas constructoras, las organizaciones productoras de RCD y las autoridades.
- Seguimiento y apoyo de las autoridades ambientales.
- Actualizaciones periódicas del manual que contiene las observaciones, sugerencias y cambios en los métodos de construcción.

El proceso clave que debe implementarse durante un proyecto de construcción, es el de la clasificación y separación de RCD, con el fin de reutilizar cualquier material sobrante y disponer el resto en lugares adecuados para los acabados deseados.

Los RCD deben pasar por actividades de separación y clasificación, y aquellos que puedan ser reutilizados deben reincorporarse a la cadena productiva.

En proyectos de adecuación de terrenos y lugares donde sea necesaria la aplicación de materia orgánica, los residuos de excavación, que en el caso de obras privadas representan aproximadamente el 88 % del total de RCD generados, deben ser reciclados para asegurarse de que la capa vegetal crezca.

Por lo tanto, estos materiales podrían reutilizarse allí sin causar demasiados problemas en clubes recreativos tantos públicos como privados, donde proyectos como la modificación de campos deportivos son muy comunes.

Los escombros de los proyectos de demolición, en general, se manejan correctamente. Los materiales inertes producidos por esta actividad y construcción, sin embargo, deben pasar por un proceso de trituración, lo que da lugar a la posibilidad de utilizar estos materiales como materia prima para nuevos proyectos de obras civiles.

Los residuos de las actividades de remodelación o adecuación deben clasificarse específicamente cuando se van a separar de los residuos que puedan contaminar los residuos aptos para su reutilización. Los proveedores de servicios de limpieza deben recolectar estos desechos específicos, manipularlos adecuadamente y eliminarlos una vez finalice el trabajo.

La normativa debe incluir el requisito de que los responsables del transporte de los escombros cumplan con ciertas condiciones específicas. Es fundamental contar con un registro de las personas y empresas de transporte ante la autoridad ambiental, además de establecer los requisitos técnicos como la capacidad y altura de la plataforma de carga, entre otros aspectos. Estas medidas previenen el incumplimiento de las condiciones adecuadas de transporte y entrega; asimismo aseguran una gestión responsable y sostenible de los residuos de construcción.

En la Tabla 2 se observan las actividades, el tipo de tratamiento, sus usos principales y compatibles.

Tabla 2. Actividades, tratamientos y usos según el tipo de RCD

Tipo de actividad	Tratamiento	Usos principales	Usos compatibles
Excavaciones	Separación de materiales de la fuente	Rellenos	Capas de cierre de escombreras o vertederos
	Recolección y transporte por empresas autorizadas por las autoridades ambientales	Terraplenes	Adecuaciones para la siembra y el cultivo Reconformación de zonas verdes y sociales

Tipo de actividad	Tratamiento	Usos principales	Usos compatibles
Demoliciones	Separación de materiales de la fuente	Reutilización	Disposición final en las nivelaciones de una escombrera o vertedero
	Transformación del material	Reciclaje	
	Recolección y transporte por empresas autorizadas por las autoridades ambientales	Venta a terceros	
Construcciones	Separación de materiales de la fuente	Transformación de la materia prima	Disposición final en las nivelaciones de una escombrera o vertedero
	Transformación del material		
	Recolección y transporte por empresas autorizadas por las autoridades ambientales		
Remodelación	Separación de materiales de la fuente	Reutilización	Rellenos sanitarios
	Recolección y transporte por autoridades sanitarias	Reciclaje	Escombreras
		Venta a terceros	

Fuente: elaboración propia.

3.3 Separación de la fuente

El procedimiento correcto para separar los RCD depende de la legislación y regulación existentes en cada lugar, así como de las características específicas de los residuos generados. A continuación, se presentan algunos pasos importantes en el proceso de separación de los RCD:

- Identificación de los tipos de residuos generados: es importante identificar los diferentes tipos de residuos generados durante la construcción o demolición de un proyecto, ya que esto permitirá determinar la forma más adecuada de gestionar estos residuos. Algunos ejemplos de tipos de RCD incluyen materiales de mampostería, acero, vidrio, plástico, madera y neumáticos.
- Separación de los residuos en diferentes tipos: una vez identificados los diferentes tipos de residuos, es importante separarlos en diferentes categorías para facilitar su gestión posterior. Esto puede hacerse manualmente o con la ayuda de maquinaria especializada como grúas o compactadores (Figura 10).
- Almacenamiento de los residuos separados: una vez separados los residuos, es importante almacenarlos de manera adecuada para evitar contaminación

o daños al medio ambiente. Esto puede incluir el uso de contenedores especializados o la construcción de áreas de almacenamiento temporales.

La Ley 1753 de 2015 establece las bases y criterios para la planificación, gestión, control y seguimiento de la generación, gestión, tratamiento y disposición final de los RCD que rigen la gestión de RCD en Colombia. Además, esta ley establece las responsabilidades de los generadores de RCD, así como las sanciones correspondientes por su incumplimiento (Ley 1753 de 2015).

Figura 10. Separación de los RCD



Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

Además, la Ley 1753 de 2015 establece que los generadores de RCD deben separar y almacenar los residuos de manera adecuada y trasladarlos a instalaciones de tratamiento autorizadas para su gestión posterior. Asimismo, esta ley establece que los generadores de RCD deben elaborar y presentar un plan de gestión de RCD ante las autoridades competentes y llevar un registro de los residuos generados y gestionados.

3.4 Recogida y transporte de los RCD

La recolección de los RCD en la fuente de origen es un procedimiento crucial para garantizar la gestión adecuada y sostenible de estos residuos. A continuación, se presentan algunos pasos para recolectar los RCD en su fuente de origen de manera eficiente:

1. Identificación de la fuente de generación de los RCD: es importante identificar la fuente de generación de los RCD, ya que esto permitirá determinar la forma más adecuada de recolectar y gestionar estos residuos. Algunas fuentes comunes de generación de RCD incluyen obras de construcción, demolición de edificios, reformas o reparaciones de edificios o infraestructuras.
2. Separación de los RCD en diferentes tipos: es importante separar los RCD en diferentes categorías para facilitar su gestión posterior. Esto puede hacerse manualmente o con la ayuda de maquinaria especializada, como grúas o compactadores.
3. Almacenamiento de los RCD: una vez separados los RCD, es importante almacenarlos de manera adecuada para evitar contaminación o daños al medio ambiente.
4. Programación de la recolección de los RCD: es importante programar la recolección de los RCD de manera regular y eficiente para evitar acumulaciones de residuos en la fuente de generación. Esto puede incluir la contratación de empresas especializadas en la recolección de RCD o la utilización de maquinaria especializada para la recolección y transporte de estos residuos (Figura 11).
5. Traslado de los RCD a instalaciones de tratamiento: una vez recolectados los RCD, es necesario trasladarlos a instalaciones de tratamiento para su posterior gestión. Esto puede incluir el envío de los residuos a plantas de reciclaje o a vertederos controlados.

Figura 11. Recolección de RCD sin separar

Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

La identificación de la fuente donde se generan estos residuos, la categorización de los RCD en diferentes categorías, el almacenamiento adecuado de los residuos separados, la planificación de la recogida de RCD y la transferencia de los residuos a las instalaciones de tratamiento para su posterior gestión son partes del proceso de recogida de RCD en su fuente de origen.

3.5 Almacenamiento

La metodología correcta para almacenar los RCD depende del tipo y cantidad de residuos que se generen, así como del lugar donde se produzcan. A continuación, se describen algunas consideraciones generales sobre la metodología adecuada para almacenar estos residuos:

- Almacenamiento temporal: los RCD deben ser almacenados temporalmente en vertederos o plantas de tratamiento de residuos hasta que se lleve a cabo su valoración y tratamiento. Es importante contar con instalaciones adecuadas y cumplir con los requisitos ambientales y de seguridad para minimizar el impacto de estos residuos en el medio ambiente.

- Almacenamiento seguro: los RCD deben ser almacenados de manera segura para evitar accidentes o daños al medio ambiente. Es importante tener en cuenta que algunos materiales pueden ser peligrosos o contaminantes, por lo que deben ser almacenados de manera adecuada.
- Separación de materiales: los RCD deben ser separados por tipo de material para facilitar su valoración y tratamiento posterior. Esto permite optimizar el proceso de reutilización, reciclaje o eliminación de los materiales.
- Gestión de residuos peligrosos: los RCD pueden contener residuos peligrosos como productos químicos, aceites o materiales radiactivos. Es importante gestionar adecuadamente estos residuos peligrosos para evitar accidentes o daños al medio ambiente.

Los grandes generadores de RCD deben establecer una o más ubicaciones para el almacenamiento temporal en el sitio para los RCD como parte del proceso de almacenamiento. En este lugar se debe realizar una separación en función del tipo de RCD (Figura12).

Figura 12. Almacenamiento de madera proveniente de RCD



Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

Los lugares antes mencionados deben cumplir con los siguientes requisitos mínimos de gestión: construir barreras de impacto visual, establecer sistemas de drenaje y

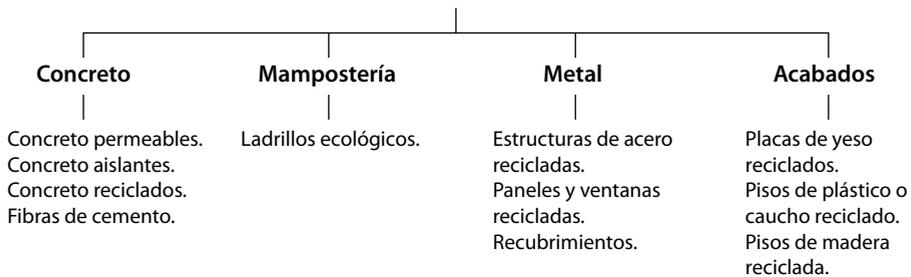
técnicas de control de sedimentos, proporcionar señalización adecuada y tomar medidas para detener la dispersión de partículas. Los puntos limpios se utilizarán para realizar el proceso de separación y almacenamiento a corto plazo de RCD, y deberán contar con al menos las siguientes áreas operativas: recepción y pesaje; separación por tipo de RCD y el almacenamiento.

Por lo tanto, el almacenamiento seguro, la separación de materiales, el almacenamiento temporal en vertederos o instalaciones de tratamiento de desechos y el manejo adecuado de los desechos peligrosos son parte de la metodología adecuada para el almacenamiento de RCD. De esta manera, los efectos ambientales negativos de estos residuos pueden reducirse mediante la implementación de estas medidas.

3.6 Aprovechamiento

Los RCD se utilizarán en plantas de uso fijo o portátil, lugares donde mínimamente se debe contar con las siguientes áreas de operación: almacenamiento de productos, explotación y separación y almacenamiento por tipo de RCD utilizable. Algunos tipos de aprovechamiento de RCD se pueden observar en la Figura 13:

Figura 13. Tipos de aprovechamiento según el RCD



Fuente: elaboración propia.

3.6.1 Aprovechamiento en obras civiles horizontales

De acuerdo con diversas investigaciones, algunos de los usos más comunes de los RCD en las obras civiles horizontales, son los siguientes:

3.6.1.1 RCD en bases y sub-bases granulares

Numerosos autores han estudiado el uso de RCD en pavimentos, examinando tanto el comportamiento del RCD ligado con cemento como el RCD no ligado. Se destacan los siguientes estudios de los materiales:

Las propiedades físicas de los RCD en cuanto a la relación entre la humedad y la densidad, el índice de partículas y la angularidad del agregado fino, demuestran que los agregados de concreto reciclado pueden ser al menos tan eficientes como

los convencionales. Además, estos agregados reciclados presentan una mayor resistencia al corte y estabilidad que la grava en condiciones secas. Por lo general, las bases y sub-bases en la construcción se elaboran utilizando áridos calizos triturados.

El contenido de humedad y el peso unitario del RCD varían de 9-12 % y 17,6 - 21,7 kN/m³, respectivamente, en comparación con 11,2 - 19,3 kN/m³ del agregado natural, según los ensayos de compactación e índice de forma de partículas, respectivamente. Su trabajo experimental lo lleva a la conclusión de que los RCD, en ocasiones, superan al agregado natural utilizado para bases y sub-bases (Yate Cortés, 2020).

3.6.1.2 Reconformación morfológica de minas

Por su parte, la reforma morfológica de los terrenos mineros es una práctica que consiste en reparar las áreas que fueron alteradas durante las etapas de construcción, operación y explotación del proyecto con el fin de devolver rápidamente el sitio a su estado original, restaurar el estado físico, químico y biológico del suelo y, en consecuencia, recuperar la calidad paisajística de la zona (Yate Cortés, 2020).

3.6.1.3 Pavimentos rígidos

Hay una cantidad considerable de residuos de albañilería en los proyectos de construcción que pueden separarse en el sitio o en una instalación de reciclaje utilizando un sistema de reciclaje selectivo. Con el fin de producir concreto no estructural, estructuras viales y caminos con pavimento rígido y flexible, estos dos componentes de construcción y demolición hasta ahora se han reciclado con éxito (Curvo, 2014).

3.7 Disposición final de RCD

La disposición final de los RCD es el último paso del ciclo de vida de estos residuos, que consiste en eliminar de manera controlada los RCD que no pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados energéticamente. La disposición final de los RCD se lleva a cabo en vertederos de residuos, que son instalaciones especializadas en la eliminación de estos residuos de manera controlada.

Algunos RCD se deben desechar en un lugar reservado para tal fin ya que no se pueden reciclar. Esto es importante porque cuando se eliminan junto con otros tipos de residuos, los RCD no solo reducen la vida útil del vertedero, sino que también hacen imposible el uso de buenas técnicas de gestión porque se interrumpe su proceso. No hay mucho reciclaje o reutilización debido a la producción descontrolada de RCD potencialmente útiles.

Figura 14. Disposición final de los RCD en vertedero

Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

En Colombia no existe información sobre la cantidad de vertederos de disposición final de RCD certificados en Colombia, ni sobre cuáles son los más importantes. La cantidad y ubicación de estos vertederos pueden variar con el tiempo y depender de factores como la demanda de servicios de disposición final, la regulación y normativas ambientales, y la disponibilidad de espacio adecuado para la eliminación de los RCD.

Es importante destacar que la disposición final de los RCD es una opción de tratamiento que se aplica a los materiales que no pueden ser reutilizados, reciclados o valorizados energéticamente. Los vertederos de residuos son instalaciones especializadas en la eliminación de estos residuos de manera controlada y deben cumplir con ciertos requisitos ambientales y de seguridad para minimizar su impacto en el medio ambiente (Pacheco Bustos *et al.*, 2017).

3.8 Tendencias en la gestión de los RCD

Como resultado de la creciente preocupación por la protección del medio ambiente y el desarrollo sostenible, muchas naciones han implementado políticas que

garantizan el uso de agregados RCD reciclados en la construcción, así como la separación y eliminación adecuadas, especialmente para el reciclaje y la recuperación de RCD en la demolición.

La implementación de tarifas por el uso de materiales vírgenes en la construcción, la imposición de altos costos e impuestos por la eliminación de residuos en vertederos, y la promoción y el fomento de inversiones en la clasificación *in situ* de RCD para su uso como agregados reciclados en nuevos materiales son algunas de estas políticas de construcción. Tras echar raíces en Europa, estas políticas se están implementando actualmente en países desarrollados de otros continentes.

Las estrategias de gestión de RCD se clasifican con frecuencia utilizando la aplicación jerárquica de las 3R (reducir, reutilizar y reciclar). Esta clasificación se basa en los efectos que cada uno tiene sobre el medio ambiente, siendo el reciclaje el que tiene el mayor impacto ambiental y la reducción el que menos.

Las siguientes estrategias de reducción de desechos han ganado popularidad en los últimos años:

1. Reducción de desechos a través de regulaciones gubernamentales.
2. Reducción de residuos a través del diseño.
3. Desarrollo y uso de baja tecnología en la producción de residuos.
4. Capacitación de los involucrados para incentivar acciones de reducción de residuos. Una vez utilizadas las estrategias de reducción, es preferible implementar estrategias de reutilización que implican utilizar el nuevo material para la misma función o reutilizarlo para una función diferente sin someter los residuos a procesos que consuman mucho tiempo o energía en su reutilización.

Previo a plantear la disposición final en rellenos sanitarios, se deben utilizar estrategias de reciclaje cuando los procesos de reducción y reutilización dentro de la gestión de los RCD se vuelven complejos. Se pueden obtener tres ventajas del reciclaje: una disminución en la necesidad de nuevos recursos, una disminución en el costo del transporte y la energía, y una tercera ventaja: el uso de desechos que de otro modo se habrían arrojado a los vertederos, ocupando una gran cantidad de espacio y degradando el medio ambiente local (Mejía *et al.*, 2013a).

3.9 Problemas en la implementación de una correcta gestión de RCD

La gestión de los RCD podría presentar diversos problemas que afecten su implementación. A continuación, se describen algunos de los principales problemas que pueden surgir en la gestión de los RCD:

- Falta de conciencia ambiental: uno de los principales problemas en la gestión de los RCD es la falta de conciencia ambiental de algunos productores y gestores de estos residuos. Esto puede llevar a la generación excesiva de RCD, a la disposición inadecuada de estos residuos o a la falta de cumplimiento de las regulaciones ambientales.
- Falta de infraestructura adecuada: otra dificultad en la gestión de los RCD es la falta de infraestructura adecuada para su almacenamiento, transporte y eliminación. Esto puede dificultar la implementación de medidas sostenibles y eficientes para la gestión de estos residuos.
- Problemas de financiamiento: la gestión de los RCD también puede afectarse por problemas de financiamiento, ya que puede requerir de inversiones significativas.
- Dificultad en la separación y clasificación de los RCD: es uno de los principales obstáculos en la gestión de los RCD. La variabilidad y la complejidad de los RCD pueden dificultar su clasificación y separación por tipo de material, lo que puede afectar la eficiencia y la eficacia de la gestión de estos residuos.
- Falta de regulación y normativas: un problema en la gestión de los RCD es la falta de regulación y normativas adecuadas que establezcan los requisitos y las responsabilidades de los productores y gestores de estos residuos. Esto puede dificultar la implementación de medidas eficientes y sostenibles para la adecuada gestión de los RCD.
- Problemas de acceso a tecnologías y servicios de gestión: esto puede dificultar la implementación de medidas eficientes y sostenibles para la gestión de los RCD. En general, depende de factores como la disponibilidad y el costo de estas tecnologías y servicios.

Hay una notoria falla de la gestión integral al contemplar únicamente los rellenos sanitarios o rellenos sanitarios controlados como la opción de disposición final para su manejo, a pesar de que Colombia cuenta con normativa sobre el manejo de RCD. Evitar la generación de residuos es uno de los principios fundamentales del ciclo, pero en el caso de los RCD, esto es frecuentemente imposible debido a la continua expansión de la industria.

Por lo tanto, se deben considerar alternativas diferentes a la simple disposición final en rellenos sanitarios, con la finalidad de disminuir la cantidad de RCD producido; por ello, se han realizado investigaciones en los últimos años para identificar nuevos métodos para reciclar y reutilizar estos desechos. La composición química y mineralógica de los RCD se ha determinado a través de los estudios realizados. Según su composición, estos materiales se pueden utilizar para crear nuevos materiales, por lo que esto permitirá conocer algunas de sus propiedades útiles. El RCD dejaría de ser basura para convertirse en materia prima.

Algunos de los principales problemas que pueden surgir en la gestión de los RCD incluyen la falta de conciencia ambiental, la falta de infraestructura adecuada, problemas de financiamiento, dificultad en la separación y clasificación de los RCD, falta de regulación y normativas adecuadas y problemas de acceso a las tecnologías y servicios de gestión. Es importante considerar que la gestión eficiente y sostenible de los RCD es una responsabilidad compartida entre todos los actores del sistema de gestión de residuos y requiere de la colaboración y el compromiso de todos ellos para minimizar su impacto en el medio ambiente (Acosta, 2002b; Carvajal Muñoz y Carmona García, 2016; Mejía *et al.*, 2013b).

CAPÍTULO 4

IMPACTOS DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

Los RCD tienen un impacto significativo en la sociedad y el medio ambiente. Estos residuos incluyen cualquier tipo de material generado durante la construcción, demolición o renovación de edificios como escombros, madera, metal, vidrio, plástico y materiales de aislamiento.

Uno de los principales problemas con los RCD es que pueden contener una amplia variedad de materiales tóxicos y peligrosos como amianto, plomo y mercurio que pueden dañar la salud humana y el medio ambiente si no se manejan adecuadamente. Algunos de estos materiales tóxicos pueden liberarse en el medio ambiente a través de la basura o durante el proceso de reciclaje, lo que puede tener graves consecuencias para la salud humana y el medio ambiente.

Los RCD también tienen un gran efecto en el medio ambiente porque requieren mucha energía y recursos para fabricarlos. La producción de materiales de construcción consume una cantidad significativa de energía y recursos naturales, genera una gran cantidad de residuos y libera una gran cantidad de gases de efecto invernadero.

Los RCD también pueden tener un impacto económico en la sociedad. Un manejo inadecuado puede tener un costo significativo para los gobiernos y las empresas, y el reciclaje de estos residuos puede ser costoso y requerir tecnologías y equipos especializados. Además, el reciclaje de los RCD puede generar empleo y contribuir a la economía de una región o país.

En resumen, los RCD tienen un impacto significativo en la sociedad y el medio ambiente debido a sus materiales tóxicos, el efecto ambiental de su fabricación y el impacto económico del manejo inadecuado de estos residuos. Es importante que se manejen adecuadamente para minimizar estos impactos y proteger la salud humana y el medio ambiente (Peña Castañeda y Rincón Pineda, 2018).

Los RCD tienen un impacto significativo en la sociedad, la economía y el ecosistema.

Algunas de las principales afectaciones incluyen:

- **Sociedad:** los RCD pueden contener una amplia variedad de materiales tóxicos y peligrosos como amianto, plomo y mercurio, que pueden dañar la salud humana y el medio ambiente si no se manejan adecuadamente. Además, su manejo inadecuado puede afectar negativamente la calidad de vida de las personas, ya que puede generar olores desagradables, contaminación del aire y del agua y otros problemas de salud.
- **Ecosistema:** el importante impacto medioambiental de los RCD se puede atribuir a la energía y los materiales necesarios para su producción. La producción de materiales de construcción consume una cantidad significativa de energía y recursos naturales, genera muchos desechos y emite muchos gases de efecto invernadero. Además, la mala gestión de los RCD puede provocar la contaminación del aire, el agua y el suelo, lo que tiene un impacto en la biodiversidad y el equilibrio ecológico.
- **Economía:** el manejo inadecuado de los RCD tiene un costo significativo para los gobiernos y las empresas, ya que puede requerir el uso de tecnologías y equipos especializados para el reciclaje y el tratamiento de estos residuos. Además, el reciclaje de los RCD genera empleo y contribuye a la economía de una región o país.

4.1 Impactos sociales y medioambientales por la generación de RCD

Los RCD son un tipo de residuo generado durante la construcción, renovación y demolición de edificios y estructuras. Estos residuos incluyen materiales como concreto, madera, vidrio, metal, plástico y aislantes que pueden tener un impacto ambiental significativo si no se manejan adecuadamente.

Uno de los principales impactos ambientales de los RCD es la generación de residuos. Los RCD representan una gran cantidad de materiales que deben ser eliminados de manera adecuada para evitar la contaminación del suelo y del agua. Si los RCD no se gestionan adecuadamente, pueden acumularse en vertederos, lo que puede producir la contaminación del aire y del suelo debido a la liberación de gases y lixiviados.

Otro impacto ambiental importante de los RCD es la pérdida de recursos naturales. Algunos de los materiales incluidos como la madera y el metal son recursos naturales que pueden ser reciclados y reutilizados en lugar de ser extraídos de nuevo de la naturaleza. Si los RCD se gestionan de manera inadecuada, estos recursos valiosos se desperdician y se pierden para siempre.

Además, la gestión inadecuada de los RCD puede traer repercusiones en la salud humana. Por ejemplo, la exposición a materiales peligrosos contenidos en los RCD, como amianto o plomo, puede causar problemas de salud graves. También puede haber riesgos de accidentes durante el manejo de los RCD, ya que algunos de estos materiales pueden ser pesados y peligrosos (Becerra Hinestroza, 2021).

Para minimizar estos impactos ambientales, es importante adoptar medidas adecuadas para manejar los RCD. Esto incluye la segregación de los diferentes materiales para facilitar su posterior reciclaje y reutilización, así como el transporte y eliminación adecuados de los RCD en vertederos controlados. También es importante utilizar prácticas de manejo seguras durante el proceso de gestión de los RCD que minimicen los riesgos para la salud humana.

Figura 15. Chatarra reciclada proveniente de los RCD



Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

Además, es importante potencializar el reuso y el reciclaje de este tipo de residuos en lugar de eliminarlos simplemente. Esto puede disminuir la demanda de recursos naturales y reducir la cantidad de RCD que se envían a vertederos. Algunas medidas que pueden ayudar a fomentar el reuso de los RCD incluyen la promoción del uso de materiales reciclados y la implementación de regulaciones que obliguen

a las empresas de construcción y demolición a adoptar prácticas sostenibles y a minimizar la generación de RCD (Figura 15).

Otra forma de reducir los impactos ambientales de los RCD es mediante la implementación de sistemas de gestión ambiental en las empresas de construcción y demolición. Estos sistemas pueden incluir la implementación de procedimientos y prácticas sostenibles, así como la formación del personal para que comprenda cómo gestionar adecuadamente los RCD. También pueden incluir la implementación de medidas de control de la contaminación, como el uso de equipos de protección personal y la adopción de prácticas de limpieza adecuadas.

Es importante también conocer el impacto ambiental de la eliminación de los RCD en vertederos. Aunque la eliminación en vertederos controlados puede ser una forma adecuada de gestionar los RCD, también podría tener impactos ambientales negativos. Por ejemplo, los vertederos se convierten en una posible fuente de contaminación del aire y del agua debido a la liberación de gases y lixiviados. Además, la eliminación en vertederos ocupa una gran cantidad de espacio y puede contribuir a la pérdida de hábitats naturales.

Los RCD pueden tener un impacto ambiental significativo si no se gestionan adecuadamente. Es importante adoptar medidas de gestión adecuadas para minimizar estos impactos, además realizar la segregación de los diferentes materiales en los RCD para facilitar su posterior reciclaje y reutilización, la implementación de sistemas de gestión ambiental en las empresas de construcción y demolición y la promoción del reciclaje y la reutilización de los RCD.

También es importante tener en cuenta el impacto ambiental debido a la eliminación de los RCD en vertederos y adoptar medidas para minimizar estos impactos, como la implementación de vertederos controlados y la promoción de prácticas de eliminación más sostenibles.

Promover la construcción y la demolición sostenibles es otra forma de disminuir los efectos negativos de los RCD en el medio ambiente. Esto implica el uso de materiales más limpios y respetuosos con el medio ambiente, al tiempo que fomenta la reutilización y el reciclaje de los materiales utilizados en la construcción y demolición. Estas prácticas abogan por la eficiencia energética y minimizan el consumo de recursos al construir y deconstruir.

Otra medida que se puede aplicar para reducir los impactos ambientales de los RCD es la promoción de la reutilización y el reciclaje de materiales durante el proceso de construcción y demolición. Por ejemplo, se pueden implementar prácticas de reúso de materiales durante la construcción de nuevos edificios y estructuras, utilizando materiales reciclados o reutilizados en lugar de materiales nuevos. También se pueden promover prácticas de reciclaje durante el proceso de

demolición, reciclando materiales como el metal y la madera en lugar de enviarlos a vertederos.

Finalmente, es importante promover la conciencia y la educación sobre los impactos ambientales de los RCD y la forma de minimizarlos. Esto puede incluir la promoción de campañas de concientización y la educación de la población sobre la importancia de la gestión adecuada de los RCD y la adopción de prácticas sostenibles en la construcción y demolición. Asimismo, puede incluir la formación de profesionales en el sector de la construcción y demolición en relación con las prácticas sostenibles y la gestión adecuada de los RCD (Figura 16).

Las actividades de construcción y demolición por sí mismas producen impactos negativos dentro del medio ambiente, estos se producen en dos etapas diferentes: la primera ocurre cuando se extraen los materiales o materias primas con las que fabrican los diferentes recursos para la construcción, todos estos procesos generan residuos. La segunda cuando se demuele una construcción que ha perdido su uso.

Figura 16. Capacitaciones sobre la gestión de estos residuos



Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

Sin embargo, el principal efecto negativo se aprecia principalmente durante la actividad de extracción, dado que, si se compara con los residuos generados durante la propia construcción, el impacto a la naturaleza resulta minúsculo comparado con la propia extracción de la materia prima. Consecuentemente, se puede observar que el ciclo de la generación de los residuos empieza desde el momento en el que se extraen las materias primas, ya que si no se extrajeran no se generarían residuos a partir de ellas.

Las obras de demolición, si bien desarrollan más RCD, poseen un impacto negativo inferior con respecto a la extracción de materias primas ya que en la demolición el impacto negativo es correspondiente y exclusivo a la cantidad de residuos generados. Este tipo de demoliciones generan hasta ocho veces más la cantidad de residuos de una construcción, siendo así las obras de demolición las mayores generadoras de residuos; por lo tanto, se requiere la implementación de medidas preventivas y correctoras para reducir la cantidad de RCD generada (Figura 17).

Figura 17. Residuos generados por una excavación



Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

Por otro lado, hay diferencia en los impactos ambientales generados según sea la causa, es decir, teniendo en cuenta la extracción de materias primas o la generación de residuos durante la obra, estas se clasifican según el receptor de su impacto. En primera instancia, los impactos negativos se miden en la naturaleza inerte, o sea, el aire, el agua, los ríos y las rocas; posteriormente, se evalúan los impactos negativos en los seres vivos, es decir, las plantas y los animales; finalmente, se evalúa el impacto generado en los seres humanos: en su salud, en sus relaciones y en la calidad de vida de los afectados (Paschoalin Filho & Graudenz, 2012).

Dependiendo del contexto, entre las actividades que pueden tener un mayor impacto ambiental por el manejo de los RCD están:

- Eliminación inadecuada: si los RCD no se gestionan adecuadamente y se eliminan sin el control adecuado, pueden acumularse en vertederos o abandonarse en lugares no autorizados, lo que puede llevar a la contaminación del aire, del agua y del suelo y a la pérdida de hábitats naturales.

- Falta de segregación de materiales: la segregación de los diferentes materiales incluidos en los RCD es importante para facilitar su posterior reciclaje y reutilización. Si no se segrega adecuadamente, se pueden perder oportunidades de reciclaje y se generarían mayores cantidades de residuos.
- Falta de reutilización y reciclaje: muchos de los materiales incluidos en los RCD como la madera y el metal, pueden ser reciclados y reusados en lugar de ser eliminados. Si no se promueve el reuso y el reciclaje se pueden desperdiciar recursos valiosos y se podrían generar mayores cantidades de RCD.
- Uso de materiales contaminantes: algunos materiales incluidos en los RCD, como el amianto y el plomo, pueden ser peligrosos para la salud humana y el medio ambiente si no se gestionan adecuadamente. Es importante evitar el uso de estos materiales o gestionarlos adecuadamente para minimizar los riesgos de contaminación.
- Falta de prácticas de manejo seguras: es importante asegurar que se utilicen prácticas de manejo seguras durante el proceso de gestión de los RCD para minimizar los riesgos en la salud humana y el medio ambiente. Esto puede incluir el uso de equipos de protección personal y la adopción de prácticas de limpieza adecuadas.

Es importante adoptar medidas de gestión adecuadas y promover prácticas sostenibles en el manejo de los RCD para minimizar su impacto ambiental (Colomer Mendoza *et al.*, 2021).

4.1 .1 Impactos sobre el medio inerte

El medio inerte se compone del clima, la atmósfera, la geología y la hidrología superficial y subterránea. Los principales impactos generados dentro de este medio por efecto de los RCD son:

- El exponencial consumo de materia prima y el gasto energético: hay costos significativos de energía y recursos naturales asociados con la extracción, el procesamiento y el transporte de materias primas para la construcción. Como resultado, el impacto ambiental disminuye, ya que los materiales basados en recursos naturales se consumen con menos frecuencia. Se debe recordar que al extraer las materias primas se producen los mayores impactos.
- Los cambios en la morfología: la superficie del suelo se altera cuando se extraen recursos naturales para la producción de materiales de construcción; este efecto también ocurre durante el proceso de extracción de la materia prima.
- Contaminación de aguas subterráneas: gran parte de los RCD son solubles en agua, lo que los convierte en compuestos potencialmente contaminantes que pueden filtrarse hacia las reservas de agua subterránea y contaminarlas. Los acuíferos son ríos subterráneos cuya circulación es muy lenta, y los efectos

de la contaminación pueden extenderse cientos de kilómetros desde su punto de origen y tardar años e, incluso, siglos en manifestarse. Este impacto puede ocurrir en cualquiera de las etapas del proceso de construcción; sin embargo, el mayor riesgo se presenta durante el vertido y la disposición final del material.

- Contaminación de aguas superficiales: al igual que en el caso anterior, los RCD pueden llegar a contaminar fuentes hídricas superficiales como los ríos o los lagos. A pesar de que el impacto es muy similar al anterior, el control del mismo resulta más fácil en aguas superficiales por la facilidad del acceso.
- Contaminación atmosférica: extraer y procesar materias primas para los elementos o productos utilizados en la construcción generan grandes cantidades de polvo que se emiten a la atmósfera. Además del generado por el transporte de las materias primas o la recogida de los residuos para llevarlos hasta un lugar de procesamiento. Asimismo, la contaminación que generan los diferentes vehículos pesados debido a las grandes emisiones de CO² que es el principal responsable del calentamiento global.

4.1.2 Impactos en el medio biótico

El medio biótico está compuesto por todas las condiciones edáficas del suelo, la vegetación y la fauna. Los principales impactos producidos por el RSD en este medio son los siguientes:

Los RCD pueden tener un impacto negativo en el medio biótico (es decir, en los seres vivos y su entorno) si no se gestionan adecuadamente. Algunos de los impactos en el medio biótico que pueden generar los RCD incluyen:

- Contaminación del aire y del agua: si los RCD se eliminan de manera inadecuada, pueden liberar gases contaminantes en el aire y el agua. Esto puede afectar a la salud humana y la de otros seres vivos.
- Pérdida de hábitats: si los RCD se acumulan en vertederos o se abandonan en lugares no autorizados, pueden ocupar espacio y destruir hábitats naturales. Esto afectaría la biodiversidad y la supervivencia de las especies.
- Contaminación del suelo: si los RCD contienen materiales contaminantes como el amianto o el plomo, pueden contaminar el suelo si no se gestionan adecuadamente. Esto puede afectar la salud de las plantas y la de otros seres vivos que dependen de ellas.
- Pérdida de recursos naturales: si se desperdician materiales incluidos en los RCD que pueden ser reciclados o reutilizados, se pueden perder recursos valiosos y se generan mayores cantidades de RCD. Esto puede tener un impacto negativo en el medio ambiente y en la sostenibilidad a largo plazo (Figura 18).

Figura 18. Medio biótico

Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

Por lo tanto, es muy importante adoptar medidas de gestión adecuadas y promover prácticas sostenibles en el manejo de los RCD para minimizar su impacto en el medio biótico.

4.1.3 Beneficios sociales y ambientales en la implementación de la gestión de RCD

De acuerdo con el Servicio Geológico Colombiano (SGC), una parte importante de los insumos utilizados en el concreto tienen un alto impacto ambiental debido a que se extraen anualmente. Desde el punto de vista ambiental, el reciclaje y la valorización de residuos son muy atractivos porque aumentan la vida útil de los rellenos sanitarios y ralentizan el agotamiento de los recursos naturales no renovables.

El uso de materiales reciclados también conduce a una disminución del consumo de energía, lo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. Por el contrario, el concreto reciclado tiene un gran impacto en el medio ambiente porque disminuye los residuos y la necesidad de materias primas no renovables. En el tratamiento de los residuos sólidos generados por la industria de la construcción surge como una alternativa creativa (Acosta, 2002c).

El reciclaje de RCD tiene muchas ventajas tanto ambientales como económicas (Castaño *et al.*, 2013). Algunas de las principales ventajas del reciclaje de RCD incluyen:

- Reducción de la cantidad de residuos: el reciclaje de RCD permite reducir la cantidad de residuos que se envían a vertederos. Esto contribuye a la conservación del medio ambiente y de los recursos naturales.
- Ahorro de energía y recursos: el reciclaje de RCD permite ahorrar energía y recursos al reutilizar materiales en lugar de extraer nuevos recursos de la naturaleza.
- Reducción de la contaminación: el reciclaje de RCD permite reducir la contaminación del aire y del agua porque evita la liberación de gases y lixiviados en vertederos.
- Ahorro de costos: el reciclaje de RCD puede ser más económico que la eliminación en vertederos, ya que puede proporcionar una fuente de ingresos para las empresas que gestionan los RCD.
- Promoción del desarrollo sostenible: el reciclaje de RCD contribuye al desarrollo sostenible al permitir la conservación de los recursos naturales y al fomentar la economía circular.

Además de las ventajas mencionadas anteriormente, el reciclaje de RCD también tiene otros beneficios importantes. Algunos de estos son:

- Creación de empleo: el reciclaje de RCD puede crear empleos en la industria de la gestión de residuos y en la industria de la reutilización y el reciclaje de materiales.
- Ahorro de espacio: el reciclaje de RCD permite ahorrar espacio en vertederos, lo que puede contribuir a la conservación de los hábitats naturales y a la preservación del medio ambiente.
- Fomento de la innovación: el reciclaje de RCD puede fomentar la innovación al incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos de reciclaje.
- Mejora de la imagen de la empresa: el reciclaje de RCD puede mejorar la imagen de la empresa al demostrar su compromiso con la sostenibilidad y el medio ambiente.
- Reducción de la dependencia de los recursos naturales: el reciclaje de RCD puede contribuir a reducir la dependencia de los recursos naturales y a promover la economía circular.

Además de los beneficios a corto plazo mencionados anteriormente, el reciclaje de RCD también puede tener buenos impactos a largo plazo en un país. Algunos de estos impactos incluyen:

- Reducción de la contaminación: el reciclaje de RCD puede reducir la contaminación del aire y del agua debido a la liberación de gases y lixiviados en vertederos. Esto puede contribuir a mejorar la calidad del aire y del agua a largo plazo y a proteger la salud humana y el medio ambiente.

- Ahorro de recursos naturales: el reciclaje de RCD permite ahorrar recursos naturales al reutilizar materiales en lugar de extraer nuevos recursos de la naturaleza. Esto puede contribuir a la conservación del medio ambiente y a la sostenibilidad a largo plazo del país.
- Fomento de la economía circular: el reciclaje de RCD puede fomentar la economía circular al promover el reúso y el reciclaje de materiales en lugar de la producción de nuevos materiales. Esto puede contribuir a reducir la dependencia del país en los recursos naturales y a promover el desarrollo sostenible.
- Reducción de la necesidad de vertederos: el reciclaje de RCD puede reducir la necesidad de vertederos al minimizar la cantidad de residuos que se envían a estos. De esta manera, se contribuye a la conservación de los hábitats naturales y a la preservación del medio ambiente.
- Fomento de la innovación: el reciclaje de RCD puede fomentar la innovación al incentivar el desarrollo de nuevas tecnologías y procesos de reciclaje. Esto puede contribuir al desarrollo tecnológico del país a largo plazo.

En conclusión, el reciclaje de RCD puede tener un impacto positivo a largo plazo en un país al reducir la contaminación, ahorrar recursos naturales, fomentar la economía circular, reducir la necesidad de vertederos y fomentar la innovación. Todos estos impactos demuestran que el reciclaje de RCD es una forma importante de minimizar el impacto ambiental de los RCD y promover el desarrollo sostenible a largo plazo.

4.2 Impactos económicos de la gestión de los RCD

La gestión adecuada de los RCD tiene un impacto positivo en la economía porque puede contribuir a la reducción de costos (Figura 19). El reciclaje y el reúso de los RCD pueden ayudar a reducir los costos de eliminación y transporte, ya que se produce una menor cantidad de residuos que deben llevarse a vertederos o plantas de tratamiento. Además, el uso de materiales reciclados puede ser más barato que el uso de materiales virgen en la construcción (Carrascal Caldera y Martelo Oclassen, 2020).

Figura 19. Beneficios económicos de los RCD

Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

De igual forma, la administración de los RCD puede generar ingresos tanto para los negocios involucrados como para los dueños de los predios donde se comercializan los materiales reciclados. Esto podría ayudar a la economía local al generar empleos y riqueza. Finalmente, la gestión adecuada de RCD puede ayudar a preservar los recursos naturales y reducir las emisiones de carbono, lo que mejorará la reputación de la empresa y atraerá clientes e inversores que valoran la sostenibilidad. Los efectos económicos a largo plazo pueden ser favorables debido a la promoción de un modelo de desarrollo más sostenible y la menor probabilidad de experimentar los efectos adversos del cambio climático.

A continuación, se presentan diez (10) beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo a partir de la gestión de los residuos económicos:

1. Ahorro de dinero: la gestión adecuada de los residuos económicos puede ayudar a reducir los costos de eliminación de residuos y ahorrar dinero a corto, mediano y largo plazo.
2. Generación de ingresos: la venta de materiales reciclados y reutilizados puede generar ingresos a corto, mediano y largo plazo.
3. Mejora de la eficiencia: una gestión adecuada de los residuos económicos puede mejorar la eficiencia en las operaciones de la empresa al reducir la necesidad de transportar y eliminar grandes cantidades de residuos. Esto puede ahorrar tiempo y dinero a corto, mediano y largo plazo.
4. Mayor competitividad: las empresas que adoptan prácticas sostenibles de gestión de residuos económicos son más competitivas en el mercado y atraen a clientes que valoran la sostenibilidad y pueden aumentar sus ingresos a corto, mediano y largo plazo.

5. Mayor atractivo para inversiones: las empresas que demuestran un compromiso con la sostenibilidad y la gestión adecuada de los residuos económicos son más atractivas para las inversiones y el desarrollo económico a largo plazo.
6. Mayor duración de los productos: el reuso de materiales puede aumentar la duración de los productos y reducir la necesidad de reemplazarlos, lo que ahorra dinero a largo plazo.
7. Reducción de costos de producción: el uso de materiales reciclados en la producción de nuevos productos puede reducir los costos de producción y aumentar los márgenes de ganancia a corto, mediano y largo plazo.
8. Mayor flexibilidad en la producción: el uso de materiales reciclados puede ofrecer mayor flexibilidad en la producción porque no dependen de la disponibilidad de materias primas, así mejora la eficiencia y aumentan los ingresos a corto, mediano y largo plazo.
9. Mayor seguridad y protección del medio ambiente: la gestión adecuada de los residuos económicos puede ayudar a reducir la contaminación del aire y del agua, así como la generación de residuos peligrosos, lo que puede mejorar la seguridad y proteger el medio ambiente a largo plazo.
10. Impulso a la innovación: la gestión de los residuos económicos puede impulsar el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas de producción sostenibles, lo que podría impulsar la innovación y mejorar la competitividad a largo plazo.

A continuación, se comparten diez (10) posibles impactos económicos negativos de la gestión inadecuada de los RCD.

1. Costos de eliminación y transporte: cuando los RCD no se gestionan adecuadamente pueden generar costos adicionales para su eliminación y transporte a vertederos o plantas de tratamiento. Estos costos podrían ser significativos y pueden aumentar de acuerdo con la cantidad de residuos generados.
2. Pérdida de materiales valiosos: en el caso en que los RCD no se reciclan ni reutilizan adecuadamente, se pierden materiales valiosos que podrían ser utilizados nuevamente en la construcción o en otras industrias. Esto puede reducir la eficiencia económica y aumentar la dependencia de los recursos naturales.
3. Contaminación del aire, del agua y del suelo: la eliminación inadecuada de RCD puede provocar la contaminación del aire, el agua y el suelo, lo que es perjudicial para la salud humana y el medio ambiente. De esto pueden derivarse gastos adicionales por limpieza, reparación de daños y atención médica de enfermedades vinculadas con la contaminación.

4. Pérdida de confianza y reputación: las empresas que no gestionan adecuadamente los RCD pueden perder la confianza y la reputación entre sus clientes, inversores y otros *stakeholders*. Esto puede tener un impacto negativo en la rentabilidad y en la viabilidad a largo plazo de la empresa.
5. Multas y sanciones: las empresas que no cumplen con las leyes y regulaciones sobre la gestión de RCD pueden enfrentar multas y sanciones. Esto puede generar costos adicionales y afectar la rentabilidad de la empresa.
6. Pérdida de oportunidades de negocio: las empresas que no tienen una buena gestión de RCD pueden perder oportunidades de negocio con clientes que valoran la sostenibilidad y la responsabilidad ambiental. Esto podría reducir la cuota de mercado y afectaría la rentabilidad de la empresa.
7. Aumento de los costos de seguros: la gestión inadecuada de los RCD puede aumentar el riesgo de accidentes y siniestros lo que lleva a un aumento de los costos de seguros.
8. Pérdida de valor de los terrenos: la eliminación inadecuada de los RCD puede contribuir a la contaminación del suelo y reducir su calidad y su valor. Esto puede afectar el valor de los terrenos y de las propiedades cercanas.
9. Pérdida de valor de los edificios: la eliminación inadecuada de los RCD puede generar problemas estructurales o de seguridad en los edificios, lo que reduce su valor.
10. Pérdida de valor de las empresas: la gestión inadecuada de los RCD puede afectar la reputación y la confianza de los clientes, así se reducirá el valor de la empresa en el mercado.

En conclusión, la gestión adecuada de los RCD tiene numerosos beneficios económicos a corto, mediano y largo plazo. Estos beneficios incluyen la reducción de costos de eliminación y transporte, la generación de ingresos a través del reciclaje y el reúso de los RCD, la promoción de la sostenibilidad y la creación de empleo, así como la protección del medio ambiente (Bravo *et al.*, 2019).

Por otro lado, la gestión inadecuada de los RCD puede tener impactos negativos económicos a corto, mediano y largo plazo. Algunos ejemplos de estos impactos son: costos de eliminación y transporte más altos, pérdida de materiales valiosos, contaminación del aire, del agua y del suelo, pérdida de confianza y reputación, multas y sanciones, pérdida de oportunidades de negocio, aumento de los costos de seguros, pérdida de valor de los terrenos y de los edificios, y pérdida de valor de las empresas.

Es importante considerar que la gestión adecuada de los RCD es benéfica tanto para las empresas como para la comunidad y el medio ambiente. Por lo tanto, es importante adoptar medidas para gestionar adecuadamente estos residuos y promover un modelo de desarrollo sostenible (Suárez Silgado, 2016).

CAPÍTULO 5

RECICLAJE Y RECUPERACIÓN DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN

El reciclaje de los RCD es el proceso mediante el cual se gestionan y se procesan estos residuos para producir nuevos materiales que se pueden utilizar en la construcción o en otras industrias. Los RCD pueden reciclarse de muchas maneras, dependiendo del tipo de material que se esté tratando (Ruz Olguín, 2020).

Algunos ejemplos de procesos de reciclaje comunes son:

- **Reciclaje de concreto:** el concreto es uno de los materiales más comunes en el reciclaje de los RCD. Para reciclar el concreto se tritura y se mezcla con agua y otros materiales para producir una nueva mezcla que se puede utilizar en la construcción.
- **Reciclaje de madera:** la madera es otro material común que se recicla de los RCD. Para reciclar la madera se tritura y se pulveriza para producir una serie de productos como el aserrín, el papel y tableros de fibra.
- **Reciclaje de metales:** los metales como el hierro y el acero se reciclan a menudo de los RCD. Para reciclar estos metales, se trituran y se funden para producir nuevos productos metálicos.
- **Reciclaje de vidrio:** el vidrio se recicla al tritarlo y luego se mezcla con otros materiales para producir nuevos productos de vidrio como botellas y ventanas.
- **Reciclaje de plásticos:** los plásticos se pueden reciclar mediante el proceso de trituración y fundición para producir nuevos productos de plástico.

Para reciclar adecuadamente los RCD se necesitan varios elementos, entre ellos:

- **Infraestructura y equipo:** se necesitan instalaciones y equipos especializados para tratar y procesar estos residuos. Se incluyen trituradoras, molinos, hornos y otras máquinas y herramientas especializadas.
- **Personal capacitado:** se requiere contar con personal capacitado y experimentado que pueda operar y mantener adecuadamente el equipo de reciclaje con conocimientos sobre los procesos de reciclaje y las leyes y regulaciones relacionadas.
- **Fuente de residuos:** es necesario tener una fuente de RCD que pueda proporcionar una cantidad suficiente de materiales para procesar. Esto puede incluir edificios o terrenos que se estén demoliendo o renovando, así como otros proyectos de construcción.
- **Mercado para los productos reciclados:** con el fin de que el reciclaje de los RCD sea económicamente viable, debe haber un mercado para los productos reciclados que se generen. Esto puede incluir empresas de construcción y otras industrias que utilicen materiales reciclados en sus procesos.
- **Normativas y regulaciones:** es importante cumplir con las leyes y regulaciones relevantes en materia de gestión de RCD y reciclaje. Esto incluye los requisitos para licencias, permisos y autorizaciones, así como normativas sobre la eliminación y el tratamiento de residuos.

5.1 Procesos de reciclaje según el tipo de material

Estos procedimientos varían en función del origen del material, por lo tanto, a continuación, se explicarán de manera detallada los tipos de reciclajes mencionados anteriormente.

5.1.1 Reciclaje del concreto

El proceso de reciclaje del concreto es el siguiente:

- **Recolección:** en primer lugar, es necesario recolectar el concreto que se va a reciclar. Esto se hace mediante la demolición de edificios o la renovación de terrenos, por ejemplo. Es importante separar el concreto de otros materiales y residuos que puedan estar presentes.
- **Trituración:** una vez recolectado, el concreto se tritura para reducirlo a fragmentos más pequeños. Para ello se utilizan trituradoras especializadas que reducen el tamaño del concreto.
- **Clasificación:** a continuación, se procede a clasificar el concreto triturado según su tamaño y su calidad. Esto se hace mediante el uso de cribas y otros

equipos que permiten separar el concreto en diferentes tamaños y grados de pureza.

- Mezcla con agua y otros materiales: una vez clasificado, el concreto triturado se mezcla con agua y otros materiales como arena y cemento para producir una nueva mezcla que se puede utilizar en la construcción. La proporción de estos materiales varía según el uso final que vaya a tener la mezcla.
- Moldeo y curado: después de mezclarlo, el concreto reciclado se vuelve a moldear en diferentes formas como bloques, tablas o piezas especializadas. A continuación, se procede a curar el concreto durante un periodo de tiempo determinado, durante el cual se mantiene húmedo y se protege del sol para evitar que se seque demasiado rápido.

Reciclar el concreto es una forma rentable y sostenible de utilizar materiales que, de otro modo, se desecharían. La producción de cemento, la creación de bases y sub-bases de carreteras, la construcción de muros y otras estructuras y una serie de otros proyectos de construcción utilizan el concreto reciclado. Además, reciclar el concreto tiene muchas ventajas ambientales, incluida la preservación de los recursos naturales y la reducción de la huella de carbono al evitar la necesidad de fabricar nuevos materiales de concreto. El proceso de reciclaje del concreto es una forma sostenible y económica de utilizar materiales que se podrían considerar como residuos. El concreto reciclado se utiliza en diversas aplicaciones de la construcción como en la fabricación de bloques de concreto, la producción de cemento, la elaboración de bases y sub-bases para carreteras, y en la construcción de muros y estructuras. Además, el reciclaje del concreto tiene numerosos beneficios ambientales, ya que ayuda a conservar los recursos naturales y a reducir la huella de carbono, al evitar la necesidad de producir nuevos materiales de concreto (Figura 20).

Figura 20. Reciclaje del concreto



Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

En general, el proceso de reciclaje del concreto es relativamente sencillo y económico y puede ser realizado tanto en pequeñas instalaciones como en grandes plantas de reciclaje. Sin embargo, es importante tener en cuenta que el proceso de reciclaje del concreto puede variar según el equipo y los materiales disponibles, y que puede estar sujeto a ciertas regulaciones y normativas en materia de gestión de residuos y medio ambiente (Río Merino, 2012a).

Además de los beneficios económicos y ambientales mencionados anteriormente, hay otros efectos que pueden resaltarse sobre el proceso de reciclaje del concreto:

- **Ahorro de energía:** el reciclaje del concreto permite ahorrar energía, ya que el proceso de producción de cemento y de concreto nuevos requiere una gran cantidad de energía. Al reciclar el concreto se ahorra esta energía y se reduce la huella de carbono.
- **Ahorro de espacio en vertedero:** el reciclaje del concreto también permite ahorrar espacio en los vertederos, ya que se reciclan materiales que de otra manera se considerarían residuos y que ocuparían espacio en los vertederos.
- **Mejora de la calidad del aire:** al reciclar el concreto, se reduce la cantidad de materiales que se necesita producir, lo que puede contribuir a mejorar la calidad del aire al reducir la emisión de gases contaminantes.
- **Fuente de empleo:** el reciclaje del concreto también puede ser una fuente de empleo, ya que se necesita personal para operar y mantener el equipo de reciclaje, así como para procesar y clasificar el concreto triturado. Además, el reciclaje del concreto puede generar ingresos para las empresas que se dedican a este proceso.

En resumen, el reciclaje del concreto es un proceso beneficioso tanto a nivel económico como ambiental y tiene el potencial de contribuir a un modelo de desarrollo sostenible y a la conservación de los recursos naturales.

5.1.2 Reciclaje de la madera

El reciclaje de la madera de RCD es el proceso por el cual se procesan los residuos de madera procedentes de proyectos de construcción y demolición para elaborar nuevos productos que se utilizan en diferentes aplicaciones. Los residuos de madera de RCD pueden proceder de diversas fuentes como la demolición de edificios, el corte de árboles, la producción de muebles y otros productos de madera, y también por la eliminación de madera contaminada o dañada.

El proceso de reciclaje de la madera de RCD generalmente incluye los siguientes pasos:

1. **Recolección:** en primer lugar, es necesario recolectar los residuos de madera de RCD que se van a reciclar. Esto se hace mediante la demolición de edificios

o la renovación de terrenos, por ejemplo. Es importante separar la madera de otros materiales y residuos que estén presentes.

2. Trituración: una vez recolectados, los residuos de madera se trituran para reducirlos a fragmentos más pequeños.
3. Clasificación: se procede a clasificar la madera triturada según su tamaño y su calidad. Esto se realiza con equipos que permiten separar la madera en diferentes tamaños y grados de pureza.
4. Mezclado con otros materiales: una vez clasificada, la madera triturada de RCD se mezcla con otros materiales como aserrín y papel para producir nuevos productos de madera como tableros de fibra o papel reciclado. También se puede utilizar para producir compost o para fabricar productos para el hogar como paños para limpieza y cepillos.
5. Moldeo y curado: una vez mezclada, la madera reciclada se vuelve a moldear en diferentes formas como tableros o piezas especializadas. A continuación, se procede a curar la madera durante un periodo de tiempo determinado durante el cual se mantiene húmeda y se protege de la luz y del aire para evitar que se seque demasiado rápido.
6. Usos finales: después de curada, la madera reciclada se puede utilizar en diversas aplicaciones como en la fabricación de muebles, en la construcción de edificios y estructuras, en la producción de papel y en la fabricación de productos para el hogar (Figura 21).

Figura 21. Reciclaje de la madera



Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

El reúso de materiales que de otro modo serían desechados es económico y sostenible. Además, reciclar la madera de RCD tiene muchos efectos positivos en el medio ambiente porque evita tener que producir madera nueva, lo que reduce nuestra huella de carbono y ayuda a preservar los recursos naturales. Es fundamental recordar que el método de reciclaje de madera de RCD puede cambiar según las herramientas y los suministros disponibles y puede verse limitado por las leyes y normas que rigen la gestión de residuos y el medio ambiente (Chávez Porras *et al.*, 2013).

Así mismo, existen otros factores sobre el proceso de reciclaje de la madera de RCD:

1. Ahorro de energía: el reciclaje de la madera permite ahorrar energía, ya que el proceso de producción de madera nueva requiere de una gran cantidad de energía. Al reciclar la madera, se ahorra esta energía y se reduce la huella de carbono.
2. Ahorro de espacio en vertedero: el reciclaje de la madera también permite ahorrar espacio en los vertederos, ya que se reciclan materiales que podrían considerarse residuos y que ocuparían espacio en los vertederos.
3. Mejora de la calidad del aire: al reciclar la madera, se reduce la cantidad de materiales que se necesita producir, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire al reducir la emisión de gases contaminantes.
4. Fuente de empleo: el reciclaje de la madera también puede ser una fuente de empleo, ya que se necesita personal para operar y mantener el equipo de reciclaje, así como para procesar y clasificar la madera triturada. Además, el reciclaje de la madera puede generar ingresos para las empresas que se dedican a este proceso.
5. Reducción de la deforestación: al reciclar la madera, se reduce la demanda de madera nueva, lo que contribuye a reducir la deforestación y a preservar los ecosistemas forestales.

En resumen, el reciclaje de la madera de RCD es un proceso beneficioso a nivel económico y ambiental, así como tiene el potencial de contribuir a un modelo de desarrollo sostenible y a la conservación de los recursos naturales. Además, también puede ser una forma de reducir el impacto ambiental de la construcción y la demolición al evitar la generación de residuos y al aprovechar los materiales de manera más eficiente.

Es importante destacar que el reciclaje de la madera de RCD no es un proceso perfecto y puede haber ciertos desafíos y limitaciones en el proceso. Por ejemplo, la madera puede estar contaminada o dañada, lo que puede dificultar o imposibilitar su reciclaje. Además, el reciclaje de la madera de RCD requiere de equipos especializados y de personal capacitado, lo que puede aumentar los costos del proceso. Sin embargo, a pesar de estos desafíos, el reciclaje de la madera de RCD

es una forma valiosa de aprovechar los materiales y de contribuir a un modelo de desarrollo más sostenible.

5.1.3 Reciclaje del metal

El reciclaje de los metales provenientes de los RCD es un proceso que permite transformar los metales que se generan en proyectos de construcción y demolición en productos nuevos y útiles. Los metales de RCD pueden provenir de diferentes fuentes como el desmantelamiento de edificios, la renovación de terrenos o la eliminación de metales contaminados o dañados.

Los RCD pueden contener diferentes tipos de metales como hierro, acero, aluminio, cobre, latón, bronce y otros. Estos metales se pueden encontrar en elementos estructurales de los edificios como vigas, columnas y arcos. También en elementos de instalación y acabados como tuberías, conductos y radiadores. Los metales de RCD pueden proceder de la demolición de objetos o elementos metálicos específicos como puertas, ventanas, muebles y electrodomésticos.

Los metales de RCD pueden estar presentes en forma de chatarra, es decir, piezas metálicas que han perdido su valor comercial y que no tienen un uso específico. Podrían también tener forma de elementos metálicos reciclables que todavía tienen un valor comercial y que se pueden procesar y utilizar de nuevo en diferentes aplicaciones.

Se debe recordar que los metales de RCD pueden estar mezclados con otros materiales y residuos como madera, plástico, vidrio o papel, y es necesario separarlos y procesarlos de manera adecuada para reciclarlos. Los metales de RCD también pueden estar contaminados o dañados, lo que dificulta o impide su reciclaje. Por tanto, es importante gestionar los metales de RCD de manera adecuada y respetuosa con el medio ambiente.

El proceso de reciclaje de los metales de RCD comienza con la recolección de los metales que se van a reciclar. Esto puede hacerse en la demolición de edificios o la renovación de terrenos, por ejemplo. Es importante separar los metales de otros materiales y residuos que podrían estar presentes.

Una vez recolectados, los metales se trituran para reducirlos a fragmentos más pequeños. Esto se hace con trituradoras especializadas que pueden reducir el tamaño de los metales hasta un tamaño aproximadamente de una pulgada.

Luego, se procede a clasificar los metales triturados según su tamaño y su calidad. Esto se hace mediante el uso de cribas y otros equipos que permiten separar los metales en diferentes tamaños y grados de pureza.

Una vez clasificados, los metales triturados se funden para eliminar impurezas y contaminantes y producir un metal puro y homogéneo. A continuación, los metales fundidos se enfrían y se moldean en diferentes formas como lingotes o piezas especializadas, dependiendo del tipo de metal y de su uso final.

En relación con el proceso de reciclaje de los metales de RCD, se debe resaltar:

- Ahorro de energía: el reciclaje de los metales permite ahorrar energía, ya que el proceso de producción de metal nuevo requiere una gran cantidad de energía. Al reciclar los metales, se ahorra esta energía y se reduce la huella de carbono.
- Ahorro de espacio en vertedero: el reciclaje de los metales también permite ahorrar espacio en los vertederos, ya que se reciclan materiales que, de otra manera, se considerarían residuos y estos ocuparían espacio en los vertederos.
- Mejora de la calidad del aire: al reciclar los metales se reduce la cantidad de materiales que se necesita producir, lo que contribuye a mejorar la calidad del aire al reducir la emisión de gases contaminantes.
- Fuente de empleo: el reciclaje de los metales es una potencial fuente de empleo, ya que se necesita personal para operar y mantener el equipo de reciclaje, así como para procesar y clasificar los metales triturados. Además, el reciclaje de los metales puede generar ingresos para las empresas que se dedican a este proceso.
- Reducción de la contaminación: al reciclar los metales, se reduce la cantidad de contaminantes que se emiten a la atmósfera durante el proceso de producción de metal nuevo, lo que contribuye a reducir la contaminación y a preservar el medio ambiente.
- Preservación de los recursos naturales: al reciclar los metales, se reduce la demanda de minerales y otros recursos naturales que se necesitan para producir el metal.

En general, todos los metales pueden ser reciclados de alguna manera, aunque algunos pueden resultar más complicados que otros. Los metales más comunes que se reciclan son: el hierro, el acero, el aluminio, el cobre, el latón y el bronce. Estos metales se pueden reciclar de manera eficiente y rentable y se utilizan en diversas aplicaciones como en la fabricación de productos metálicos, en la construcción de edificios y estructuras, en la producción de energía y en la fabricación de productos para el hogar (Figura 22).

Figura 22. Reciclaje del metal

Fuente: foremex. (2022).

Otros metales como el plomo, el zinc, el níquel y el titanio también se pueden reciclar, aunque pueden requerir procesos más complejos y costosos. Estos metales se usan principalmente en aplicaciones especializadas tales como la fabricación de baterías, productos electrónicos y productos químicos.

Hay algunos metales que son más difíciles de reciclar y que no tienen un valor comercial suficientemente alto como para justificar su reciclaje. Entre ellos están el oro, la plata, el platino y el paladio. Estos metales son muy valiosos y se utilizan principalmente en joyería y electrónica, y por lo tanto, se recuperan principalmente a partir de fuentes específicas como el desmantelamiento de dispositivos electrónicos y la minería.

Es importante considerar que el proceso de reciclaje de los metales puede variar según el tipo de metal, el equipo y los materiales disponibles, y que puede estar sujeto a ciertas regulaciones y normativas en materia de gestión de residuos y medio ambiente.

5.1.4 Reciclaje del plástico

Los RCD incluyen una amplia variedad de plásticos como los siguientes:

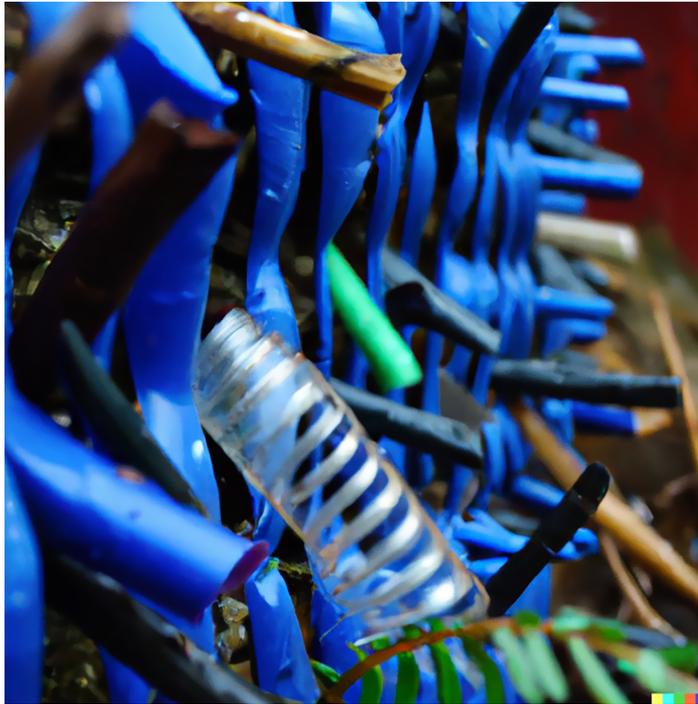
- Polietileno: es uno de los plásticos más comunes y se usa en una amplia variedad de productos como bolsas, envases y tubos.
- Polipropileno: es un plástico resistente que se usa en envases y componentes de automóviles.

- Poliestireno: es un plástico ligero que se usa en envases y componentes de construcción.
- Poliuretano: es un plástico duro que se usa en aislamiento térmico y productos de construcción.
- Policarbonato: es un plástico resistente que se usa en componentes de construcción y equipos electrónicos.
- Polietileno tereftalato (PET): es un plástico resistente que se utiliza en productos como botellas y envases.
- Polietileno clorado (PVC): es un plástico resistente y se usa en productos como tuberías y componentes de construcción.

Algunos de los plásticos mencionados anteriormente son reciclables, mientras que otros no lo son o requieren tratamientos especiales para su reciclaje. A continuación, se describe la posibilidad de reciclaje que tiene cada tipo de plástico mencionado:

- Polietileno: es reciclable.
- Polipropileno: es reciclable.
- Poliestireno: aunque el poliestireno puede ser reciclado, es un material que poco se recicla debido a que es difícil de separar y limpiar.
- Poliuretano: aunque el poliuretano puede ser reciclado, es un material poco reciclado debido a que es difícil de procesar y requiere tratamientos especiales para su reciclaje.
- Policarbonato: aunque el policarbonato puede ser reciclado, es un material poco reciclado debido a que es difícil de separar y limpiar.
- Polietileno tereftalato (PET): es reciclable.
- Polietileno clorado (PVC): aunque el PVC puede ser reciclado, es un material poco reciclado debido a su alta contaminación y la presencia de cloro, lo que lo hace difícil de procesar y requiere de tratamientos especiales para su reciclaje (Figura 23).

Es importante resaltar que la reciclabilidad de un plástico también puede depender de la disponibilidad de infraestructura y tecnología de reciclaje en una determinada área. Por lo tanto, es posible que algunos de estos plásticos sean más fácilmente reciclados en algunas áreas que en otras.

Figura 23. Reciclaje de tuberías de plástico

Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

El proceso de reciclaje del plástico proveniente de RCD es similar al proceso de reciclaje de otros tipos de plástico. A continuación, se describe el proceso general:

- Separación: los RCD se separan y clasifican por tipo de material y se retiran los contaminantes y otros materiales no deseados.
- Trituración: los plásticos se trituran en piezas más pequeñas para facilitar su procesamiento.
- Limpieza: los plásticos triturados se someten a procesos de limpieza para eliminar cualquier contaminación y suciedad restante.
- Fundición: los plásticos limpios se funden y se someten a procesos de purificación para eliminar cualquier impureza.
- Extrusión: los plásticos purificados se extruyen en forma de filamento o hilo.
- Transformación: los hilos de plástico se transforman en productos finales mediante procesos como el soplado o la inyección de plástico.

En conclusión, los RCD incluyen una amplia variedad de plásticos como polietileno, polipropileno, poliestireno, poliuretano, policarbonato, polietileno tereftalato (PET) y polietileno clorado (PVC). Algunos de estos plásticos son reciclables, mientras

que otros no lo son o requieren tratamientos especiales para su reciclaje. El posible reciclaje de un plástico puede depender de la disponibilidad de infraestructura y tecnología de reciclaje en una determinada área. Es importante separar y clasificar adecuadamente los RCD para garantizar que los materiales reciclables se procesen de forma eficiente. La gestión adecuada de los RCD tiene un impacto positivo en la economía y el medio ambiente a corto, mediano y largo plazo.

5.2 La economía circular en el marco de la industria de la construcción

La economía circular es un enfoque que tiene como objetivo maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar el impacto ambiental. Se basa en el principio de que todos los productos, componentes y materiales tienen un valor y deben ser utilizados de la manera más eficiente posible durante todo el ciclo de vida, desde la extracción de materias primas hasta la eliminación final como residuos (Van Hoof *et al.*, 2022).

La economía circular se opone al enfoque lineal de la economía que se basa en la producción, el uso y la eliminación de productos y materiales. En lugar de ello, la economía circular busca cerrar el ciclo de vida de los productos y materiales, mediante el reuso, el reciclaje y la recuperación de los mismos para su posterior uso. Esto puede ayudar a reducir la dependencia de los recursos naturales y la generación de residuos, y contribuir a la sostenibilidad a largo plazo.

La economía circular se aplica en una variedad de ámbitos como la industria, la agricultura, la energía, el transporte y la construcción. Algunas de las estrategias y prácticas comunes en la economía circular son:

- El reuso: los productos y materiales se reúsan en lugar de eliminarlos y reemplazarlos con nuevos productos.
- El reciclaje: el proceso de recuperar materiales y componentes de productos usados y convertirlos en nuevos productos o materiales.
- La reparación: los productos y componentes se reparan para prolongar su vida útil y reducir la necesidad de reemplazarlos.
- La reducción: la reducción del uso de recursos naturales y la generación de residuos debido a la mejora de la eficiencia y la minimización del desperdicio.
- La recuperación de energía: se realiza a partir de residuos a través de procesos como la incineración con recuperación de energía y la producción de biogás.
- La economía colaborativa: es el intercambio y el uso compartido de bienes y servicios en lugar de su compra y propiedad individual.
- La innovación: el desarrollo de nuevos productos y procesos que se basan en el principio de la economía circular.

En resumen, la economía circular es un enfoque que busca maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar el impacto ambiental a través del reuso, el reciclaje, la reparación, la reducción, la recuperación de energía, la economía colaborativa y la innovación (Figura 24).

Figura 24. Economía circular



Fuente: tomado de <https://www.freepik.es>

La economía circular se aplica a los RCD al enfocarse en maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar el impacto ambiental a través del reuso, el reciclaje, la reparación, la reducción, la recuperación de energía, la economía colaborativa y la innovación. Esto lleva a reducir la dependencia de los recursos naturales y la generación de residuos y contribuye con la sostenibilidad a largo plazo (Oliveros Sánchez, 2021).

La gestión adecuada de los RCD en el marco de la economía circular tiene un impacto positivo en la economía y el medio ambiente a corto, mediano y largo plazo. Por ejemplo, el reciclaje de los materiales de los RCD puede ahorrar dinero a las empresas y a los consumidores porque reduce la necesidad de extraer y procesar nuevos materiales. También genera ingresos y empleo en la industria

del reciclaje. Además, el reciclaje y el reúso de los RCD mejoran la eficiencia y la competitividad de las empresas y las hacen más atractivas para las inversiones (Gómez Cortés, 2020b).

La economía circular también puede tener un impacto positivo en el medio ambiente al reducir la necesidad de extraer nuevos recursos y al disminuir la generación de residuos. Esto contribuye a la conservación de los recursos naturales y a la protección del medio ambiente. Además, el reciclaje y el reúso de los RCD pueden reducir la demanda de energía y emitir menos gases de efecto invernadero durante el proceso de producción, lo que ayuda a mitigar el cambio climático.

El enfoque de la economía circular se aplica a la gestión de los RCD y busca maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar el impacto ambiental a través del reúso, el reciclaje, la reparación, la reducción, la recuperación de energía, la economía colaborativa y la innovación. La aplicación de este enfoque puede tener beneficios económicos y ambientales a corto, mediano y largo plazo (Alzate Rodríguez, 2022).

El panorama general de la economía circular en la industria de la construcción es positivo y cada vez más importante. La construcción y demolición generan una gran cantidad de residuos, y la aplicación de principios de economía circular puede ayudar a reducir la dependencia de los recursos naturales y la generación de residuos, y contribuye a la sostenibilidad en el largo plazo.

En la actualidad, hay un creciente interés en la promoción de prácticas de economía circular en la industria de la construcción. Esto incluye el reúso y el reciclaje de materiales, el uso de materiales sostenibles y la implementación de tecnologías y procesos más eficientes. Además, hay un mayor énfasis en la colaboración y el trabajo en red entre diferentes actores del sector para fomentar la economía circular.

También hay una mayor regulación y políticas públicas que fomentan la economía circular en la industria de la construcción. Por ejemplo, algunos gobiernos han establecido objetivos y requisitos de reciclaje y reúso de materiales para promover la sostenibilidad en la construcción.

Algunas de las principales tendencias de la economía circular en la industria de la construcción son:

- Reúso y reciclaje de materiales: hay un mayor énfasis en el reúso y el reciclaje de materiales de construcción para minimizar la dependencia de los recursos naturales y la generación de residuos.
- Uso de materiales sostenibles: hay una mayor demanda de materiales sostenibles y de bajo impacto ambiental en la construcción como los materiales de bajo consumo de energía y los materiales reciclados y reciclables.

- Implementación de tecnologías y procesos más eficientes: hay un mayor énfasis en la implementación de tecnologías y procesos más eficientes en la construcción para reducir el consumo de energía y los residuos generados.
- Trabajo en red y colaboración: hay un mayor énfasis en el trabajo en red y la colaboración entre diferentes actores del sector para promover la economía circular en la construcción.

El panorama de la economía circular en la industria de la construcción en Colombia y en otros países de América Latina es aún incipiente en comparación con otros países del mundo. Aunque hay algunos avances en cuanto a políticas y regulaciones que fomentan la economía circular en la construcción, hay mucho por hacer para promover prácticas más sostenibles en el sector (Beltrán Riaño, 2017).

En Colombia, por ejemplo, el reciclaje de materiales de construcción es aún limitado y el país depende en gran medida de la extracción y el uso de materiales naturales. Sin embargo, hay algunos esfuerzos para fomentar el reciclaje y el reuso de materiales, y se han establecido algunos objetivos y requisitos de reciclaje y reuso de materiales en el marco de las políticas públicas (Alzate Rodríguez, 2022).

En otros países de América Latina, también hay algunos avances en cuanto a políticas y regulaciones que fomentan la economía circular en la construcción, aunque todavía hay mucho por hacer para promover prácticas más sostenibles en el sector.

En resumen, el panorama de la economía circular en la industria de la construcción en Colombia y en otros países de América Latina es aún incipiente, aunque hay algunos avances en cuanto a políticas y regulaciones que fomentan la economía circular.

Es importante recordar que la economía circular en la industria de la construcción es un tema en constante evolución y puede haber otros países que estén liderando en esta área (Van Hoof *et al.*, 2022).

La economía circular puede tener una serie de beneficios en países en desarrollo. Algunos de estos beneficios son:

- Mayor eficiencia y ahorro de recursos: la economía circular promueve la maximización del aprovechamiento de los recursos y la minimización de la generación de residuos, lo que contribuye a una mayor eficiencia y ahorro de recursos.
- Mayor competitividad y creación de empleo: el reciclaje y el reuso de materiales pueden generar ingresos y empleo en la industria del reciclaje, lo que mejora la competitividad y crea empleo en países en desarrollo.

- Mayor acceso a materiales y bienes: la economía circular mejora el acceso a materiales y bienes en países en desarrollo al promover el reúso y el reciclaje de materiales.
- Mayor sostenibilidad y protección del medio ambiente: la economía circular contribuye a la conservación de los recursos naturales y a la protección del medio ambiente al reducir la dependencia de los recursos naturales y la generación de residuos.

Para el desarrollo de la economía circular en la industria de la construcción se requieren varias medidas y acciones:

- Políticas y regulaciones: es necesario establecer políticas y regulaciones que fomenten la economía circular en la construcción como objetivos y requisitos de reciclaje y el reúso de materiales.
- Educación y concientización: es importante promover la educación y concientización sobre la economía circular y sus beneficios en la industria de la construcción para aumentar la demanda de materiales reciclados y reciclables.
- Infraestructura y tecnología: se requiere desarrollar la infraestructura y la tecnología necesarias para el reciclaje y el reúso de materiales de construcción.
- Colaboración y trabajo en red: es importante promover la colaboración y el trabajo en red entre diferentes actores del sector para fomentar la economía circular en la construcción.
- Investigación y desarrollo: es necesario invertir en investigación y desarrollo para el diseño de nuevos materiales y tecnologías más sostenibles en la construcción.

La economía circular es un modelo económico en el que se busca maximizar el aprovechamiento de los recursos y minimizar la generación de residuos y contaminación. Se basa en el concepto de ciclo de vida de los productos, en el que se busca prolongar la vida útil de los mismos mediante el reúso, la reparación, el reciclaje y otras formas de valorización.

Por otro lado, la economía circular tiene una estrecha relación con los residuos y la gestión de los mismos, ya que una de las principales formas de promover la economía circular es a través del reciclaje y el reúso de los materiales. Los residuos son una fuente valiosa de recursos y pueden ser aprovechados en lugar de ser desperdiciados.

En Colombia y en otros países del mundo, la economía circular y la gestión de los residuos son temas cada vez más importantes debido al creciente problema de la contaminación y el agotamiento de los recursos naturales. Además, esta puede tener un impacto positivo en la creación de empleo y en la promoción de un desarrollo sostenible. Por lo tanto, es importante que se promueva y se fomente la

economía circular en Colombia y en otros países, y se adopten medidas efectivas para gestionar de manera responsable los residuos y aprovechar al máximo los recursos disponibles.

5.3 Elementos prefabricados con RCD

Un elemento prefabricado es un componente de construcción que se elabora de forma industrial y se ensambla en el lugar de la obra. Estos elementos se fabrican utilizando materiales como concreto, acero, madera o plástico, y suelen tener formas y tamaños estandarizados (Río Merino, 2012b) (Figura 25).

Figura 25. Elementos prefabricados



Fuente: tomado de <https://openai.com/dall-e-2/>

Los elementos prefabricados se utilizan en la construcción de edificios, puentes, carreteras y otras estructuras, y suelen ser más rápidos de instalar que los elementos contruidos de forma tradicional en el lugar. Además, los elementos prefabricados suelen tener una mayor precisión y calidad en su fabricación, lo que puede resultar en una mayor durabilidad y menores costos a largo plazo. Algunos ejemplos de elementos prefabricados son los paneles de pared, los módulos de habitación, los pilares de concreto y los tableros de techos.

Por supuesto, los elementos prefabricados tienen varias ventajas en comparación con los elementos contruidos de forma tradicional en el lugar. Algunas de estas ventajas son:

- Mayor rapidez de instalación: los elementos prefabricados se fabrican en un lugar controlado y se envían al lugar de la obra ya terminados, lo que permite reducir el tiempo de construcción.
- Mayor precisión y calidad: como son fabricados en un lugar controlado y siguiendo procesos industriales, los elementos prefabricados suelen tener una mayor precisión y calidad en su fabricación.
- Menores costos: los elementos prefabricados resultan más económicos que los elementos contruidos de forma tradicional, ya que se fabrican en mayor cantidad y se aprovechan los costos fijos.
- Mayor seguridad: al fabricarse en un lugar controlado y no en el lugar de la obra, los elementos prefabricados pueden resultar más seguros para los trabajadores y para el entorno.
- Mayor durabilidad: los elementos prefabricados suelen tener una mayor durabilidad debido a su mayor precisión y calidad en su fabricación.

Es importante resaltar que, aunque los elementos prefabricados tienen muchas ventajas, también pueden presentar algunos inconvenientes como la dependencia de los proveedores y la dificultad para adaptarse a cambios en el proyecto durante la construcción (Martín-Morales, 2013).

Además de lo citado anteriormente, otras ventajas de los elementos prefabricados son:

- Mayor eficiencia energética: al fabricarse en un lugar controlado, es posible utilizar técnicas y materiales más eficientes en términos energéticos.
- Menor impacto medioambiental: la fabricación de elementos prefabricados en un lugar controlado permite reducir el transporte y el ruido durante la construcción, lo que puede tener un menor impacto medioambiental.
- Mayor flexibilidad: los elementos prefabricados pueden adaptarse a diferentes formas y tamaños y pueden ser reusados en otros proyectos, por tanto, aumenta la flexibilidad de su uso.
- Mayor resistencia: muchos elementos prefabricados, como los pilares de concreto, tienen una mayor resistencia a la compresión y a la tracción que los elementos contruidos de forma tradicional, lo que puede resultar en una mayor durabilidad.

Es importante considerar que los elementos prefabricados no son la solución perfecta para todos los proyectos de construcción, y que cada proyecto debe evaluarse de forma individual para determinar si son adecuados o no.

Los elementos prefabricados pueden tener una relación positiva con los RCD debido a varias razones. En primer lugar, al fabricarse en un lugar controlado, es posible reducir la cantidad de residuos generados durante la construcción, ya que se pueden controlar y minimizar los desperdicios de materiales.

En segundo lugar, al ser más rápidos de instalar, los elementos prefabricados pueden reducir el tiempo de construcción y, por lo tanto, la cantidad de RCD generados durante el proceso.

En tercer lugar, al utilizar materiales más eficientes en términos energéticos y con un menor impacto medioambiental, los elementos prefabricados pueden contribuir a la reducción de RCD a largo plazo.

Es importante tener en cuenta que, aunque los elementos prefabricados pueden tener una relación positiva con los RCD, también se debe llevar a cabo una correcta gestión y valorización de los RCD generados durante la construcción y demolición de cualquier proyecto.

Es posible construir elementos prefabricados utilizando RCD como materiales de relleno o como parte de la matriz del elemento.

El uso de RCD en la fabricación de elementos prefabricados puede tener varias ventajas como la reducción de la cantidad de RCD que se generan durante la construcción y demolición, la reducción de los costos de transporte y disposición de los RCD, y la contribución a la conservación de los recursos naturales al reducir la demanda de materiales vírgenes (Rodríguez, 2019).

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el reúso de RCD en la fabricación de elementos prefabricados requiere una adecuada gestión y tratamiento de los RCD para garantizar que cumplan con las especificaciones técnicas y que no afecten negativamente la calidad y la seguridad del elemento final. También es importante considerar el impacto medioambiental y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Existen varios tipos de elementos prefabricados que pueden desarrollarse usando RCD como materiales de relleno o como parte de la matriz del elemento (Cabrera Trujillo y Palacio González, 2020). Algunos ejemplos de elementos prefabricados que pueden utilizar RCD son:

- Tabiques: los tabiques pueden fabricarse usando RCD como material de relleno y cubiertos con una capa de material de revestimiento como placas de yeso o paneles de madera.
- Mampostería: la mampostería puede fabricarse utilizando RCD como áridos para la fabricación del mortero.
- Concreto: el concreto puede fabricarse utilizando RCD como áridos o como parte de la matriz del concreto.

- Madera: los paneles de madera pueden fabricarse utilizando RCD como material de relleno y cubiertos con una capa de madera.
- Plástico: los elementos prefabricados de plástico pueden fabricarse usando RCD como material de relleno y cubiertos con una capa de plástico.

Es importante considerar que el uso de RCD en la fabricación de elementos prefabricados requiere una adecuada gestión y tratamiento de los RCD para garantizar que cumplan con las especificaciones técnicas y que no afecten negativamente la calidad y la seguridad del elemento final. También se debe tener en cuenta el impacto medioambiental y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

En conclusión, los elementos prefabricados son elementos de construcción que se fabrican en un lugar controlado y se envían al lugar de la obra ya terminados para su instalación. Estos elementos pueden fabricarse con diferentes materiales como madera, metal, plástico, concreto o mampostería y pueden ser de distintos tamaños y formas.

Los elementos prefabricados tienen varias ventajas en comparación con los elementos construidos de forma tradicional en el lugar como la mayor rapidez de instalación, mayor precisión y calidad, menores costos, mayor seguridad y durabilidad. Sin embargo, también pueden presentar algunos inconvenientes como la dependencia de los proveedores y la dificultad para adaptarse a cambios en el proyecto durante la construcción.

Los elementos prefabricados sostenibles o ecológicos son aquellos que se fabrican usando RCD como material de relleno o hacen parte de la matriz del elemento. El uso de RCD en la fabricación de elementos prefabricados sostenibles puede tener varias ventajas como la reducción de la cantidad de RCD que se generan durante la construcción y demolición, la reducción de los costos de transporte y disposición de los RCD, y la contribución a la conservación de los recursos naturales al reducir la demanda de materiales vírgenes.

Sin embargo, es importante tener en cuenta que el uso de RCD en la fabricación de elementos prefabricados sostenibles requiere una adecuada gestión y tratamiento de los RCD para garantizar que cumplan con las especificaciones técnicas y que no afecten negativamente la calidad y la seguridad del elemento final. También es importante considerar el impacto medioambiental y la sostenibilidad del proyecto a largo plazo.

Es posible que los elementos prefabricados sostenibles fabricados con RCD tengan un precio ligeramente más alto que los elementos prefabricados convencionales debido a los costos adicionales de gestión y tratamiento de los RCD. Sin embargo, a largo plazo, estos elementos pueden resultar más económicos debido a la reducción de los costos de transporte y disposición de los RCD y a la conservación de los

recursos naturales. Además, los elementos prefabricados sostenibles tienen un menor impacto medioambiental debido a la reducción de la emisión de gases de efecto invernadero durante su producción y a la conservación de los recursos naturales.

En resumen, los elementos prefabricados son una opción interesante para la construcción debido a la mayor rapidez de instalación, precisión y calidad, así como a sus posibles ahorros de costos. El uso de RCD en la fabricación de elementos prefabricados sostenibles es una forma de reducir el impacto ambiental de la construcción y contribuir a la conservación de los recursos naturales, siempre y cuando se realice de forma adecuada y se considere el impacto a largo plazo del proyecto.

REFERENCIAS

- Acosta, D. (2002). Reducción y gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD). *Tecnología y Construcción*, 18, 49-68.
- Alzate Rodríguez, A. (2022). *Análisis comparativo de la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en cuatro países latinoamericanos* [tesis de grado. Facultad de Ingeniería sanitaria y ambiental. Universidad del Valle].
- André, F. J., y Cerdá, E. (2006). Gestión de residuos sólidos urbanos: análisis económico y políticas públicas. *Cuadernos Económicos de ICE*, 71-91.
- Becerra Hinestroza, J. B. (2021). *Análisis del impacto ambiental de residuos de construcción y demolición (RCD) generado en reformas domiciliarias y gestionado en las escombreras del municipio de Medellín–Antioquia* [tesis de Maestría en Desarrollo Sostenible y Medio Ambiente, Facultad de Ciencias Contables, Económicas y Administrativas]. Universidad de Manizales. <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/handle/20.500.12746/4429>
- Beltrán Riaño, J. W. (2017). *Análisis de alternativas para la gestión ambiental de los residuos de demolición y construcción (RCD), en la ciudad de Bogotá a partir del ciclo de vida y la economía circular*. [Especialización en Planeación Ambiental y Manejo Integral de los Recursos Naturales, Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/1698>

- Bravo, J., Valderrama, C., y Ossio, F. (2019). Cuantificación económica de los residuos de construcción de una edificación en altura: un caso de estudio. *Información Tecnológica*, 30(2), 85-94.
- Cabrera Trujillo, H. G., y Palacio González, L. T. (2020). *Planta de aprovechamiento de residuos de construcción y demolición RCD generados en la ciudad de Bogotá DC para la elaboración de prefabricados de construcción*. [Especialización en Gestión de Proyectos de Ingeniería. Universidad Distrital Francisco José de Caldas]. <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/2571>
- Cadavid, A. S. (2014). *Evaluación del manejo de residuos de construcción y demolición RCD en seis proyectos de viviendas de interés prioritario, como contribución a la revisión del panorama de gestión de RCD en la ciudad de Medellín*. [Tesis de grado. Facultad de Arquitectura. Colegio Mayor de Antioquia]. https://www.colmayor.edu.co/wp-content/uploads/2019/10/31_alma_cadavidevaluacin_maney.pdf
- Carrascal Caldera, M. C., y Martelo Oclassen, A. F. (2020). *Determinación de la viabilidad técnica y económica para el uso del concreto tipo RCD en la conformación de estructuras de estabilización de taludes (gaviones)*. [Tesis de grado, Universidad de Cartagena] <http://dx.doi.org/10.57799/11227/7380>
- Carvajal Muñoz, J. S., y Carmona García, C. E. (2016). Gestión integral de residuos de construcción y demolición en Colombia: una aproximación basada en la metodología del marco lógico. *Producción+ Limpia*, 11(1), 117-128.
- Castaño, J. O., Misle Rodríguez, R., Lasso, L. A., Gómez Cabrera, A., y Ocampo, M. S. (2013). Gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en Bogotá: perspectivas y limitantes. *Tecnura*, 17(38), 121-129.
- Chávez Porras, Á., Palacio León, Ó., y Guarín Cortés, N. L. (2013). Unidad logística de recuperación de residuos de construcción y demolición: Estudio de caso Bogotá DC. *Ciencia e Ingeniería Neogranadina*, 23(2), 95-118.
- Chica-Osorio, L. M., y Beltrán-Montoya, J. M. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. *Dyna*, 85(206), 338-347.
- Colomer Mendoza, F. J., Gallardo Izquierdo, A., Buenaño Mariño, C. del P., Esteban Altabella, J., y Sánchez Collado, P. (2021). *Reducción de impactos en la gestión de RCD en las obras de construcción y demolición*. <https://www.redalyc.org/pdf/467/46715742006.pdf>
- Ley 99 de 1993. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html

- Ley 1753 de 2015. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>
- Ley general para la prevención y gestión integral de los residuos (2015). <https://exactas.uba.ar/higieneysseguridad/wp-content/uploads/2019/08/Decreto-831-1993-Reglamentaci%C3%B3n-de-la-ley-24.051.pdf>
- Curvo, F. de O. (2014). *Estudo da viabilidade técnica/econômica da utilização de RCD como agregados aplicados a pavimentos rígidos*. <https://repositorio.uniceub.br/jspui/handle/235/6381>
- De Dios Frías, J. de J. (2018). *Plan de gestión de residuos de construcción y demolición en obras de edificación adaptado a los materiales y procesos constructivos de la región*. [Maestría en Construcción, Instituto Tecnológico de Chetumal. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/500>
- De Santos Marián, D., Delgado, B. M., y Martínez, A. G. (2013). *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*. Tornapunta. [Tesis de grado Maestro en construcción, Instituto Tecnológico de Chetumal]. <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/500> CHETUMAL
- Decreto 1753 de 1994. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=1299>
- Decreto 1782 de 1994. https://www.minsalud.gov.co/Normatividad_Nuevo/Decreto%201782%20de%202014.pdf
- Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 (2008).
- Foremex. (2022). *Métodos para reciclar metal*. <https://www.foremex.com.mx/blog/metodos-reciclar-metal.html>
- Glinka, M. E., Vedoya, D. E., y Pilar, C. A. (2006). *Estrategias de reciclaje y reutilización de residuos sólidos de construcción y demolición*. [Facultad de Arquitectura y Urbanismo Universidad Nacional del Nordeste]. <https://repositorio.unne.edu.ar/bitstream/handle/123456789/276>
- Gómez Cortés, A. T. (2020). *La economía circular como alternativa para el reciclaje de concreto (RCD) en una obra civil*. [Tesis de grado. Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/36890>
- Hernández Salinas, A. G. (n.d.). *Guía de alternativas de manejo de RCD en la construcción de edificaciones residenciales*. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/1065>

- Huang, B., Wang, X., Kua, H., Geng, Y., Bleischwitz, R., & Ren, J. (2018). Construction and demolition waste management in China through the 3R principle. *Resources, Conservation and Recycling*, 129, 36-44. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.029>
- Ley 12.305, Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos.
- Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados.
- Ley 39 de 2015, de 1 de octubre, del Procedimiento Administrativo Común de las Administraciones Públicas.
- Ley 99 de 1993. http://www.secretariassenado.gov.co/senado/basedoc/ley_0099_1993.html
- Ley 1753 de 2015. <https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma.php?i=61933>
- Ley 24051 de 1993. <https://exactas.uba.ar/higieneysseguridad/wp-content/uploads/2019/08/Decreto-831-1993-Reglamentaci%C3%B3n-de-la-ley-24.051.pdf>
- Lima, M. B. L., Moura, W. A., Correia, R. D. F., De Freitas, C. S., & Gama, F. S. D. A. (2005). Pilot study of construction and demolition waste (CD&W) in Feira de Santana. *Tecbahia Revista Baiana De Tecnologia*, 20(1), 132-143. <https://www.scopus.com/inward/record.uri?eid=2-s2.0-27144472958&partnerID=40&md5=a3d921c03627bb18a1b7de5af6162d6a>
- Lotfi, S., Eggimann, M., Wagner, E., Mróz, R., & Deja, J. (2015). Performance of recycled aggregate concrete based on a new concrete recycling technology. *Construction and Building Materials*, 95, 243-256. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2015.07.021>
- Martín-Morales, M. (2013). *El residuo de construcción y demolición (RCD) como árido en la elaboración de prefabricados no estructurales*. Universidad de Granada. <https://digibug.ugr.es/handle/10481/29814>
- Marzouk, M., & Azab, S. (2014). Environmental and economic impact assessment of construction and demolition waste disposal using system dynamics. *Resources, Conservation and Recycling*, 82, 41-49. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2013.10.015>
- Mejía, E., Giraldo, J., y Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *Revista Cintex*, 18, 105-130.

- Menegaki, M., & Damigos, D. (2018). A review on current situation and challenges of construction and demolition waste management. *Current Opinion in Green and Sustainable Chemistry*, 13, 8-15. <https://doi.org/10.1016/j.cogsc.2018.02.010>
- Naciones Unidas/CEPAL. (2019). *La Agenda 2030 y los Objetivos de Desarrollo Sostenible*. [Publicación de las Naciones Unidas].
- Oliveros Sánchez, L. F. (2021). *Alternativas dentro de la economía circular para el aprovechamiento de los residuos de construcción y demolición (RCD)*. Universidad Antonio Nariño. <http://repositorio.uan.edu.co/bitstream/123456789/5000/1/2021LuisaFernandaOliverosSanchezdf.pdf>
- Ossa, A., García, J. L., & Botero, E. (2016). Use of recycled construction and demolition waste (CDW) aggregates: A sustainable alternative for the pavement construction industry. *Journal of Cleaner Production*, 135, 379-386. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2016.06.088>
- Pacheco Bustos, C. A., Fuentes Pumarejo, L. G., Sánchez Cotte, É. H., y 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.
- Pacheco Bustos, C. A., Sánchez Cotte, E. H., y Páez, C. (2020). Una visión de ciudad sostenible desde el modelo de gestión de los residuos de construcción y demolición (Rcd) caso de estudio: Barranquilla. *Tecnura*, 24(63), 68-83.
- Paschoalin Filho, J. A., & Graudenz, G. S. (2012). Destinação irregular de resíduos de construção e demolição (RCD) e seus impactos na saúde coletiva. *Environmental & Social Management Journal/Revista de Gestão Social e Ambiental*, 6(1), 127-142
- Peña Castañeda, S., y Rincón Pineda, H. (2018). *Evaluación de una alternativa de ladrillo no convencional usando residuos de construcción y demolición (RCD) desde el impacto ambiental y su aplicación en la construcción sostenible en Bogotá, Colombia*. [Trabajo de grado, Ingeniería Ambiental. Universidad El Bosque]. https://repositorio.unbosque.edu.co/bitstream/handle/20.500.12495/3318/Pe%C3%B1a_Casta%C3%B1eda_Santiago_2018.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Reddy, T. S., Birkle, D. L., Packer, A. J., Dobard, P., & Bazan, N. G. (1986). Fatty acid composition and arachidonic acid metabolism in vitreous lipids from canine and human eyes. *Current Eye Research*, 5(6), 441-448. <https://doi.org/10.3109/02713688609015113>
- Río Merino, M. del. (2012). Problemática de los RCD. Propuesta para su gestión y reciclaje. *Congreso Nacional de Construcción Sostenible y Soluciones Ecoeficientes* (2o. 2012. Sevilla).

- Rodríguez, C. (2019). *Los residuos de construcción y demolición (RCD) y las escorias de central térmica como áridos para la elaboración de hormigones y prefabricados no estructurales. Estudio en laboratorio y aplicación industrial*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=221335>
- Ruz Olguín, I. (2020). *RECUPERA: planta de acopio y reciclaje de RCD Región Metropolitana*. [Tesis de grado, Universidad de Chile]. <https://repositorio.uchile.cl/handle/2250/180166>
- Sánchez-Muñoz, M. del P., Cruz-Cerón, J. G., y Maldonado-Espinel, P. C. (2019). Gestión de residuos sólidos urbanos en América Latina: un análisis desde la perspectiva de la generación. *Revista Finanzas y Política Económica*, 11(2), 321-336.
- Suárez Silgado, S. S. (2016). *Propuesta metodológica para evaluar el comportamiento ambiental y económico de los residuos de construcción y demolición (RCD) en la producción de materiales pétreos*. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=83813>
- Tapias Mendivelso, J. A. (2017). *Guía de intervención sostenible de los residuos de la construcción*. Universidad Santo Tomás. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/10696>.
- Tchobanoglous, G. (1998). *Gestión integral de residuos sólidos*. McGraw-Hill/ Interamericana de España. https://books.google.co.ve/books/about/Gesti%C3%B3n_integral_de_residuos_s%C3%B3lidos.html?id=3gqMPQAACAAJ
- Useche, P. M. H. (1995). La Convención de Basilea y el tratamiento de desechos peligrosos. *Pensamiento Jurídico*, 2.
- Van Hoof, B., Núñez, G., y de Miguel, C. J. (2022). *Metodología para la evaluación de avances en la economía circular en los sectores productivos de América Latina y el Caribe*. CEPAL. <https://www.cepal.org/es/publicaciones/47975-metodologia-la-evaluacion-avances-la-economia-circular-sectores-productivos>
- Vargas Hernández, M. J. (2019). *Investigación sobre el manejo de residuos en construcción entre Europa, América, y Colombia*. [Tesis de grado Universidad Militar Nueva Granada]. <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/21255/Vargas%20Hernandez%20Maciel%20Juanita%202019.pdf?sequence=2&isAllowed=y>

- Wagih, A. M., El-Karmoty, H. Z., Ebid, M., & Okba, S. H. (2013). Recycled construction and demolition concrete waste as aggregate for structural concrete. *HBRC Journal*, 9(3), 193–200. <https://doi.org/10.1016/j.hbrcj.2013.08.007>
- Yang, H., Xia, J., Thompson, J. R., & Flower, R. J. (2017). Urban construction and demolition waste and landfill failure in Shenzhen, China. *Waste Management*, 63, 393-396. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.01.026>
- Yate Cortés, I. S. (2020). *Beneficios ambientales de usar residuos de construcción y demolición (RCD) como agregado reciclado en obras civiles horizontes*. [Trabajo de grado. Ingeniería Ambiental. Universidad de Cundinamarca]. <http://hdl.handle.net/20.500.12558/4016>



Jessica Viviana Sánchez Zúñiga

Magíster en Ingeniería de los Materiales y Construcción Sostenible. Arquitecta. Profesionalmente se ha desempeñado como directora del Semillero de Investigación en Materiales de la Construcción y Economía Circular – SIMCEC. Investigadora activadel Grupo de Investigación en Tecnología Cerámica – GITEC y docente catedrático de la Universidad Francisco de Paula Santander. Como Investigador Junior Categorizado por Minciencias en la Convocatoria Colciencias 894 de 2021, se destaca por ser joven investigadora en proyectos de cofinanciación con el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación. Autor y coautor de más de 12 artículos científicos publicados en revistas indexadas, capítulos de libro resultados de investigación y libros resultados de investigación. Ha presentado más de 5 ponencias en eventos científicos nacionales e internacionales e inventor de 3 productos tecnológicos publicados con gaceta y 3 productos radicados ante la Superintendencia de Industria y Comercio para solicitud de patente de invención.



Jorge Hernando Bautista Ruiz

Doctor en Ingeniería: Ciencia y Tecnología de Materiales de la Universidad Nacional de Colombia. Magister en Metalurgia y Ciencia de los Materiales de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia (UPTC). Especialista en Docencia de la Física – UPTC. Licenciado en Física y Matemáticas -UPTC. Es docente asociado de la Universidad Francisco de Paula Santander sede Cúcuta. En esta institución se ha desempeñado como director del programa de Maestría en Ciencia y Tecnología de Materiales y director general (E) del Centro de Investigación de Materiales Cerámicos- CIMAC.

Ha sido categorizado como investigador Senior por el Ministerio de Ciencia, Tecnología e Innovación de Colombia en las convocatorias 833 de 2018 y 894 de 2001. Sus líneas de investigación están enfocadas a caracterización de materiales, evaluación de procesos corrosivos, cerámicos y síntesis y caracterización de películas delgadas. Autor y co-autor de cerca de 80 artículos científicos publicados en revistas indexadas y homologadas.

ECONOMÍA CIRCULAR

UN APOORTE A TRAVÉS DEL APROVECHAMIENTO DE LOS RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN (RCD)

Incluye

- ▶ Conceptos de la generación de los Residuos de Construcción y Demolición (RCD).
- ▶ Impacto social y medioambiental de la generación de los RCD.
- ▶ Prácticas sostenibles en la construcción y demolición.

La gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) es un tema de gran importancia en la actualidad, ya que su creciente generación y su impacto en el medio ambiente y la sociedad son cada vez más evidentes. Este libro ofrece una visión completa de la historia de los RCD, su origen y producción.

Desde los antecedentes generales hasta las tendencias actuales en la gestión de los RCD, el libro cubre todos los aspectos importantes para comprender el ciclo de vida de estos residuos y la importancia de su gestión adecuada. Se discute el impacto social y medioambiental de la generación de RCD, así como los impactos económicos de su correcta gestión.

El libro también se centra en el reciclaje y la recuperación de los RCD, y presenta los procesos de reciclaje para diferentes tipos de materiales, incluyendo concreto, madera, metal y plástico. Además, se explora la economía circular en el marco de la industria de la construcción y se presentan los elementos prefabricados hechos con RCD.

En resumen, este libro es una guía esencial para aquellos interesados en la gestión de los RCD y en la promoción de prácticas sostenibles en la construcción y la demolición. Con un enfoque en la investigación y la información actualizada, es un recurso valioso para profesionales, estudiantes y cualquier persona interesada en e



Universidad Francisco
de Paula Santander
Vigilada Mineducación



Grupo de Investigación en
Tecnología Cerámica



CENTRO DE INVESTIGACIÓN DE MATERIALES CERÁMICOS

ISBN 978-958-503-645-1



9 789585 036451

e-ISBN 978-958-503-646-8