

CONAMA 2020

CONGRESO NACIONAL DEL MEDIO AMBIENTE

Economía circular y los residuos de construcción y demolición.

**Revisión sistemática de la
literatura y mapeo científico**





Autor Principal: María Martín Morales. Universidad de Granada

Otros autores: Díaz-López, Carmen. Universidad de Granada; Bonoli, Alessandra. Universidad de Bolonia; Zamorano, Montserrat. Universidad de Granada

Resumen

El concepto de economía circular aplicada a los residuos de construcción y demolición es un campo de investigación en desarrollo, lo que conlleva una gran cantidad de información compleja e inconexa; dónde una revisión completa de las contribuciones científicas podría proporcionar una perspectiva crítica integral. Por ello, el objetivo principal de esta investigación es analizar los artículos científicos publicados entre 2006 y 2019 del campo de investigación de los residuos de construcción y demolición y la economía circular utilizando la herramienta SciMAT, a través de un mapeo científico para comprender la estructura intelectual y las principales líneas de investigación. Este software se utilizó para realizar un análisis de indicadores de rendimiento y visualizaciones de mapas científicos que ofrece un enfoque completo del campo y evalúa a los autores, países y áreas temáticas más citados y productivos relacionados con esta disciplina. Los resultados obtenidos muestran un campo científico aún en desarrollo, que está evolucionando desde los conceptos más tempranos hasta las últimas tendencias relacionadas con una deconstrucción sostenible. Este trabajo contribuirá al cuerpo de conocimiento existente al establecer conexiones, mapear redes de investigadores y recomendar nuevas tendencias.

Palabras clave

Residuos de construcción y demolición; economía circular; análisis bibliométrico

1. INTRODUCCIÓN

Durante la última década se ha prestado una atención creciente en todo el mundo al modelo de desarrollo de Economía Circular (EC) con el objetivo de proporcionar una mejor alternativa al modelo de desarrollo económico lineal dominante, el llamado "producir, usar y desechar". El concepto de economía circular (EC) es tendencia tanto entre académicos como entre profesionales (Kirchherr et al., 2017) viéndose como una operacionalización para que numerosos sectores implementen el concepto de desarrollo sostenible (Ghisellini et al., 2016; Murray et al., 2017). Esta nueva economía, circular y no lineal, se basa en el principio de cerrar el ciclo de vida de los productos, los servicios y los residuos, entre otros.

En el Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición de la UE se determina que los residuos de construcción y demolición (RCD) suponen el mayor flujo de residuos de la UE, pero también incide en que una gestión adecuada de los mismos y de los materiales reciclados, que incluya una manipulación correcta de estos, puede suponer grandes beneficios en cuanto a la sostenibilidad y la calidad de vida. El concepto de reciclar no es nuevo, ya en la década de los 90 se encontraban estudios que se basaban en el enfoque de las 3R. Si bien no albergaban aún el concepto de EC, si fomentaban lo que sería la base.

Así es fundamental generar economía circular de la construcción, mediante la demolición y posterior reconstrucción con materiales creados a partir del reciclado de residuos. Sin embargo, la evolución del campo de investigación de los RCD y la EC no ha sido hasta entonces analizado.

Por ello, el objetivo de este estudio ha sido revisar el campo de investigación de la economía circular y los residuos de construcción y demolición. Para cumplir con esta meta, se establecieron los siguientes objetivos específicos: (i) realizar un análisis cuantitativo basado en una revisión sistemática, (ii) realizar una revisión cualitativa basada en un estudio de mapeo

científico, (iii) analizar los resultados obtenidos de críticas anteriores. Este estudio contribuirá al cuerpo de conocimiento existente al destacar y evaluar las tendencias y patrones en el campo de investigación de EC, estableciendo sus temas de investigación, mapeando redes de investigadores y recomendando áreas para estudios futuros.

2. METODOLOGÍA

Para lograr los objetivos de este estudio, se ha realizado el doble análisis integrado consiste en (i) una revisión sistemática de la literatura (SRL) de los registros bibliográficos sobre EC y RCD, y (ii) un análisis bibliométrico de los documentos identificados. Cada uno de estos procedimientos se describe en detalle en las secciones siguientes.

2.1. REVISIÓN SISTEMÁTICA DE LA LITERATURA

La SRL establece un enfoque metodológico que recopila toda la evidencia empírica que se ajusta a los criterios de elegibilidad preestablecidos (Liberati et al., 2009), con el fin de establecer hallazgos útiles en la literatura (Martínez-Aires et al., 2018). La SRL identifica cualquier brecha minimizando el sesgo de investigación y proporcionando resultados confiables a partir de los cuales se pueden extraer conclusiones y tomar decisiones (Antman et al., 1992). La revisión se lleva a cabo siguiendo una estrategia de búsqueda predefinida y presenta evidencias sobre fuentes de datos, criterios de selección y análisis (da Silva Serapião Leal et al., 2019), de acuerdo con las siguientes cuatro etapas, en base a las pautas proporcionadas por Kitchenham (Kitchenham & Charters, 2007): (i) *Planificación y formulación del problema*; (ii) *Selección de la(s) base de datos (s), palabras clave y cadena de búsqueda*; (iii) *Selección de la literatura*; (iv) *Identificación del horizonte temporal*. Las palabras clave que se han utilizado para realizar la búsqueda se recogen en la Tabla 1.

Tabla 1. Palabras clave para realizar la búsqueda

<i>palabras clave</i>	
construction and demolition waste	blue economy
circular economy	industrial symbiosis
cradle to cradle	closed loop
3r principle	recycling
6r principle	recycled
9r principle	reuse
industrial ecology	downcycling
green economy	reduce

2.2. ANÁLISIS BIBLIOMÉTRICO: ANÁLISIS DE RENDIMIENTO Y MAPEO CIENTÍFICO

Desde una perspectiva objetiva y cuantitativa, que examina el material bibliográfico (Albort-Morant & Ribeiro-Soriano, 2016), se ha realizado un análisis bibliométrico mediante un análisis de desempeño y un mapeo científico, con el objetivo de obtener una representación espacial de la relación entre disciplinas, especialidades, documentos individuales y autores. El análisis de desempeño evalúa el impacto de la cita de la producción científica; el mapeo de la ciencia muestra la estructura conceptual, social o intelectual de la investigación, su evolución y aspectos dinámicos. Para ello se ha usado la herramienta gratuita de mapeo científico SciMAT (Science Mapping Analysis Software Tool) (Cobo et al., 2012). La aplicación de SciMAT establece una detección de los temas de investigación, donde un índice de equivalencia (Callon et al., 1991) se genera, seguido de una agrupación de palabras clave temáticas utilizando el algoritmo de centros simples (Coulter et al., 1998) para detectar los temas más relevantes. Continúa con la creación de diagramas estratégicos bidimensionales basados en la centralidad (grado de interacción de un tema de investigación con otros temas de investigación) y la densidad (valor de fuerza interna del tema de investigación). En estos diagramas, los siguientes cuatro temas de investigación diferentes se reflejan por períodos: temas motores (cuadrante superior derecho); temas muy desarrollados y aislados (cuadrante superior izquierdo); temas emergentes o en declive (cuadrante inferior izquierdo); y temas básicos y transversales (cuadrante inferior derecho).

A continuación se detectan mediante un gráfico de superposición los vínculos conceptuales entre temas de investigación, en diferentes períodos, así como la fuerza de asociación entre los temas a través del índice de inclusión (Alcaide-Muñoz et al., 2017). La flecha horizontal representa el número de palabras compartidas por ambos períodos. La flecha de entrada superior representa la cantidad de palabras nuevas en ese período y la flecha de salida superior representa las palabras que desaparecen en ese período.

Además, la contribución de los temas de investigación a todo el campo de la investigación se mide cuantitativa y cualitativamente mediante mediciones bibliométricas. Entre otros, se estudia el número de documentos publicados, el número de citas de los documentos, los autores más citados, las publicaciones más citadas y las diferentes variantes del índice h.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. NÚMERO DE DOCUMENTOS PUBLICADOS

En la Figura 1 se presenta el número de documentos científicos publicados sobre el tema de estudio desde la primera publicación en 1993, donde se puede apreciar el crecimiento exponencial en el número de publicaciones al año, especialmente en los últimos 10 años. Por este motivo se ha llevado a cabo el estudio en 3 periodos: 1993-2007, 2008-2014 y 2015-2019, con 119, 347 y 591 documentos publicados respectivamente, que supone un aumento en la producción científica prácticamente del doble de un periodo a otro, lo que confirma que el tema de estudio es, y parece que seguirá siendo, de enorme interés en el ámbito científico.

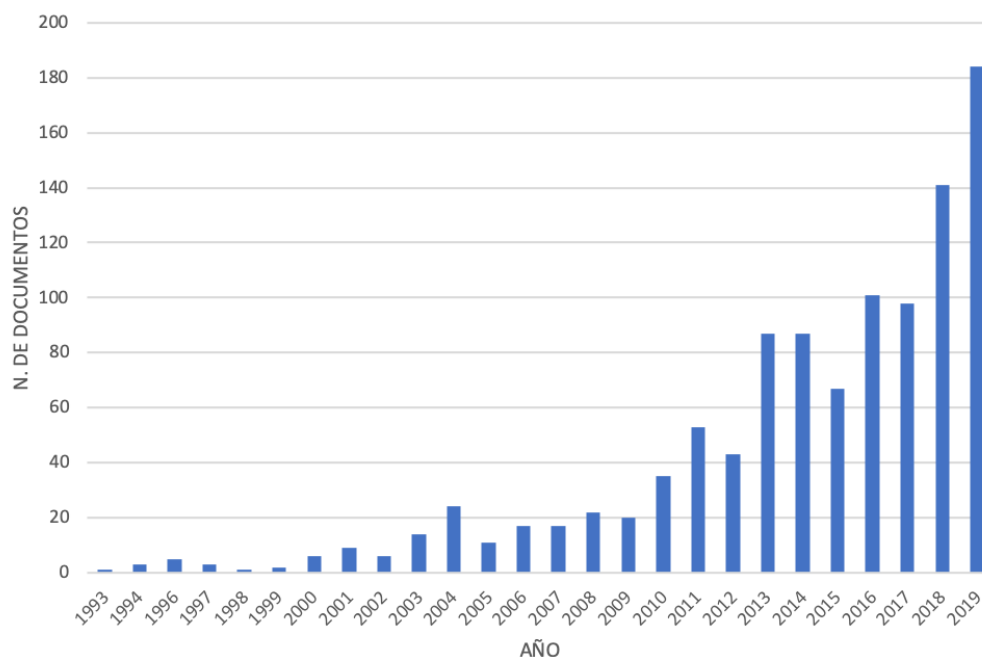


Figura 1. Número de documentos publicados por año

3.2. ANÁLISIS DE DOCUMENTOS ALTAMENTE CITADOS

De los 1057 documentos utilizados para el estudio, la Tabla 2 resume el análisis de los 10 documentos más citados ordenados según el número de citas recibidas. El documento más citado con 604 citas, un 55% más de citas que el segundo, es *“the greening of concrete industry”* [15]. En este documento, su único autor hace un balance de los graves problemas medioambientales asociados a la industria del hormigón y cómo el uso de diferentes subproductos industriales, en sustitución del cemento portland, y materiales reciclados, empleados como áridos, pueden contribuir a mejorar el futuro medioambiental del sector. La estructura del mismo difiere completamente del resto de artículos más citados, en tanto que presentan los resultados del comportamiento de los AR procedentes de RCD para ser empleados en la elaboración de hormigón o directamente del comportamiento del hormigón elaborado con ellos. Como era de esperar, la mitad de los documentos han sido publicados en el primer periodo de estudio y la otra mitad en el segundo, lo que indica el considerable conocimiento científico que aún aportan estos documentos.

Es necesario destacar que de los 2468 autores que han firmado los documentos estudiados, dos de ellos, considerados como los mayores exponentes en materia de sostenibilidad en construcción, tienen sendos artículos sobre la materia en el top ten analizado. Se trata del hongkonés Chi Sun Poon y el portugués Jorge de Brito.

Tabla 2. Ranking de los 10 documentos publicados más altamente citados

Paper	Autor	Año	N. de citas
The greening of the concrete industry	Meyer, C. [15]	2009	604
Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete	Rao, A., Jha, K.N., Misra, S. [16]	2007	390
Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production	Silva, R.V., Dhir, R.K., De Brito, J. [17]	2014	382
Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete - A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review	Behera, M, Bhattacharyya, S.K.,, Minocha, A.K., Deoliya, R., Maiti, S. [18]	2014	346
Feasible use of recycled concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base	Poon, C.S., Chan, D. [19]	2006	301
Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks	Poon, C.S., Kou, S.C., Lam, L. [20]	2002	258
Trend of the research on construction and demolition waste management	Yuan, H., Shen, L. [21]	2011	235
Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options	Brown, M.T., Buranakarn, V. [22]	2003	215
Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates	De Brito, J., Correia, J.R., Pereira, A.S. [23]	2005	185
Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks	Yang, J., Du, Q., Bao, Y. [24]	2011	173

3.3. ANÁLISIS DE LA EVOLUCIÓN CIENTÍFICA

Un aspecto que indica la plena actualidad que tiene el tema de estudio en el conocimiento científico es la continuidad de palabras clave compartidas entre periodos de tiempo consecutivos que se puede apreciar en el mapa longitudinal de la Figura 2. Las palabras clave que han empleado los autores para representar su trabajo han aumentado considerablemente a lo largo de los años. De hecho el campo evolucionó de 148 grupos de palabras clave en el primer

periodo (1993-2007) a 339 en el segundo (2008-2014), aunque ralentizándose hasta las 389 en el tercero (2015-2019). Además, el número menor de palabras clave que desaparecen de cada periodo (flechas salientes oblicuas), respecto de las nuevas aportaciones (flechas incidentes oblicuas), así como el alto número de palabras clave compartidas entre periodos (flechas horizontales), reafirman la creciente diversidad temática discutida en relación a la economía circular y los RCD.

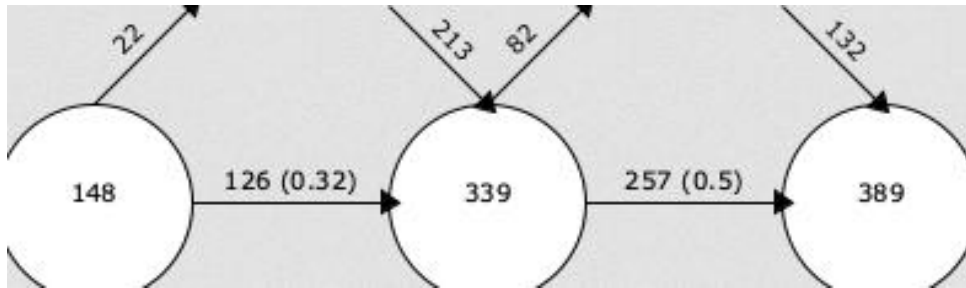


Figura 2. Mapa de superposición de palabras clave en los tres periodos de estudio

3.4. ANÁLISIS DE CONTENIDO. DIAGRAMAS ESTRATÉGICOS

Las Figuras 3 a 5 recogen los resultados más significativos obtenidos del análisis de palabras clave para cada periodo de estudio.

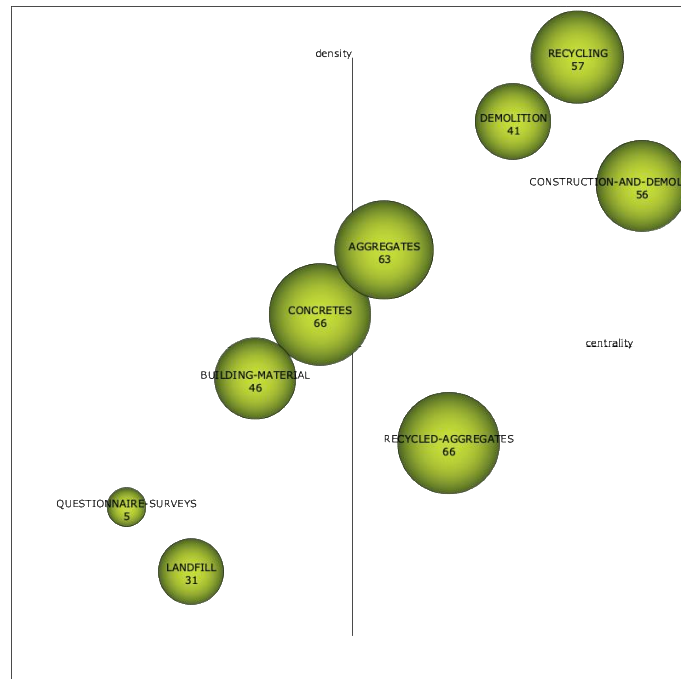


Figura 3. Diagrama estratégico del primer periodo, desde 1993 a 2007

El primer periodo el diagrama estratégico (Figura 3) muestra solo dos temas motores, es decir temas muy bien desarrollados científicamente. Ambos temas son el *reciclaje* (RECYCLING) cuya alta centralidad indica que es un concepto muy importante para el tema objeto de estudio, y los *residuos de construcción y demolición* (CONSTRUCTION AND DEMOLITION WASTE), que además presenta una alta cohesión interna con todas las palabras que describen el tema. Por el contrario, por la posición del tema *vertedero* (LANDFILL) en el tercer cuadrante se observa que puede ser o bien un tema marginal o poco desarrollado dentro del campo estudiado. No obstante, tal y como se aprecia en su evolución en los periodos siguientes, se puede afirmar que es un tema marginal, pues en el segundo periodo aparece en la misma posición, mientras que en el tercero desaparece completamente del mapa. El tema *demolición* (DEMOLITION) proporciona en este periodo poca información, pero su evolución en el tiempo manifiesta la importancia y el desarrollo que presenta para el campo de estudio. En definitiva, en este periodo se muestra cómo los temas de estudio están focalizados sobre la problemática de la gestión de los RCD derivada de la actividad del sector.

En el segundo periodo (Figura 4) comienzan a irrumpir en el escenario como temas motores el *árido* (AGGREGATE) y el *hormigón* (CONCRETE), mientras que como tema emergente aparece *materiales de construcción* (BUILDING MATERIALS). Todos ellos acabarán afianzándose como temas muy bien desarrollados en el siguiente periodo. Es necesario destacar que el único tema que aparece como genérico, transversal o básico para el campo científico en el estudio realizado, es el de *áridos reciclados* (RECYCLED AGGREGATES). La investigación científica desarrollada por tanto en este periodo se centra en la viabilidad de utilización de los áridos reciclados en sustitución de los naturales para diversas aplicaciones en construcción.

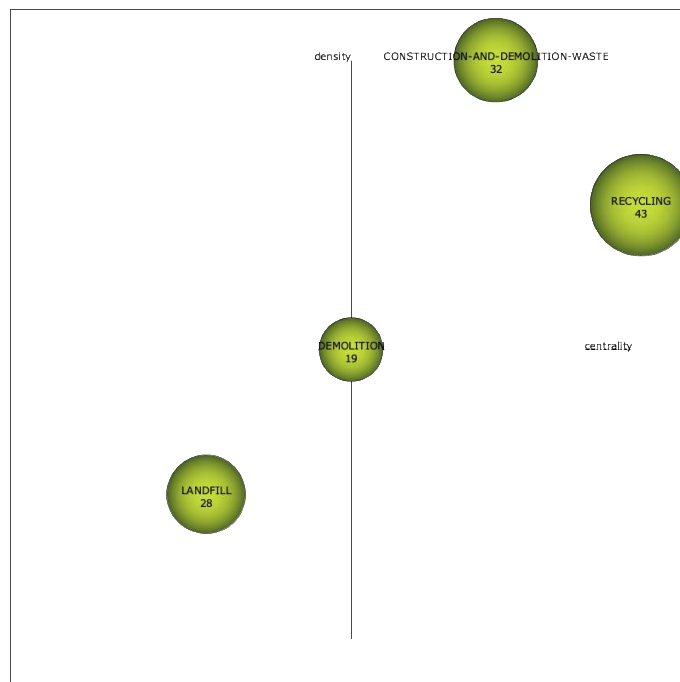


Figura 4. Diagrama estratégico del segundo periodo, desde 2008 a 2014

Finalmente, en el tercer periodo (Figura 5) se afianzan todos los temas motores que aparecieron en los periodos anteriores y, además de residuos industriales (INDUSTRIAL WASTE) como otro tipo de residuos que estudia su posible valorización y pavimentos (PAVEMENTS) como aplicación novedosa, emergen los temas relacionados con la preocupación por la sostenibilidad y el

medioambiente como *medioambiente* (ENVIRONMENT) e *impacto medioambiental* (ENVIRONMENTAL IMPACT). Así mismo, por la posición que presenta el tema *áridos reciclados* (RECYCLED AGGREGATES) se entiende que ya es un tema suficientemente desarrollado y por tanto su objeto de estudio ya está en fase de desaparición. En este periodo se aprecia claramente la influencia de las políticas gubernamentales sobre la consecución de la circularidad y la sostenibilidad medioambiental en el sector de la construcción, que tienen su punto álgido en esta época. Todos los aspectos relacionados con la gestión de los RCD y su valorización para ser utilizados en la producción de materiales de construcción sostenibles, tras casi tres décadas de estudio, sigue siendo de interés en el campo científico.

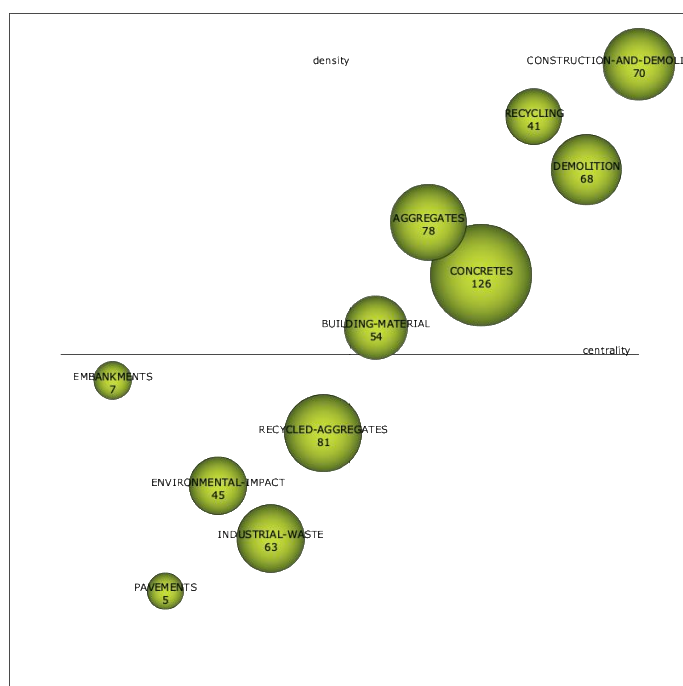


Figura 5. Diagrama estratégico del tercer periodo, desde 2015 a 2019

4. CONCLUSIONES

- Los resultados obtenidos de la revisión sistemática de la literatura realizada en este estudio sobre la economía circular y los residuos de construcción y demolición en los 3 periodos: 1993-2007, 2008-2014 y 2015-2019, ponen de manifiesto que el tema de estudio es de interés en el ámbito científico y lejos de estar agotado, tiene una gran proyección de futuro.
- Particularmente, uno de los aspectos del estudio que reafirma la riqueza temática sobre la economía circular y los residuos de construcción y demolición es el gran número de palabras clave que se han utilizado en los estudios consultados.
- Concretamente la evolución de los temas de estudio en el tiempo pone de manifiesto que en cada periodo la temática se ha focalizado en aspectos diferentes. En el primer periodo, los autores se han centrado en la problemática de la gestión de los residuos de construcción y demolición derivada de la actividad del sector. En el segundo periodo se ha estudiado en

profundidad la caracterización de los diferentes tipos de áridos reciclados y sus posibles aplicaciones en sustitución de los naturales. Mientras que en el tercer periodo se observa la influencia de las políticas gubernamentales sobre la valorización de los residuos de construcción y demolición para la consecución de la circularidad y la sostenibilidad medioambiental en el sector.

- Finalmente, el estudio ha puesto de manifiesto que la producción científica sobre la economía circular y los residuos de construcción y demolición se encuentra capitaneado por dos de los grandes exponentes en materia de sostenibilidad en la construcción: el hongkonés Chi SuN Poon y el portugués Jorge de Brito.

BIBLIOGRAFÍA

- Albort-Morant, G., & Ribeiro-Soriano, D. (2016). A bibliometric analysis of international impact of business incubators. *Journal of Business Research*, 69(5), 1775–1779. <https://doi.org/10.1016/J.JBUSRES.2015.10.054>
- Alcaide-Muñoz, L., Rodríguez-Bolívar, M. P., Cobo, M. J., & Herrera-Viedma, E. (2017). Analysing the scientific evolution of e-Government using a science mapping approach. *Government Information Quarterly*, 34(3), 545–555. <https://doi.org/10.1016/J.GIQ.2017.05.002>
- Antman, E. M., Lau, J., Kupelnick, B., Mosteller, F., & Chalmers, T. C. (1992). A Comparison of Results of Meta-analyses of Randomized Control Trials and Recommendations of Clinical Experts. *JAMA*, 268(2), 240. <https://doi.org/10.1001/jama.1992.03490020088036>
- Behera, M., Bhattacharyya, S.K., Minocha, A.K., Deoliya, R., Maiti, S. (2014). Recycled aggregate from C&D waste & its use in concrete – A breakthrough towards sustainability in construction sector: A review. *Construction and Building Materials*, 68, 501-516. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.07.003>.
- Brown, M.T., Buranakarn, V. (2003). Emergy indices and ratios for sustainable material cycles and recycle options. *Resources, Conservation and Recycling*, 38(1), 1-22. [https://doi.org/10.1016/S0921-3449\(02\)00093-9](https://doi.org/10.1016/S0921-3449(02)00093-9)
- Callon, M., Courtial, J. P., & Laville, F. (1991). Co-word analysis as a tool for describing the network of interactions between basic and technological research: The case of polymer chemistry. *Scientometrics*, 22(1), 155–205. <https://doi.org/10.1007/BF02019280>
- Cobo, M. J., López-Herrera, A. G., Herrera-Viedma, E., & Herrera, F. (2012). SciMAT: A new science mapping analysis software tool. *Journal of the American Society for Information Science and Technology*, 63(8), 1609–1630. <https://doi.org/10.1002/asi.22688>
- Coulter, N., Monarch, I., & Konda, S. (1998). Software engineering as seen through its research literature: A study in co-word analysis. *Journal of the American Society for Information Science*, 49(13), 1206–1223. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1097-4571\(1998\)49:13<1206::AID-ASI7>3.0.CO;2-F](https://doi.org/10.1002/(SICI)1097-4571(1998)49:13<1206::AID-ASI7>3.0.CO;2-F)

- da Silva Serapião Leal, G., Guédria, W., & Panetto, H. (2019). Interoperability assessment: A systematic literature review. *Computers in Industry*, 106, 111–132. <https://doi.org/10.1016/J.COMPIND.2019.01.002>
- de Brito, J., Pereira, A.S., Correia, J.R. (2005). Mechanical behaviour of non-structural concrete made with recycled ceramic aggregates. *Cement and Concrete Composites*, 27 (4), 429-433. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2004.07.005>
- Ghisellini, P., Cialani, C., & Ulgiati, S. (2016). A review on circular economy: the expected transition to a balanced interplay of environmental and economic systems. *Journal of Cleaner Production*, 114, 11–32. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2015.09.007>
- Kirchherr, J., Reike, D., & Hekkert, M. (2017). Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions. *Resources, Conservation and Recycling*, 127, 221–232. <https://doi.org/10.1016/J.RESCONREC.2017.09.005>
- Kitchenham, B., & Charters, S. (2007). Procedures for Performing Systematic Literature Reviews in Software Engineering. *Keele University & Durham University, UK*.
- Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., Clarke, M., Devereaux, P. J., Kleijnen, J., & Moher, D. (2009). The PRISMA Statement for Reporting Systematic Reviews and Meta-Analyses of Studies That Evaluate Health Care Interventions: Explanation and Elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7), e1000100. <https://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>
- Martínez-Aires, M. D., López-Alonso, M., & Martínez-Rojas, M. (2018). Building information modeling and safety management: A systematic review. *Safety Science*, 101, 11–18. <https://doi.org/10.1016/J.SSCI.2017.08.015>
- Meyer, C. (2009). The greening of the concrete industry. *Cement and Concrete Composites*, 31(8), 601-605. <https://doi.org/10.1016/j.cemconcomp.2008.12.010>
- Murray, A., Skene, K., & Haynes, K. (2017). The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context. *Journal of Business Ethics*, 140(3), 369–380. <https://doi.org/10.1007/s10551-015-2693-2>
- Poon, C.S., Chan, D. (2006). Feasible use of recycled concrete aggregates and crushed clay brick as unbound road sub-base. *Construction and Building Materials*, 20(8), 578-585. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2005.01.045>
- Poon, C.S., Kou, S.C., Lam, L. (2002) Use of recycled aggregates in molded concrete bricks and blocks. *Construction and Building Materials*, 16(5), 281-289. [https://doi.org/10.1016/S0950-0618\(02\)00019-3](https://doi.org/10.1016/S0950-0618(02)00019-3)
- Rao, A. Jha, K.N. Misra, S. (2007). Use of aggregates from recycled construction and demolition waste in concrete. *Resources Conservation and Recycling*, 50(1), 71-81. <https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2006.05.010>.
- Silva, R.V., de Brito, J., Dhir, R.K. (2014). Properties and composition of recycled aggregates from construction and demolition waste suitable for concrete production. *Construction and*

Building Materials, 65, 201-217. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2014.04.117>.

Yang, J., Du, Q., Bao, Y. (2011). Concrete with recycled concrete aggregate and crushed clay bricks. *Construction and Building Materials*, 25(4), 1935-1945. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2010.11.063>

Yuan, H., Shen, L. (2016). Trend of the research on construction and demolition waste management. *Waste Management*, 31(4), 670-679. <https://doi.org/10.1016/j.wasman.2010.10.030>