

Manejo de residuos de construcción y demolición y economía circular: revisión narrativa

Construction and demolition waste management and circular economy: a narrative review

Amauri Rafael Oviedo-Cogollo**, *Julio Cesar Vega-Sánchez**

(Recibido el 22-12-2021. Aprobado el 24-01-2022)

Estilo de citación de artículo:

A. Oviedo-Cogollo y J. Vega-Sánchez, "Manejo de residuos de construcción y demolición y economía circular: revisión narrativa", *Lámpsakos*, no. 26, pp. 41-51, 2021, DOI: 10.21501/21454086.4232

Resumen

El manejo de residuos de construcción y demolición es fuente de preocupación para tomadores de decisiones y para quienes se interesan por la protección del medio ambiente y el crecimiento económico. Sin embargo, a simple vista parece una contradicción generar desarrollo económico a partir de la construcción y, a su vez, cuidar de manera sistemática el medio ambiente. Este artículo tiene como objetivo motivar una reflexión teórica producto de la revisión de experiencias e investigaciones relacionadas, cuyo alcance es proponer la incorporación de la economía circular como alternativa viable para el contexto colombiano frente al tratamiento de desechos de construcción y demolición. Los resultados muestran que es posible armonizar y disminuir la tensión entre desarrollo económico y afectaciones al medio ambiente en torno a la actividad de la construcción, bajo una dinámica de economía circular. Se concluye que las intervenciones gubernamentales y la introducción de tecnologías de reciclaje avanzadas exigen la certificación de productos reciclados y limitación de la especulación, otorgando estímulos a quienes desarrollan una cultura de protección del medio ambiente.

Palabras clave:

Desarrollo sostenible; Economía; Tratamiento de desechos.

* Especialista en gerencia y control de construcciones de la Universidad del Norte, estudiante de la Maestría de Gestión Ambiental de la Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Cesar, Colombia. Contacto: amaury_oviedo@hotmail.com; Orcid: 0000-0003-0063-0697; perfil de Google académico: <https://bit.ly/3wpF6jg>

** Magíster en Ingeniería Ambiental de la Universidad Nacional de Colombia. Docente de la Maestría en Gestión Ambiental de la Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar, Cesar, Colombia. Contacto: jvega22@areandina.edu.co; Orcid: 0000-0003-2364-0978; Google académico: <https://bit.ly/3vZ9pOG>

Abstract

The management of construction and demolition waste worldwide is a source of concern for decision makers and for those interested in protecting the environment and at the same time economic growth. However, at first glance it seems a contradiction to generate economic development from construction and at the same time systematically take care of the environment. This article aims to propose a theoretical reflection product of the review of experiences and related research; whose scope is to propose the incorporation of the circular economy as a viable alternative for the Colombian context against the treatment of construction and demolition waste. In this way, the results of the review carried out show that it is possible to harmonize and reduce the tension between economic development and effects on the environment around construction activity; under a dynamic of circular economy. It is concluded that, government interventions, the introduction of advanced recycling technologies, from the perspective of long-term sustainability, of the circular economy; It requires the certification of recycled products, limiting speculation, giving incentives to those who develop a culture of environmental protection.

Keywords:

Sustainable development; Economy; Waste treatment.

1. INTRODUCCIÓN

La industria de la construcción es una de las mayores generadoras de residuos en la actualidad, sin embargo, históricamente ha sido un pilar necesario para el desarrollo y la reactivación económica. Sus procesos son generadores de contaminación y, por ende, daño al medio ambiente, pues en la mayoría de sus procedimientos: desde la extracción, la fabricación de los materiales, hasta su utilización para la actividad de edificación o construcción, así como en la demolición, se provocan afectaciones a recursos como el agua o el aire, precisamente también por la disposición de los residuos de dicha actividad y por su composición.

En Colombia, los residuos o escombros producto de la industria de la construcción son dispuestos en lugares inadecuados o son mal utilizados, como relleno en sitios que a futuro servirán como zonas de construcción de nuevas edificaciones, lo que transforma estos espacios en terrenos inestables que exigen de mayor inversión para luego ser utilizados. La industria de la construcción va en progresivo crecimiento, como lo demuestran los metros cuadrados licenciados cada año en el país, convirtiéndose así en el sector con mayor producción de residuos de construcción y demolición.

Los residuos de construcción y demolición (RCD) son los restos sólidos que surgen de la fabricación, rehabilitación y actividades de derribamiento [1], [2]. Por lo general, son una mezcla de materiales excedentes que surgen de estos procesos [3].

Estos residuos se presentan en la mayoría de los procesos de construcción: desde la extracción y la fabricación de los materiales, hasta las diferentes actividades desarrolladas en la propia elaboración de las obras civiles [4], lo cual tiene el potencial de provocar el agotamiento de recursos no renovables [5], así como la contaminación del agua y del aire, además del excesivo consumo de energía [6].

Históricamente, la industria de la construcción ha sido un pilar necesario para el desarrollo de la sociedad [7], aunque a hoy es una de las mayores generadoras

de residuos [8]. Este sector de la economía genera casi una tercera parte de los residuos que se depositan en vertederos en todo el mundo [2], no obstante, en naciones de altos ingresos como el Reino Unido, 44 % de los residuos generados se deben a la construcción y el resto a actividades comerciales, industriales, domésticas, mineras y agrícolas [9].

En países de bajos y medianos ingresos, el conflicto entre la expansión económica y la degradación ambiental tiene connotaciones especiales [10]. Las actividades de construcción masiva generan enormes cantidades de residuos, pero las economías de estos países carecen de suficiente capacidad de gestión de RCD para lograr metas de desarrollo sostenible [11]. Este artículo tiene como objetivo el de proponer una reflexión teórica acerca de la importancia de la economía circular como alternativa frente a los daños y afectaciones provocadas por el no aprovechamiento o el inadecuado uso y tratamiento de desechos de construcción y demolición en Colombia.

Son abundantes las cantidades de materiales que se extraen y consumen de la corteza terrestre. Según Miatto y cols. [12], la arena (40,8 %) y la grava (31,1 %) constituyeron la principal participación de la extracción mundial de minerales no metálicos en 2010. Los proyectos de construcción son los principales usuarios finales de este consumo y, aunque la transición hacia una economía más circular donde los flujos de producción podrían reintegrarse como recursos secundarios presenta una solución prometedora para la industria de la construcción [12] [13], lo cierto es que las cifras estiman que la economía global es solo un 6 % circular [14].

En los últimos años, los RCD se han utilizado principalmente en cimentaciones de carreteras y terraplenes, así como el vidrio reciclado o las tejas de asfalto como materia prima en la fabricación de cemento [15], [16]. Expertos en materiales investigan y desarrollan productos formulados utilizando RCD procesados. Estos esfuerzos se han centrado principalmente en la inclusión agregada en la remanufactura de componentes de construcción con propiedades funcionales [17], [19].

Sin embargo, al reutilizar materiales reciclados, se deben tener en cuenta problemas técnicos como la alta tasa de absorción de agua en los áridos reciclados, que afecta la durabilidad en los componentes de las paredes. Así mismo, en ocasiones, la información sobre los orígenes del producto/material y su tiempo de servicio para una aplicación en particular es limitada, ello afecta las posibilidades de reutilización de materias primas secundarias y las pruebas de rendimiento pueden ser costosas, lo cual puede anular cualquier ahorro derivado de la reutilización [20].

Desde este panorama, este artículo presenta como alternativa principal la introducción de la economía circular en relación con el tratamiento de desechos de la construcción, a partir de una metodología de revisión narrativa en clave del relevamiento de experiencias que pueden analizarse y contextualizarse para el caso colombiano [21].

La importancia de la economía circular

Las políticas alrededor del mundo reconocen que el sector de la construcción necesita acciones de mitigación inmediatas para reducir las emisiones de gases de efecto invernadero, el cambio climático y el agotamiento de los recursos, con un enfoque en la adopción de economía circular para garantizar el uso sostenible de los materiales de construcción [22].

La economía circular (EC) es un sistema económico que se basa en modelos de negocio que sustituyen el concepto de “fin de vida” por reducir, reutilizar, reciclar y recuperar materiales en los procesos de producción, distribución y consumo [23]. El modelo de EC intenta mantener los productos y materiales “en flujo” mediante estrategias de reutilización eficaces e inteligentes, reduciendo así el uso de materiales vírgenes y los impactos ambientales negativos [24].

El aprovechamiento y optimización de los recursos significa que no hay desechos, sino que, por el contrario, hay nuevas oportunidades de reutilización. Es así como basada en la lógica de la biología de la naturale-

za, el desecho de un ser vivo puede ser el alimento de otro. En una verdadera EC, el uso sustituye al consumo, y los residuos se convierten en las materias primas de un nuevo ciclo [25].

La EC es un sistema industrial restaurador o regenerativo por intención y diseño [26], critica la economía lineal tradicional y aboga por estrategias proactivas, como diseño, restauración y regeneración cero residuos. Si bien las metas de esta economía están muy lejos, se han logrado avances considerables en los países desarrollados. En Europa, por ejemplo, algunos países han logrado un vertido nulo o casi nulo, como Reino Unido [27], Holanda [28] y Alemania [29].

Una EC responde a la creciente presión de la expansión económica, desarrollo y escasez de recursos [30]. Su objetivo es tender un puente entre la producción y actividades de consumo haciendo un circuito cerrado y ofrece enormes beneficios como reducir la presión sobre el medio ambiente, mejorando la seguridad del suministro de materias primas, aumentando competitividad, estimular la innovación, impulsar el crecimiento económico, y creación de empleo [31].

Según Stephan y Athanassiadis [13], la clave para la industria de la construcción en la transición hacia la circularidad es el reciclaje de RCD en recursos secundarios para ampliar los flujos de producción. Ghaffar y cols. [24] también enfatizan en el reciclaje de RCD, explicando que permite nuevos modelos de comportamiento del consumidor y nuevas formas de convertir los residuos en un recurso.

EC y RCD. Hacia un desarrollo sostenible

La urbanización es uno de los principales impulsores del desarrollo [30] y, por esta razón, muchas ciudades han definido objetivos de desarrollo sostenible derivados de políticas como la jerarquía de residuos y el paquete de EC [32], [33]. Uno de los principales objetivos de estas metas es reducir el consumo de materias primas, lo que puede lograrse a través de una mayor vida

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.4232>

útil de los bienes y la sustitución de dichas materias por secundarias mediante la reutilización del reciclaje de residuos [34].

Para diseñar e implementar medidas encaminadas a lograr sus objetivos de sostenibilidad en el sector de la construcción, las ciudades primero necesitan conocer los flujos de materiales de minerales de construcción [35], centrándose en la demanda de minerales de construcción para edificios residenciales [36], infraestructura de transporte [37] y el sector de la construcción como parte del metabolismo urbano [38].

Con el fin de obtener una imagen completa de los potenciales cuantitativos de la reducción, reutilización y reciclaje de desechos para mitigar el consumo de recursos y el vertido en vertederos, se deben determinar tanto las entradas de minerales de construcción, como las salidas de minerales [33].

Una vez establecido el conocimiento sobre los flujos de materiales, se pueden diseñar escenarios orientados hacia la sostenibilidad en el sector de la construcción urbana, pero se deben tener en cuenta varios factores; por ejemplo, la reducción de residuos mediante una extensión de la vida útil de las construcciones, se ve desafiada por las prácticas de construcción contemporáneas y las preocupaciones ambientales [39].

Desde un punto de vista económico, el reciclaje de RCD es eficiente cuando el producto obtenido es competitivo en relación con el costo, la cantidad y la calidad. Por esta razón, Jouttijärvi y cols. [40] afirman que se puede fomentar el reciclaje aumentando el precio de las materias primas vírgenes mediante impuestos y que se deben establecer criterios de finalización de residuos para corrientes específicas para contribuir a aumentar el mercado de materias primas secundarias. Sin embargo, aunque la reutilización en el sector de la construcción gana atención, no son muchos los estudios que indagan por su relevancia cuantitativa [41].

Lotfi y Rem [42] introdujeron un proceso de reciclaje para reutilizar corrientes de concreto de alto volumen al final de su vida útil en agregados y cemento de pri-

mera calidad. La tecnología desarrollada es un sistema de recuperación en seco avanzado de clasificación de bajo costo, cuyo fundamento es reducir el transporte necesario para trasladar los desechos a instalaciones externas de clasificación/ procesamiento, mediante el establecimiento de una solución de separación de desechos en el sitio, aunque el espacio limitado podría ser un problema.

El sistema se basa en la espectroscopia de ruptura inducida por láser, para permitir la capacidad de analizar y registrar información sobre las propiedades de los materiales secundarios (por ejemplo, clasificación de los componentes y determinación de la composición).

Implementación en países de bajos y medianos ingresos (PIBM)

Las economías emergentes tratan de avanzar mediante el aumento de la producción, el desarrollo de organismos reguladores e intercambio, y sofisticación en los mercados. Por lo general, están atravesando una transición de una economía preindustrial menos desarrollada y de bajos ingresos, hacia una industrial moderna con niveles de vida más altos [43], [44].

El crecimiento económico más rápido en estos países debe ser sostenido por actividades de construcción proporcionales, como infraestructura, vivienda, y desarrollo de edificios, que inevitablemente generan profusos RCD. Se estima que China, por ejemplo, produce alrededor de 1.500 millones toneladas de RCD cada año [11], 2,6 veces las 569 millones toneladas de EE. UU. Sin embargo, las economías emergentes requieren mayor inversión en investigación y capacidad suficiente en materia de gestión de RCD.

En algunos países desarrollados, la tasa de reutilización y reciclaje de RCD es de 70 % a 95 %, mientras que en China es solo de 5 %, lo que provoca una situación conocida como “asedio de desechos” [42]. En Brasil, debido a la falta de instalaciones de reciclaje, el vertido ilegal de RCD se puede ver en muchos lugares [45].

Se considera que los problemas relacionados con los RCD podrían obstaculizar el desarrollo sostenible de estas economías, por lo que se requiere una alta inversión, baja rentabilidad y alto riesgo, todo lo cual atrae pocos inversores. En respuesta, han surgido iniciativas como el modelo de adquisiciones en China [46]. También se están explorando tecnologías, en particular de reciclaje, que pueden facilitar una EC.

Hay que tener en cuenta que la industria del reciclaje no puede sobrevivir sin los subsidios del gobierno y, sin embargo, depender de esto es insostenible, pero no existe una fórmula única que se adapte a todos los contextos que pueden utilizar para abordar los dilemas medioambientales y de crecimiento, en el desarrollo de una EC eficiente para la gestión de RCD, pero se deben diseñar estrategias propias considerando a fondo los contextos políticos, económicos, sociales y tecnológicos.

La reflexión y revisión teórica y de producción académica alrededor de la relación entre residuos de construcción y demolición y economía circular, implica necesariamente su correlación empírica y el aprendizaje e incorporación de experiencias exitosas en diversos contextos, de manera que puedan llegar a ser consideradas para el caso colombiano. A continuación, se describen tres experiencias que se catalogan como exitosas dado que han logrado generar crecimiento económico desde la lógica de la economía circular reaprovechando los residuos de construcción y demolición.

Tres experiencias exitosas

La ciudad de Shenzhen, China, testigo de un crecimiento económico importante en las últimas décadas, se ha visto obligada a desarrollar rápidamente una economía circular eficaz de residuos de construcción y demolición desde los cimientos [46], llevaron a cabo una investigación con un enfoque mixto que combinó estudios de casos, investigaciones de sitios y entrevistas, encontrando que el éxito en la adopción de la economía circular para RCD se puede atribuir a la implementación de fuertes intervenciones gubernamentales, el desarro-

llo de un próspero mercado de reciclaje de RCD, la introducción de tecnologías avanzadas de reciclaje y la promulgación de arreglos institucionales receptivos.

En el municipio de Manaus, en el centro de la Selva amazónica, Oliveira y cols. [47] caracterizaron la situación de referencia en materia de gestión de RCD, revelando varias deficiencias como la falta de oportunidades de reutilización y reciclaje, la falta de supervisión y eliminación en vertederos ilegales, junto con procedimientos de vigilancia insuficientes y políticas de autoridades regionales como el Ayuntamiento municipal y el Consejo Regional de Ingeniería y Agronomía.

El reconocimiento de estos problemas condujo a la identificación de oportunidades de mejora y al desarrollo y operacionalización de estrategias de promoción de Economía Circular: valorización de RCD mediante la mejora de las oportunidades de reutilización y reciclaje, operacionalizado a través de una aplicación de teléfono móvil; inclusión de sensibilización y vigilancia prácticas sobre actividades profesionales relacionadas con la gestión de RCD en el plan de inspección y la propuesta de cambios en las políticas en materia de disposición de RCD en el relleno público.

Por su parte, en Viena, capital de Austria, se llevó a cabo un análisis de flujo de materiales para determinar cómo la reducción de residuos, la reutilización y el reciclaje de RCD minerales generados, pueden contribuir a reducir la demanda de importaciones de materias primas para minerales de construcción [36].

Los resultados mostraron que el consumo anual de minerales de construcción de 4.5 millones de toneladas se puede reducir en un 32 % a 3 millones de toneladas, mediante la implementación de la jerarquía de residuos para RCD, teniendo en cuenta el uso de materiales de reciclaje de residuos minerales de construcción y demolición como agregado de reciclaje en concreto (575.000 toneladas por año), seguido del uso de material de reciclaje para sustituir la grava en forma no consolidada (463.000 toneladas por año), evitando la demolición de edificios históricos mediante la extensión de su vida útil (230.000 toneladas/año), reciclaje de

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.4232>

asfalto (85.000 toneladas/año) y sustitución de mezcla cruda en cemento por material reciclado de escombros (84.000 toneladas/año).

Los investigadores concluyeron que para implementar este escenario de circularidad mejorada, se requieren esfuerzos en tecnología instalada, gestión de residuos de construcción y demolición, así como medidas legales y empresariales.

En su Estrategia Marco “Smart City Vienna”, se definieron objetivos de desarrollo sostenible en el sector de la construcción. Hasta los años 2030 y 2050, el consumo de materias primas primarias debería reducirse gradualmente en un 30 % y un 50 % [48], [49], respectivamente. Este objetivo está respaldado por la meta de reutilización y reciclaje del 80 % de los materiales de las actividades de demolición [50].

2. CONCLUSIONES

Lidiar con los RCD es un reto para todos los países. Al desarrollar su circularidad, se deben enfrentar desafíos como el financiamiento y la experiencia administrativa. El crecimiento económico requiere de la actividad económica basada en la construcción, pero es necesario tener en cuenta que no todas las economías tienen una capacidad importante para hacer frente a los residuos resultantes, por lo que se deben vincular las dinámicas de economía circular y reciclaje a las políticas públicas de manera robusta.

Las intervenciones gubernamentales, la introducción de tecnologías de reciclaje avanzadas, bajo el enfoque de la sostenibilidad a largo plazo de la economía circular, exige la certificación de productos reciclados, el uso y aprovechamiento del suelo limitando la especulación y otorgando subsidios económicos y estímulos a quienes desarrollan una cultura de protección del medio ambiente. Y es casi que la única alternativa para amortiguar y detener las afectaciones al medio ambiente, sin obstaculizar el crecimiento económico.

Trabajos futuros: se continuará con la línea de investigación, planteando trabajos observacionales y analíticos para demostrar cuantitativamente la efectividad de poner en práctica estrategias de economía circular.

Financiamiento: Fundación Universitaria del Área Andina, Valledupar-Cesar.

CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran la inexistencia de conflicto de interés con institución o asociación comercial de cualquier índole.

3. REFERENCIAS

- [1]. O. Kofoworola and S. Gheewala, “Estimation of construction waste generation and management in Thailand”. *Waste Management*, vol. 29, no. 2, pp. 731–738, 2009. DOI: 10.1016/j.wasman.2008.07.004.
- [2]. W. Lu, C. Webster, Y. Peng, X. Chen and X. Zhang, “Estimating and calibrating the amount of building-related construction and demolition waste in urban China”, *Int J Constr Manag*, vol. 17, no. 1, pp. 13–24, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1080/15623599.2016.1166548>.
- [3]. B. Chi, W. Lu, M. Ye, Z. Bao and X. Zhang. “Construction waste minimization in green building: A comparative analysis of LEED-NC 2009 certified projects in the US and China”, *J Clean Prod*, vol. 256, no. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120749>.
- [4]. M. Mhaske, M. Darade and P. Khare, “Construction waste minimization”. *International Research Journal of Engineering and Technology*, vol. 4, no. 7, pp. 934-937, 2017.

- [5]. P. Thongkamsuk, K. Sudasna and T. Tondee, "Waste generated in high-rise buildings construction: A current situation in Thailand", *Energy Procedia*, vol. 138, no. 1, pp. 411-416, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.10.186>.
- [6]. S. Shooshtarian, T. Maqsood, P. Wong, M. Khalfan and R. Yang, "Review of energy recovery from construction and demolition waste in Australia". *J Constr Eng Manag Innov*, vol. 281, no. 2, pp. 112-130, 2019. DOI: <https://doi.org/10.31462/jcemi.2019.03112130>.
- [7]. S. Yakimchuk, I. Chistnikova, Y. Bondareva and Y. Dynnikov, "The role of construction industry in the economic development". *Journal of Economic & Management Perspectives*, vol. 11, no. 3, pp. 1381-1388, 2017.
- [8]. R. De Magalhães, Â. Danilevicz and T. Saurin, "Reducing construction waste: A study of urban infrastructure projects", *Waste Management*, vol. 67, no. 1, pp. 265-277, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2017.05.025>.
- [9]. S. Ajayi and L. Oyedele, "Policy imperatives for diverting construction waste from landfill: Experts' recommendations for UK policy expansion", *Journal of Cleaner Production*, vol. 147, no. 1, pp. 57-65, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.01.075>.
- [10]. L. Yang, K. Chau and X. Chu, "Accessibility-based premiums and proximity-induced discounts stemming from bus rapid transit in China: Empirical evidence and policy implications", *Sustain Cities Soc*, vol. 48, no. 1, 2019. DOI: [10.1016/j.scs.2019.101561](https://doi.org/10.1016/j.scs.2019.101561).
- [11]. Z. Bao and W. Lu, "Developing efficient circularity for construction and demolition waste management in fast emerging economies: Lessons learned from Shenzhen, China", *Science of The Total Environment*, vol. 724, no. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.138264>.
- [12]. A. Miatto, H. Schandl, T. Fishman and H. Tanikawa, "Global patterns and trends for non-metallic minerals used for construction", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 21, no. 4, pp. 924-937, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.1247>.
- [13]. A. Stephan and A. Athanassiadis, "Towards a more circular construction sector: Estimating and spatialising current and future non-structural material replacement flows to maintain urban building stocks", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 129, no. 1, pp. 248-262, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.022>.
- [14]. W. Haas, F. Krausmann, D. Wiedenhofer and M. Heinz, "How circular is the global economy? An assessment of material flows, waste production, and recycling in the European Union and the world in 2005", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 19, no. 5, pp. 765-777, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12244>.
- [15]. H. Al-Bayati, S. Tighe and J. Achebe, "Influence of recycled concrete aggregate on volumetric properties of hot mix asphalt", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 130, pp. 200-214, 2018. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.027>.
- [16]. N. Li, R. Han and X. Lu, "Bibliometric analysis of research trends on solid waste reuse and recycling during 1992–2016", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 130, no. 1, pp. 109-117, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.11.008>.
- [17]. C. Arenas, Y. Luna, C. Leiva, L. Vilches, F. Arroyo, R. Villegas and C. Fernández, "Development of a fly ash-based geopolymetric concrete with construction and demolition wastes as aggregates in acoustic barriers", *Construction and Building Materials*, vol. 134, no. 1, pp. 433-442, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.12.119>.

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.4232>

- [18]. J. Puthussery, R. Kumar and A. Garg. "Evaluation of recycled concrete aggregates for their suitability in construction activities: An experimental study", *Waste Management*, vol. 60, no. 1, pp. 270-276, 2017. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2016.06.008>.
- [19]. S. Shahidan, M. Azmi, K. Kupusamy, S. Zuki and N. Ali, "Utilizing construction and demolition (C&D) waste as recycled aggregates (RA) in concrete", *Procedia Engineering*, vol. 174, no. 1, pp. 1028-1035, 2017. <https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.01.255>.
- [20]. W. Lu, X. Chen, D. Ho and H. Wang, "Analysis of the construction waste management performance in Hong Kong: the public and private sectors compared using big data", *Journal of Cleaner Production*, vol. 112, no. 1, pp. 521-531, 2016. DOI: 10.1016/j.jclepro.2015.06.106.
- [21]. J. Zilmer and B. Díaz. Revisión narrativa: Elementos que la constituyen y sus potencialidades. *Journal of Nursing and Health*. UFPel, Brasil, 2018. DOI: 10.15210/jonah.v8i1.13654.
- [22]. Y. Sieffert, J. Huygen and D. Daudon. "Sustainable construction with repurposed materials in the context of a civil engineering-architecture collaboration", *Journal of Cleaner Production*, vol. 67, no. 1, pp. 125-138, 2014. DOI: 10.1016/j.jclepro.2013.12.018.
- [23]. J. Kirchherr, D. Reike and M. Hekkert. "Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 127, pp. 221-232, 2017. Disponible en: DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.09.005>.
- [24]. S. Ghaffar, M. Burman and N. Braimah, "Pathways to circular construction: An integrated management of construction and demolition waste for resource recovery", *Journal of Cleaner Production*, vol. 244, no. 1, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2019.118710>.
- [25]. A. Porcelli and A. Martínez, "Análisis legislativo del paradigma de la economía circular", *Revista Direito GV*, vol. 14, no. 2, pp. 1067-1105, 2018.
- [26]. N. Patwa, U. Sivarajah, A. Seetharaman, S. Sarkar, K. Maiti, and K. Hingorani, "Towards a circular economy: An emerging economies context", *Journal of Business Research*, vol. 122, no. 1, pp. 725-735, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jbusres.2020.05.015>.
- [27]. P. Phillips, T. Tudor, H. Bir and M. Bates, "A critical review of a key waste strategy initiative in England: zero waste places projects 2008-2009", *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 55, no. 3, pp. 335-343, 2011. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2010.10.006>.
- [28]. H. Scharff, "Landfill reduction experience in the Netherlands", *Waste Manag.*, vol. 34, no. 11, pp. 2218-2224, 2014. DOI: 10.1016/j.wasman.2014.05.019.
- [29]. I. Aniekan and O. Ikechukwu, "Review of municipal solid waste management technologies and its practices in China and Germany", *International Journal of Technology Enhancements and Emerging Engineering Research*, vol. 4, no. 5, pp. 1-7, 2016.
- [30]. S. Witjes and R. Lozano, "Towards a more circular economy: proposing a framework linking sustainable public procurement and sustainable business models", *Resour. Conserv. Recycl.*, vol. 112, no. 1, pp. 37-44, 2016. DOI: 10.1016/j.resconrec.2016.04.015.
- [31]. Y. Kalmykova, L. Rosado and J. Patrício, "Resource consumption drivers and pathways to reduction: economy, policy and lifestyle impact on material flows at the national and urban scale", *Journal of Cleaner Production*, vol. 132, no. 1, pp. 70-80, 2016. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.027>.

- [32]. A. Petit-Boix and S. Leipold, "Circular economy in cities: Reviewing how environmental research aligns with local practices", *Journal of Cleaner Production*, vol. 195, no. 4, pp. 1270-1281, 2018. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2018.05.281>.
- [33]. J. William, "Circular cities", *Urban Studies*, vol. 56, no. 13, pp. 2746-2762, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1177/0042098018806133>.
- [34]. J. Lederer, A. Gassner, F. Kleemann and J. Fellner, "Potentials for a circular economy of mineral construction materials and demolition waste in urban areas: a case study from Vienna", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 161, 2020. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2020.104942>.
- [35]. V. Augiseau and S. Barles, "Studying construction materials flows and stock: A review", *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 123, no. 2, pp. 153-164, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2016.09.002>.
- [36]. K. Condeixa, A. Haddad and D. Boer, "Material flow analysis of the residential building stock at the city of Rio de Janeiro", *Journal of Cleaner Production*, vol. 149, pp. 1249-1267, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2017.02.080>.
- [37]. Z. Guo, D. Hu, F. Zhang, G. Huang and Q. Xiao, "An integrated material metabolism model for stocks of urban road system in Beijing, China", *Science of the total environment*, vol. 470, no. 8, pp. 883-894, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2013.10.041>.
- [38]. L. Rosado, S. Niza and P. Ferrão, "A material flow accounting case study of the Lisbon metropolitan area using the urban metabolism analyst model", *Journal of Industrial Ecology*, vol. 18, no. 1, pp. 84-101, 2014. DOI: <https://doi.org/10.1111/jiec.12083>.
- [39]. H. Dahlbo, J. Bachér, K. Lähinen, T. Jouttijärvi, P. Suoheimo, T. Mattila, K. and K. Saramäki, "Construction and demolition waste management—a holistic evaluation of environmental performance", *Journal of Cleaner Production*, vol. 107, no. 4, pp. 333-341, 2015. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.073>.
- [40]. T. Jouttijärvi, P. Suoheimo, T. Mattila and K. Saramäki, "Construction and demolition waste management—a holistic evaluation of environmental performance", *Journal of Cleaner Production*, vol. 107, no. 4, pp. 333-341, 2015. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2015.02.073>.
- [41]. J. Gálvez, D. Styles, H. Schoenberger and B. Zeschmar, "Construction and demolition waste best management practice in Europe". *Resources, Conservation and Recycling*, vol. 136, no. 5, pp. 166-178, 2018. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2018.04.016>.
- [42]. S. Lotfi and P. Rem, "Recycling of end of life concrete fines into hardened cement and clean sand", *Journal of Environmental Protection*, vol. 7, no. 6, pp. 934-950, 2016. DOI: [10.4236/jep.2016.76083](https://doi.org/10.4236/jep.2016.76083).
- [43]. R. J. Hernandez, "Sustainable product-service systems and circular economies", *Sustainability*, vol. 11, no. 19, p. 5383, 2019.
- [44]. S. Ho, "Analysing the sources of growth in an emerging market economy: The Thailand experience", *International Journal of Sustainable Economy*, vol. 10, no. 4, pp. 340-359, 2018. DOI: [10.1504/IJSE.2018.095275](https://doi.org/10.1504/IJSE.2018.095275).
- [45]. R. Córdoba, M. Neto, J. Da Costa, C. Santiago, E. Pugliesi and V. Schalch, "Alternative construction and demolition (C&D) waste characterization method proposal", *Engenharia Sanitaria e Ambiental*, vol. 24, no. 1, pp. 199-212, 2019. Disponible en: DOI:[10.1590/S1413-41522019179720](https://doi.org/10.1590/S1413-41522019179720).

DOI: <https://doi.org/10.21501/21454086.4232>

- [46]. Z. Bao, W. Lu, B. Chi, H. Yuan and J. Hao. "Procurement innovation for a circular economy of construction and demolition waste: lessons learnt from Suzhou", *China. Waste Manag*, vol. 99, no. 1, pp. 12–21, 2019. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2019.08.031>.
- [47]. M. Oliveira, E. Arantes, R. Freitas, A. Campos and A. Fonseca, "Waste Management at Construction Sites in the Municipality of Manaus, Amazonas, Brazil: Characterization of the Current Situation", *Current World Environment Journal*, vol. 14, no. 2, pp. 326-335, 2019. Disponible en: DOI: 10.12944/CWE.14.2.17.
- [48]. J. Brandl and I. Zielinska, "Reviewing the Smart City Vienna Framework Strategy's Potential as an Eco-Social Policy in the Context of Quality of Work and Socio-Ecological Transformation", *Sustainability*, vol. 12, no. 3, p. 859, 2020. <https://doi.org/10.3390/su12030859>.
- [49]. L. Mora, M. Deakin, A. Reid and M. Angelidou. "How to overcome the dichotomous nature of smart city research: Proposed methodology and results of a pilot study", *Journal of Urban Technology*, vol. 26, no. 2, pp. 89-128, 2019. <https://doi.org/10.1080/10630732.2018.1525265>.
- [50]. J. Brandl and I. Zielinska, "Reviewing the Smart City Vienna Framework Strategy's Potential as an Eco-Social Policy in the Context of Quality of Work and Socio-Ecological Transformation". *Sustainability*, vol. 12, no. 3, pp. 859-876, 2020. DOI: <https://doi.org/10.3390/su12030859>.