



TRABAJO FINAL DE MÁSTER

La Economía Circular en el sector de la construcción de Granada

Autor/a: Elisa Almenzar Ramírez

Tutor/a: Iluminada Fuertes Fuertes

Fecha de lectura: Junio 2023



**UNIVERSITAT
JAUME•I**

Resumen

El sector de la construcción es una pieza clave en el proceso de transición ecológica impulsado por la Unión Europea y sus miembros en los últimos años. Es responsable del 50% del total de los materiales extraídos y su actividad genera unas emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que oscilan entre el 5 y el 12% de las emisiones globales (Comisión Europea, 2020). Además, los residuos derivados de su actividad, conocidos como residuos de construcción y demolición (RCD), alcanzan los 95 millones de toneladas al año en la Unión Europea, lo que supone un 35% de la generación total (Sáez & Osmani, 2019). El nivel de reciclaje y recuperación de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición varía según el país (Comisión Europea, 2023). No obstante, la gestión eficaz y sostenible de los mismos es indispensable en el camino hacia la transición ecológica (Liikanen et al, 2019).

El presente estudio pretende dar respuesta a las posibilidades de aplicación de sistemas de economía circular en el sector de la construcción, tomando como base geográfica la provincia de Granada debido a los problemas medioambientales que presenta el territorio, relacionados principalmente con los niveles de contaminación del aire y los problemas de expansión urbanística. Para ello he analizado el sector en la provincia mediante el estudio de datos clave en la generación y reciclaje de residuos de construcción y demolición presentando a su vez un análisis del contexto de la Economía Circular en el territorio. Finalmente, el estudio ofrece diferentes opciones de valorización de RCD con potencial para ser implantados Granada, contribuyendo así a la diversificación de las técnicas de valorización de RCD actualmente aplicadas así como a la implantación de sistemas circulares en la gestión de RCD.

Palabras clave: Construcción, Economía Circular, RCD, Granada.

Abstract

The construction sector is key in the ecological transition process driven by the European Union and its members. It is responsible for 50% of the total extracted materials and its activity generates greenhouse gas emissions ranging from 5% to 12% of global emissions (European Commission, 2020). In addition, the waste derived from construction, known as construction and demolition waste (CDW), reaches 95 million tons per year in the European Union, accounting for 35% of the total generation (Sáez & Osmani, 2019). The level of recycling and material recovery from construction and demolition waste varies by country (European Commission, 2023). However, effective and sustainable management of such waste is essential in the path towards ecological transition (Liikanen et al., 2019).

This study addresses the possibilities of applying circular economy systems in the construction sector, focusing on the province of Granada due to its environmental challenges, primarily related to air pollution levels and urban expansion issues. To this end, the construction sector in the region has been analyzed by examining key data on the generation and recycling of construction and demolition waste. I thus present a SWOT analysis of the Circular Economy in the region. Finally, the study offers different options for the valorization of CDW for its potential implementation in Granada, hence, contributing to the diversification of currently applied CDW valorization techniques and the implementation of circular systems in CDW management.

Keywords: Construction, Circular Economy, CDW, Granada.

ÍNDICE DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN.....	7
2. METODOLOGÍA.....	12
3. ECONOMÍA CIRCULAR: REVISIÓN DE LA LITERATURA	14
3.1 Aproximación al concepto de economía circular	15
3.2 La economía circular como alternativa	16
3.3 Limitaciones.....	17
3.4 La economía circular en el sector de la construcción.....	18
3.5 Marco legislativo.....	19
3.6. Últimos avances en Europa y España	22
4. APLICACIÓN DE LA ECONOMIA CIRCULAR AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN	26
4.1. Importancia económica del sector.....	26
4.2. Impacto medioambiental.....	28
4.3. Normativa reguladora europea y nacional.....	30
4.4. Implantación de la EC en proyectos de construcción.....	32
4.5. Contribución a la Agenda 2030 y ODS.....	36
5. LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE GRANADA.....	38
5.1. Contexto de la Economía Circular en la Provincia	39
5.2. El sector de la construcción en Granada.....	42
5.3. Los RCD.....	46
5.4. Los RCD en Granada.....	49
5.5. Oportunidades de valorización de los RCD	53
5.6. Ventajas y barreras en la valorización y gestión de RCD	56
6. CONCLUSIONES.....	58
7. BIBLIOGRAFÍA.....	61
ANEXO I.....	74
ANEXO II.....	75

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Serie emisiones de gases efecto invernadero en España	24
Gráfico 2: Consumo nacional de materiales/PIB.....	25
Gráfico 3: Valor añadido europeo del sector de la construcción	27
Gráfico 4: Principales actividades económicas 2021	43
Gráfico 5: Entradas de RCD a las instalaciones (datos en toneladas)	50
Gráfico 6: Acumulado por tipos de residuo Ecoparque Norte Granada.....	51

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estrategias y Normativa Nacional y Europea	31
Figura 2: PIB Granada por rama de actividad	42
Figura 3: Proceso de tratamiento de RCD	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Potencial de la Economía Circular en los diferentes sectores de la provincia de Granada	40
Tabla 2 Ocupados por sector económico y provincia. Miles de personas	43
Tabla 3 Clasificación de RCD	46
Tabla 4 Residuos peligrosos y sustancias.....	46
Tabla 5 RCD generados en Andalucía. Año 2018	49
Tabla 6 Normativa europea en materia de Economía Circular.....	74
Tabla 7 Normativa Española en materia de Economía Circular.....	74
Tabla 8 Operaciones de valorización de RCD.....	75

LISTADO DE ABREVIATURAS

GEI: Gases de Efecto Invernadero

RCD: Residuos de Construcción y Demolición

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

UE: Unión Europea

PIB: Producto Interior Bruto

CO2: Dióxido de Carbono

EDA: Por sus siglas en inglés, *Exploratory Data Analysis*; Análisis exploratorio de datos

EEC: Estrategia Española de Economía Circular

OP: Objetivo Político

INE: Instituto Nacional de Estadística

EC: Economía Circular

VAB: Valor Añadido Bruto

IRP: Panel Internacional de Recursos

ISO: Organización Internacional de Normalización

OECD: Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico

WPC: Polímeros de Madera

1. INTRODUCCIÓN

El sector de la construcción representa una de las claves hacia la transición ecológica de la Unión Europea y de todos sus miembros, dado que se posiciona como el mayor generador de residuos (Eurostat, 2016). Los residuos de construcción y demolición alcanzan los 95 millones de toneladas al año en la Unión Europea, lo que supone un 35% de la generación total (Sáez & Osmani, 2019). El nivel de reciclaje y recuperación de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición varía según el país (Comisión Europea, 2023), no obstante, la gestión eficaz y sostenible de los mismos es indispensable en el camino hacia la transición ecológica (Liikanen et al, 2019).

Además de la producción de residuos, el sector de la construcción es responsable del 50% del total de los materiales extraídos y su actividad genera unas emisiones de gases efecto invernadero (GEI) que oscilan entre el 5 y el 12% de las emisiones globales (Comisión Europea, 2020). En España, a pesar de su importancia económica (alrededor del 6,5% del PIB), la construcción es responsable del consumo de un 40% de los recursos, de la generación del 40% de residuos y de la emisión del 35% de gases de efecto invernadero (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020). Dado que la generación de residuos se está incrementando en todas las fases del ciclo de vida del sector, es necesario fomentar la adopción de prácticas sostenibles basadas en la Economía Circular (Bilal et al, 2020).

Tras el impulso en los últimos años de nuevas políticas europeas y nacionales en cuanto a la gestión y reciclaje de residuos de construcción y demolición, es imprescindible desarrollar nuevos mecanismos para que los mercados, en concreto el de la construcción, pueda hacer uso de estos materiales reciclados para alargar así su vida útil y reducir el consumo de recursos (Contreras et al, 2016).

De acuerdo con varios autores, (Brambilla et al., 2019), el sector de la construcción presenta un gran potencial para la adopción de prácticas de Economía Circular, y en los últimos años han aumentado considerablemente los estudios relativos a la gestión de residuos de construcción y demolición (Taboada et al., 2020; Liikanen et al., 2019; Smolka y Sobotka, 2020), y su potencial como materias primas secundarias (Contreras et al., 2016). No obstante, la mayoría de la investigación relativa a la construcción sostenible hace referencia al consumo de energía y a las emisiones de carbono producidas (Pomponi & Moncaster, 2017).

Es precisamente en esta línea, y con el propósito de aumentar el conocimiento en el ámbito de la gestión de residuos de construcción, donde se enmarcan los objetivos de este trabajo. Para ello se ha desarrollado sobre la ciudad de Granada como campo de estudio.

El área metropolitana de la ciudad de Granada, es uno de los diez focos principales de contaminación en Andalucía (Ecologistas en Acción, 2022). La ciudad ha ido expandiendo su composición urbanística de manera exponencial en los últimos años, ocupando terrenos con suelos fértiles y ricos como la zona de la Vega (Medela & Montaña, 2011). Recientemente, el Ayuntamiento de la ciudad, ha comunicado una revisión del Plan General de Ordenación Urbana, para impulsar y actualizar el mismo, donde se contempla el aumento del parque de viviendas, destinando, si fuese necesario, nuevos suelos (Ayuntamiento de Granada, 2021). Andalucía, generó un total de 4.042.000 toneladas de residuos de construcción y demolición en el año 2018 (Junta de Andalucía, 2021), mientras que la provincia de Granada registró un total de 42.235 t recogidas en las diferentes plantas públicas de tratamiento de residuos de construcción y demolición (en adelante RCD) en el año 2017 (último dato disponible) (Diputación de Granada, 2023).

En la ciudad de Granada, los residuos de construcción y demolición procedentes de obras menores, son en su mayoría, trasladados al Ecoparque Norte para posteriormente ser transportados a la planta de tratamiento de RCD correspondiente. Las operaciones de transporte de gravas, arenas y otros áridos requieren el papel de un gestor de RCD. En el año 2019, el Ecoparque recogió un total de 1.515.860 Kg de escombros, lo que supone un 42,7% del total del material recogido tal y como se muestra en el gráfico número 6 del presente estudio (Ayuntamiento de Granada, 2023).

En base a todo lo anterior, el objetivo general de la presente investigación consiste en contribuir a la implantación de Estrategia Española de Economía Circular: España Circular 2030. Con este fin, la investigación se compone de diferentes objetivos específicos:

- Identificar las diferentes aplicaciones de la Economía Circular en el sector de la construcción.
- Analizar el marco normativo europeo y nacional relativo a la Economía Circular y al sector de la construcción.

- Promover la reutilización de residuos de construcción y demolición como materias primas secundarias en el sector de la construcción de Granada, en línea con la Estrategia Española de Economía Circular 2030 (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).
- Descubrir nuevas técnicas para la revalorización de los RCD en el sector de la construcción de Granada, en línea con los objetivos marcados por la UE para la recuperación de materiales procedentes de RCD a través de un proceso circular (Comisión Europea, 2016).
- Ampliar el conocimiento existente acerca de las buenas prácticas nacionales y europeas en la producción de materiales de construcción sostenibles, que son aplicables al sector de la construcción en la ciudad de Granada.
- Determinar las principales barreras en el sector de la construcción para la revalorización de RCD y la utilización de materias primas secundarias.
- Analizar la relación existente entre un sector de construcción sostenible y la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS).

El presente estudio incluye un análisis de las oportunidades existentes para transformar los escombros, así como otros RCD, en materiales de construcción secundarios mediante procesos de Economía Circular. Los principales beneficiarios del estudio serán los grupos de interés del sector, los cuáles se han identificado en base a la clasificación realizada por Kordi et al. (2021):

- Partes interesadas internas: son aquellas organizaciones con una relación contractual en alguna de las fases del proyecto de construcción (clientes, consultores o contratistas).
- Partes interesadas externas: aquellas con las cuales no existe una relación contractual, pero ostentan responsabilidades en relación al proyecto (autoridades locales y proveedores de materiales).
- Usuarios finales: tanto los compradores legales como los usuarios sociales.

A esta clasificación, añadimos un cuarto y un quinto grupo de interés para el caso concreto del estudio realizado: las organizaciones y asociaciones de empresas del sector interesadas en los procesos de innovación sostenibles. En concreto, el Clúster de Construcción Sostenible de Granada, así como los grupos de investigación académica interesados en el campo de estudio.

En adelante, el trabajo se estructura de la siguiente forma. En el punto 2 se aborda la metodología; en el punto 3 se incluye el marco teórico referencial que ha servido como base a la elaboración de este estudio, poniendo de manifiesto los descubrimientos y teorías acerca de la economía circular como sistema económico alternativo, su aplicación al sector de la construcción y la gestión de RCD para su revalorización como nuevas materias primas para el sector. Este apartado ofrece asimismo, una descripción del concepto Economía Circular, el marco legislativo de referencia y los últimos avances a nivel europeo, nacional y regional. En el siguiente apartado, (punto 4) se tratarán las posibles aplicaciones de prácticas de Economía Circular a lo largo del ciclo de vida del sector, con objeto de proporcionar la visión más transversal posible de cara a futuras investigaciones. Se incluye así mismo en esta sección, una revisión legislativa del sector de la construcción desde su dimensión sostenible. Finalmente, en el punto 5, se aborda el estudio de la economía circular en la provincia de Granada, con especial atención al sector de la construcción y a la gestión de los RCD en el territorio. Se incluye además, una relación de buenas prácticas en la valorización de RCD que pueden ser objeto de aplicación en la provincia. En el último punto se incluyen las principales conclusiones resultantes del estudio (punto 6).

2. METODOLOGÍA

La elaboración del presente estudio está basada en la revisión documental de investigaciones científicas en el campo de la Economía Circular en los últimos años, así como en el estudio y análisis de los informes y diagnósticos de las principales instituciones europeas y nacionales en materia de Economía Circular, construcción y gestión de residuos de construcción y demolición.

Con objeto de indagar en la realidad del sector de la construcción en Granada, así como en el problema de la generación y gestión de residuos de construcción y demolición, se recurre a bases de datos oficiales proporcionadas por el Ayuntamiento de la ciudad y por la Junta de Andalucía. En este sentido es importante recalcar la escasez de estudios científicos acotados a este ámbito en la ciudad de Granada.

El presente estudio se divide en tres secciones principales: 3. Un análisis del concepto Economía Circular junto con su marco normativo y un diagnóstico de los último avances a nivel europeo y nacional; 4. Un análisis sobre la aplicación de la Economía Circular al sector de la construcción durante todas las fases del ciclo de vida así como una descripción del sector de la construcción y su marco normativo en relación al concepto de sostenibilidad; 5. Un análisis del sector de la construcción y las prácticas de Economía Circular aplicadas en la provincia de Granada con especial foco en la gestión de RCD y un diagnóstico de las prácticas innovadoras de Economía circular aplicadas al sector de la construcción en los últimos años, que podrían replicarse en el sector granadino.

Para el desarrollo de estas secciones se ha llevado a cabo una investigación exploratoria y descriptiva. La investigación descriptiva es la empleada para describir los aspectos principales de una realidad, que ya ha sido objeto de estudio, y para la cual existe un estado de conocimiento desarrollado (Alban et al., 2020) y (Sampieri et al., 1997). Las secciones 3 y 4 del presente estudio se han elaborado atendiendo a esta metodología y ofreciendo una recopilación de la información provista por numerosos autores académicos especializados en la Economía Circular y su aplicación al sector de la construcción. La investigación exploratoria, es la entendida como “la examinación de un tema o problema de investigación poco estudiado o que no ha sido abordado antes” (Sampieri et al., 1997). De acuerdo con estos autores, la investigación exploratoria

también comprende el estudio de fenómenos o problemas concretos, que han sido investigados con anterioridad y que se extrapolan a nuevos territorios o casos de estudio.

La sección 5 de este trabajo ha sido elaborada de acuerdo a esta metodología exploratoria, mediante la realización de una profunda revisión documental acompañada de cierto trabajo de campo, para analizar así, el potencial del sector de la construcción en Granada en la adopción de prácticas de Economía Circular que ya han sido testadas y estudiadas en otros contextos.

3. ECONOMÍA CIRCULAR: REVISIÓN DE LA LITERATURA

El sistema económico actual, así como las primeras relaciones comerciales tienen su origen en las sociedades griegas prehistóricas (Acuña, 2012). De hecho, algunos autores (Cerantola, 2016) sitúan el inicio del sistema económico “lineal” en el propio comienzo de las civilizaciones con actividades como la caza, la recolección o la agricultura. No obstante, este sistema de producción lineal sufrió un gran impulso tras la revolución industrial (1760-1840). Dicho sistema posee una estructura lineal sustentada en la conversión de recursos naturales en residuos a través de procesos de producción (Murray et al. 2017). El conjunto de estos procesos ha supuesto y supone, un alto impacto en la degradación medioambiental del planeta, así como en las condiciones sociales de las diferentes sociedades. La economía circular, aparece por tanto como una de las alternativas al sistema actual, con el objetivo principal de optimizar la eficiencia de los bienes y servicios en todas las fases de su ciclo de vida, tratando de asegurar su mantenimiento mayor tiempo posible. El desarrollo y el estudio de la economía circular ha sufrido un gran impulso académico e institucional en los últimos años gracias a la implantación de nuevos pactos y políticas internacionales y europeos (Ghisellini et al. 2016).

Junto a la amplia literatura académica que denota el interés del tema, existe una amplia variedad de planes institucionales a nivel europeo y nacional. Partiendo, en primer lugar, del primer Plan de Acción Europeo en Economía Circular (Comisión Europea, 2015) revisado y actualizado posteriormente con el Nuevo Plan de acción de Economía Circular: *“Por una Europa más limpia y más competitiva”* (Comisión Europea, 2020). Este último se configura como una de las piezas clave del Pacto Verde Europeo de la UE (Comisión Europea, 2019). En esta línea, y a nivel nacional, se ha incluido en la revisión tanto la Estrategia Española de Economía Circular (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020) como el Primer Plan de Acción de Economía Circular de España (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021). Finalmente, con objeto de contextualizar el marco legislativo nacional de la Economía Circular en Granada, se ha incluido en esta revisión la nueva Ley de Economía Circular de Andalucía (Parlamento de Andalucía, 2022).

3.1 Aproximación al concepto de economía circular

Existen múltiples y variadas definiciones del concepto Economía Circular. Belda (2018), describe la economía circular como el modelo de producción y consumo parecido al ciclo biológico de la naturaleza, donde los productos están siempre en circulación ampliando su vida útil y garantizando su utilidad para fabricar nuevos productos una vez esta vida finalice. Otros autores como Geissdoerfer et al. (2016) definen el concepto de Economía Circular en base a diferentes contribuciones, como un sistema regenerativo en el que el uso de recursos, los residuos, las emisiones y el desperdicio de energía se minimizan al ralentizar, cerrar y estrechar los ciclos de materiales y energía gracias a un proceso duradero de mantenimiento, reparación, reutilización, refabricación, restauración y reciclaje. Una de las definiciones más citadas en investigaciones recientes (Geissdoerfer et al., 2016; Shivarov, 2020; Fritz et al., 2020) es la que propone la Fundación Ellen MacArthur: Una industria económica que es restaurativa o regenerativa por intención y diseño (Ellen MacArthur Foundation, 2013).

Teniendo en cuenta estas definiciones, el presente estudio ofrece una nueva resultante del compendio de las mismas: La economía circular es un sistema de producción y consumo alternativo basado en la optimización del uso de los recursos, cuyo objetivo es alargar el tiempo y el uso de los recursos hasta su condición final de residuo mediante la implicación de distintos procesos: reutilización, reciclaje, uso compartido, reparación o renovación. Este sistema, además de centrarse en el uso de las materias, abarca las fases iniciales y finales del ciclo de vida—desde su extracción, hasta el transporte y la gestión de residuos en los casos en los que los productos no puedan someterse a procesos de valorización.

Un concepto relativamente novedoso en el marco de la economía circular es el modelo de negocio “producto como servicio”. En este modelo, el proveedor de un producto puede adquirir una alta rentabilidad al mantener la propiedad del producto durante todo su ciclo de vida, como si de un servicio se tratase, reduciendo así costes de mantenimiento y el uso de recursos (Matschewsky, 2019). Este modelo separa el valor económico del producto de su consumo inmediato (AIDIMME, Instituto Tecnológico Metalmecánico, Mueble, Madera, Embalaje y Afines, 2018), alargando así la vida del mismo y ofreciendo un mayor potencial para la reparación, mantenimiento y reutilización del producto en cuestión.

3.2 La economía circular como alternativa

La Economía Circular supone por tanto una alternativa real al sistema económico imperante, basado en la extracción de materias primas, su transformación en productos y servicios, su venta al consumidor final y su eliminación (Belda, 2018). El sistema actual es un proceso estructuralmente lineal e insostenible dada la cada vez más escasa disponibilidad de recursos naturales y la degradación medioambiental y social que conlleva. La instauración de las bases de la economía circular a la economía de la UE podría aumentar su producto interior bruto (PIB) en un 0,5 % adicional de aquí a 2030 y crear unos 700 000 puestos de trabajo nuevos (Cambridge Econometrics, 2018).

La población mundial a día de hoy triplica los números de mediados del siglo XX. Las previsiones apuntan a que la población mundial crecerá hasta los 8.500 millones de personas en 2030, 9.700 millones en 2050 y 10.400 millones en 2100 (United Nations. Department of Economic and Social Affairs, 2022). Los niveles a nivel mundial de la huella ecológica indican que necesitamos 1,75 planetas para mantener el ritmo actual de consumo y de uso de recursos (World Wide Fund For Nature, 2020). En el año 2050 la tasa de consumo podría triplicar la tasa de producción de residuos (Ellen MacArthur Foundation, 2015). Además, según la Organización para la Cooperación y el Desarrollo Económico el consumo global de materias como la biomasa, los combustibles fósiles, los metales y los minerales se duplicará en los próximos cuarenta años (OCDE, 2018), mientras que la generación de residuos se estima que crezca un 70% hasta los 3,4 billones de toneladas en 2050 (Banco Mundial, 2018).

Es por tanto un objetivo primordial acelerar la implantación de un cambio de sistema productivo y de consumo hacia un modelo más sostenible para con el medio ambiente y la sociedad. Este objetivo es uno de los recogidos en el acuerdo del 25 de septiembre de 2015, cuando los líderes mundiales acordaron un total de 17 objetivos de desarrollo sostenible a alcanzar en el año 2030, conformando así la Agenda2030 (Naciones Unidas, 2023). El modelo de economía circular se encuentra directamente relacionado con el ODS12: Producción y Consumo Responsables, al representar un nuevo sistema de producción y consumo enfocado en cultivar y prolongar el valor de los recursos. No obstante, los principios de este modelo se alinean así mismo a numerosas metas de la Agenda2030 (Santurde & Castro, 2021).

La crisis provocada por la pandemia del Covid-19 ha supuesto un gran inconveniente en el avance hacia la Agenda2030 (Rydz, 2022). No obstante, el contexto provocado por la pandemia ha supuesto consecuencias tanto positivas como negativas en relación a los ODS. A corto plazo, se redujeron las emisiones de CO2 (Organización de las Naciones Unidas, 2021) así como los niveles de producción en muchos sectores dada la paralización de la actividad económica en la mayoría de los países. Durante el confinamiento muchas cadenas de producción se vieron paralizadas, y los consumidores tuvieron que reducir su consumo limitándose a bienes de primera necesidad, contribuyendo así al consumo responsable (Gulseven et al., 2020).

En los últimos años se han desarrollado amplios avances tanto académicos como prácticos en el ámbito de la economía circular. Esto se debe, entre otras razones al impulso conjunto a nivel mundial, fomentado en gran medida por las instituciones europeas a través de instrumentos normativos y de naturaleza académica, que a su vez, han sido trasladados a los países miembros (Geissdoerfer et al., 2016).

3.3 Limitaciones

Dentro de la literatura científica sobre Economía Circular, existe una línea que aglutina estudios relacionados con el concepto de Economía Circular y sus posibles limitaciones. Geissdoerfer et al. (2016), afirman que el interés académico por la Economía Circular se ha acentuado en la última década de manera exponencial, no obstante, su relación con el concepto de sostenibilidad no es del todo evidente. En su estudio “The Circular Economy - A new sustainability paradigm?”, los autores concluyen una serie de similitudes y diferencias entre ambos conceptos, siendo la principal diferencia el carácter holístico del concepto sostenibilidad frente a una concepción más limitada de la Economía Circular, la cual se centra principalmente en la dimensión económica en beneficio del medioambiente. Esta teoría está reforzada por otros autores como Murray et al. (2017), quienes demuestran que la economía circular carece de la dimensión social clave en el desarrollo sostenible, proponiendo en su investigación “The Circular Economy: An Interdisciplinary Exploration of the Concept and Application in a Global Context”, una revisión del concepto. Otros autores como Shivarov (2020) plantean otro tipo de retos relativos a los límites físicos del reciclaje y de la recuperación de materiales y a las dificultades económicas que supone un cambio de modelo en una industria determinada.

Finalmente, Gregson et al. (2015) destacan la dificultad de implantar un sistema de reciclado europeo que dé lugar a materiales cuya calidad sea aceptada por el mercado. En su trabajo “Interrogating the Circular Economy: The moral economy of Resource Recovery in the EU” cuestionan el papel de la Economía Circular como un seguro geopolítico para Europa frente al crecimiento económico de los países en desarrollo.

3.4 La economía circular en el sector de la construcción

También son abundantes las investigaciones que abordan la Economía Circular en el sector de la construcción. En esta área de estudio destacan autores como Pomponi y Moncaster (2017), quienes resaltan la falta de investigación en cuanto a los edificios per se, mientras que existe una amplia variedad de estudio en relación a la circularidad de macro proyectos así como a nivel micro (productos materiales). Ambos autores destacan la importancia de tomar como referencia el análisis del ciclo de vida y del flujo de materiales para ampliar la investigación en la aplicación de la Economía Circular al sector de la construcción. Akhimien et al. (2021), destacan la falta de investigación de carácter holístico que describa paso a paso las intervenciones y estrategias circulares que se pueden emplear en la construcción eficiente. Autores como Benachio et al. (2020), han definido la Economía Circular en el sector de la construcción como “el uso de prácticas, en todas las fases del ciclo de vida de una construcción, que permiten mantener los materiales el máximo tiempo posible dentro de un sistema circular para reducir el uso de recursos naturales en un proyecto de construcción”. Estos autores identificaron ciertas barreras en la aplicación de prácticas de economía circular en el sector de la construcción, tales como la falta de comprensión sobre la aplicación práctica de este sistema, la falta de normativa para la reutilización de materiales de construcción o la necesidad de mejores sistemas de gestión de residuos de construcción y demolición. En este sentido, Hopkinson et al. (2019), afirman que al final de su vida útil, los materiales de construcción deben reutilizarse y sus partes y componentes separarse para servir como banco de materiales para nuevas obras.

En esta misma línea, existen estudios que han tratado el potencial de los residuos de construcción y demolición para convertirse en materias primas secundarias. Liikanen et al. (2019), resaltan el potencial de los residuos de construcción y demolición dado que están formados por una amplia variedad de materiales valorables como minerales,

plástico, metales o madera. Desde el año 2012, España ha reducido la tasa de recuperación de estos residuos hasta colocarse en un 73% en 2020 (Eurostat, 2023), 3 puntos por encima del objetivo marcado por la UE. Autores como Taboada et al. (2020), destacan la falta de estudios e investigación sobre indicadores eficaces para medir la gestión de residuos de construcción y demolición. En su estudio, proponen una serie de indicadores usando la metodología EDA (por sus siglas en inglés, Exploratory Data Analysis) para demostrar la eficiencia y la sostenibilidad de la gestión de los residuos de construcción y demolición. Finalmente, concluyen que la reducción de RCD así como el aumento de la tasa de recuperación de los mismos, son dos de las claves para mejorar la sostenibilidad del sector de la construcción.

3.5 Marco legislativo

El concepto de economía circular se ha ido modelando desde su origen, todavía en debate, pero situado por diversos autores alrededor de los años 70-80 (Murray et al., 2017). Sin embargo, no ha sido hasta comienzos del siglo XXI cuando ha obtenido la relevancia suficiente para ser concebido como una alternativa real por parte de los responsables políticos (Brennan et al., 2015).

La primera comunicación oficial que enmarca el concepto de economía circular es la Comunicación del Parlamento Europeo en diciembre de 2014 *“Towards a Circular Economy: a zero waste programme for Europe”* (Murray et al., 2017). Un año después, la Comisión Europea publica el Primer Plan de Acción en materia de Economía Circular: **“Cerrar el ciclo: un plan de acción de la UE para la economía circular”** (Comisión Europea, 2015). En este plan se promueve el uso de este nuevo modelo a través de la adopción de diferentes medidas y la revisión de Directivas vigentes en tres líneas principales del sistema económico: producción, consumo y gestión de residuos. El Plan presta además, especial atención a una serie de sectores prioritarios, cuya actividad supone un gran impacto medioambiental. Estos sectores son: plásticos, residuos alimentarios, materias primas críticas, construcción y demolición y biomasa y bioproductos (Romero, 2020).

El 11 de diciembre de 2019, la Comisión Europea, presenta de manera oficial el **Pacto Verde Europeo** (Comisión Europea, 2019). Este Pacto se basa en una estrategia conjunta de políticas con el objetivo principal de situar a Europa en el camino de la transición

ecológica, y lograr así la neutralidad climática en el año 2050 (Wolf et al., 2021). Para poder transferir estos objetivos climáticos a la legislación europea, el Pacto Verde incluye el paquete denominado “objetivo 55” (Comisión Europea, 2021). Este paquete ya ha sido adoptado por la UE y sus miembros, comprometiéndose todos ellos a una reducción del 55% de gases invernadero para 2030. Para alcanzar estos objetivos, el Pacto contempla diferentes estrategias, siendo clave el nuevo Plan de Acción para la Economía Circular (Comisión Europea, 2020). Este nuevo plan supone una actualización del anterior, con más de 150 medidas que demuestran el interés de los responsables políticos en los retos que presenta la Economía Circular (Johansson, 2021) otorgando especial importancia al diseño, la reutilización, la reparación, la durabilidad y al acto de compartir. La estrategia establecida aspira además, a alcanzar un desarrollo sostenible, en concordancia con los ODS y la Agenda 2030, dejando atrás la concepción de desarrollo económico como único indicador de desarrollo. De nuevo, en el presente Plan, se incluyen las cadenas de valor que suponen un factor clave en la circularidad de los productos. Se hace especial hincapié en: electrónica y TIC, Baterías y Vehículos, Envases y Embalajes, Plásticos, Productos Textiles, **Construcción** y Edificios y Alimentos, Agua y Nutrientes.

Algunas de las principales directivas europeas relativas al ámbito de la economía circular se recogen en la Tabla 6 del Anexo I.

Además de la revisión de las diferentes directivas, el nuevo plan supone el desarrollo de nuevas estrategias y protocolos como son, por ejemplo, la Estrategia para un entorno construido sostenible, la Iniciativa sobre la Electrónica Circular, un nuevo marco regulador para las baterías o un nuevo marco de actuación sobre el uso de plásticos. El Plan, incorpora, además, una posible revisión de los objetivos de **recuperación de materiales** previamente establecidos por la legislación de la UE.

Debido a la armonización legislativa de todos los países europeos a la normativa de la UE, los países miembros se encuentran en mitad de un proceso clave para implantar sus propios planes, directivas y reglamentos, en línea a la legislación europea en materia de economía circular, aunque dicho proceso difiere de unos países a otros (Polyakov et al., 2021).

En el caso de España, el gobierno nacional aprobó en junio de 2020, la **Estrategia Española de Economía Circular (EEEC)**, sentando las bases para impulsar un nuevo

modelo de producción y consumo en el que el valor de los productos, materiales y recursos se mantengan en la economía durante el mayor tiempo posible, en el que se reduzcan al mínimo la generación de residuos y se aprovechen con el mayor alcance posible los que no se pueden evitar. La estrategia recoge diferentes líneas de actuación para alcanzar una economía sostenible, descarbonizada y eficiente en el uso de los recursos en el año 2030. Este documento se materializa mediante el desarrollo e implantación de Planes de Acción trienales. Entre los principales objetivos de la EEEC, se encuentran la **reducción en un 30% del consumo nacional de materiales**, la **reducción en un 15% de la generación de residuos** y el **incremento de la tasa de reutilización y reparación de los residuos municipales** (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2020).

El primer **Plan de Acción de Economía Circular** enmarcado en la EEEC, establece un marco temporal de 3 años, 2021-2023, y el mismo incluye un total de 116 medidas acordadas por los distintos ministerios del gobierno español con objeto de avanzar hacia los objetivos marcados (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021). El Plan se divide en cinco ejes y tres líneas de actuación; eje de producción, eje de consumo, eje de gestión de residuos, eje de materias primas secundarias, eje de reutilización y depuración de agua, línea de sensibilización y participación, línea de investigación, innovación y competitividad y la línea de empleo y formación. Aunque la EEEC y el Plan de Acción de Economía Circular no dispongan de carácter legislativo, suponen un marco de referencia y en cierta medida vinculante dado que rigen el desarrollo de las nuevas directivas, normas y regulaciones en materia de Economía Circular (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2023).

Al igual que el Plan de Economía Circular europeo, la EEEC y el Plan Nacional recogen una serie de iniciativas a modificar y elaborar. En la tabla 7 del Anexo I se pueden encontrar las regulaciones principales.

A nivel regional, el pasado 22 de marzo de 2023 el Parlamento Andaluz aprobó la primera **Ley de Economía Circular** para la comunidad. La nueva Ley presenta un foco especial en la reutilización de los residuos y pretende regular su reincorporación a los ciclos de producción (Junta de Andalucía, 2023).

A pesar del carácter transversal de la economía circular, el presente estudio se centra principalmente en el eje de gestión de residuos de construcción y demolición y su revalorización, al tratarse de una de las actividades que suponen un mayor impacto medioambiental en el sector de la construcción. Los residuos de construcción y demolición suponen alrededor de un 35% del total de residuos en la Unión Europea, llegando a alcanzar los 925 millones de toneladas al año (Sáez & Osmani, 2019).

3.6. Últimos avances en Europa y España

La crisis provocada por la pandemia del Covid-19 ha supuesto una verdadera barrera en la transición hacia una economía sostenible (Rydz, 2022). Para abordar esta barrera, junto con el Pacto Verde Europeo, la Comisión y el Parlamento Europeo han desarrollado nuevos instrumentos de naturaleza técnica y financiera con objeto de mantener y propulsar los objetivos fijados en los diferentes Planes de Acción. Entre estos instrumentos se encuentran la Estrategia anual de crecimiento Sostenible (European Commission, 2021), el Nuevo modelo de Industria para Europa (Comisión Europea, 2020), la Resolución del Parlamento Europeo para conseguir un mercado único más sostenible o la Estrategia de sostenibilidad para las sustancias químicas (Comisión Europea, 2020).

La estrategia marcada por el Pacto Verde Europeo supone un verdadero reto para los 27 países miembros. Durante la próxima década, se estima que las necesidades adicionales de inversión privada y pública para la transición verde sean de casi 520 000 millones de euros al año (European Commission, 2021).

En marzo de 2022, la Comisión Europea inició el primer paquete de medidas para impulsar la transición hacia la economía circular, recogido en el Nuevo Plan de Acción (Comisión Europea, 2022). Dentro de este paquete destacan las medidas para impulsar el **mercado interior de productos de construcción** con la consecuente revisión del **Reglamento de Productos de Construcción** (Comisión Europea, 2022), la propuesta de Reglamento sobre el Ecodiseño de los Productos Sostenibles, la Estrategia de la Unión Europea para Textiles Sostenibles y Circulares, así como nuevas reglas para empoderar a los consumidores en la transición verde. Asimismo, en noviembre del pasado año, la

Comisión desarrolló nuevas normas sobre envases para toda la UE (European Commission, 2022).

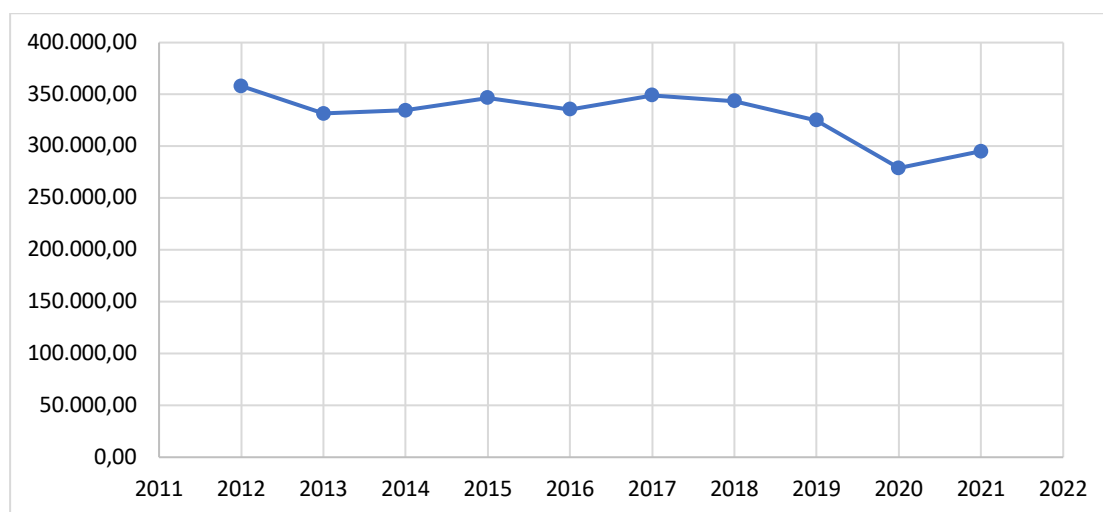
Por tanto, las últimas iniciativas y mecanismos europeos se encuentran en plena etapa de implantación y desarrollo, y todavía no existen informes oficiales que ofrezcan una visión transparente de sus resultados. En este sentido, es importante señalar el Informe del Parlamento Europeo de enero de 2021 (Parlamento Europeo, 2021) donde se plantea una revisión del nuevo Plan de Acción y se proponen nuevas medidas e iniciativas en materia de economía circular. Para poder evaluar el impacto real de los nuevos paquetes de medidas será necesario esperar a que la Comisión publique el nuevo informe sobre la aplicación del Nuevo Plan de Acción para la economía circular, como el publicado en el año 2017 donde se recogían los principales avances y resultados del primer Plan de Acción.

En el caso de España, el Gobierno aprobó en marzo de 2022 su Proyecto Estratégico para la Recuperación y Transformación Económica (PERTE) de economía circular. Se trata de una herramienta clave en la financiación de actuaciones para alcanzar los objetivos fijados en la EECC y en el Plan de Acción de Economía Circular 2021-2023. Este plan establece un paquete de ayudas que asciende hasta los 492 millones de euros, a distribuir hasta el año 2026. El plan se divide en dos líneas principales; actuaciones en sectores clave con una dotación de 300 millones de euros y actuaciones transversales para impulsar la economía circular en la empresa, con una dotación de 192 millones de euros (MITECO, 2022). Este proyecto se enmarca dentro del Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia, siendo este el conjunto de medidas e instrumentos económicos desarrollados por el Gobierno para afrontar los desafíos ocasionados por la pandemia del COVID 19 a través de los fondos *Next Generation* aprobados por el Consejo Europeo en 2020 (Gobierno de España, 2021). El Fondo Europeo para el Desarrollo Regional, para el periodo 2021-2027, en concordancia con los planes y estrategias mencionados, contempla el impulso de la economía circular en su objetivo político (OP) número 2: “Una Europa más verde, baja en carbono, en transición hacia una economía neutra en carbono y resiliente, promoviendo una transición energética limpia y equitativa, la inversión verde y azul, la economía circular, la mitigación y adaptación al cambio climático, la prevención y la gestión de riesgos y la movilidad urbana sostenible” (Parlamento Europeo y Consejo Europeo, 2021).

En España, a diferencia de otros países, no existe una Ley General de Economía Circular, sino que todo el marco normativo es por el momento una declaración de actuaciones e intenciones recogida en la EECC y el Plan de Acción (Porcelli & Martínez, 2018). Hasta el año pasado, el principal marco regulatorio ha sido la Ley de Cambio Climático y Transición Energética (BOE, 2021). No obstante, gracias al impulso de los planes y mecanismos mencionados, el gobierno español ha comenzado a actuar de acuerdo a lo establecido en su Plan de Acción y aprobó en abril de 2022 la Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular (BOE, 2022).

Aunque el país avanza en el buen camino, gracias en parte a la movilización de fondos europeos y nacionales hacia la consecución de los objetivos marcados, todavía estamos lejos de alcanzar las cifras establecidas. Así, tal y como muestra el gráfico 1, las emisiones de CO₂ en el año 2021 (dato más reciente), según datos del INE, asciende a 233.699,7 toneladas, suponiendo alrededor de un 7% más que en el año 2020.

Gráfico 1: Serie emisiones de gases efecto invernadero en España

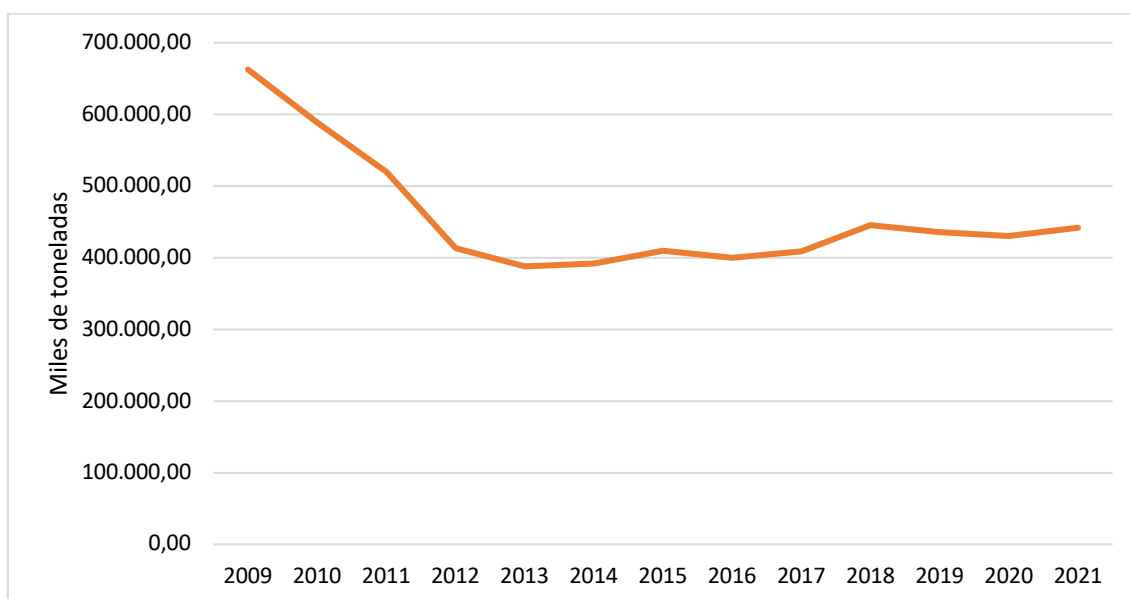


Fuente: Elaboración propia a partir del INE. <https://www.ine.es/>

*Unidad: miles

En el año 2021, el consumo de materiales supuso un 24,86% menos con respecto a los datos de 2010. Estas cifras mostradas en el gráfico 2 reflejan la proximidad al objetivo de reducir en un 30% el consumo nacional de materiales. No obstante, el consumo de materiales nacional en relación al PIB se ha mantenido en niveles más o menos constantes desde el año 2012, sin que los nuevos marcos de actuación hayan supuesto un impacto considerable.

Gráfico 2: Consumo nacional de materiales/PIB



Fuente: Elaboración propia a partir del INE. <https://www.ine.es/>

El consumo de materiales se encuentra directamente relacionado con el **sector de la construcción**. Las estimaciones reflejan que más de un tercio del consumo mundial de recursos está asignado a los materiales de construcción y al sector de las construcción, mientras que la propia producción de dichos materiales supone más del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Ellen MacArthur Foundation and ARUP, 2019; United Nations Environment Program [UNEP], 2019).

4. APLICACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR AL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN

Dadas las estimaciones relativas al crecimiento de la población mundial (United Nations. Department of Economic and Social Affairs, 2022), se espera que el sector de la construcción experimente un impulso considerable en los próximos años, con la consecuente ampliación de infraestructuras residenciales y no residenciales destinadas a servicios de distinta naturaleza (carreteras, hospitales, instalaciones deportivas...etc.) (Mancera & Esteban, 2021). El informe de la Fundación Ellen MacArthur y ARUP refleja predicciones relevantes acerca del futuro del sector y su impacto en el medio ambiente. Según este informe, el 40% de los residuos sólidos urbanos son residuos de construcción y demolición y el 30% del consumo de energía mundial y de las emisiones de CO₂ derivadas se atribuyen al uso de edificios. Además, estima que para el año 2025 se necesiten 750 millones de nuevas casas residenciales y 250 millones de edificios de carácter comercial (Ellen Macarthur Foundation and ARUP, 2019).

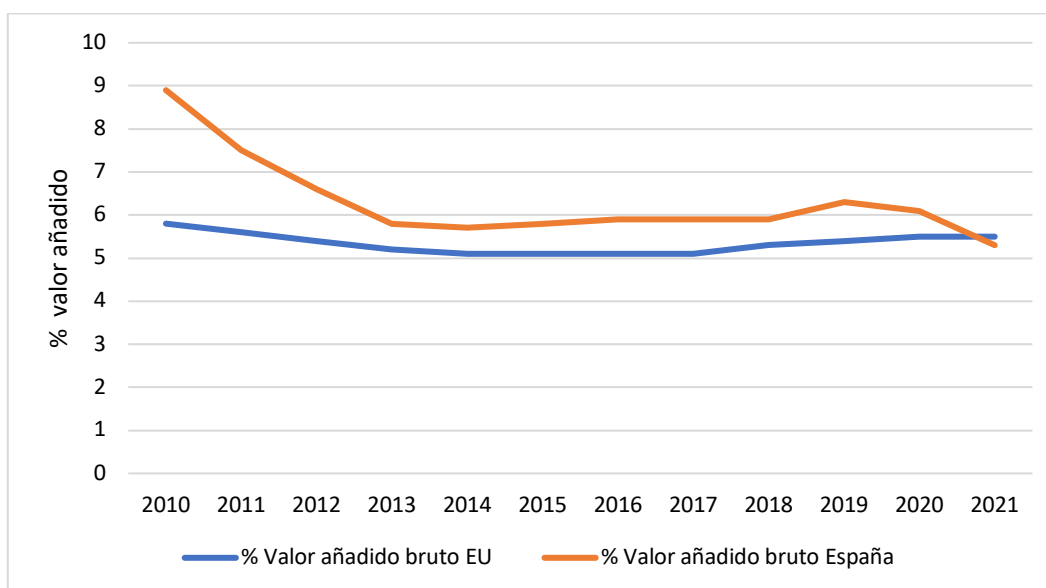
Al igual que el resto de sectores de la economía, la construcción presenta un amplio potencial para implantar sistemas de Economía Circular (EC) en todas las fases del ciclo de vida, desde la extracción de materiales hasta la gestión de residuos (Giorgi et al., 2022; CONAMA, 2018). De hecho, la aplicación de sistemas de EC al sector de la construcción puede suponer un aumento del PIB de entre 3.000 a 5.000 millones de dólares anuales en 2036 (London Waste & Recycling Board, 2015).

La implantación de la economía circular al sector de la construcción se puede definir como aquellas obras o proyectos de construcción que se diseñan, planean, construyen, operan, mantienen y desmantelan de acuerdo a los principios de la Economía Circular (Pomponi & Moncaster, 2017).

4.1. Importancia económica del sector

El sector de la construcción es clave para la economía europea. El valor bruto añadido del sector en la Unión Europea se coloca alrededor de un 9% del PIB y representa un total de 18 millones de empleos directos (European Commission, 2023). En 2021 el valor añadido europeo del sector se colocó en un 5,5% sobre el PIB, como podemos ver en el gráfico 3, igualando las cifras de 2020 y suponiendo un aumento desde el año 2017 (Eurostat, 2023).

Gráfico 3: Valor añadido europeo del sector de la construcción



Fuente: elaboración propia a través de EuroStat <https://ec.europa.eu/eurostat/en/>

En España el valor añadido bruto del sector de la construcción alcanzó los 60.865 millones de euros, suponiendo un 5,3% del VAB total (INE, 2023). Según los últimos datos del INE, en el último trimestre de 2022 el sector ha ocupado un total de 1.300.800 personas lo que supone un 6,36% del total del empleo en el país. En relación a los efectos del Covid-19, el sector de la construcción fue una de las industrias que más rápido recuperó los niveles pre-pandemia (United Nations Environment Programme, 2022). Además, es importante resaltar los planes de inversión futuros en el sector, contenidos, entre otros documentos, en el Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia donde se recoge una inversión total destinada a la rehabilitación de viviendas y regeneración urbana de 11.367 millones de euros hasta 2023 (Gobierno de España, 2021).

En Andalucía, en línea con los niveles nacionales, el sector de la construcción supone un 6,2% del empleo total (INE, 2023).

En base a estos datos, la importancia del sector en el tejido económico europeo, nacional y regional queda por tanto patente, no obstante, al igual que el resto de sectores, la actividad de construcción está basada en un proceso de producción lineal a través de cual se extraen materiales del suelo, se someten a procesos de transformación y adaptación para convertirse en materias primas de construcción, se transportan y se emplean en la edificación (Akhimien et al., 2021; Ellen MacArthur Foundation and ARUP, 2018). Este proceso lineal no es el único factor a tener en cuenta para la aplicación de la EC en el

sector, sino que es necesario valorar el resto de procesos y actividades económicas enmarcadas en la construcción como son por ejemplo; la fase de diseño de las obras, las posibilidades de adaptabilidad de las mismas, el potencial de reciclaje de los materiales a usar, la eficiencia energética de los edificios, el desmantelamiento de los mismos o la gestión de residuos de construcción y demolición entre otros (Ellen Macarthur Foundation and ARUP, 2019).

El presente estudio tiene como objetivo principal, poner en valor el potencial de la EC en el sector de la construcción de **Granada, centrándose principalmente en la fase de gestión de residuos y su reutilización como materias primas secundarias.**

4.2. Impacto medioambiental

La relevancia económica del sector de la construcción a nivel mundial y europeo es, sin embargo, proporcional a su impacto en el medio ambiente. En los últimos años el sector de la construcción es responsable a nivel europeo de un 50% de la extracción de materiales, de un 35% de los residuos generados (Comisión Europea, 2020), de un 40% de la energía utilizada, y de más del 36% de las emisiones de CO₂ (Green Building Council España, 2020).

En el presente estudio, con objeto conocer los diferentes impactos medioambientales que implica el sector de la construcción, analizamos dicho impacto en cada una de las actividades principales de su ciclo de vida:

- ✓ **Actividad minera:** “La minería y la explotación de canteras incluyen actividades tales como la extracción de minerales que se encuentran de forma natural como sólidos (carbón y menas), líquidos (petróleo) y gases (gas natural)” (Fugiel et al., 2017). Según las estimaciones, más de un tercio del consumo mundial de materias primas se atribuyen al sector de la construcción (Ellen Macarthur Foundation and ARUP, 2019). El Panel Internacional de Recursos (IRP) de la ONU, prevé que el consumo de materiales ascienda hasta los 180.000 millones de toneladas en 2050 (UNEP, 2016). Este hecho supone un grave inconveniente para la biocapacidad del planeta, así como para la conservación de los suelos. Actualmente, la huella ecológica mundial sobrepasa a la biocapacidad planetaria en un 75%, lo que

equivale a habitar 1,75 veces el planeta tierra (World Wide Fund For Nature, 2020). En España, los datos más recientes se remontan a 2018, cuando ya incurrimos en un déficit de biocapacidad de 2,8 hectáreas globales (Global Footpring Network, 2023). Este déficit de biocapacidad está directamente relacionado con la extinción de materias primas y su consecuente escasez, poniendo en riesgo no sólo los sistemas productivos de la economía mundial sino también la pérdida de biodiversidad. En los últimos 50 años las poblaciones de especies de vertebrados han disminuido un 68% (World Wildlife Fund (WWF), 2020). La actividad minera provoca, además, un impacto directo en la contaminación del aire, del suelo y de las aguas superficiales y subterráneas (Fugiel et al., 2017).

- ✓ **Fabricación:** Hace referencia a los procesos de transformación de materias primas naturales en productos finales de construcción. Dependiendo de la materia prima, estos procesos industriales requieren, a su vez, del consumo de otro tipo de recursos como energía, agua o aditivos químicos (Espí, 2001; Heravi & Abdolvand, 2019). Sin embargo, otras materias primas apenas requieren de un proceso de transformación para su uso, como pueden ser la madera o los pétreos naturales (UNEP, 2016). La energía que requieren los procesos de transformación supone más del 40% de las emisiones de gases de efecto invernadero (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA), 2019).
- ✓ **Uso:** La fase de uso hace referencia a la ocupación de los edificios e instalaciones construidas. En este sentido, el principal impacto medioambiental hace referencia al consumo de energía de los propios edificios (Stiebert et al., 2019), introduciéndose en la normativa europea y nacional el concepto de eficiencia energética. Actualmente, más del 80% del consumo de energía durante la vida de un edificio se atribuye a su uso (Green Bulding Council España, 2020). La fase de diseño sostenible de edificios cobra entonces especial relevancia con objeto de optimizar aspectos como la durabilidad, adaptabilidad, flexibilidad, multifuncionalidad y en última instancia su desmantelamiento (CONAMA, 2018). La Comisión Europea señala la importancia de la eficiencia energética en los edificios nuevos y ya existentes como clave de la transformación energética europea (European Commission, 2011). Gracias al protagonismo que la eficiencia energética viene adquiriendo en los últimos años, se están desarrollando nuevas

herramientas y modelos de diseño que permiten a los constructores conocer el impacto ambiental y el rendimiento de los edificios. Entre las herramientas más populares se encuentra el marco de evaluación Level(s) (López et al., 2021).

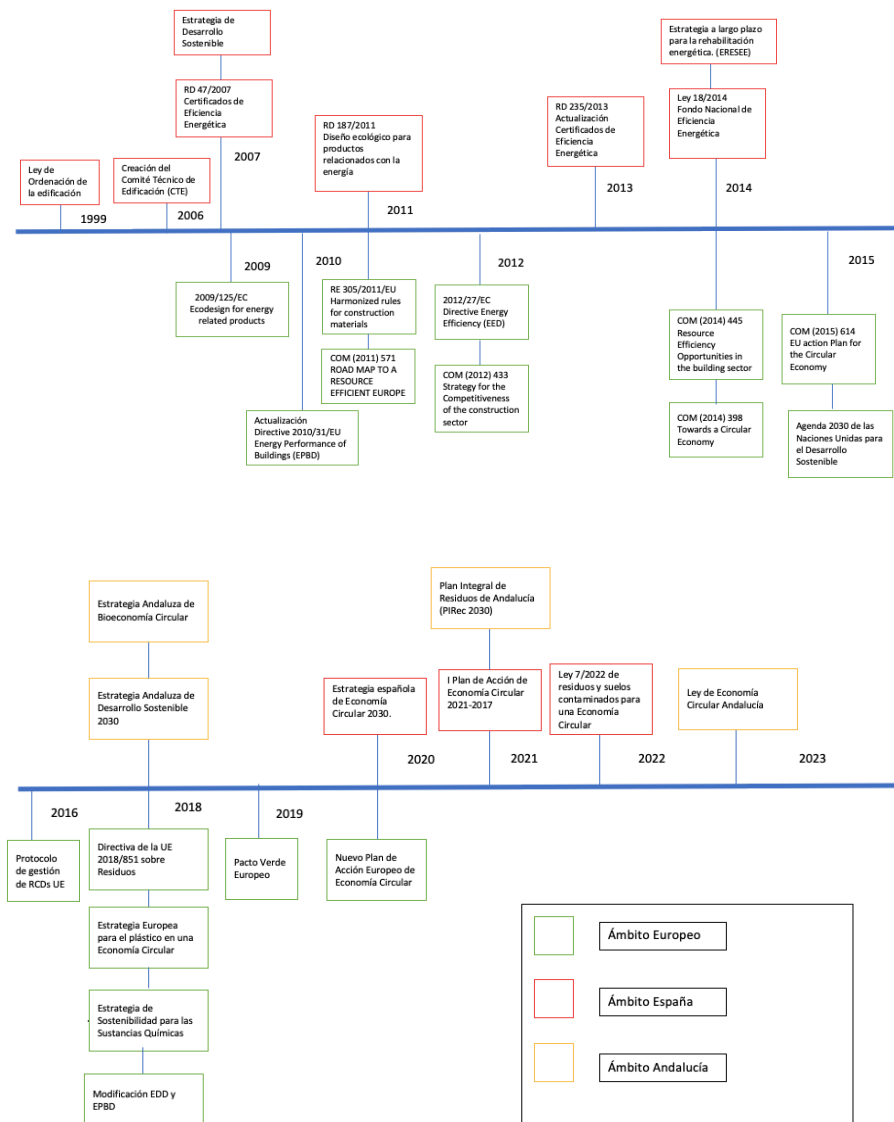
- ✓ **Fin de vida:** Una de los principales impactos medioambientales del sector de la construcción se deriva de la mala gestión de los residuos de construcción y demolición (Albaali et al., 2020). Además, una de las mayores barreras a la reutilización de materiales de construcción es la falta de confianza en calidad de los mismos una vez se han convertido en residuos (Comisión Europea, 2016). Por tanto, implantar un protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición, con un enfoque circular es una de las claves para alcanzar la transformación del sector. De acuerdo con los últimos informes, el 40% de los residuos sólidos urbanos son residuos de construcción y demolición (World Bank, 2012), mientras que alrededor del 54% de estos residuos se depositan en vertederos (Ellen MacArthur Foundation et al., 2015).

4.3. Normativa reguladora europea y nacional

La normativa nacional para el sector de la construcción es muy variada y cubre diversos aspectos, desde la formación de los trabajadores y su seguridad, la seguridad en la construcción, la conservación y rehabilitación, las licencias y autorizaciones, la energía o la documentación de la obra entre otras (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo, 2023).

No obstante, la normativa referida al carácter sostenible de las obras es más reciente y abarca en sí misma distintos aspectos del sector de la construcción, como son por ejemplo la gestión de residuos (BOE, 2022), el consumo energético (Unión Europea, 2018) o la rehabilitación energética de edificios (Ministerio de Fomento, 2017). Dados los impactos medioambientales que ocasiona el sector de la construcción, muchos países europeos, guiados por las iniciativas y directivas de la Unión Europea, han incrementado su marco legislativo en pro de su regulación (Kylili & Fokaidis, 2017) (Fig. 1).

Figura 1: Estrategias y Normativa Nacional y Europea



Una de las leyes de mayor relevancia a nivel nacional para la economía circular en el sector de la construcción es la nueva Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular (BOE, 2022) que, entre otros, establece el objetivo de reducir los residuos generados en un 13% en 2025 y en un 15% en 2030. Esta Ley ha sido recientemente actualizada de acuerdo a lo previsto por el Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición.

En 2016, la Unión Europea aprueba el Protocolo de Gestión de Residuos de Construcción y Demolición, enmarcado en la Estrategia para la Competitividad del Sector de la Construcción (Comisión Europea, 2012). El Protocolo contempla, entre otras acciones, la mejora en la identificación, separación y preparación de los residuos, mejoras en las

actividades logísticas y mejora en los procesos de procesamiento (Comisión Europea, 2016).

En esta línea, el Parlamento de Andalucía, aprobó en abril de 2021, el Plan Integral de Residuos de Andalucía. Dicho Plan, contiene un apartado específico referido a los residuos de construcción y demolición. Además, el Plan resalta que un importante porcentaje de los residuos generados son depositados en lugares no autorizados, y establece el ecodiseño y las buenas prácticas en la gestión de estos residuos como dos de las claves para su prevención (Junta de Andalucía, 2021). En marzo de 2023, el Parlamento Andaluz aprobó la Ley 3/2023 de Economía Circular de Andalucía, la cual contempla en su artículo 70 la gestión de los RCD en los ámbitos locales fomentando además el uso de RCD reciclados en obras públicas (BOJA, 2023).

4.4. Implantación de la EC en proyectos de construcción

La introducción de la economía circular en el sector de la construcción es un proceso complejo, que lleva implícitos numerosos cambios no sólo en la propia cadena de producción del sector sino en otros niveles asociados como la gobernanza, la formación de los trabajadores, la legislación o el papel de los usuarios finales entre otros (Pomponi & Moncaster, 2017). De acuerdo con Akhimien et al. (2021), el objetivo principal de la aplicación de la EC al sector de la construcción es optimizar el valor de los materiales y recursos de construcción, manteniéndolos el máximo tiempo posible en el ciclo de vida mediante su uso, reutilización, reparación y reciclaje, reduciendo así la cantidad de residuos y evitando la emisión de dióxido de carbono.

Por otro lado, Pomponi y Moncaster (2017) resaltan el análisis del ciclo de vida de los proyectos de construcción así como el análisis del flujo de materiales, concretamente de los edificios, como dos de las disciplinas clave a tener en cuenta para poder implantar de forma eficiente sistemas de economía circular. Akhimien et al. (2021) reafirman la imposibilidad de implantar prácticas de economía circular en el sector de la construcción, a menos que las mismas sean aplicadas a cada fase del ciclo de vida de los edificios.

En el presente estudio, se incluye, por tanto, el ciclo de vida de los proyectos de construcción, como una de las dimensiones principales a tener en cuenta para poder implantar procesos circulares:

1. **Fase de extracción:** dos de los principios básicos de la economía circular son la reutilización y el reciclaje (Martínez & Porcelli, 2018). En este sentido, es importante que las materias primas extraídas como insumos para el sector de la construcción ofrezcan la mayor durabilidad y calidad posible. Esto se consigue gracias a los planes previos que cualquier empresa extractiva ha de presentar ante la autoridad competente, las administraciones mineras y ambientales. Por tanto, es imprescindible implantar requisitos relativos a la calidad y durabilidad de las materias extraídas. El hecho de extraer materias primas de alta calidad y durabilidad puede suponer una reducción en la actividad extractiva dado el potencial de reutilización de estos materiales. Se cumple así con una de las bases de la gestión de residuos: la prevención (CONAMA, 2018).

Otro aspecto clave de la selección y extracción de materias primas para la construcción, es la consideración de las materias primas locales. Al utilizar materias primas locales se reducen las emisiones causadas por el transporte de los materiales, así como sus costes tanto económicos como ambientales. Estos materiales, pueden ser, a su vez, materias primas de construcción ya recicladas (Ellen Macarthur Foundation and ARUP, 2019).

Asimismo, sin ceñirse a la naturaleza de los materiales, los procesos industriales de extracción han de ser en sí mismos sostenibles y tener en cuenta el impacto ambiental de la actividad como puede ser, por ejemplo, la degradación del suelo, la emisión de gases o el consumo de energía (Bravo et al., 2021).

La fase de extracción implica la generación de residuos durante la extracción. La gestión sostenible de estos residuos se reduce a su reutilización como relleno en otras obras o excavaciones como parte de la regeneración del suelo, considerando estos residuos como subproducto. Esta práctica se rige en España por la Orden APM/1007/2017¹.

2. **Producción de materiales de construcción:** la variable de economía circular más importante en esta fase es el ecodiseño de los productos de construcción. Akhimien et al. (2021), incluyen en su trabajo el diseño para el desmantelamiento

¹ https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2017-12043

y el diseño para el reciclaje como dos de los aspectos fundamentales de la economía circular en los proyectos de edificación.

Además del diseño, el uso de productos de construcción sostenible es clave para implantar procesos circulares. Se trata de productos para cuya fabricación se ha empleado el menor uso de energía posible, reduciendo así su impacto en el medioambiente. Debido a su naturaleza, algunos materiales de construcción son considerados como más sostenibles. Entre estos materiales destacan la madera, el bambú, el barro cocido, el corcho aglomerado, fibras de papel reciclado, subproductos de la aceituna, las pinturas naturales o el prolipropileno, polibutileno y polietileno, entre otros. Otros materiales, no presentan un carácter tan sostenible, sin embargo, poseen un alto potencial de reciclaje como son los áridos, los yesos reciclados, vidrio, acero u hormigón. Hay que tener en cuenta que el reciclaje de estos últimos materiales supone un proceso más complejo dada su posible composición química, por lo que el proceso de separación en la gestión de residuos es una pieza fundamental (Mata, 2009). Uno de los principales retos a los que se enfrenta la producción de materiales de construcción reciclados es la desconfianza de la industria (Oltra & Sala, 2011). Entre las variables a tener en cuenta en la producción de materiales de construcción sostenibles, se encuentran la durabilidad, la flexibilidad, la multifuncionalidad, la mejora de la eficiencia, el potencial de reutilización y por ende su composición química o la reducción del consumo energético en su fabricación (Mata, 2009).

3. **Planificación de la obra:** al igual que en la fabricación de materiales de construcción, el ecodiseño es una pieza clave en la planificación de la obra de construcción (Alonso et al., 2012). En este sentido, los principios de economía circular ofrecen distintas oportunidades. La planificación de la obra ha de considerar los principios de adaptabilidad y flexibilidad de uso. De esta manera un edificio puede alargar considerablemente su vida útil dado que ofrece distintas posibilidades para su uso. La multifuncionalidad es otro de los criterios principales a tener en cuenta en el diseño de una obra. Un edificio multifuncional ofrece un mayor grado de eficiencia dado que puede ser utilizado para distintos fines al mismo tiempo. El proceso de diseño será además mucho más eficiente si los responsables tienen acceso a bases de datos compartidas con otros grupos de interés implicados en la obra como pueden ser arquitectos, ingenieros,

desarrolladores...etc. El diseño de la obra está además directamente relacionado con el concepto de eficiencia energética de los edificios. Diseñar sistemas de calefacción y ventilación sostenibles en los edificios supone un ahorro considerable de energía. Otro concepto clave de ecodiseño es el desmantelamiento. La planificación de la obra debe permitir un desmantelamiento adecuado del edificio, con una dificultad mínima en la separación de materiales para favorecer su posterior reciclaje. Finalmente, el diseño ha de considerar las facilidades de mantenimiento, de manera que las distintas partes del edificio puedan repararse y someterse a procesos de mantenimiento periódicos garantizando así una mayor continuidad de su vida útil (Ellen Macarthur Foundation and ARUP, 2019).

4. **Fase de actuación:** durante esta fase es cuando se generan la mayoría de los residuos en la ejecución de una obra (CONAMA, 2018), por ello son de vital importancia los procesos implantados para reducir el impacto medioambiental. Los residuos de construcción y demolición son aquellos procedentes de canteras, graveras o puntos de extracción, obras de construcción, obras de rehabilitación, obras domiciliarias de pequeño tamaño o de la propia fabricación de materiales de construcción. Tres cuartas partes de los residuos generados en la obra son inertes, es decir, escombros, mientras que el 25% restantes pueden ser residuos tóxicos o peligrosos (de Santos et al., 2011). La gestión sostenible de los residuos en la fase de actuación pasa por una correcta separación in situ de los mismos (Taboada et al., 2020). Tras su separación estos residuos pueden ser trasladados a centros de valoración y tratamiento para su transformación en materias primas secundarias de construcción y por tanto para su reciclaje y reutilización (Comisión Europea, 2016). La reutilización directa en la propia obra, es otra oportunidad para aplicar los principios de economía circular. Sin embargo, esta práctica no está extendida dado que requiere de numerosos permisos por parte de la constructora como la certificación de gestor de residuos.

En esta fase de la obra de construcción son asimismo clave los sistemas de calidad implantados. En este sentido es importante destacar normas como la ISO 9001 relativa a la gestión de la calidad o la ISO 14001 de gestión medioambiental.

4.5. Contribución a la Agenda 2030 y ODS.

El 25 de septiembre de 2015, la Asamblea General de la Naciones Unidas publicó el plan de acción Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible. Se trata de un conjunto de metas y objetivos dirigidos a mejorar la situación de las personas y el medioambiente al mismo tiempo que se promueve un desarrollo económico, social y ambiental sostenible. Para ello esta agenda propone un total de 17 Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) así como 169 metas que se enmarcan en estos objetivos los cuales se espera que se alcancen para el año 2030. La Agenda no posee un carácter vinculante, no obstante es una guía para que todos los países del mundo elaboren sus propios planes y programas estratégicos teniendo en cuenta estos objetivos (Asamblea General de Naciones Unidas, 2015).

El último informe de progreso elaborado por las Naciones Unidas refleja el impacto del Covid-19 en la consecución de los ODS y cómo la pandemia ha supuesto un retroceso en la consecución de los mismos (Naciones Unidas, 2022). A pesar de este duro golpe en el camino hacia la Agenda 2030, los países siguen haciendo grandes esfuerzos para recuperar sus niveles anteriores y cumplir con el máximo de objetivos posibles en 2030. No obstante, el ritmo general en la consecución de los objetivos es lento, y existen amplias disparidades entre países, que atienden principalmente a su nivel de desarrollo económico.

Según el informe de Desarrollo Sostenible 2022 elaborado por la Red de Soluciones para el Desarrollo Sostenible, España ha logrado ciertos avances en comparación al año 2021, avanzando cuatro puestos en el ranking elaborado en el marco del informe, colocándose en el puesto 16. De hecho, España ha logrado una tasa de consecución de entre el 75-100% para ocho de los ODS (D.Sachs et al., 2022).

La Agenda 2030 y los ODS se dirigen a todos los actores de una sociedad y comprenden, por tanto, los diferentes sectores económicos. Dada la importancia del sector de la construcción en todos los países, así como su potencial para influir en el bienestar social y el desarrollo económico sostenible, la industria de la construcción es una pieza clave en la Agenda 2030 (Fei et al., 2021). De acuerdo con el Pacto Mundial España, el sector tiene un gran potencial de influencia en: ODS 9: Industria, Innovación e Infraestructura; ODS 7: Energía sostenible y no contaminante, ODS 11: Ciudades y comunidades sostenibles. Las principales metas que el sector ha de abordar en relación a estos objetivos son; 7b: ampliar la infraestructura y mejorar la tecnología para prestar servicios

energéticos modernos y sostenibles para todos en los países en desarrollo; meta 9.1: Desarrollar infraestructuras fiables, sostenibles, resilientes y de calidad, incluidas infraestructuras regionales y transfronterizas; meta 11.3: aumentar la urbanización inclusiva y sostenible y la capacidad para la planificación y la gestión participativas, integradas y sostenibles de los asentamientos humanos en todos los países. No obstante, los principales retos que presenta el sector en su camino hacia el cumplimiento de la Agenda 2030 están relacionados con el impacto medioambiental, la seguridad laboral de sus trabajadores, y la igualdad de género en el sector. En los años 2020 y 2021 el sector de la construcción presentó una de las tasas más altas en accidentes laborales, mientras que la presencia de mujeres en el sector supuso apenas un 8,2% en el año 2020 (Pacto Mundial Red España, 2022). Con objeto de abordar estos objetivos, es necesario establecer un marco de acción para que todos los actores de la industria puedan aplicar prácticas sostenibles compatibles. En este sentido, en los últimos años se han desarrollado nuevas iniciativas en el sector como asociaciones, plataformas digitales compartidas, así como cooperativas con objeto de compartir información y buenas prácticas entre sus miembros y crear nuevos espacios de cooperación sostenibles.

5. LA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE GRANADA

Granada y su área metropolitana constituyen un espacio de 88,06 km ocupado por un total de 228.682 personas, colocándose como la cuarta provincia más extensa de la Comunidad Autónoma de Andalucía (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2023). La provincia cuenta con una gran riqueza natural gracias a la existencia de parques naturales como Sierra Nevada, la Sierra de Baza, la Sierra de Guadix o la Sierra de Aljara y Tejeda entre otras. Además, existe una amplia variedad de suelos y cuenta con una red hidrográfica relevante gracias a su conexión con la Cuenca del Guadalquivir y la Cuenca Hidrográfica del sur.

Sin embargo, la ciudad sufre un importante problema de contaminación medioambiental. Durante prácticamente todo el año 2022, la ciudad presentó niveles de dióxido de carbono y partículas en suspensión por encima de las recomendaciones establecidas por la Organización Mundial de la Salud (Ayuntamiento de Granada, 2023). El conjunto de su relieve terrestre y la quema de combustibles fósiles y vegetales en la ciudad contribuyen a dichos niveles de contaminación, que situaron a la urbe como la segunda ciudad más contaminada de España en 2020 (Observatorio de Sostenibilidad, 2021). Los largos periodos de sequía acaecidos en los últimos años han impactado directamente a los recursos hidrográficos de la provincia, con cuatro comarcas en situación de sequía severa (Junta de Andalucía, 2023). Por último, es importante resaltar las consecuencias del proceso de expansión urbanística en la ciudad a partir de 2010, que han acabado con zonas muy ricas en vegetación y suelo como son por ejemplo la vega de granada (Medela & Montaña, 2011). Estas áreas han sufrido las consecuencias directas de la expansión demográfica y urbanística de la ciudad en las últimas décadas (Toribio, 1997).

Dados los diferentes problemas medioambientales a los que se enfrenta la ciudad, es importante avanzar hacia modelos más sostenibles tanto económicos como sociales en todos los sectores, y especialmente en el sector de la construcción de la ciudad, dado que tal y como se prevé en la revisión del Plan General de Ordenación Urbana, los planes urbanísticos seguirán creciendo en los próximos años (Ayuntamiento de Granada, 2021).

5.1. Contexto de la Economía Circular en la Provincia

La ciudad de Granada presenta un amplio potencial para la implantación de un sistema de Economía Circular. Dicho potencial se sustenta en una serie de factores entre los que destacan el interés turístico de la ciudad, el sólido tejido universitario con una de las Universidades más grandes del país, su patrimonio cultural y su condición como “hub” digital gracias a las últimas innovaciones en inteligencia artificial y en I+D que están ocurriendo en los últimos años (OECD, 2021). En 2018, la ciudad contaba con 9.720 empleos relacionados con actividades de Economía Circular (Servicio Público de Empleo Estatal, 2020).

En los últimos años la ciudad, impulsada por los planes institucionales, se ha unido a numerosas iniciativas relacionadas con la transición ecológica y la sostenibilidad. En 2017, la ciudad se adhirió a la Declaración de Sevilla para impulsar la iniciativa “Ciudades por una Economía Circular” recogido en el Acuerdo de París en 2015. En este año comenzaron, asimismo los trabajos para convertir la planta de tratamiento de agua en una estación depuradora de aguas residuales. Desde 2009, Granada forma parte del Convenio Global de Alcaldes para el Clima y la Energía (OECD, 2021).

Molina et al. (2022) clasifican en su trabajo los principales agentes de la provincia que pueden impulsar los procesos de Economía Circular. Entre ellos destacan los distintos sectores económicos, incluido el de la construcción, las autoridades locales como mancomunidades o la Oficina Provincial de la Energía, la academia con la función investigadora de la Universidad de Granada y la ciudadanía, representada por asociaciones de consumidores y productores, asociaciones de vecinos o asociaciones de economía alternativa entre otros.

Además de los planes institucionales, en la ciudad y la provincia se están desarrollando numerosas iniciativas y buenas prácticas en diferentes sectores. Desde la Universidad de Granada se han impulsado numerosos proyectos relacionados con la Economía Circular como el grupo de investigación Tecnologías para la Economía Circular de la Escuela Técnica Superior de Ingeniería de Caminos, Canales y Puertos, el proyecto Economía Circular e Inclusión o el Proyecto Interreg Color Cycle. Asimismo, se han creado numerosas asociaciones como el clúster tecnológico “onGranada” participando en proyectos relacionados con la biotecnología y la eficiencia. Es importante destacar aquí, el clúster de construcción sostenible conformado como una asociación público-privada

que tiene como objetivo mejorar la competitividad de las empresas de construcción sostenible que formen parte del clúster (OECD, 2021). Otras iniciativas, están relacionadas con la producción ecológica de proximidad, destacando la Red Agroecológica de Granada o el comercio sostenible de la empresa Terra Market (Molina et al., 2022)..

En cuanto a la formación, se están desarrollando diferentes programas enfocados al aumento del conocimiento y conciencia sobre las prácticas de Economía Circular. Un ejemplo de estos programas es el proyecto “Economía Circular y reciclaje” organizado por la Concejalía de Educación en el curso 2021-2022 (Ayuntamiento de Granada, 2023). En el año 2018, tan solo un 1,07% de las personas demandantes de empleo, poseían formación en Economía Circular, lo que supuso un 21,03% más que en el año 2017 (Servicio Público de Empleo Estatal, 2020).

Tanto Molina et al. (2022) a través de la discusión con distintos grupos de interés congregados en grupos focales, como la OECD (2021), en su trabajo “The Circular Economy in Granada, Spain” destacan el potencial de la Economía Circular en los diferentes sectores de la provincia. En la siguiente tabla (Tabla 1) se incluye una recopilación de dichas oportunidades.

Tabla 1
Potencial de la Economía Circular en los diferentes sectores de la provincia de Granada

Sector	Potencial
Primario	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Aplicación de la tecnología 4.0 a la agricultura ▪ Existencia de materias primas secundarias ▪ Coyuntura adecuad para el ecodiseño colaborativo ▪ Existencia de capital científico ▪ Incorporación de plantas autóctonas para recuperar el suelo
Industria	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Creación de redes para adoptar nuevas tecnologías y reducir costes ▪ Fondos europeos para la financiación de proyectos ▪ Uso de materias primas secundarias de carácter local ▪ Mejorar los procesos de separación para reducir costes en la fase de producción
Comercio	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Ofrecer visibilidad sobre las ventajas de la Economía Circular gracias a las prácticas adoptadas por grandes compañías ▪ Situar a la provincia como centro turístico sostenible ▪ Posibilidad de digitalizar y automatizar procesos <p><i>Apoyo académico para detectar problemas del sector</i></p>
Servicios públicos	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reducir la generación de residuos municipales ▪ Introducción de descuentos fiscales en la tasa de residuos como incentivo tras su reducción ▪ Utilizar sistemas digitales y de seguimiento para una gestión más eficiente de los residuos

	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Reutilización de aguas residuales para la generación de energía ▪ Aprovechamiento de las aguas fluviales y aguas negras ▪ Impulsar el transporte público limpio
Turismo	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Incorporar la economía circular a los procedimientos de hoteles y otros alojamientos turísticos ▪ Introducción del modelo “servicio como producto” ▪ Uso de materiales reemplazables y reciclados ▪ Sustituir servicios como el buffet por otros más optimizados con objeto de reducir el desperdicio de alimentos ▪ Apoyo y compra a los productores de alimentos locales
Energía	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Potencial de la biomasa como fuente de energía limpia ▪ Incremento en los precios de la energía como propulsor para la mejora del ecodiseño

Nota: (Molina et al., 2022; OECD, 2021)

A pesar de los últimos avances ocurridos en la provincia en materia de Economía Circular así como de los determinantes impulsores con los que cuenta el territorio, existen a su vez ciertas barreras que dificultan la transición hacia una Economía Circular en la provincia.

Tras un proceso de entrevistas con los principales grupos de interés de la provincia, la OECD (2021) identifica una serie de debilidades en diferentes niveles; político, de concienciación social, de capacidad, financiación y regulación. Los resultados de dicha encuesta ponen de manifiesto una falta de unidad y coordinación política en la ejecución de una estrategia de economía circular, así como la falta de capacidad técnica y conocimiento por parte de los diferentes actores en la provincia. En este sentido, Molina et al. (2022), tras la organización de ocho grupos focales con un total de cuarenta y seis participantes han detectado una serie de barreras sectoriales en la implementación de sistemas de economía circular en la provincia de Granada. Algunas de estas barreras son:

- Cierta oposición al cambio y falta de conciencia sobre los efectos negativos de la actividad lineal (sector primario).
- Insuficiente investigación e innovación entorno a nuevos procesos (sector secundario).
- Poca representación de las empresas que actúan conforme a principios sostenibles (comercio).
- Poca apropiación de los sistemas de energías renovables por parte de instituciones públicas (energía).
- Falta de incentivos para el reciclaje de residuos por parte de la población (ámbito social).

- Falta de especialización y preparación técnica por parte del personal en las instituciones públicas.

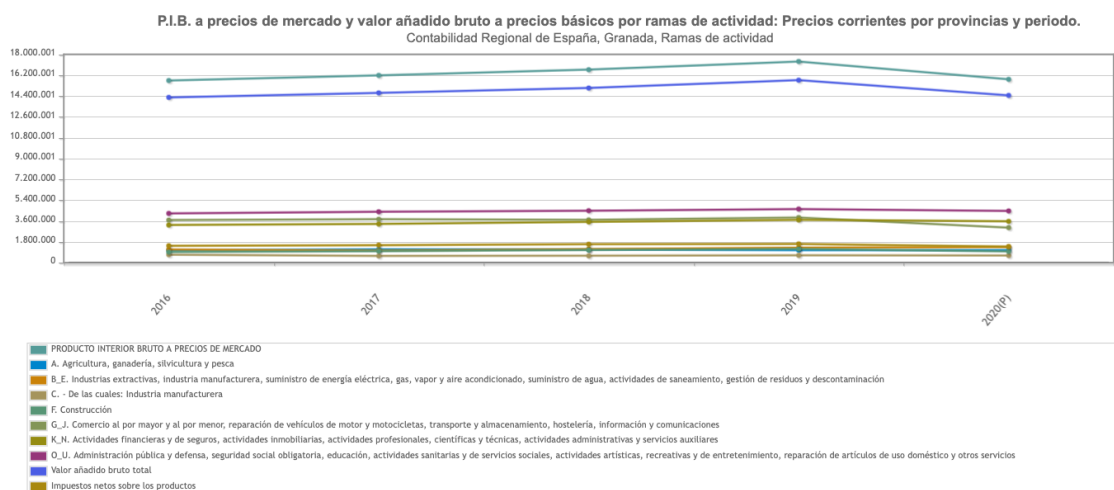
En el próximo apartado del presente estudio, se presentan las oportunidades y barreras analizadas por estos autores en el sector de la construcción en la provincia, con objeto de asentar las bases y el contexto del sector y poder así analizar el potencial del territorio para la adopción de nuevas prácticas circulares en la gestión de residuos de construcción y demolición.

5.2. El sector de la construcción en Granada

El sector de la construcción es una de las actividades económicas más importantes de la Comunidad Autónoma de Andalucía, representando en 2022 (datos estimados) un 6,13% del PIB (Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía, 2023).

La estructura económica de la provincia de Granada se caracteriza por la importancia del sector servicios, de las actividades financieras y del sector público. De acuerdo con el Instituto Nacional de Estadística, y como se observa en la Figura 2, en el año 2020, (últimos datos disponibles de manera provisional), el sector de la construcción representó un 6,09% del PIB a precios corrientes, en línea con las tendencia regional y nacional y por detrás de otros sectores económicos.

Figura 2: PIB Granada por rama de actividad



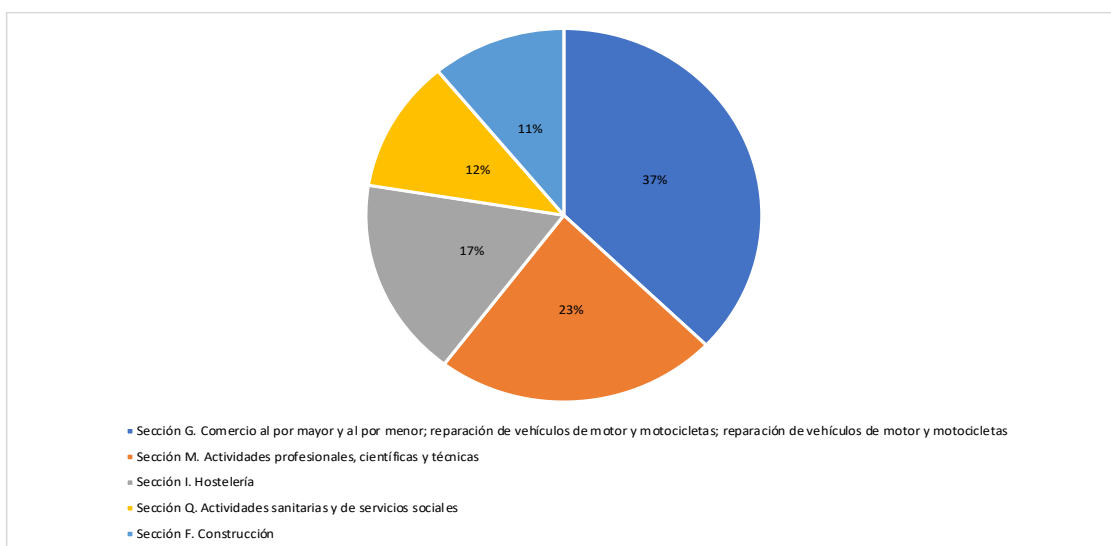
Nota: Obtenido de P.I.B. a precios de mercado y valor añadido bruto a precios básicos por ramas de actividad: Precios corrientes por provincias y periodo, de INE, 2023.

[HTTPS://WWW.INE.ES/JAXI/DATOS.HTM?PATH=/T35/P010/REV19/L0/&FILE=02001.PX#!TABS-GRAFICO](https://www.ine.es/jaxi/datos.htm?path=/T35/P010/REV19/L0/&file=02001.px#!TABS-GRAFICO).

Nota: (P): Datos provisionales

El Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía ofrece una clasificación similar (Gráfico 4), atendiendo no obstante, al número de comercios existentes en cada sector económico. De esta forma, establece una clasificación de las principales actividades económicas en 2021 en la provincia de Granada, donde la construcción se sitúa en el quinto puesto, con un total de 1.583 establecimientos.

Gráfico 4: Principales actividades económicas 2021



Nota: Elaboración propia a partir del Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=18087>

Estos datos se reflejan, asimismo, en el número de ocupados por actividad económica en la provincia (tabla 2). El sector que presenta una mayor ocupación es el sector servicios, debido a la importancia del turismo en la ciudad. La construcción, por su parte, aunque presenta un volumen de ocupación similar al resto de actividades (a excepción de los servicios), es el sector con menos personas ocupadas de acuerdo a los datos de Instituto Nacional de Estadística.

Tabla 2

Ocupados por sector económico y provincia. Miles de personas

Sector	2018	2019	2020	2021	2022
Agricultura	31,9	32,1	31,4	22,3	17,8
Industria	29,5	28,2	32,2	30,7	28,8
Construcción	21,5	26,1	20,9	20,5	24,4
Servicios	247,3	255,5	238,0	281,9	285,6

Nota: Instituto Nacional de Estadística <https://www.ine.es/index.ht>

En base a estos datos, podemos observar que a pesar de que el sector de la construcción no es la principal actividad económica de la provincia, representa una importante fuente de ingresos y de ocupación laboral en el territorio.

De acuerdo con la OECD (2021), el sector de la construcción de la provincia ha de implantar una serie de actividades con objeto de aprovechar el potencial de transformación hacia un modelo circular. El objetivo consiste en evitar las externalidades negativas de un sistema lineal al reutilizar los materiales e incluso los edificios si es posible, haciendo así un uso más eficiente de los recursos. Entre las actividades contempladas en el informe para dicho sector destacan: la consideración del ciclo de vida de los edificios en la fase de planificación con el objetivo de aumentar la reutilización de materiales; la elección de materiales en línea con los principios de la Economía Circular para reducir el consumo de agua y energía en los edificios; la detección de materiales de construcción sostenibles y reutilizables y la reutilización de los residuos producidos así como de los edificios.

Molina et al. (2022), por su parte han identificado las fortalezas, oportunidades, amenazas y debilidades del sector de la construcción en la provincia en cuanto a su transformación circular. De esta manera, como debilidades destacan la escasez de tecnología para el correcto tratamiento de determinados residuos o la falta de profesionalización y especialización de la mano de obra. Estas debilidades se ven además impulsadas por ciertas amenazas de contexto como la falta de regulación legislativa en relación al uso de productos reciclados y próximos, además de la ambigüedad existente entorno al concepto de subproducto y fin de condición de residuo.

Tal y como afirma Alienza (2022), la ambigüedad que ha rodeado tradicionalmente al concepto de residuo, entendido según la Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular como "cualquier sustancia u objeto que su poseedor deseche o tenga la intención o la obligación de desechar", ha afectado asimismo a la diferenciación entre subproducto y materia prima secundaria. El respaldo jurídico para el uso de estos artículos viene siendo muy complicado dado que la determinación de subproducto depende de la normativa específica para cada tipo de producto.

No obstante, a pesar de estas barreras, Molina et al. (2022) destacan también una serie de fortalezas y oportunidades que el sector de la construcción ha de aprovechar en la

provincia de Granada. Entre las fortalezas destacan un coste de extracción menor de los productos reciclados, la accesibilidad a tecnologías de recuperación para la elaboración de nuevos productos de construcción a partir de materiales reciclados o la disponibilidad de recursos autóctonos que pueden ser utilizados como materias primas. Por otro lado, el sector cuenta con numerosas oportunidades que refuerzan estas fortalezas como las previsiones de crecimiento del sector en la provincia, especialmente en la fase de gestión y utilización de residuos como nuevos recursos, la recuperación de métodos de producción tradicionales o el impulso de las nuevas tecnologías como son por ejemplo la impresión a 3D. En esta línea, los autores proponen unas determinadas líneas de actuación para hacer frente a las debilidades mencionadas mientras se potencian las fortalezas y oportunidades. Dentro de estas acciones destacan el fomento del uso de materiales de construcción revalorizados, el impulso al desarrollo de nuevos centros de gestión de residuos de construcción y demolición o el aumento de la colaboración entre las partes interesadas del sector. A nivel legislativo resaltan la necesidad de reforzar la contratación pública sostenible que comprenda el uso de materiales procedentes de residuos de construcción y demolición o la implantación de tipos fiscales “verdes”; tanto de incentivos económicos como de multas a la emisión de vertidos.

Como prueba fehaciente de las oportunidades y fortalezas destacadas, estos autores incluyen en su trabajo algunos ejemplos de buenas prácticas que se están llevando a cabo en la provincia de Granada en el sector de la construcción sostenible. En el marco de estos proyectos destaca la empresa Investigación y desarrollo consultores S.L. quienes han desarrollado una iniciativa para la creación de bioaislamientos reciclados como fibras de celulosa.

Además, en la provincia se están dando numerosas iniciativas relacionadas con el sector de la construcción sostenible, como es por ejemplo el proyecto “Life Wood for Future” en el que se han desarrollado productos estructurales industrializados usados para la construcción de edificios, con baja huella de carbono en base a madera de chopo (Gallego et al., 2020).

De los trabajos anteriores, se puede concluir que los residuos de construcción y demolición son una pieza clave en la circularidad del sector de la construcción. Estos presentan un alto potencial para su revalorización y reutilización en la cadena productiva de muchos sectores, incluidos el propio sector de la construcción. Por esta razón, en los

siguientes apartados, se analizará el contexto de estos residuos en la provincia de Granada y su potencial para transformarse en nuevos insumos y materias primas secundarias para su propio sector de procedencia.

5.3. Los RCD

Los residuos de construcción y demolición son aquellos procedentes de la actividad de la construcción, de la demolición de edificios, de la construcción de obras públicas o de urbanizaciones (Mejía et al., 2013). Estos se pueden clasificar en función de su origen o su naturaleza tal y como se muestra en la Tabla 3.

Tabla 3
Clasificación de RCD

	Origen	Naturaleza
RCD	Procedentes de puntos de extracción o de puntos de movimientos de tierra	Inertes
	Procedentes de obras de construcción	No peligrosos
	Procedentes de obras de demolición	Tóxicos y Peligrosos

Nota: Obtenido de (de Santos, Monercillo, & García , 2011)

No obstante, los RCD pueden provocar impactos medioambientales negativos debido a la emisión de contaminantes a través de un proceso de lixiviación (Roussat et al., 2008). Algunos de estos residuos y sus sustancias tóxicas se recogen en la Tabla 4.

Tabla 4
Residuos peligrosos y sustancias

Residuo	Sustancia
Asbesto	Asbesto
Lámparas fluorescentes	Mercurio
Maderas Tratadas	Arsénico, Cromo, pentaclorofenol, creosota o lindano
Pintura con base de plomo	Plomo
Tuberías de plomo	Plomo
Revestimientos bituminosos	Hidrocarburos Aromáticos Policíclicos
Baterías	Plomo y Cadmio
Aires Acondicionados	Hidroclorofluorocarbono
Juntas y Selladores	Policlorobifenilos

Nota: Obtenido de (Roussat et al., 2008)

De esta manera, la generación así como la gestión ineficiente de los RCD provocan distintos impactos medioambientales, tanto en el medio inerte como en el medio biótico. Estos impactos están relacionados con el consumo de materias primas y energía, las modificaciones geomorfológicas, la contaminación de acuíferos y ríos y la contaminación atmosférica (de Santos et al., 2011).

Ante esta situación, el sector de la construcción ha de desarrollar nuevas técnicas y procesos para aumentar la durabilidad y el uso de materiales reciclados en la producción de nuevos materiales, así como disminuir la generación de residuos de construcción y demolición (del Río et al., 2010). En los últimos años, con objeto de enfrentar esta problemática, muchos países han desarrollado protocolos específicos de gestión de residuos, que incluyen entre otros, normas para su separación en origen, altos impuestos para la disposición de residuos en vertederos o tasas en el uso de materiales vírgenes en la construcción (Mejía et al., 2013). Uno de estos protocolos es el desarrollado por la Unión Europea en 2016, que incluye entre sus objetivos: la mejora de la identificación de residuos, separación en origen y recogida; la mejora en la logística de estos residuos; mejoras en el procesamiento; la gestión de la calidad de los mismos y proveer un marco de políticas adecuadas (Comisión Europea, 2016).

Los residuos de construcción y demolición suponen más de un tercio del total de los residuos generados en la Unión Europea. El potencial para el reciclaje de estos residuos varía en función del país entre un 10% y un 90% (European Commission, 2023). En el año 2020, (último dato disponible), España alcanzó un ratio del 70% en la recuperación de residuos de construcción y demolición, colocándose en el sexto puesto entre los veintisiete miembros de la Unión Europea (Eurostat, 2023).

El principal marco normativo para la gestión de estos residuos es la Directiva Europea 2008/98/CE, la cuál marcaba los principales objetivos en materia de residuos de construcción y demolición. Entre ellos, aumentar hasta un 70% la preparación para la reutilización, el reciclado y la valorización de otros materiales de los residuos no peligrosos de construcción y demolición para 2020 y promover la demolición selectiva para permitir la eliminación y el manejo seguro de sustancias peligrosas y facilitar la reutilización y el reciclaje de alta calidad mediante la eliminación selectiva de materiales y el establecimiento de sistemas de clasificación (Parlamento Europeo y Consejo Europeo, 2008).

En España, la nueva Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una economía circular, fue aprobada en abril de 2022. La nueva Ley redefine el concepto de RCD como aquellos generados por las actividades de construcción y demolición. Así mismo, el documento introduce una definición para la valorización de materiales: *“toda operación de valorización distinta de la valorización energética y de la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles u otros medios de generar energía. Incluye, entre otras operaciones, la preparación para la reutilización, el reciclado y el relleno”*. Finalmente, la Ley establece nuevos objetivos en materia de RCD no peligrosos, entre ellos destaca, el objetivo de **“alcanzar al menos un 70% en peso de los RCD generados, que serán destinados a la preparación para su reutilización, reciclado y valorización, incluidas las operaciones de relleno”** (BOE, 2022).

A pesar de las iniciativas que se están llevando a cabo en los últimos años, existe un amplio potencial para la reutilización y reciclaje de este tipo de residuos, contribuyendo así a la mejora de la sostenibilidad y al carácter circular del sector de la construcción (del Río et al., 2010). Tanto España como Andalucía cuentan con un Plan Integral de residuos. De hecho, el plan regional elaborado en 2021, posee un amplio carácter circular tal y como refleja su nombre: *Plan Integral de Residuos de Andalucía. Hacia un economía circular*. Este plan recoge las diferentes normativas que son de aplicación en la gestión de los RCD en la comunidad. En el año 2018 (últimos datos disponibles), se generaron un total de 4.042.000 toneladas, de las cuales 25.000 se correspondieron con RCD peligrosos. En la Tabla 5 se ofrece una clasificación de los RCD generados en la comunidad autónoma durante los últimos años. En el año 2018, el 92% de los RCD fueron revalorizados a través de su reciclaje u otras operaciones de valorización como las operaciones de relleno. No obstante, en los últimos años el reciclaje de estos residuos ha descendido, debido en gran parte a la desconfianza en el uso de estos materiales reciclados (Junta de Andalucía, 2021).

Tabla 5
RCD generados en Andalucía. Año 2018

Tipo de RCD	No peligros	Peligrosos	Total	%
Hormigón, Ladrillos y materiales cerámicos	1.550.639	249	1.550.888	38,4
Madera vidrio y plástico	31.719	1	31.720	0,8
Mezclas bituminosas, alquitrán de hulla y otros productos alquitranados	37.890	11	37.901	0,9
Metales	494.349	211	494.560	12,2
Tierra, piedras y lodos de drenaje	1.087.691	19.377	1.107.068	27,4
Materiales de aislamiento	1.706	5.297	7.003	0,2
Materiales de construcción a partir de yeso	4.049	0	4.049	0,1
Otros residuos de construcción y demolición	808.553	4	808.557	20,0

Nota: Obtenido de (Junta de Andalucía, 2021)

5.4. Los RCD en Granada

En Granada, a diferencia de la Comunidad de Andalucía, no existen datos públicos actualizados y transparentes acerca de la generación de RCD a nivel provincial. No obstante, la Diputación de Granada (2023), estimó una producción de 716.663,8 toneladas en el año 2011.

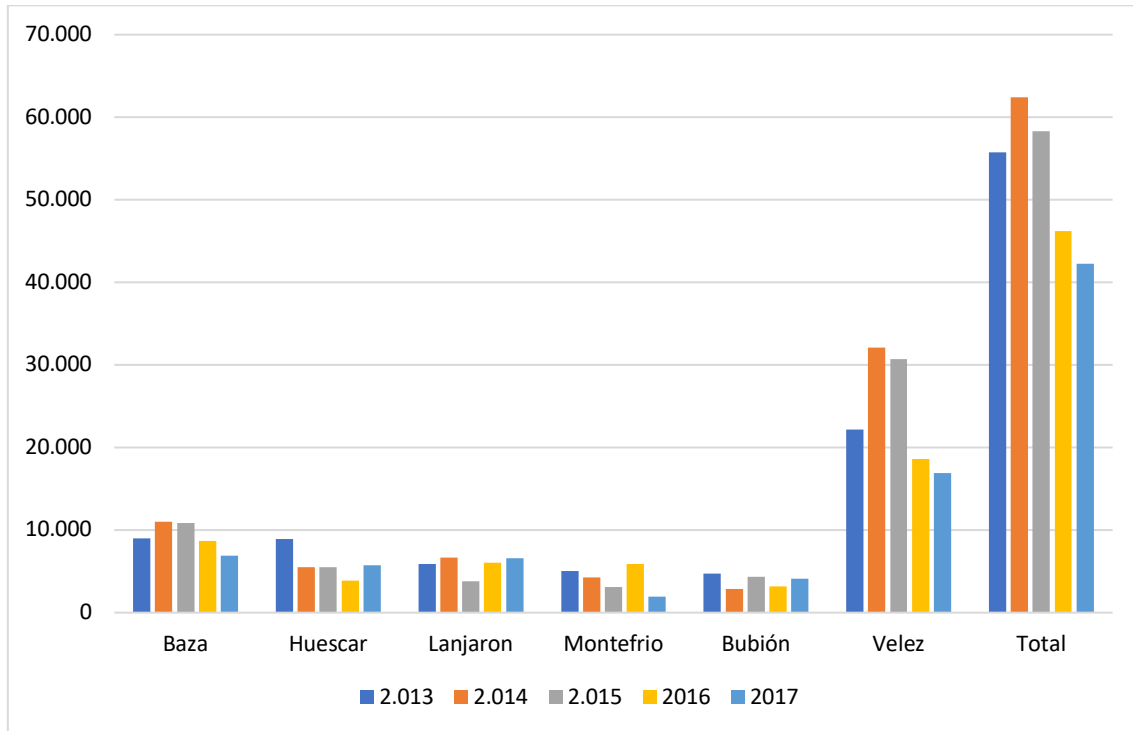
Una de las principales razones que explica la falta de datos y su actualización, es que tal y como se establece en el Reglamento de Andalucía, los RCD de obras menores y reparaciones domiciliarias son responsabilidad de cada municipio (BOJA, 2012), dificultando una contabilización y seguimiento integrados de los RCD generados en toda la provincia. Además, los marcos normativos referentes a los RCD, incluida la última Ley 07/2022 de Residuos y Suelos Contaminados **no contemplan la obligación** de facilitar datos acerca de la recogida y tratamiento, **ni para productores ni gestores** (Diputación de Granada, 2013; BOE, 2022).

Por otro lado, todos aquellos residuos de construcción y demolición procedentes de obras mayores, son por su parte, responsabilidad de la administración autonómica, en este caso de la Junta de Andalucía.

En Granada, el único Plan desarrollado hasta el momento, de aplicación a este tipo de residuos, es el Plan Director de Gestión de Residuos de Escombros y Restos de Obra del año 2001. En este plan se contempló la construcción de treinta y tres vertederos y siete plantas de tratamiento entre las que se encuentran las plantas de Baza, Huéscar, la Taha, Lanjarón, Montefrío y Vélez, elaborando una red de actuaciones en base a la premisa de

proximidad entre centros de tratamiento y lugares de generación de los residuos. La gestión de este plan fue adjudicado a una empresa privada por parte de la Diputación provincial (Diputación de Granada, 2013). Los últimos datos disponibles referentes a la recogida de RCD en cada una de estas plantas se ofrecen en el Gráfico 5.

Gráfico 5: Entradas de RCD a las instalaciones (datos en toneladas)



Nota: Elaboración propia a partir de http://www.resurgranada.es/plantas_rcd.php

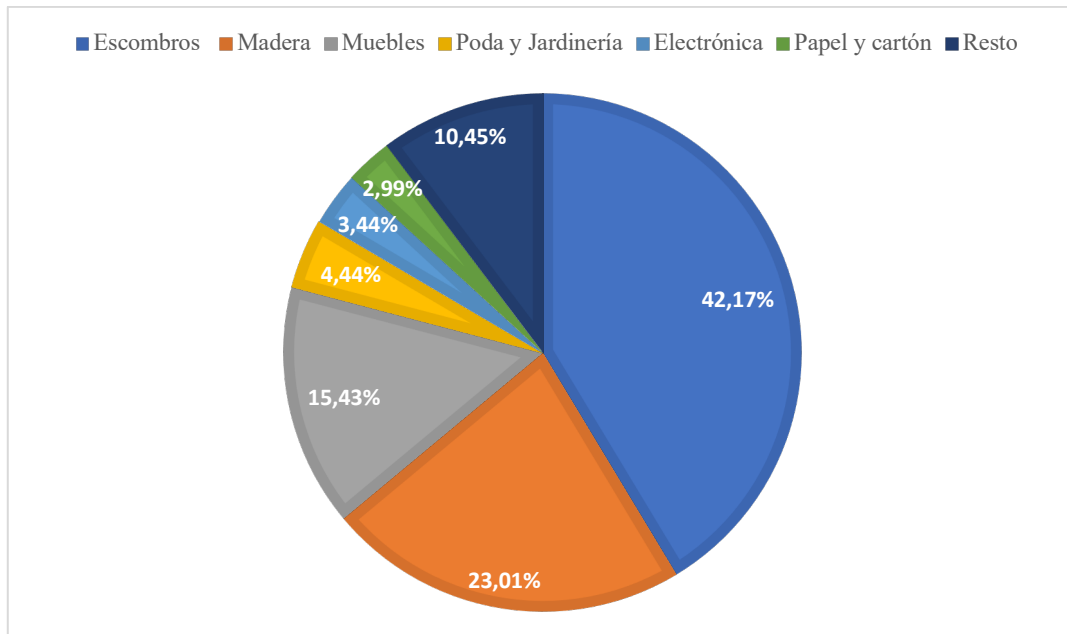
Además de las plantas anteriores de gestión pública, también existen en la ciudad otras plantas de tratamiento de RCD privadas tales como; Ecoinertes S.L. en Granada, Inertes Guhilar en Alhendín o Áridos Reciclados el Soto en Chauchina.

Según las estimaciones realizadas por la Diputación de Granada en su informe “Programa de gestión de residuos municipales de la provincia de Granada 2014 – 2024”, los municipios con mayor generación de RCD son el Área Metropolitana y la Costa.

Por su parte, la mayoría de RCD procedentes de obras menores son depositados en los puntos limpios existentes en cada municipio o en su defecto en el municipio más cercano. Estos residuos, son luego entregados a empresas gestoras especializadas para su tratamiento. En el caso del municipio de Granada, todos los residuos de construcción y demolición son clasificados por la empresa pública de limpieza del Ayuntamiento. Estos, son en su mayoría trasladados al punto limpio de la ciudad, el Ecoparque norte. Entre

estos residuos, los áridos, gravas y arenas han de ser transportados por gestores autorizados (Ayuntamiento de Granada, 2023). Tal y como se observa en el Gráfico 6, en el año 2019, el Ecoparque de Granada recibió un total de 1.515.860 kg de escombros, suponiendo un 42,7% del total de los residuos recogidos (Ayuntamiento de Granada, 2023).

Gráfico 6: Acumulado por tipos de residuo Ecoparque Norte Granada



Nota: Elaboración propia a partir del Ayuntamiento de Granada. Disponible en: <https://www.granada.org/inet/wambiente.nsf/ww2>

Una vez que los RCD son depositados en los puntos limpios de los distintos municipios, estos son entregados a los gestores especializados de residuos, quienes pueden ostentar uno o varios de los siguientes perfiles (Junta de Andalucía, 2023):

- Las plantas de tratamiento de residuos, incluidas las destinadas al almacenamiento, y las personas físicas que desarrollen estas actividades en la Comunidad Autónoma.
- Los sistemas de responsabilidad ampliada del productor.
- Las personas físicas o entidades jurídicas dedicadas a la recogida de residuos.
- Agentes y negociantes.
- Personas o entidades que realicen operaciones de gestión de residuos y que no necesitan autorización.

Tras su entrega a los gestores, los residuos son trasladados a las plantas de tratamiento donde se separan los RCD de cualquier residuo no inerte, como los residuos orgánicos o los residuos tóxicos y peligrosos. A continuación se seleccionan aquellos RCD que pueden ser objeto de reutilización y reciclaje (Ayuntamiento de Granada, 2023). En la Figura 3 se puede observar el proceso de tratamiento de estos residuos en las plantas de tratamiento.

Figura 3: Proceso de tratamiento de RCD



Nota: Obtenido de (Ayuntamiento de Granada, 2023)

En la fase de recepción la carga recibida ha de ser pesada en básculas especializadas para facilitar la clasificación de los residuos. Se recomienda que dichos residuos se clasifiquen en función de su naturaleza; hormigón, mixto y asfalto. Dependiendo del grado de limpieza de dichos residuos, estos se destinarán a diferentes zonas. Los residuos mezclados se someten a un proceso de clasificación donde a través de operarios y tecnología se separan los residuos voluminosos como lavadoras, sofás o grandes muebles, así como los residuos orgánicos y peligrosos. Tanto los residuos voluminosos como los peligrosos son entregados a gestores especializados o depositados en vertederos (Junta de Andalucía, 2015). En la fase de tratamiento se utilizan maquinarias que permiten demoler y triturar los RCD, los cuales se someten a un precibado para separar las partículas y tierras de yeso finas o materiales férricos, que son a su vez valorizables y por tanto entregados a gestores especializados (Diputación de Granada, 2023). Tras el último cribado se obtiene un árido reciclado con granulometría y tamaño específico que podrá ser reinsertado en el mercado. Los principales destinos de estos áridos reciclados **son suelos, zahorras para carreteras, arenas para camas de tuberías, gravas o material de relleno** (Junta de Andalucía, 2015).

El presente estudio pretende ofrecer una recopilación de buenas prácticas implantadas en el reciclaje de RCD en otros países, que son a su vez distintas de las comunes a la

Comunidad Autónoma de Andalucía y a la provincia de Granada, ampliando así las oportunidades de reciclaje de los RCD en la provincia y fomentando el desarrollo de nuevas materias primas secundarias para su re inserción en el mercado de acuerdo con los principios de Economía Circular.

5.5. Oportunidades de valorización de los RCD

De acuerdo con Ley de Residuos y Suelos Contaminados para una Economía Circular, las operaciones de tratamiento de RCD incluyen la valorización y la eliminación de los mismos. Este documento define las operaciones de valorización como “aquellas en las que el residuo sirve para una función sustituyendo a otros materiales no residuos o en las que el residuo es preparado para ser utilizado como materia prima en otros procesos o en la economía en general” (BOE, 2022). Este mismo documento incorpora un listado de las operaciones de valorización para los distintos tipos de residuos. En el ANEXO II del presente trabajo se ofrecen un listado de las operaciones de valorización recogidas en la nueva Ley para los distintos tipos de RCD. Según la nueva ley, la valorización de materiales se entiende como “toda operación de valorización distinta de la valorización energética y de la transformación en materiales que se vayan a usar como combustibles u otros medios de generar energía. Incluye, entre otras operaciones, **la preparación para la reutilización, el reciclado y el relleno**” .

Por otro lado, numerosos autores como del Río et al. (2010), inciden en la importancia de reducir la generación de RCD como paso previo a su valorización mediante la aplicación de dos métodos distintos; a) Introducir tecnologías que permitan reducir el uso de recursos tanto en el sitio de la obra como en la fase de diseño de la edificación y mejorar las técnicas de gestión en origen de los residuos generados b) implementar estrategias de gestión para los residuos que incluyen a todos los participantes de la cadena de valor, repartiendo responsabilidades concretas entre los gestores, contratistas y subcontratas. En esta línea, la Ley 7/2007 de Gestión Integrada de la Calidad Ambiental, fija como objetivos reducir la producción de RCD en origen y promover la reutilización y el reciclado frente a la eliminación en vertedero.

La mayoría de RCD reciclados a nivel global se limitan a aplicaciones de bajo valor como agregados reciclados para tuberías o sub-bases y bases de pavimentos para carreteras

(Whittaker et al., 2019). En esta misma línea, en Andalucía y Granada, la mayor parte del RCD reciclado se destina a la fabricación de productos de hormigón para la fabricación de áridos, asfaltos, zahorras o material de relleno. No obstante, en el marco de las operaciones de reciclaje de RCD, existen numerosos trabajos que muestran el potencial de estos residuos para ser utilizados como nuevas materias primas en el sector de la construcción, más allá de sus aplicaciones más comunes.

Robayo et al. (2020) probaron en su trabajo la posibilidad de crear nuevos cementos reciclados a través de RCD de hormigón, cerámica, escombros o morteros. El proceso consiste en la obtención del mineral aluminosilicatos de los residuos de construcción y demolición y su posterior mezcla con activados alcalinos para dar lugar a nuevos materiales adhesivos reforzados como mortero o cementos reciclados. Este tratamiento presenta un carácter muy novedoso. En España, este tratamiento ya se está llevando a cabo a través del proyecto CIRCOM liderado por un consorcio formado por dos empresas dedicadas a la gestión de RCD y a la fabricación de piezas fundidas, y por tres centros tecnológicos.

Uno de los materiales de construcción por excelencia son los ladrillos. Contreras et al. (2016) llevaron a cabo una investigación de caso en Brasil, de la cual, concluyeron la posibilidad de fabricar nuevos ladrillos a bajo coste usando residuos de hormigón, cerámica y morteros como agregados, cal y cemento como aditivos.

Whittaker et al. (2019), en el marco del proyecto *REuse and REcycling of CDW materials and structures in energy efficient pREfabricated elements for building Refurbishment and construction* desarrollaron nuevos componentes de construcción prefabricados compuestos por al menos un 65% de materiales de RCD. El proyecto permitió el desarrollo de cinco nuevos materiales de base de hormigón con una tasa de reposición de material virgen de entre el 50% y el 85%, cuatro nuevos componentes (bloques, tejas, componentes de madera y paneles aislantes) y cuatro nuevos elementos prefabricados (paneles de fachada de hormigón y de madera, elementos portantes de hormigón y tabiques interiores) con una tasa de reposición similar, entre el 50% y el 85%. Estos hallazgos fueron posibles gracias a la aplicación de nuevas tecnologías para la mejora en la tasa de reciclaje de RCD y al desarrollo de nuevas estrategias de reciclaje para las fracciones ligeras que son separadas del RCD como por ejemplo las fracciones cerámicas.

El consorcio del proyecto demostró el potencial de estas fracciones cerámicas para convertirse en nuevas mezclas de pavimento o revestimiento.

Por otro lado, Liikanen et al. (2019) estudiaron la posibilidad de crear compuestos de polímeros de madera (WPC por sus siglas en inglés) a través del uso de RCD como madera, plástico, pladur o lana de roca, sustituyendo así materiales vírgenes como el aluminio o el plástico. El trabajo está enfocado en el contexto de Finlandia, y determina que el impacto medioambiental derivado de la aplicación de RCD a WPC es inferior que el derivado de su desecho en vertederos o a través de la incineración. El ratio de sustitución, no obstante, no es del 100% y algunas propiedades mecánicas de los WPC como la flexibilidad o la compatibilidad pueden verse afectadas. Aún así, el estudio concluye la posibilidad de crear nuevos productos en base a estos WPC reciclados que tengan en cuenta las nuevas propiedades de los materiales. Estos compuestos son utilizados para numerosos usos en la construcción como tablas de madera, paneles o componentes automovilísticos.

Finalmente, San Antonio et al. (2015) investigaron el potencial de uso de los RCD de cerámica y de poliestireno expandido en la elaboración de compuestos de yeso. Estos autores concluyeron la posibilidad de crear masa de yeso E-30 compuesto por un 50% de residuos cerámicos procedentes de ladrillos o tejas dando lugar a un yeso prefabricado óptimo para revestimientos de paredes interiores. Asimismo, demostraron la posibilidad de aplicar poliestireno expandido para reducir la densidad de los compuestos de yeso.

Todas las aplicaciones de RCD contenidas en este punto, presentan un alto potencial para contribuir al aumento del ratio de recuperación y reciclaje de RCD en la provincia de Granada. Aunque no existen datos disponibles en cuanto a la generación por tipo de RCD a nivel provincial, podemos deducir que la provincia presenta unos ratios de generación similares a los de la Comunidad Autónoma, donde el 38,4% de los RCD generados en 2018 se corresponden con residuos de hormigón, ladrillos y materiales cerámicos (Junta de Andalucía, 2021). Por tanto, las aplicaciones recogidas en el presente estudio relativas al reciclaje de residuos cerámicos, hormigón así como otros RCD (madera, plásticos, pladur o poliestireno expandido) pueden ser consideradas con objeto de aumentar la tasa de recuperación y reciclaje de los RCD y contribuir así a la implantación de un sistema circular en la gestión de estos residuos.

5.6. Ventajas y barreras en la valorización y gestión de RCD

Una gestión eficaz de las operaciones de valorización de los RCD, especialmente de los procesos de preparación y reciclaje, supone un impacto positivo considerable en relación a la sostenibilidad. No obstante, el reciclaje de estos residuos también presenta ciertas barreras como pueden ser la desconfianza en la calidad de los materiales reciclados o la falta de certeza en cuanto a los riesgos sanitarios que puede suponer el tratamiento de ciertos RCD (Comisión Europea, 2016).

Del Río et al. (2010) afirman, que uno de los principales inconvenientes en el uso de agregados reciclados es la falta de interés por parte de los productores. Estas autoras, resaltan además, que el coste de fabricación de materias primas secundarias de alta calidad usando RCD, suele ser elevado, lo que puede conllevar a dificultades para rentabilizar su producción. Además, los costes de desmantelamiento de edificios pueden incrementar debido a los procesos de separación de residuos. Por ejemplo, el proceso de separación de residuos peligrosos como asbestos o plomo de los residuos no peligrosos reciclables es elevado (Charef et al., 2021). Al mismo tiempo del Río et al. (2010), destacan la importancia de considerar el consumo de energía durante los procesos de reciclaje de RCD, dado que la maquinaria implicada en procesos como el machaque o la molienda de residuos, requieren grandes cantidades de energía. En esta línea, es importante mencionar los costes medioambientales que el transporte de los RCD puede suponer debido a las emisiones de los vehículos empleados tal y como recogen Charef et al. (2021) y la Comisión Europea (2016).

Por su parte, Mejía et al. (2013), establecen como barreras principales a la gestión de RCD, las siguientes: el alto coste para formar a los profesionales del sector en métodos de gestión eficiente como la separación en origen; la escasa existencia de casos empíricos en el desarrollo de planes de gestión de RCD eficientes; la falta de interés del personal involucrado en el proceso y la falta de coordinación entre las instituciones, las empresas y la industria.

Uno de los instrumentos principales para afrontar los costes derivados del proceso de valorización de RCD, son las políticas y regulaciones de los gobiernos en materia de RCD. Algunas de las políticas favorables al reciclaje de RCD son aquellas que proveen incentivos por el uso de materiales reciclados y recursos secundarios (del Río et al., 2010) y aquellas destinadas a la imposición de impuestos y cuotas por el desecho de RCD en

vertederos. Atendiendo a este último tipo, la nueva Ley de Residuos y Suelos contaminados por una Economía Circular contempla un impuesto indirecto sobre el depósito de estos residuos en vertedero, y sobre su incineración y co-incineración. Este tipo depende del carácter del residuo; peligroso, no peligroso o inertes depositados en vertederos (BOE, 2022).

A estas barreras anteriores, Al-Otaibi et al. (2022) añaden la barrera tecnológica que supone el uso de nuevas tecnologías de gestión de RCD las cuales poseen un carácter muy sofisticado. Así mismo, incluyen la falta de transparencia en los datos sobre la generación de RCD en muchos países.

A pesar de la existencia de obstáculos de carácter medioambiental, social, cultural, económico y tecnológico en la gestión y valorización de RCD, numerosos autores, entre los que se incluyen algunos de los ya mencionados en este apartado, resaltan la importancia de una gestión eficaz de los RCD en la implantación de un sector de construcción sostenible y alineado a las últimas políticas de Economía Circular. En este sentido, del Río et al. (2010) afirman que el reciclaje de RCD permite realizar un uso racional de los residuos naturales reduciendo así la tasa de extracción de estos residuos de fuentes no renovables. Por tanto el reciclaje de RCD fomenta la preservación del medio y reduce la explotación de recursos minerales o canteras. Las autoras resaltan además, la importancia del reciclaje de RCD en la reducción de los impactos medioambientales que conllevan las actividades alternativas como el desecho en vertedero, las cuales provocan emisiones en el medio ambiente debido a la lixiviación de la descomposición de ciertos RCD o debido al uso de medios de transporte convencionales en el desplazamiento a estos vertederos. Spisakova et al. (2022) reconocen la gestión eficiente de los RCD como parte del carácter sostenible del sector de la construcción, incluyendo la gestión de residuos en el sitio, la gestión de su registro así como de las operaciones para su valorización (reutilización, reciclaje y reducción). De acuerdo con estos autores, la aplicación de las 3Rs a en la gestión de RCD supone la alineación al principio de economía circular, dado que permite una reposición constante de la cadena de suministro de algunos materiales de construcción lo que a su vez da lugar a una reducción en la extracción y explotación de recursos naturales. Esta idea es reforzada por autores como Liikanen et al. (2019), quienes afirman que el uso de materiales renovables y el cambio hacia una economía circular son esenciales para abordar el problema de la escasez de recursos.

6. CONCLUSIONES

El sector de la construcción supone un impacto considerable en el medioambiente, debido principalmente al consumo de energía y materiales, a la generación de gases efecto invernadero y a la generación de residuos. Esto, sumado a las previsiones de crecimiento de la población en los próximos años, pone de manifiesto la necesidad de desarrollar y aplicar prácticas más eficaces y sostenibles en el sector. En este sentido, la Economía Circular se sitúa como una opción alternativa para optimizar el valor de los materiales y recursos de construcción, manteniéndolos el máximo tiempo posible en el ciclo de vida mediante su uso, reutilización, reparación y reciclaje, reduciendo así la cantidad de residuos y evitando la emisión de dióxido de carbono (Akhimien et al., 2021).

La aplicación de la Economía Circular al sector de la construcción ha de poseer, no obstante, un carácter holístico, contemplando no solo el ciclo de vida de la construcción de un edificio, sino también otras actividades asociadas como la fase de diseño de las obras, las posibilidades de adaptabilidad de las mismas, el potencial de reciclaje de los materiales a usar, la eficiencia energética de los edificios, el desmantelamiento de los mismos o la gestión de residuos de construcción y demolición entre otros.

En los últimos años, la Economía Circular ha sufrido un gran impulso académico e institucional, lo que ha llevado a muchos gobiernos y organismos internacionales como la UE al desarrollo de estrategias y planes concretos para la implantación de este sistema, como son por ejemplo el nuevo Plan de Acción para una Economía Circular de la Unión Europea, el Primer Plan de Acción de Economía Circular del gobierno de España, o la nueva Ley de Economía Circular de Andalucía. Sin embargo, a pesar de las nuevas iniciativas, en España, indicadores nacionales como son el consumo de materiales o la emisión de gases de efecto invernadero, todavía no reflejan la efectividad de los mismos.

Una de las etapas de la cadena de valor del sector de la construcción que supone un mayor impacto medioambiental es la generación y gestión de los residuos de construcción y demolición. Los sistemas de valorización existentes para estos residuos han de actualizarse en base a pautas sostenibles. Las principales operaciones de valorización son la preparación para la reutilización, el reciclado y el relleno.

En Andalucía, las operaciones de reciclaje de RCD se destinan en su mayoría a la elaboración de áridos reciclados para su aplicación como suelos, zahorras para carreteras, arenas para camas de tuberías, gravas o material de relleno. No obstante, el reciclaje de

estos residuos posee un potencial mucho más amplio, el cual debería ser aprovechado por el sector de la construcción y todos sus actores a nivel global y de forma más concreta en la provincia de Granada, donde los niveles de contaminación del aire y los problemas de la expansión urbanística son preocupantes.

El reciclaje de estos residuos presenta ciertas barreras en la provincia. Una de las principales barreras al reciclaje de RCD es la falta de confianza de los productores en los nuevos materiales reciclados. La elaboración de protocolos concisos a nivel regional y nacional que contemplen diferentes alternativas y procedimientos y que garanticen la calidad de los procesos y resultados es fundamental para implantar sistemas circulares en la valorización de estos residuos. Otra de las barreras principales es la falta de tecnología para la implantación de nuevos procesos de gestión eficiente de RCD. No obstante, nos encontramos en un momento clave de recuperación y consolidación económica a nivel nacional, gracias a los planes de inversión y recuperación impulsados por la Unión Europea en los últimos años. La provincia de Granada podría beneficiarse ampliamente de esta fuente de recursos para la adquisición y desarrollo de estas tecnologías aprovechando además su condición de “hub digital” en inteligencia artificial, así como la base de conocimiento científico que provee la Universidad de Granada.

En la elaboración del presente estudio, el mayor problema detectado para la gestión eficiente de los RCD en la provincia de Granada es la falta de transparencia, actualización y de accesibilidad a los datos oficiales acerca de la generación y reciclaje de estos residuos. Debido a la distribución de competencias en la gestión de RCD en la provincia entre sus distintos municipios, no existe un sistema aunado de recogida de datos. Además, esta diversificación de responsabilidades puede dificultar la toma de decisiones y la implantación de un protocolo de gestión unificado que facilite a los distintos actores los procesos de reciclaje. Los últimos datos disponibles acerca de la recogida de RCD hacen referencia al año 2017 y se limitan a las plantas públicas de tratamiento localizadas en áreas alejadas a la ciudad, mientras que los RCD generados en el municipio de Granada y en su área metropolitana son competencia de cada municipio, y en su mayoría se trasladan del Ecoparque a plantas de tratamiento privadas, las cuales no ofrecen datos públicos sobre el nivel de recogida.

A pesar de estas barreras, el sector de la construcción en la provincia posee numerosas oportunidades en cuanto a la diversificación de los procesos de reciclaje de RCD, de cara a la fabricación de materiales de construcción reciclados. Se están desarrollando nuevas

técnicas en diversos países para la fabricación de materiales de construcción reciclados que han de servir de ejemplo y pueden marcar una ruta de guía para la innovación del sector de la construcción en Granada y en concreto para la etapa de gestión y valorización de los RCD, cuya aplicación tiene como resultado un aumento en la tasa de reciclaje y una disminución del impacto medioambiental causado por los residuos desechados y una reducción en la tasa de extracción de materiales vírgenes.

7. BIBLIOGRAFÍA

- Acuña, H. B. (2012). LA HISTORIA DE LA ECONOMÍA Desde Platón hasta los Romanos. *LOGOS CIENCI & TECNOLOGÍA*, 4(1), 82-95.
- AIDIMME, Instituto Tecnológico Metalmeccánico, Mueble, Madera, Embalaje y Afines. (2018). *El potencial de los Sistemas Producto-Servicio para la transición a un modelo de economía circular*.
- Akhimien, N. G., Latif, E., & Hou, S. (2021). Application of circular economy principles in buildings: A systematic review. *Journal of Building Engineering* 38, 38, 102041.
- Albaali, G., Shahateet, M. I., Daoud, H.-e., & Saidi, A. G. (2020). Economic and Environmental Impact of Construction and Demolition in Green Buildings: A Case Study of Jordan. *International Journal of Energy Economics and Policy*, 22-28.
- Alban, G. G., Arguello, A. V., & Molina, N. C. (2020). Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción). *RECIMUNDO*, 163-173.
- Alienza, J. (2022). OBJETO Y FINALIDAD DE LA NUEVA LEY DE RESIDUOS. LOS CONCEPTOS DE RESIDUO, DE SUPRODUCTO Y DE FIN DE LA CONDICIÓN DE RESIDUO (ARTS. 1 A 6). *Monografías de la Revista Aragonesa de Administración Pública*, 29-44.
- Alonso, L., Orondo, J., & Bedoya, C. (2012). La sostenibilidad en la construcción y tecnología arquitectónicas. *Sostenibilidad: eficiencia energética, evaluación de edificios y estructuras*, (págs. 1-8). Madrid.
- Al-Otaibi, A., Aaniamenga, P., Abdel, M., Said, N., Obas, J., alabdullatief, A., . . . Watts, G. (2022). Identifying the Barriers to Sustainable Management of Construction and Demolition Waste in Developed and Developing Countries. *Sustainability*, 14, 1-17.
- Asamblea General de Naciones Unidas. (2015). *Transformar nuestro mundo: la Agenda 2030 para el Desarrollo Sostenible* .
- Ayuntamiento de Granada. (2021). *INFORME PREVIO para la EXPLORACIÓN PARTICIPATIVA del Nuevo Plan General*.
- Ayuntamiento de Granada. (2023). *Ayuntamiento de Granada*. Obtenido de Medio Ambiente. Gestión de residuos. : <https://www.granada.org/inet/wambiente.nsf/ww2>

- Ayuntamiento de Granada. (2023). *Calidad del Aire*. Obtenido de Ayuntamiento de Granada: <https://www.granada.org/inet/calidadaire.nsf/icayear>
- Ayuntamiento de Granada. (2023). *Educación. Programas educativos*. Obtenido de Ayuntamiento de Granada: <https://www.granada.org/inet/educa.nsf/a665e4813cfe0314c1257999003beee3/e6fac69970bf91d7c125872c003ab5b6!OpenDocument>
- Banco Mundial. (2018). *What a Waste 2.0: A Global Snapshot of Solid Waste Management to 2050*.
- Belda, I. (2018). *Economía circular. Un nuevo modelo de producción y consumo*. Madrid: Tébar Flores S.L.
- Benachio, G. F., Freitas, M. D., & Tavares, S. F. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260, 121046.
- Bilal, M., Khan, K., Thaheem, M. J., & Nasir, A. (2020). Current state and barriers to the circular economy in the building sector: Towards a mitigation framework. *Journal of Cleaner Production*, 276, 123250.
- BOE. (2021). *Ley 7/2021, de 20 de mayo, de cambio climático y transición energética*.
- BOE. (2022). *Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. Jefatura del Estado.
- BOE. (2022). *Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. Gobierno de España, Jefatura del Estado.
- BOE. (2022). *Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2022/BOE-A-2022-5809-consolidado.pdf>
- BOJA. (2012). *Decreto 73/2012, de 22 de marzo, por el que se aprueba el Reglamento de Residuos de Andalucía*. Obtenido de Junta de Andalucía: <https://www.juntadeandalucia.es/boja/2012/81/boletin.81.pdf>
- BOJA. (2023). *Ley 3/2023, de 30 de marzo, de Economía Circular de Andalucía*.
- Brambilla, G., Lavagna, M., Vasdravellis, G., & Castiglioni, C. A. (2019). Environmental benefits arising from demountable steel-concrete composite floor systems in buildings. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 133-142.
- Bravo, O., Osorio, M., & Loor, X. (Septiembre de 2021). La calidad del desarrollo industrial y su impacto en el medio ambiente. *Polo del Conocimiento*, 6(9), 153-167.

- Brennan, G., Tennant, M. G., & Blomsma, F. (2015). Business and production solutions Closing loops and the circular economy. En E. S.-O. Helen Kopnina, & E. S.-O. Helen Kopnina (Ed.), *Sustainability* (pág. 21). Routledge.
- Cambridge Econometrics, T. a. (2018). *Impacts of circular economy policies on the labour market*.
- Cerantola, N. (2016). Reflexiones sobre el pasado, presente y futuro de la economía circular. *Ambienta*, 46-63.
- Charef, R., Morel, J.-C., & Rakhshan, K. (2021). Barriers to Implementing the Circular Economy in the Construction Industry: A Critical Review. *Sustainability*, 13, 12989.
- Comisión Europea. (2012). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO Y AL CONSEJO Estrategia para una competitividad sostenible del sector de la construcción y de sus empresas* .
- Comisión Europea. (2015). *Cerrar el círculo: un plan de acción de la UE para la economía circular*.
- Comisión Europea. (2016). *Protocolo de gestión de residuos de construcción y demolición en la UE* .
- Comisión Europea. (2019). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES El Pacto Verde Europeo*.
- Comisión Europea. (2020). *COMUNICACIÓN DE LA COMISIÓN AL PARLAMENTO EUROPEO, AL CONSEJO, AL COMITÉ ECONÓMICO Y SOCIAL EUROPEO Y AL COMITÉ DE LAS REGIONES Estrategia de sostenibilidad para las sustancias químicas Hacia un entorno sin sustancias tóxicas*.
- Comisión Europea. (2020). *Liderar el camino hacia una economía circular mundial: situación actual y perspectivas*.
- Comisión Europea. (2020). *Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva*.
- Comisión Europea. (2020). *Nuevo Plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y más competitiva*.
- Comisión Europea. (2020). *Un nuevo modelo de industria para Europa*.
- Comisión Europea. (2021). «Objetivo 55»: cumplimiento del objetivo climático de la UE para 2030 en el camino hacia la neutralidad climática.

- Comisión Europea. (2022). *Hacer que los productos sostenibles sean la norma*. Comunicación de la Comisión Europea.
- Comisión Europea. (2023). *European Commission*. Obtenido de Construction and demolition waste: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en
- Comisión Europea. (2022). *REGLAMENTO DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO por el que se establecen condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción, se modifica el Reglamento (UE) 2019/1020 y se deroga el Reglamento (UE) n.º 305/2011*.
- CONAMA. (2018). *ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN*.
- Contreras, M., Teixeira, S., Lucas, M., Lima, L., Cardoso, D., da Silva, G., . . . dos Santos, A. (2016). Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 594, 594-600.
- D.Sachs, J., Lafortune, G., Kroll, C., Fuller, G., & Woelm, F. (2022). *SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT 2022. From Crisis to Sustainable Development: the SDGs as Roadmap to 2030 and Beyond*. Cambridge University Press.
- de Santos, D., Monercillo, B., & García, A. (2011). *Gestión de residuos en las obras de construcción y demolición*.
- del Río, M., Izquierdo, P. C., & Salto, I. (2010). Sustainable construction: construction and demolition waste reconsidered. *Waste Management & Research*, 28, 118-129.
- Diario oficial de la Unión Europea. (2023). *Eur-Lex. Diario oficial de la Unión Europea*. Obtenido de Web oficial de la Unión Europea: <https://eur-lex.europa.eu/oj/direct-access.html?locale=es>
- Diputación de Granada. (2013). *PROGRAMA DE GESTIÓN DE RESIDUOS MUNICIPALES DE LA PROVINCIA DE GRANADA 2014 - 2024*.
- Diputación de Granada. (2023). *Diputación de Granada*. Obtenido de Servicio de Tratamiento de Residuos Municipales.
- Diputación de Granada. (2023). *Servicio de Tratamiento de Residuos Municipales*. Obtenido de Diputación de Granada: http://www.resurgranada.es/plantas_rcd.php
- Directorio General de Medioambiente, Comisión Europea. (2020). *Liderar el camino hacia una economía circular mundial Situación actual y perspectivas*.

- Ecologistas en Acción. (2022). *La contaminación por ozono en el Estado español durante 2022*.
- Ellen MacArthur Foundation. (2013). *Towards the circular economy. Economic and business rationale for an accelerated transition*. EMF.
- Ellen MacArthur Foundation. (2015). *TOWARDS A CIRCULAR ECONOMY: BUSINESS RATIONALE FOR AN ACCELERATED TRANSITION*. EMF.
- Ellen Macarthur Foundation and ARUP. (2019). *Urban buildings system summary*.
- Ellen MacArthur Foundation, Foundation for Environmental Economics and Sustainability, and McKinsey Center for Business and Environment. (2015). *Growth Within: a circular economy vision for a competitive Europe*.
- Ellen MacArthur Fundation and ARUP. (2018). *FROM PRINCIPLES TO PRACTICES: FIRST STEPS TOWARDS A CIRCULAR BUILT ENVIRONMENT*.
- Espí, M. V. (2001). CONSTRUCCIÓN E IMPACTO SOBRE EL AMBIENTE: EL CASO DE LA TIERRA Y OTROS MATERIALES. *Informes de la Construcción*, 52(471), 29-43.
- European Commision. (2021). *The EU economy after COVID-19: implications for economic governance, Box 2*.
- European Commission . (2023). *Waste and Recycling*. Obtenido de European Commission: https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/construction-and-demolition-waste_en
- European Commission. (2011). *COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. Energy Roadmap 2050* .
- European Commission. (2021). *Annual Sustainable Growth Survey 2022*.
- European Commission. (2022). *REGULATION OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL on packaging and packaging waste, amending Regulation (EU) 2019/1020 and Directive (EU) 2019/904, and repealing Directive 94/62/EC*.
- European Commission. (2023). *European Commision*. Obtenido de European Commission. Sectors. Construction: https://single-market-economy.ec.europa.eu/sectors/construction_en
- Eurostat. (2016). *Eurostat Statistics Explined*. Obtenido de Estadísticas sobre residuos: <https://ec.europa.eu/eurostat/statistics->

explained/index.php?title=Waste_statistics/es&oldid=504417#Generaci.C3.B3n
_total_de_residuos

Eurostat. (2023). *Eurostat*. Obtenido de Recovery rate of construction and demolition waste:
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en

Eurostat. (2023). *Gross value added and income by A*10 industry breakdowns*. Recuperado el 2023, de Eurostat, DataBrowser.

Eurostat. (2023). *Recovery rate of construction and demolition waste*. Obtenido de Eurostat:
https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/cei_wm040/default/table?lang=en

Fei, W., Opoku, A., Agyekum, K., Oppon, J., Ahmed, V., Chen, C., & Lok, K. (2021). The Critical Role of the Construction Industry in Achieving the Sustainable Development Goals (SDGs): Delivering Projects for the Common Good. *Sustainability*, 13(6), 9112.

Fritz, G., Duarte, M., & Tavares, S. (2020). Circular economy in the construction industry: A systematic literature review. *Journal of Cleaner Production*, 260.

Fugiel, A., Burchart-Korol, D., Czaplizka-Kolarz, K., & Smoliński, A. (2017). Environmental impact and damage categories caused by air pollution emissions from mining and quarrying sectors of European countries. *Journal of Cleaner Production*, 159-168.

Gallego, A., Suárez, E., Rescalvo, F., Cruz, A., Bravo, R., Roldán, A., . . . Navarro, F. (2020). LIFE Madera para el futuro. Una oportunidad para la recuperación de las alamedas de la Vega de Granada y el desarrollo de una construcción local más eco-eficiente. *ALZADA*.

Geissdoerfer, M., Savaget, P., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2016). The Circular Economy e A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production* 143, 757-786.

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.

Giorgi, S., Lavagna, M., Wang, K., Osmani, M., Liu, G., & Campioli, A. (2022). Drivers and barriers towards circular economy in the building sector: Stakeholder interviews and analysis of five European countries policies and practices. *Journal of Cleaner Production*, 336, 130395.

- Global Footprint Network. (2023). *Global Footprint Network*. Obtenido de Country Trends: <https://www.footprintnetwork.org/>
- Gobierno de España. (2021). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*.
- Green Building Council España. (2020). *Agenda de la Unión Europea para la edificación Sostenible*.
- Green Building Council España. (2020). *La descarbonización de la edificación*.
- Gregson, N., Crang, M., Fuller, S., & Holmes, H. (2015). Interrogating the circular economy: the moral economy of resource recovery in the EU. *Economy and Society*, 44(2), 218-243.
- Gulseven, O., Al Harmoodi, F., Al Falasi, M., & Alshomali, I. (2020). How the COVID-19 Pandemic Will Affect the UN Sustainable Development Goals (SDGs)? *SSRN*.
- Heravi, G., & Abdolvand, M. M. (2019). Assessment of water consumption during production of material and construction phases of residential building projects. *Sustainable Cities and Society*, 51(101785).
- Hopkinson, P., Chen, H.-M., Zhou, K., Wang, Y. C., & Lam, D. (2019). Recovery and reuse of structural products from end-of-life buildings. *Engineering Sustainability*, 172(3), 119-128.
- INE. (2023). *Instituto Nacional de Estadística*. Recuperado el 2023, de Contabilidad Nacional Anual de España: <https://www.ine.es/jaxiT3/Tabla.htm?t=32450>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (2023). *Andalucía pueblo a pueblo - Fichas Municipales*. Obtenido de Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/sima/ficha.htm?mun=18087>
- Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía. (2023). *Contabilidad Regional Anual de Andalucía*. Obtenido de Instituto de Estadística y Cartografía de Andalucía: <https://www.juntadeandalucia.es/institutodeestadisticaycartografia/craa/index.htm>
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2023). *insst.es*. Obtenido de Normativa. Sector de la Construcción: <https://www.insst.es/normativa/sector-construccion/edificacion-y-obra-civil>
- Johansson, N. (2021). Does the EU's Action Plan for a Circular Economy Challenge the Linear Economy? *Environmental Science and Technology*, 55, 15001-15003.

- Junta de Andalucía. (2015). *Gestión y Tratamiento de Residuos de Construcción y Demolición. Guía de buenas prácticas*. Obtenido de Agencia de Obra Pública de la Junta de Andalucía. Consejería de Obras Públicas y vivienda:
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal_web/servicios_generales/doc_tecnicos/2015/gestion_tratamiento_residuos_construc_demolic/gestion_tratamiento_residuos_RCD_buenas_practicas.pdf
- Junta de Andalucía. (2021). *Plan Integral de Residuos de Andalucía*. Obtenido de Junta Andalucía:
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/26992369/2021_10_19_PIRec_completo5.pdf/6c1a646a-c293-79ca-c201-a913386b86ce?t=1634807843024
- Junta de Andalucía. (2021). *Plan Integral de Residuos de Andalucía HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL HORIZONTE 2030*.
- Junta de Andalucía. (2021). *Plan Integral de Residuos de Andalucía HACIA UNA ECONOMÍA CIRCULAR EN EL HORIZONTE 2030*.
- Junta de Andalucía. (2023). *Análisis de la sequía en Andalucía*. Estudio comarcal para el mes de febrero de 2023, Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul.
- Junta de Andalucía. (2023). *Consejería de Sostenibilidad, Medio Ambiente y Economía Azul*. Obtenido de Junta de Andalucía:
https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/landing-page-%C3%ADndice/-/asset_publisher/zX2ouZa4r1Rf/content/gestores-de-residuos/20151
- Junta de Andalucía. (2023). *Junta de Andalucía*. Obtenido de Noticias:
<https://www.juntadeandalucia.es/presidencia/portavoz/tierraymar/181002/JuntadeAndalucia/ConsejeriadeSostenibilidadMedioAmbienteyEconomiaAzul/EconomiaCircular/Andalucia/Sostenibilidad/medionatural/ahorro/economia>
- Kordi, N., Belayutham, S., & Che Khairil Izam Che, I. (2021). Mapping of social sustainability attributes to stakeholders' involvement in construction project life cycle. *CONSTRUCTION MANAGEMENT AND ECONOMICS*, 39(6), 513-532.
- Kylili, A., & Fokaidis, P. (2017). Policy trends for the sustainability assessment of construction materials: A review. *Sustainable Cities and Societies*, 35, 280-288.
- Liikanen, M., Grönman, K., Deviatkin, I., Havukainen, J., Hyvärinen, M., Kärki, T., . . . Horttanainen, M. (2019). Construction and demolition waste as a raw material for wood polymer composites e Assessment of environmental impacts. *Journal of Cleaner Production*, 716-727.

- London Waste & Recycling Board. (2015). *Towards a circular economy – context and opportunities*.
- López, C. D., Carpio, M., Morales, M. M., & Zamorano, M. (2021). Defining strategies to adopt Level(s) for bringing buildings into the circular economy. A case study of Spain. *Journal of Cleaner Production*(287), 125048.
- M. C., S. T., M. L., L. L., D. C., G. d., . . . A. S. (2016). Recycling of construction and demolition waste for producing new construction material (Brazil case-study). *Construction and Building Materials*, 123, 594-600.
- M. G., P. S., Bocken, N. M., & Hultink, E. J. (2016). The Circular Economy e A new sustainability paradigm? *Journal of Cleaner Production* 143, 757-786.
- Mancera, H. A., & Esteban, J. A. (2021). URBANISMO SOSTENIBLE: EL MODELO DE CIUDAD HACIA EL 2030. *CITECSA*, 45-51.
- Martínez, A. N., & Porcelli, A. M. (2018). Estudio sobre la economía circular como una alternativa sustentable frente al ocaso de la economía tradicional (primera parte). *LEX: Revista de la Facultad de Derecho y Ciencia Política de la Universidad Alas Peruanas*, 301 - 334.
- Mata, F. (2009). La selección sostenible de los materiales Construcción. *Revista Tecnológica@ y desarrollo*, 8(1), 1 - 15.
- Matschewsky, J. (2019). Unintended Circularity?—Assessing a Product-Service System for its Potential Contribution to a Circular Economy. *Sustainability*, 11, 2725.
- Medela, J. R., & Montaña, Ó. S. (2011). *Transformación urbana y conflictividad social La construcción de la Marca Granada 2013-2015*.
- Mejía, E., Giraldo, J., & Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición Revisión sobre su composición, impactos y gestión. *CINTEX*, 105-130.
- Ministerio de Fomento. (2017). *ACTUALIZACIÓN 2017 DE LA ESTRATEGIA A LARGO PLAZO PARA LA REHABILITACIÓN ENERGÉTICA EN EL SECTOR DE LA EDIFICACIÓN EN ESPAÑA*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2020). *España Circular 2030. Estrategia Española de Economía Circular*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2021). *I PLAN DE ACCIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR 2021-2023 ESTRATEGIA ESPAÑOLA DE ECONOMÍA CIRCULAR*.
- Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico. (2023). *Miteco.gob.es*. Obtenido de Estrategia Española de Economía Circular y Planes de Acción:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/estrategia/>

MITECO. (2022). *PERTE en Economía Circular*.

Molina, V., Zamorano, M., & Martín, C. (2022). *COLOR CIRCLE MAPEADO DE LA PROVINCIA DE GRANADA RESPECTO A LA ECONOMÍA CIRCULAR*.

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: JBE*, 369-380.

Naciones Unidas. (2022). *Informe de los Objetivos de Desarrollo Sostenible 2022*.

Naciones Unidas. (2023). *Naciones Unidas*. Obtenido de Objetivos de Desarrollo Sostenible: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Naciones Unidas. (s.f.). *Naciones Unidas*. Obtenido de Desafíos Globales, Población: <https://www.un.org/es/global-issues/population>

Observatorio de Sostenibilidad. (2021). *Calidad del aire en las ciudades 2021*.

OCDE. (2018). *Global Material Resources Outlook to 2060 - Economic drivers and environmental consequences*.

OECD. (2021). *The Circular Economy in Granada, Spain*.

Oltra, C., & Sala, R. (2011). Percepción pública de la edificación sostenible. *ACE: Architecture, City and Environment= Arquitectura, Ciudad y Entorno [en línea](15)*, 33-48.

Organización de las Naciones Unidas. (SEPTIEMBRE de 2021). *ONU NOTICIAS*. Obtenido de ONU: <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/comunicado-de-prensa/la-covid-19-causo-solo-una-reduccion-temporal-de-las>

Organización de Naciones Unidas. (s.f.). *Objetivos de desarrollo sostenible*. Obtenido de Naciones Unidas: <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/objetivos-de-desarrollo-sostenible/>

Pacto Mundial Red España. (2022). *EL SECTOR CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA CIVIL: CONTRIBUYENDO A LA AGENDA 2030*.

Pacto Mundial Red España. (2022). *EL SECTOR CONSTRUCCIÓN E INGENIERÍA CIVIL: CONTRIBUYENDO A LA AGENDA 2030 La creación de ciudades sostenibles y resilientes*.

- Parlamento de Andalucía. (2022). *Iniciativa Legislativa Num 40 del 07 de octubre de 2022 PROYECTO DE LEY DE ECONOMÍA CIRCULAR DE ANDALUCÍA*.
- Parlamento Europeo. (2021). INFORME sobre el nuevo Plan de acción para la economía circular (2020/2077(INI)).
- Parlamento Europeo y Consejo Europeo. (2002). *DIRECTIVA 2002/91/CE DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 16 de diciembre de 2002 relativa a la eficiencia energética de los edificios*.
- Parlamento Europeo y Consejo Europeo. (2008). *Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 19 de noviembre de 2008, sobre los residuos y por la que se derogan determinadas Directivas*. Diario Oficial de la Unión Europea.
- Parlamento Europeo y Consejo Europeo. (2021). *REGLAMENTO (UE) 2021/1058 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 24 de junio de 2021 relativo al Fondo Europeo de Desarrollo Regional y al Fondo de Cohesión*.
- Polyakov, M., Khanin, I., Bilozubenko, V., & Korneyev, M. (2021). “Factors of uneven progress of the European Union countries towards a circular economy”. *Problems and Perspectives in Management*, 19(3), 332-344.
- Pomponi, F., & Moncaster, A. (2017). Circular economy for the built environment: A research framework. *Journal of Cleaner Production* 143, 710-718.
- Porcelli, A. M., & Martínez, A. N. (2018). Análisis legislativo del paradigma de la economía circular. *Revista Direito GV*, 14(3), 1067-1105.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2019). *Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019*.
- Robayo, R., Valencia, W., & Mejia, R. (2020). Construction and Demolition Waste (CDW) Recycling—As Both Binder and Aggregates—In Alkali-Activated Materials: A Novel Re-Use Concept. *Sustainability*, 12(14), 5775.
- Romero, A. (2020). LA UNIÓN EUROPEA SE ENCHUFA A LA ECONOMÍA CIRCULAR. *Actualidad económica*, 6.
- Roussat, N., Méhu, J., Abdelghafour, M., & Brula, P. (2008). Leaching behaviour of hazardous demolition waste. *Waste Management*, 28, 2032-2040.
- Rydz, A. Ź. (2022). Implementing Sustainable Development Goals within the COVID-19 Pandemic Future Challenges for the 2030 Agenda. *Comparative Economic Research. Central and Eastern Europe*(4), 135-160.

- Sáez, P. V., & Osmani, M. (2019). A diagnosis of construction and demolition waste generation and recovery practice in the European Union. *Journal of Cleaner Production*, 118400.
- Sampieri, R. H., Collado, C. F., & Lucio, P. B. (1997). *METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN*.
- San Antonio, A., Santos, R., del Rio, M., Gonzalez, M., & Vinas, C. (2015). Feasibility of Recycling CDW as Raw Material in Gypsum Composites. *Athens Journal of Technology & Engineering*, 2(3), 149-159.
- Santurde, L., & Castro, R. (2021). LA APORTACIÓN DE LA ECONOMÍA CIRCULAR A LOS ODS FRENTE A LAS LIMITACIONES DEL SISTEMA LINEAL. *Revista Iberoamericana de Economía Solidaria e Innovación Socioecológica*, 4, 149-170.
- Servicio Público de Empleo Estatal. (2020). *Estudio Prospectivo de las Actividades Económicas relacionadas con la Economía Circular en España*.
- Shivarov , A. (2020). Shivarov. *IZVESTIA JOURNAL OF THE UNION OF SCIENTISTS - VARNA*, 9(3), 144-152.
- Shivarov, A. (2020). Circular economy: Limitations of the concept and application challenges. *IZVESTIA JOURNAL OF THE UNION OF SCIENTISTS - VARNA*, 9(3), 144-152.
- Smolka, R., & Sobotka, J. (2020). Secondary Raw Materials in Construction. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering* , 728.
- Spisakova, M., Mandičák , T., Mésároš, P., & Špak, M. (2022). Waste Management in a Sustainable Circular Economy as a Part of Design of Construction. *Applied Siences*, 12, 1-19.
- Stiebert, S., Echeverría, D., Gass, P., & Kitson, L. (2019). *Emission Omissions: Carbon accounting gaps in the built environment*. International Instituto for Sustainable Development.
- Sustainable Development Solutions Network. (2022). *SUSTAINABLE DEVELOPMENT REPORT 2022. From Crisis to Sustainable Development: the SDGs as Roadmap to 2030 and Beyond*.
- Taboada, G. L., Seruca, I., Sousa, C., & Pereira, Á. (2020). Exploratory Data Analysis and Data Envelopment Analysis of Construction and Demolition Waste Management in the European Economic Area. *Sustainability*, 12(12), 4995.

- Toribio, J. M. (1997). Transformaciones recientes en la organización territorial de la Vega de Granada: del espacio agrario tradicional a la aglomeración urbana actual. *Estudios regionales*(48), 189-214.
- UNEP, I. R. (2016). *GLOBAL MATERIAL FLOWS AND RESOURCE PRODUCTIVITY*.
- Unión Europea. (2018). *DIRECTIVA (UE) 2018/844 DEL PARLAMENTO EUROPEO Y DEL CONSEJO de 30 de mayo de 2018 por la que se modifica la Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios y la Directiva 2012/27/UE relativa a la eficiencia energética*.
- United Nations Environment Program (UNEP). (2019). *Informe sobre la disparidad en las emisiones de 2019*.
- United Nations Environment Programme. (2022). *Global Status Report for Buildings and Construction: Towards a Zero-emission, Efficient and Resilient Buildings and Construction Sector*. Nairobi.
- United Nations. Department of Economic and Social Affairs. (2022). *World Population Prospects 2022. Summary of results*.
- Whittaker, M., Grigoriadis, K., Soutsos, M., Sha, W., Klinge, A., Paganoni, S., . . . Attanasio, A. (2019). Reuse and recycling of CDW materials and structures in energy efficient prefabricated elements for building refurbishment and construction-RE. *International Conference on Sustainable Materials, Systems and Structures (SMSS 2019) Energy Efficient Building Design and Legislation*. Rovinj, Croatia.
- Wolf, S., Teitge, J., Schütze, F., & Jaeger, C. (2021). The European Green Deal – More Than Climate Neutrality. *Intereconomics*, 56 (2), 99-107.
- World Bank. (2012). *What a waste: a global review of solid waste management* .
- World Wide Fund For Nature. (2020). *Informe Planeta Vivo 2022. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo*. World Wide Fund For Nature. WWF.
- World Wildlife Fund (WWF). (2020). *Informe Planeta Vivo 2022. Hacia una sociedad con la naturaleza en positivo*.

ANEXO I

Tabla 6
Normativa europea en materia de Economía Circular

Tipo de documento	Código	Año	Nombre
Directiva	94/62/CE	1994	Sobre los envases y residuos de envases
Directiva	2008/98/CE	2008	Sobre residuos
Directiva	2009/125/CE	2009	Sobre diseño ecológico
Reglamento	(CE) N°. 66/2010	2010	Sobre la etiqueta ecológica
Directiva	2010/75/UE	2010	Sobre las emisiones industriales
Reglamento	(UE) N° 305/2011	2011	Comercialización de productos de construcción
Directiva	2012/19/UE	2012	Sobre residuos de aparatos eléctrico y electrónicos
Directiva	(UE) 2019/904	2019	Sobre la reducción del impacto de productos de plástico
Directiva	(UE) 2019/882	2019	Requisitos de accesibilidad de los productos y servicios.

Nota: (Diario oficial de la Unión Europea, 2023)

Tabla 7
Normativa Española en materia de Economía Circular

Tipo de documento	Código	Año	Nombre	Estado en el Plan de Acción
Real Decreto	1369/2007	2007	Sobre diseño ecológico de productos relacionados con la energía	Desarrollo de nueva normativa.
Real Decreto	105/2008	2008	Se regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición	Desarrollo de un nuevo marco normativo
Real Decreto	106/2008	2008	Sobre pilas y acumuladores y la gestión ambiental de sus residuos	Revisión del RD
Real Decreto	815/2013	2013	Se aprueba el Reglamento de Emisiones Industriales y desarrollo de la Ley16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación.	Revisión de la directiva europea
Real Decreto	110/2015	2015	Sobre residuos de aparatos eléctricos y electrónicos	Revisión del RD de acuerdo a la revisión de la Directiva Europea
Ley	07/2022	2022	Ley de residuos y suelos contaminados para una Economía Circular	Incluida

Nota: (Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico, 2021)

ANEXO II

Tabla 8
Operaciones de valorización de RCD

Operación de valorización	Tipo de instalación
R05 Reciclado o recuperación de otras materias inorgánicas*.	
R0502 Descontaminación de suelos excavados que dé como resultado la valorización del suelo.	Instalaciones de descontaminación de suelos (on site y off site).
R0505 Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento.	Cementeras que utilicen áridos de RCDs o tierras de excavación, etc. para la fabricación de cemento.
R0506 Valorización de residuos inorgánicos para la producción de áridos.	Instalaciones de producción de áridos a partir de RCDs, de escorias negras de acerías de hornos de arco eléctrico de otros residuos inorgánicos cuando el material obtenido alcance el fin de la condición de residuo.
R0507 Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas en otros procesos de fabricación	Utilización de áridos de RCDs, tierras de excavación, etc. en sustitución de materias primas en procesos de fabricación distintos de la fabricación de cemento
R0508 Valorización de materiales inorgánicos en operaciones de relleno (backfilling).	Relleno con residuos no peligrosos adecuados en restauraciones de huecos mineros, con fines constructivos, de acondicionamiento, y en restauración e ingeniería paisajística.
R0509 Valorización de materiales inorgánicos en operaciones distintas a las de relleno.	Uso de residuos no peligrosos adecuados en acondicionamiento de vertederos
R0510 Recuperación de sustancias inorgánicas contenidas en los residuos mediante operaciones diferentes a las anteriores.	Instalaciones que obtienen sustancias inorgánicas a partir de residuos para su uso en la fabricación de fertilizantes.
R0511 Preparación para la reutilización de residuos inorgánicos	Instalaciones de clasificación y limpieza de residuos obtenidos en la demolición selectiva tales como tejas, piedras, etc. para su reutilización.
R1201 Clasificación de residuos	Instalaciones de clasificación de envases. Instalaciones de clasificación, separación y agrupación de RAEEs. Instalaciones de clasificación de chatarra. Instalaciones de clasificación de otros tipos de residuos (plásticos, papel/cartón, RCDs, neumáticos fuera de uso, etc.).
R1202 Desmontaje y separación de los distintos componentes de los residuos, incluida la retirada de sustancias peligrosas.	
R1207 Secado, desorción térmica y evaporación previo a la valorización del residuo.	Instalaciones de secado término de lodos para su valorización posterior. Instalaciones de desorción térmica de lodos para su valorización posterior
R1208 Acondicionamiento de residuos para la obtención de fracciones combustibles.	Instalaciones de pretratamiento de residuos destinadas a la obtención de fracciones combustibles: – Instalaciones de pretratamiento de residuos domésticos mezclados, RCDs, aceites usados, residuos líquidos orgánicos, etc. para la obtención de fracciones combustibles.

R13 Almacenamiento de residuos en espera de cualquiera de las operaciones numeradas de R1 a R12 (excluido el almacenamiento temporal, en espera de recogida, en el lugar donde se produjo el residuo)

R1301 Almacenamiento de residuos, en el ámbito de la recogida. Puntos limpios (ecoparque, deixalleria, etc.)	Puntos limpios (ecoparque, deixalleria, etc.). Instalaciones de transferencia de residuos.
---	---

R1302 Almacenamiento de residuos, en el ámbito de tratamiento

Nota: (BOE, 2022).* Esto incluye la descontaminación y recuperación del suelo que tenga como resultado la valorización del suelo y el reciclado de materiales de construcción inorgánicos