

# TRABAJO FIN DE MÁSTER

TUTORAS: Alicia Valero Delgado y Sonia Ascaso Malo  
Departamento de Ingeniería Mecánica, Área de Ecología Industrial  
Universidad de Zaragoza

CURSO 2023/24

## Máster Universitario en Economía Circular

por la Universidad de La Rioja, Universidad de Lleida,  
Universidad de Zaragoza y Universidad Pública de Navarra



UNIVERSIDAD  
DE LA RIOJA



Universitat  
de Lleida



Universidad  
Zaragoza



Universidad Pública de Navarra  
Nafarroako Unibertsitate Publikoa

“Impacto de los RCD en la economía circular y metodología aplicada para una cuantificación efectiva de residuos por parte de las administraciones”.

“Impact of CDW on the circular economy and methodology applied for an effective quantification of waste by administrations”.



AUTOR: Lisa Buera, Alejandro

MÁSTER EN ECONOMÍA CIRCULAR

12 DE JUNIO DE 2024

*“El progreso de una sociedad se mide por la forma en la que gestionan sus residuos”.*

*(Anónimo)*

© Trabajo de Fin de Máster – Universidad de Zaragoza

Autor: Alejandro Lisa Buera

Fecha de elaboración: 12 de junio de 2024

*Es probable que surjan actualizaciones legislativas posteriores a la publicación de este documento (2024), por lo tanto, para cualquier cuestión específica no duden en consultar con el autor (alumno egresado), que se encuentra trabajando de forma incansable en la mejora continua de este sector, por ello, estará preparando futuras versiones del presente documento.*

## Índice de contenido:

Índice de Ilustraciones:	4
Índice de Tablas:	5
Palabras clave:	5
Programas empleados	5
Agradecimientos	6
ABSTRACT	7
ABSTRACT (ENGLISH)	7
Abreviaturas	8
1.Introducción	9
1.1 Sector de la construcción y contexto internacional.	10
1.2 Residuos de construcción y demolición (RCD)	12
2. Antecedentes	12
2.1 Contexto europeo	12
2.2 Contexto estatal	14
2.3 Contexto autonómico	20
i. Andalucía	20
ii. Aragón	21
iii. Islas Baleares	22
iv. Canarias	23
v. Cantabria	23
vi. Castilla-La Mancha	23
vii. Castilla y León	24
viii. Cataluña	24
ix. Ceuta y Melilla	25
x. Comunidad de Madrid	25
xi. Comunidad Foral de Navarra	26
xii. Comunidad Valenciana	26
xiii. Extremadura	27
xiv. Galicia	27
xv. País Vasco	27
xvi. Principado de Asturias	28
xvii. Región de Murcia	29
xviii. La Rioja	29
2.3.1 Diagnóstico de la legislación autonómica:	29
3. Justificación de la metodología y documentación exigida.	30

3.1	Justificación legal de la metodología .....	30
3.2	Diagnóstico de las obras de construcción .....	33
3.3	Documentos exigidos por la administración .....	33
3.3.1	Evidencias documentales exigidas en materia de residuos .....	33
3.3.2	Deficiencias en la documentación exigida .....	36
3.4	Ejemplos de actuaciones particulares en España para la implementación EECC en los RCD .....	36
4.	Metodología expuesta, objetivos y resultados sobre los RCD objeto de cuantificación .....	37
4.1	Objetivo de la metodología .....	37
4.2	Introducción del análisis de flujo de materiales .....	38
4.3	Alcance y periodicidad del análisis con los datos concretos de la obra .....	38
4.4	Procesos para la aplicación de la metodología en la obra .....	39
4.4.1	Caracterización cualitativa de los OUT PUTS .....	40
4.4.2	Almacenamiento de los residuos en la obra .....	42
4.4.3	Clasificación de las tierras .....	43
4.5	Metodología expuesta y elaboración de balances .....	45
4.5.1	Balance de INPUTS de la obra .....	45
4.5.2	Balance de OUTPUTS en la obra .....	45
4.6	Interpretación de los resultados .....	46
4.7	Impacto sobre la utilización de esta metodología .....	49
4.8	Hándicaps de la metodología planteada. ....	51
5.	Otros casos sobre mejora de trazabilidad de residuos .....	52
5.1	GSIR (Hiberus) .....	52
5.2	Plataforma Zero (Teimas) .....	53
5.3	CoCircular .....	53
6.	Discusión sobre la aplicación legal actual y su metodología .....	53
7.	Conclusiones .....	55
	Bibliografía .....	56
	ANEXO I Datos de la obra concreta utilizados .....	65
	ANEXO 2 Diagramas Sankey elaborados .....	68
2.1	Flujo de residuos (OUTPUTS) .....	68
2.2	INPUTS y OUTPUTS .....	69

## Índice de Ilustraciones:

Ilustración 1 Crecimiento de la extracción de minerales en función del tiempo desde 1900 a 2020 (Alicia Valero Delgado, 2021). .....	10
Ilustración 2 Contribución de emisiones de GEI por sectores en España para 2021 (MITERD, 2023). .....	11
Ilustración 3 Porcentaje del volumen de residuos generados en Europa por sector. Elaboración propia a partir de (EUROSTAT, 2023). .....	13
Ilustración 4 Generación de residuos totales en España (EPDATA, 2023). .....	15
Ilustración 5 Residuos de construcción generados y su gestión en España 2014-2018 (MITERD, 2024). .....	16
Ilustración 6 Generación y gestión de RCD no peligrosos (MITERD, 2023). .....	16
Ilustración 7 Evolución de la licitación de obras por parte de las Administraciones Públicas (MITERD, 2023). .....	17
Ilustración 8 Jerarquía de residuos establecida en el artículo 8 de la LRSCEC (ECONSCIENCIA, 2021). .....	19
Ilustración 9 Evolución de la generación de RCD en Andalucía periodo 2011-2018 (BOJA, 2021). .....	21
Ilustración 10 Distribución de residuos generados en Aragón dentro del sector público por el código LER 17 referido a obras de construcción (BOA, 2021). .....	22
Ilustración 11 Recogida de residuos generados en Castilla-La Mancha por sectores productivos (Memoria de gestor de residuos 2018. Viceconsejería de Medio Ambiente CLM). .....	23
Ilustración 12 Metabolismo económico de Castilla y León para 2017 (Medio Ambiente CyL, 2021). .....	24
Ilustración 13 Gráfica sobre la eliminación de residuos en vertedero 2014-2027 para la comunidad autónoma de Navarra. (Gobierno de Navarra, 2016). .....	26
Ilustración 14 Diagrama Sankey de flujos de materiales para el sector de la construcción en Euskadi para el año 2016 (Gobierno Vasco, 2019). .....	28
Ilustración 15 Extracto de Punto Limpio extraído de un proyecto de construcción (Elaboración propia para un proyecto mediante el programa AUTOCAD). .....	43
Ilustración 16 Porcentaje de la utilización de las tierras excavadas en la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir de los datos del proyecto). .....	44
Ilustración 17 Diagrama E.sankey para la cuantificación de los INPUTS y OUTPUTS producidos en la obra (Elaboración propia a partir del programa e!Sankey 5 pro con su versión de prueba). .....	45
Ilustración 18 Diagrama E.sankey para la cuantificación de los flujos de residuos generados en la obra (Elaboración propia a partir del programa e!Sankey 5 pro con su versión de prueba) ...	46
Ilustración 19 Distribución de los residuos generados en la obra en función a su destino (Elaboración propia con Microsoft Excel). .....	47
Ilustración 20 Gráfico sectorial de los residuos generados en función su peligrosidad (Elaboración propia con Microsoft Excel). .....	48
Ilustración 21 Gráfico sectorial de los residuos generados en función al tratamiento (Elaboración propia con Microsoft Excel). .....	48
Ilustración 22 Punto limpio estándar en una obra a base de Big Bags (Circular, 2023). .....	52

## Índice de Tablas:

Tabla 1 Adaptación de las diferentes CCAA a la nueva legislación de residuos estatal (Elaboración propia con Microsoft Excel). .....	29
Tabla 2 Diferencia de exigencias para los RCD con la nueva ley de residuos (Elaboración propia). .....	32
Tabla 3 Datos concretos de la obra objeto de estudio para la construcción del diagrama (Elaboración propia). .....	39
Tabla 4 Ejemplo de tabla de cuantificación de residuos para una obra concreta (Elaboración propia con Microsoft Excel). .....	42
Tabla 5 Balance de las tierras generadas en la obra objeto de estudio (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir de los datos del proyecto). .....	44
Tabla 6 Anexo 1- INPUTS utilizados para elaboración de la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir de datos estimados del PEM). .....	65
Tabla 7 Anexo 1- OUTPUTS o residuos cuantificados generados en la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir del PGR y los DI). .....	66
Tabla 8 Anexo 1- Tipo de tratamiento y código para residuos generados en la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir del PGR contrastados con los CT). .....	67

## Palabras clave

Sector Construcción, Residuos de construcción y demolición, Economía circular, Gestor de residuos, Valorización, Reutilización, Eliminación, Código LER, Estudio de Gestión de Residuos, Plan de Gestión de Residuos, Vertederos ilegales y Diagramas de Flujo.

## Programas empleados

Para la elaboración de este trabajo se han utilizado los siguientes programas o software:

- Microsoft Word.
- Microsoft Excel.
- Microsoft Teams.
- Versión de prueba e!Sankey 5.
- Versión de estudiante AutoCAD.

## Agradecimientos

Agradecer en primer lugar a mis dos tutoras la colaboración y la oportunidad brindada tanto a Sonia Ascaso Malo con su empatía, bondad y carisma desinteresado, con sus incansables correcciones sobre matices que han permitido lograr una mejor versión de este documento, como a Alicia Valero Delgado (coautora de *Thanatia*) (Alicia Valero Delgado, 2021), persona a la que admiro por su incansable lucha y posicionamiento frente a la crisis climática. Que como bien hablamos en su momento, este trabajo en sí nunca estará acabado, ya que se trata de un documento dinámico, en continua evolución, propio de una carrera de fondo, como las que a mí me gustan.

A mi familia y pareja por ser un apoyo incondicional a pesar de las adversidades, la distancia y las circunstancias, están en las duras y en las maduras siendo un sostén fundamental en mi vida, que nunca pierde su apoyo.

A Luis Salvatella, coordinador del máster, por darme la oportunidad de introducirme en este máster y acercarme a profesionalizarme dentro del sector de la Economía Circular, algo que deseo con todas mis ganas.

A la empresa en la que trabajo el *GRUPO TRAGSA*, por permitirme crecer y madurar laboralmente y confiar en mí para trabajos de gran envergadura que implican una elevada responsabilidad. Me gustaría poder continuar colaborando de forma estrecha, aportando todas mis ganas y conocimiento hacía una entidad que refleja a una administración pública, que a mi modo de entenderla debe ser más fuerte, ejemplar y severa en cuanto a su gestión de residuos. Queda mucho trabajo por delante y yo estaré encantado de estar ahí, cuando me lo permitan.

A mis ex - compis de trabajo, que han superado con creces la barrera de la amistad, por endulzarme cada día y liberarme de la tensión y la ansiedad que tiene coexistir y caminar en este duro camino de compaginar los estudios con la vida laboral. Mis compas del máster y resto de profesores, por generarme y aportarme todo el conocimiento adquirido, y mis amigos de siempre y la gente maravillosa que ha ido llegando a mi vida para quedarse, complementarme y aportarme su granito de arena.

Por último, quiero darme las gracias a mí mismo, por ser fiel a mis principios e ideales, por defender una sociedad más justa y un planeta más habitable y por no rendirme y cansarme de aportar, por seguir al pie del cañón rebatiendo y mejorando la sociedad desde un prisma ecologista y por creer en que una alternativa eco-social es posible.

## ABSTRACT

La gestión de residuos en España se enfrenta a una serie de retos pendientes en cuanto a su transición hacia la economía circular y la sostenibilidad, donde ocupa un rol protagonista, por ello, es fundamental hacerlo mediante la tecnología, la digitalización y la eficiencia energética.

Dentro de todos los residuos, los residuos de construcción y demolición suponen un tercio de los residuos totales generados en España, con tendencia a aumentar en los próximos años, además este sector tiene una elevada influencia en el contexto del cambio climático. Por ello, urge la necesidad aplicar las actuales demandas legislativas europeas y estatales, a las comunidades autónomas, que poseen las competencias transferidas en materia de residuos. También es necesario incorporar medidas de control efectivas para la cuantificación y gestión de estos residuos fáciles de verificar por parte de la administración, se propone que sea de forma e independiente por actuación, estudiando así, la trazabilidad completa del residuo para cada obra ejecutada.

Para ello, se ejemplifica una obra real y concreta, diferenciando aquellos residuos por su tipología, peligrosidad y tratamiento realizado por cada gestor autorizado. Exponiendo la metodología de cuantificación utilizada y mostrando los datos mediante un diagrama Sankey. Ofreciendo la posibilidad de verificar el destino final de los residuos producidos, generando su trazabilidad. De esta manera se pueden observar los flujos reales de residuos que existen en la gestión de RCD de la propia obra objeto de estudio propuesta.

### ABSTRACT (ENGLISH)

Waste management in Spain faces a series of ongoing challenges in its transition towards a circular economy and sustainability, where it plays a leading role. Therefore, it is essential to address this through technology, digitalization, and energy efficiency.

Among all waste types, construction, and demolition waste accounts for one-third of the total waste generated in Spain, with a trend of increasing in the coming years. Additionally, this sector has a significant influence in the context of climate change. Therefore, it is urgent to apply the current European and state legislative demands to the autonomous communities, which have transferred powers in waste management. It is also necessary to incorporate effective control measures for the quantification and management of this waste that are easily verifiable by the administration. It is proposed that this be done independently for each project, thus studying the complete traceability of the waste for each executed work.

To this end, a real and concrete work example is illustrated, differentiating the waste by its type, hazard level, and treatment carried out by an authorized manager. The methodology of quantification is explained, and the data is presented through a Sankey diagram, offering the ability to verify the destination final of the produced waste. In this way, the actual waste flows existing in the management of construction and demolition waste (CDW) for the proposed work can be observed.



## Abreviaturas

- ACV: Análisis de Ciclo de Vida.
- AGESMA: Asociación Gestores de Residuos de Construcción y demolición de Madrid.
- BIM: Building Information Modeling.
- CCAA: Comunidades Autónomas.
- CDW: Construction and demolition waste.
- CT: Contrato definido con el gestor.
- CO<sub>2</sub>: Dióxido de Carbono.
- Código LER: Código de la lista europea de residuos (Decisión 2014/955/UE)
- DI: Documento de identificación.
- DNSH: Do No Significant Harm (No causar un daño significativo al medio ambiente)
- EECC: Economía Circular.
- EGR: Estudio de Gestión de Residuos.
- FEDER: Fondo Europeo de Desarrollo Regional.
- GEI: Gases de efecto invernadero.
- LRSCEC: Ley 7/2022 de residuos y suelos contaminados para una economía circular.
- MAPA: Ministerio de agricultura pesca y alimentación.
- MITERD: Ministerio de transición ecológica y reto demográfico.
- MPS: Materias primas secundarias.
- NIMA: Número de Información Ambiental.
- NT: Notificación de traslado.
- PAEC: Plan de Acción de Economía Circular.
- PEM: Presupuesto de Ejecución Material.
- PGR: Plan de Gestión de Residuos.
- PLACSP: Plataforma de Contratación del Sector Público.
- PRTR: Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia.
- PVA: Plan de Vigilancia Ambiental.
- RAEES: Residuos de aparatos eléctricos y electrónicos.
- RCD: Residuos de Construcción y Demolición.
- RSU: Residuos sólidos urbanos.
- SANDACH: Subproductos Animales No Destinados Al Consumo Humano.
- SaaS: Software as a Service, (alquiler de servicio).
- SEIASA: Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias.
- UE: Unión Europea.

## 1. Introducción

El cometido de este trabajo fin de máster, consiste en ofrecer una revisión, análisis y diagnóstico sobre la situación actual en España referida a los residuos de construcción y demolición, en adelante RCD, (CDW en inglés), ofreciendo un barrido sobre sus antecedentes, su contexto y su contribución al cambio climático. Analizando el marco legislativo y las principales exigencias legales actuales, tanto en el ámbito europeo, como en el ámbito estatal, como en sus diferentes comunidades autónomas, que actualmente tienen las competencias transferidas en materia de residuos y destacando sus principales deficiencias y carencias.

A partir de las obligaciones que ya existen como productor de residuos en base a la nueva ley estatal, se va a realizar el análisis específico de la gestión de residuos aplicado a una obra concreta y real, exponiendo sus datos y una metodología aplicada para la cuantificación IN-SITU, y ofreciendo la visión de los datos recogidos, en base a la caracterización de los datos analizados y un diagrama de tipo Sankey de elaboración propia, que nos va a favorecer la visualización de la cuantificación efectiva de los flujos de residuos. Quizá de esta manera, se pueda establecer como herramienta de control, esta forma de visualizar los datos, ya que ofrece una visión rápida y clara de los flujos de residuos generados, con su encaje legal, para ser requerido por parte de la administración o por los agentes implicados en el proceso.

El diagrama de tipo Sankey utilizado es un tipo específico de diagrama de flujo, en el que la anchura de las flechas se muestra proporcional a la cantidad de ese flujo analizado. Los diagramas de Sankey se suelen utilizar para visualizar las transferencias de energía, material o costes entre procesos, a través de flechas, que muestran la pérdida o dispersión por transferencia en cada uno de los flujos, observando su trazabilidad completa. Llevan el nombre del capitán irlandés *Matthew Henry Phineas Riall Sankey*, quien utilizó este tipo de diagrama en 1898 en una publicación sobre la eficiencia energética de la máquina de vapor (García Cuenca, 2021).

En este caso, el análisis en detalle de los flujos de residuos, apoyado con el diagrama tipo Sankey nos ayuda a visualizar fácilmente y nos sirve para facilitar la labor de verificar la responsabilidad ampliada del productor de residuos, por parte del promotor para una obra concreta, es decir, nos sirve para de forma general, realizar un check del destino final y el tratamiento de los residuos generados. Se utilizará para la representar los datos referidos a la cuantificación y el flujo de los RCDs producidos en esa obra.

Los datos de la obra pertenecen a un proyecto realizado por el *Grupo Tragsa*, (empresa en la que actualmente el alumno desarrolla su actividad profesional), de la cual el promotor es la Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias (*SEIASA*), dentro del contexto de financiación *PRTR*. La obra consiste en una modernización de regadíos en El Ejido, Almería, que implica la construcción de dos balsas, una instalación fotovoltaica, una implementación de una red de riego e implementación de medidas de telecontrol. Para la obra se han utilizado datos consistentes y verosímiles, que han sido ligeramente modificados sobre los datos reales, por parte del alumno de forma deliberada, para respetar el criterio de confidencialidad de datos con la empresa.

Lo que se pretende con este trabajo, es destacar la importancia de las evidencias de cumplimiento legalmente exigidas para una buena praxis en materia de gestión residuos dentro del sector de la construcción. Por otro lado, se pretende exponer las deficiencias que puedan surgir en base a la aplicación de la ley y la falta de adaptación a la ley estatal por parte de muchas de las CCAA. Con todo ello, poder sentar un pretexto para establecer métodos objetivos y transparentes en materia de gestión de residuos. Es necesario establecer precedentes de actuación para que la legislación se adapte al contexto actual, facilitando la labor de control por parte de la administración y la

toma de datos y su burocracia por parte de los agentes implicados. Que permita a su vez obtener datos estadísticos de cómo se adapta el sector de la construcción al nuevo marco legislativo y a las exigencias requeridas por parte de Europa y hacia una economía circular efectiva.

### 1.1 Sector de la construcción y contexto internacional.

El sector de la construcción se trata de un sector clave a nivel mundial, que se enfrenta a diversos desafíos de carácter estratégico, tanto en el área de la sostenibilidad y eficiencia energética, como en la digitalización y la tecnología (GlobalABC, 2021).

Debido al drástico crecimiento exponencial de la población mundial y el notable desarrollo tecnológico que estamos compaginando, se ha disparado tanto la demanda de recursos, como la variedad de materias primas consumidas, de forma alarmante (Ilustración 1) para suplir unas necesidades sin precedentes hasta ahora (Alicia Valero Delgado, 2021). Es por ello por lo que se ha experimentado un notable aumento del sector de la construcción en las últimas décadas y se espera que siga in crescendo en los próximos años, por ejemplo, en la India, siendo el país más poblado del mundo, se prevé la construcción de 170 millones de nuevas viviendas para 2030. Además de la nueva vivienda, los patrones tecnológicos de consumo exigen una renovación masiva de las edificaciones antiguas (Rainer Sarmiento Matos, 2023). El sector de la construcción se trata, por lo tanto, de un sector en auge, en el ámbito económico, las 100 compañías de construcción más grandes del mundo generaron 75.000 millones de dólares en ingresos durante 2021, con un crecimiento del 9,9% respecto al año anterior (Deloitte, 2022).

Al final, el sector de la construcción también tiene una alta influencia y responsabilidad en el contexto del cambio climático (Rodríguez-Potes & Estrada, 2018), de forma significativa, el hormigón, principal insumo habitual utilizado en las obras de construcción, se trata del producto artificial más consumido en el mundo, siendo el segundo más consumido a nivel global después del agua (Hasanbeigi, 2012). La producción de hormigón y sus derivados representan alrededor del 8% de las emisiones globales directas de CO<sub>2</sub>, ocupando de esa forma el tercer lugar en contribución a las emisiones globales por parte del sector de la construcción, solo por debajo de la producción de energía y el transporte (Pescador, 2023).

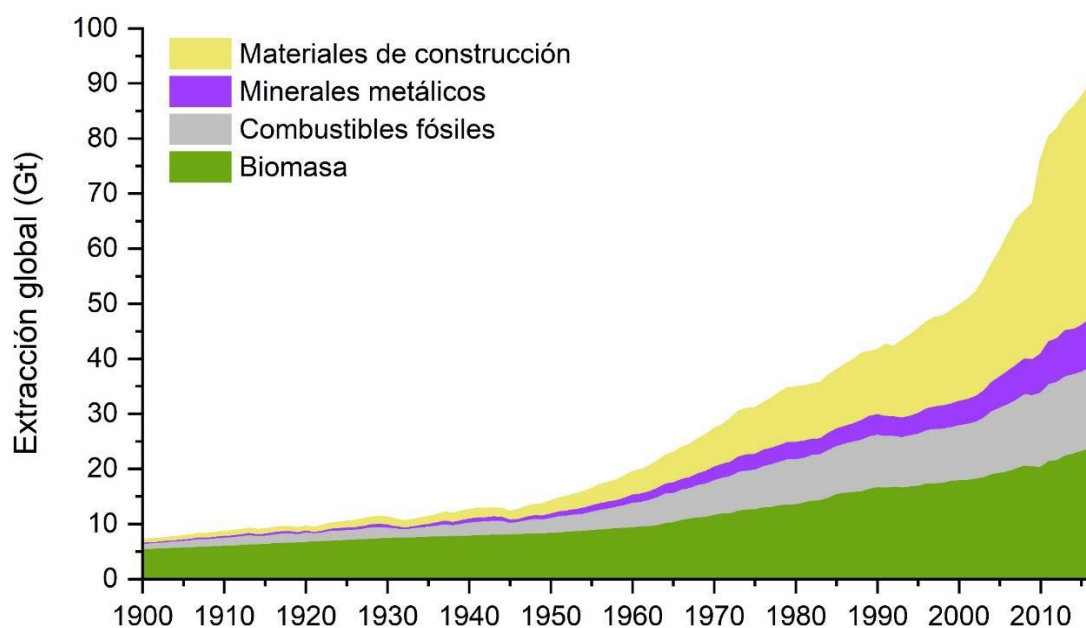


Ilustración 1 Crecimiento de la extracción de minerales en función del tiempo desde 1900 a 2020 (Alicia Valero Delgado, 2021).

El sector de la construcción en 2021 fue el responsable de más del 34% de la demanda energética y responsable también de alrededor del 37% de las emisiones de dióxido de carbono (CO<sub>2</sub>) asociadas a la energía y sus operaciones. Además, las emisiones de CO<sub>2</sub> relacionadas con la energía, en las operaciones del sector, alcanzaron un equivalente a las diez gigatoneladas de CO<sub>2</sub>, un registro un 5% más alto que los niveles de 2020 y un 2% por encima del pico prepandémico de 2019 (ONU, 2022).

En rasgos generales, a nivel mundial, se estima que el sector de la construcción, adicionalmente, consume un 40% de toda la energía, que implica la extracción de hasta un 30% de las materias primas del entorno, la generación del 25% de los residuos totales, conlleva el consumo de hasta un 25% del agua disponible y ocupa un 12% aproximado de la tierra. (García Ochoa, Quito Rodríguez, & Perdomo Moreno, 2020). Estas cifras se agravan según un informe reciente de la comisión europea, que indica que la industria de la construcción es responsable del 50% de la extracción de materias primas, de un tercio del uso total de agua y de producir alrededor del 35% de los residuos (Comisión europea, 2022).

Colocando el contexto en Europa, las emisiones de los gases de efecto invernadero, en adelante “GEI” resultantes de la extracción de materiales, la fabricación de productos de construcción y la construcción y renovación de edificios oscila entre el 5 % y el 12 % de las emisiones totales de GEI. Es por ello, por lo que la Comisión Europea se compromete a desarrollar una nueva estrategia de economía circular, que implica un entorno construido sostenible de carácter integral, además de establecer un objetivo de recuperación y valorización del 70 % de los residuos generados por el sector de la construcción (Comisión Europea, 2020).

Respecto a las emisiones generadas en nuestro país, el sector de la construcción tiene un rol bastante significativo (Ilustración 2) encontrándose agrupado dentro del bloque sectorial de industria.

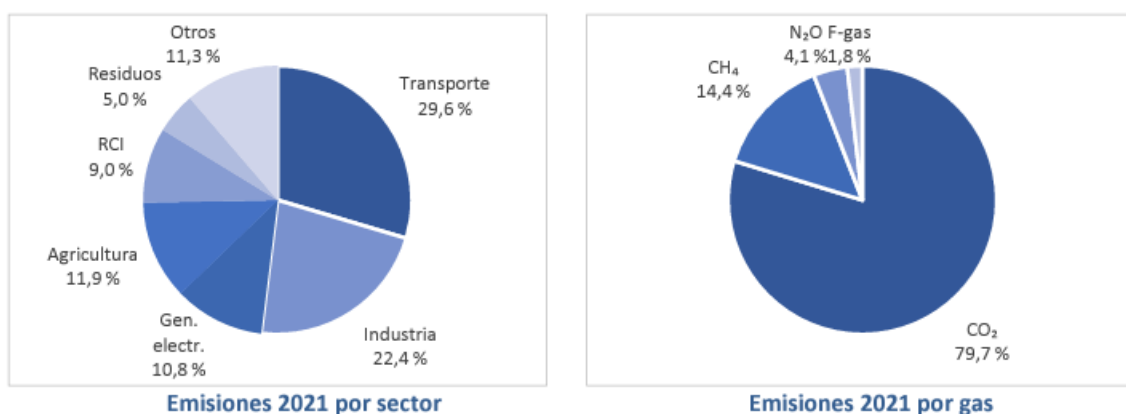


Ilustración 2 Contribución de emisiones de GEI por sectores en España para 2021 (MITERD, 2023).

Las emisiones de los GEI resultantes de toda la actividad ligada al sector de la construcción, van acordes también a la media europea (5-12%), sin embargo, si tenemos en cuenta al sector de la construcción, de forma conjunta con la industria manufacturera, supone el 16% de las emisiones de GEI resultantes nacionales en 2019 (MITERD, 2022), que ascienden al 19 % en 2020, y que posteriormente en 2021 aumenta a 22,4 % situándose como el sector que más contribuye a las emisiones de GEI, después del transporte en España (MITERD, 2023).

Todo ello hace que sea crucial, una adaptación inminente del sector de la construcción a la economía circular, teniendo en cuenta la disminución de recursos naturales, el aumento de residuos generados, así como las problemáticas ambientales asociadas al cambio climático

(CONAMA, 2018). La economía circular en el sector de la construcción es una oportunidad única para impulsar la sostenibilidad y el cuidado del medioambiente. En el año 2024, se espera que esta tendencia se consolide y se convierta en una práctica común en la industria (Camara de Valencia, 2024).

Partiendo de la normativa europea precursora, en España, se toman objetivos muy ambiciosos y a su vez necesarios, como el de reducir en un 30 % el consumo nacional de materiales en relación con el PIB, tomando como año de referencia el 2010, según la Estrategia Española de Economía Circular, de ahora en adelante EEEC (MITERD, 2020).

## **1.2 Residuos de construcción y demolición (RCD)**

Respecto a los residuos generados por el sector de la construcción, se estima que son entre un 35% y 40% de desechos de los residuos totales y habitualmente terminan en vertederos ilegales o sitios de disposición final sin ser aprovechados adecuadamente (Acevedo-Agudelo & Figueroa Álvarez, 2023). Por ello, este sector tiene su relevancia en el ámbito ambiental y esta denominado como uno de los sectores con mayor huella de carbono generada (García Ochoa, Quito Rodriguez, & Perdomo Moreno, 2020).

Estos residuos de construcción y demolición, RCD, abarcan diferente conceptualización según el país de origen, pero por lo general tienen concepciones similares. Algo genérico, sería la definición según la agencia de protección ambiental de los Estados Unidos (EPA), que define los RCD, como los residuos generados a partir de la construcción, renovación, reparación y demolición de estructuras tales como edificios residenciales y comerciales, carreteras y puentes (EPA, 2023).

Estos residuos son definidos, catalogados y diferenciados en Europa y nuestro país, según su tipología, origen, peligrosidad y código de identificación tal y como se indica más adelante en el texto 4.3.

Se prevé que el aplicar una mayor eficiencia de los materiales utilizados en la construcción, es decir, utilizar materiales derivados de RCD valorizados, también conocidas como materias primas secundarias (MPS), podría suponer un ahorro del 80 % de las emisiones de GEI anteriormente mencionadas (Comisión Europea, 2020).

Por otro lado, se encuentra la problemática ligada al agotamiento de recursos naturales y por ello, destacar que una buena gestión de residuos supone una oportunidad para que una gran cantidad de RCD puedan reutilizarse, o valorizarse evitando de esa forma un mayor agotamiento de los recursos naturales que están sufriendo un descenso drástico (Hackenhaar, 2009).

## **2. Antecedentes**

### **2.1 Contexto europeo**

Analizando el marco legislativo en materia de residuos en Europa se observa lo siguiente. En 2020, la cantidad de residuos totales generados en la UE por todas las actividades económicas y los residuos domésticos ascendió a 2.135 millones de toneladas (4,8 toneladas per cápita de media), si excluimos del total a los principales residuos minerales. En relación con el tamaño de la población, la UE generó, por término medio, 1,7 toneladas por habitante de RCD, en 2020 (EUROSTAT, 2023).

En todos los Estados miembros de la UE, la generación de residuos ha sido algo variable, sin tener en cuenta los principales residuos minerales, en 2020, osciló entre una media de 6,3 toneladas por habitante en Estonia, hecho relacionado principalmente con la producción de energía a partir de

esquisto bituminoso, y menos de 1 tonelada por habitante en Rumanía y Malta. España, sin embargo, se sitúa por debajo de la media con 2,23 toneladas per cápita (EUROSTAT, 2023).

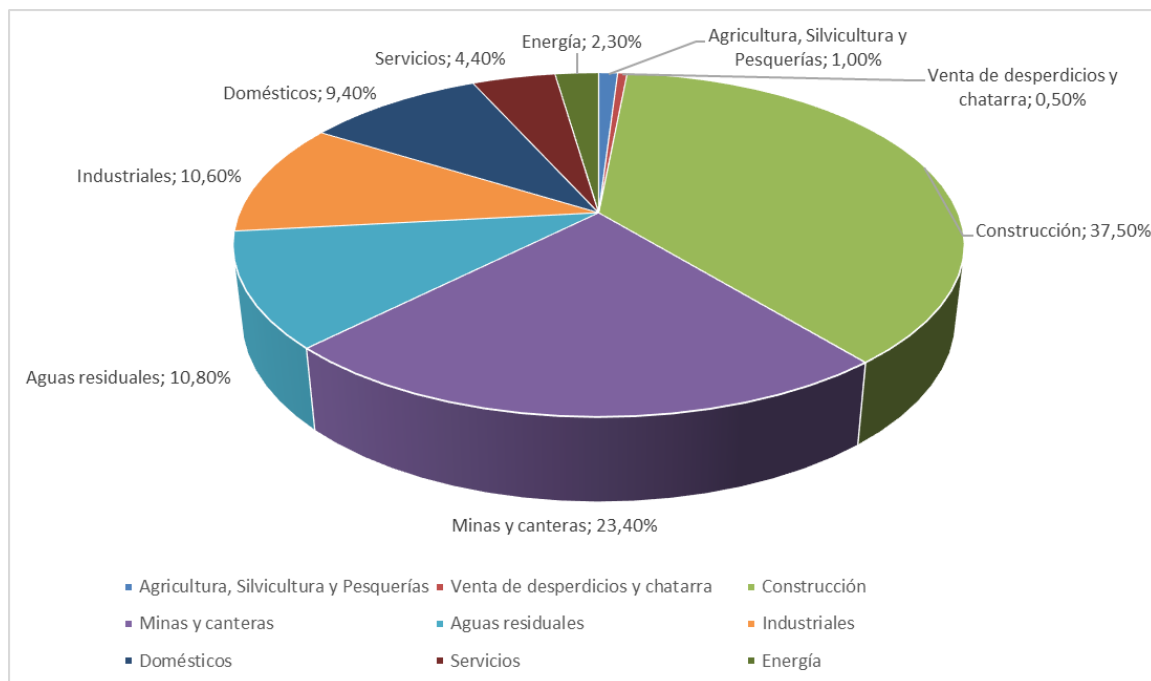
En ese mismo año, 2020, de todos los residuos no minerales generados, se estima que solamente el 39,2 % de los residuos se reciclaron y el 32,2 % se depositaron en vertederos para su eliminación (EUROSTAT, 2023).

Para la Unión Europea, los residuos de construcción y demolición (RCD), son definidos como los materiales y elementos que resultan de la construcción, renovación y demolición de edificios y estructuras (Comisión europea, 2016).

En el “*Nuevo plan de acción para la economía circular por una Europa más limpia y competitiva*” (PAEC), se expone en el punto 3.6, un apartado exclusivo referido al sector de la construcción, que relata que este sector es responsable de más del 35 % del total de los residuos generados en la UE y absorbe alrededor del 50 % de todos los materiales extraídos (Comisión Europea, 2020).

En base a los datos recientes, podemos observar cómo un 37,5% de todos los residuos generados en Europa en 2023 provienen del sector de la construcción (Ilustración 3), cifra que se espera que se incremente en los próximos años (Galdeano Ruiz, 2023).

Además, según las estadísticas del *EUROSTAT*, llama la atención que los residuos de construcción producidos en Europa (37,5%), triplican prácticamente la cantidad que suponen los residuos sólidos urbanos (*RSU*) o comúnmente denominados residuos domésticos (9,4 %), es decir, cuando se toman medidas concretas para favorecer el reciclaje o la valorización de estos residuos domésticos, se están tomando medidas sobre apenas un 10% de los residuos totales producidos en Europa (Ilustración 3).



*Ilustración 3 Porcentaje del volumen de residuos generados en Europa por sector. Elaboración propia a partir de (EUROSTAT, 2023).*

Recientemente se publica un reglamento europeo, en cuyo artículo 36, cita que para el transporte de residuos exclusivamente en el interior de un Estado miembro se establece que “*cada estado miembro establecerá un régimen adecuado de vigilancia y control del transporte de residuos que*



*tenga lugar exclusivamente dentro de su jurisdicción nacional*” (DOUE, 2024). Por lo que, desde Europa, se hace hincapié en la labor de control de los flujos de residuos trasladados en cada esta miembro.

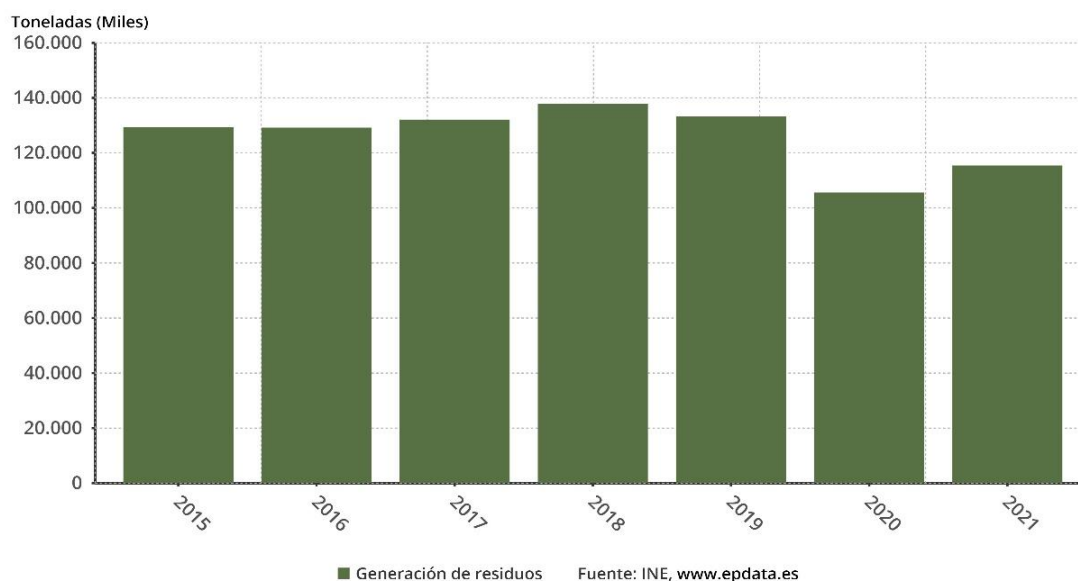
Además, el pasado 30 de abril de 2024 se publicó una nueva Directiva europea (2024/1203), relativa a la protección del medio ambiente mediante el derecho penal, que endurece las penas referidas a delitos ambientales y expone principalmente que los estados miembros garantizarán que las siguientes conductas constituyan delito, cuando sean ilícitas e intencionadas. Entre las conductas recogidas en la directiva se encuentra la mencionada en el artículo 3.2 f) sobre residuos, que cita lo siguiente: *“la recogida, el transporte o el tratamiento de residuos, la vigilancia de esas actividades, así como el mantenimiento posterior al cierre de los vertederos, incluidas las actuaciones realizadas en calidad de negociante o agente”*. Pudiéndose enfrentar a penas de cárcel o multas equivalentes al 3-5% de su volumen de negocios mundial, bastante más significativo que lo aplicado hasta ahora (DOUE, 2024).

## 2.2 Contexto estatal

En España analizando su contexto y ámbito jurídico en materia de residuos, desde un marco legal, muy amplio, en el artículo 45 de la Constitución Española, se establece un marco general de base, con el siguiente principio rector, *“el derecho de todos los ciudadanos a disfrutar de un medio ambiente adecuado para el desarrollo de la persona, así como el deber de conservarlo y la obligación de los poderes públicos de velar por la utilización racional de los recursos naturales con el fin de proteger y mejorar la calidad de vida y defender y restaurar el medio ambiente”* (BOE, 1978).

Desde un ámbito más concreto, en España, la generación de residuos totales generados ha resultado algo variable en las últimas décadas. De la misma forma que en otros países europeos, la generación de residuos está estrechamente relacionada con la situación económica (MITERD, 2023), desde los 160 millones de toneladas en 2004, donde se alcanzó un pico máximo que fue decreciendo, hasta llegar a los 100 millones de toneladas de residuos en 2014. Esta cifra se mantuvo algo estable, con un pequeño bajón fruto de la pandemia en 2020 (Ilustración 4). Actualmente se ha experimentado un pequeño incremento, y se encuentra en cifras en torno a los 120 millones de toneladas de residuos en 2023 con previsión de superar esta cifra en los próximos años (Galdeano Ruiz, 2023), ya que se prevé que la generación anual de residuos aumente un 70% de aquí a 2050 (Quiñones Rodríguez, Rocío, 2023).

### Evolución del número de residuos generados en España



*Ilustración 4 Generación de residuos totales en España (EPDATA, 2023).*

Respecto al sector de la construcción, las cifras de actividad actuales son muy similares a la media europea. Actualmente, el 6,5 % de la población activa, trabaja en el sector de la construcción en España, muy similar al 6,8 % de media de la población activa europea, trabajando también en el sector de la construcción (GENCAT, 2023).

Los residuos de construcción y demolición (RCD) en España, según la ley de residuos, son residuos generados por las actividades de construcción y demolición (BOE, 2022). Siguen situándose en la tónica de la estadística europea. Ya que suponen más de un tercio de los residuos generados, ascendiendo hasta un 35% de los residuos totales generados en nuestro país, según la estrategia española de la economía circular (EEEC), en 2020-2023 (MITERD, 2021), estas variaciones, vienen ligadas a las continuas oscilaciones producidas en el sector de la construcción. Actualmente este sector tiene cierta importancia en cuanto al producto interior bruto nacional, supone el 5% del PIB, habiendo llegado a alcanzar el 10% del PIB en 2008, que, si lo tenemos en cuenta junto a la industria, llega a alcanzar un 15% del PIB, siendo superado únicamente por el sector servicios en España (INE, 2023). Siendo una cifra que se espera que se incremente próximamente (MITERD, 2023), con el elevado volumen de proyectos a ejecutar (Ilustración 7).

En España, de la misma forma que en Europa, se puede apreciar una tendencia similar, experimentando una notable disminución del sector de la construcción, tras el estallido de la burbuja inmobiliaria en el 2008, donde alcanzó su pico máximo. Después de 2008 se volvió a incrementar y también se vio afectado por la crisis económica de 2011-2012, volvió a crecer hasta 2014, donde se ha llegado a estabilizar (Ilustración 5), más adelante, a pesar del parón producido por la pandemia de COVID en 2020, sigue estable y en los próximos años se espera un incremento (Fernández Guijarro, 2023).



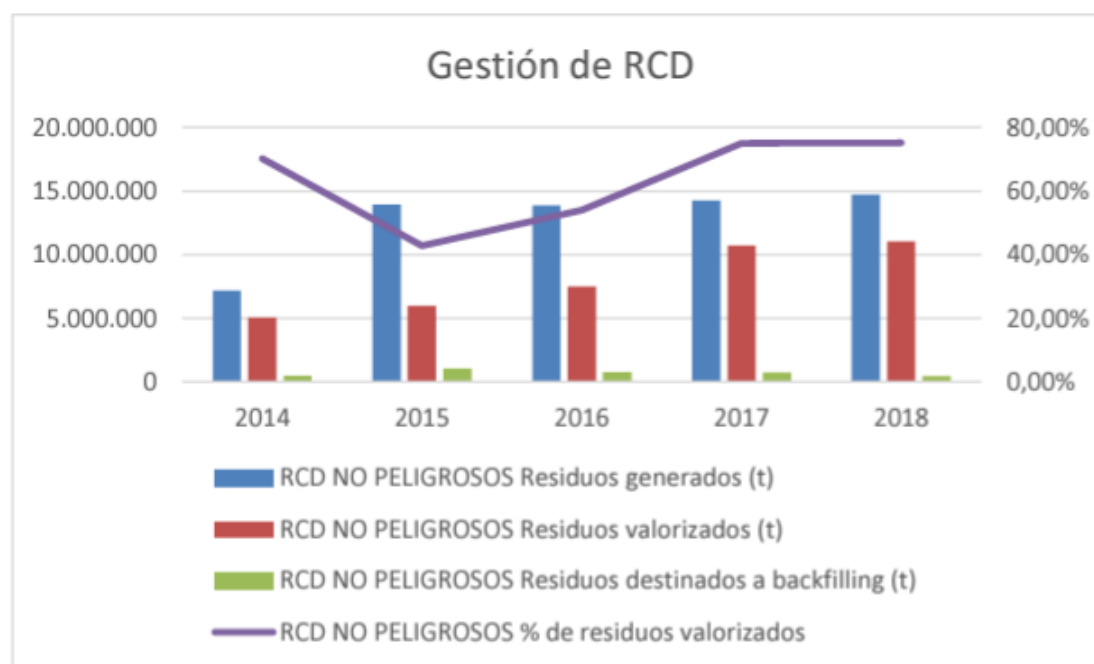


Ilustración 5 Residuos de construcción generados y su gestión en España 2014-2018 (MITERD, 2024).

No obstante, a pesar de crecer la cantidad de residuos de construcción y demolición, también se ha visto incrementado su porcentaje de valorización, aunque no siga una dinámica de forma proporcional a la generación y producción de RCD (Ilustración 5). Actualmente, la cantidad de RCD producidos se ha estabilizado en cifras que rondan los 14 millones de toneladas anuales (Ilustración 6), sin embargo, se espera un incremento notorio de estas cifras en los próximos años (MITERD, 2023).

RCD NO PELIGROSOS				
Año	Residuos generados (t)	Residuos valorizados (t)	Residuos destinados a backfilling (t)	% de residuos valorizados
2014	7.159.193	5.024.493	467.168	70,18%
2015	13.913.419	5.953.044	1.013.996	42,79%
2016	13.839.038	7.476.506	757.549	54,02%
2017	14.241.420	10.677.028	702.523	74,97%
2018	14.697.525	11.041.546	445.142	75,13%
2019	15.768.594	13.750.493	675.172	87,20%

Ilustración 6 Generación y gestión de RCD no peligrosos (MITERD, 2023).

Otro parámetro para corroborar este aumento inminente de los residuos de construcción RCD, es la licitación de obras públicas por parte de las administraciones, que, durante el año 2021, ha experimentado un aumento drástico (Ilustración 7) Ilustración 7 Evolución de la licitación de obras por parte de las Administraciones Públicas, prácticamente ha doblado la cifra de 2020 (MITERD, 2023).

Muchas de estas obras previstas en España, provienen de los fondos *Next Generation EU*, que implican de forma intrínseca el cumplimiento del principio DNSH (*Do No Significant Harm*), que se traduce en, no causar un daño significativo al medio ambiente y que hacen referencia, de forma general, a que todos los proyectos asociados al Plan de Recuperación, Transformación y

Resiliencia (PRTR España, 2020). Para todos estos proyectos se debe cumplir con este principio de no causar un perjuicio significativo al medio ambiente y concretamente a los 6 objetivos medioambientales recogidos en el artículo 17 del *Reglamento 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020* (DOUE, Reglamento de Taxonomía, 2020). De estos objetivos el objetivo número 4 implica “Una transición hacia una economía circular”.

De la misma forma que ocurre con la captación de fondos FEDER, estos proyectos PRTR están sujetos a unas exigencias específicas que pueden comprometer su financiación.



Ilustración 7 Evolución de la licitación de obras por parte de las Administraciones Públicas (MITERD, 2023).

Según expone el *Ministerio para la Transición Ecológica y Reto Demográfico*, los impactos de la construcción sobre el clima y el consumo de energía, hacen que resulte un sector clave y estratégico en la circularidad de nuestra economía (MITERD, 2023).

Dentro del sector de la construcción, para los RCD, nos encontramos con un hándicap principal, ligado a la trazabilidad de los residuos para su gestión y tratamiento, en España, no ha resultado todo lo transparente que podría haber sido. Los RCD en ocasiones son “gestionados” de forma incorrecta e ilegal y en muchos casos delictiva, generando graves impactos ambientales y paisajísticos. Despilfarrando una materia prima potencial que resulta necesaria y además, comprometiendo la existencia misma del sector del reciclado y valorización, por ello la Asociación de Gestores de Residuos de Construcción y demolición de Madrid (AGESMA) señala que más del 75% de los RCD generados en el territorio nacional se gestionan de forma irregular y sin garantizar un tratamiento adecuado (RETEMA, 2019).

En este sentido, se identifican una carencia de datos en muchas etapas de la cadena de valor de estos RCD, hay pérdidas de la trazabilidad en materia de residuos debido a la proliferación de vertidos ilegales, por lo que esto supone uno de los retos principales, que requerirá de mejora en los protocolos de gestión de residuos (CONAMA, 2018).

Es notorio, por lo tanto, que la gestión de RCD, ha sido muchas veces, objeto de mala praxis, que, en muchos casos, no terminan valorizándose, ni reutilizándose adecuadamente, si no, que terminan en forma de vertidos ilegales (El país, 2024), abandono, fraude o llevados directamente a vertedero para su eliminación (Cadena Ser, 2024).

La presencia de vertederos incontrolados o escombreras, que han acareado la apertura de procedimientos sancionadores por parte de la UE, son consecuencia de una mala gestión histórica de los residuos en España (Quiñones Rodríguez, 2023).

Por otro lado, los residuos de construcción que, si se gestionan por parte de un gestor, en ocasiones, lo hacen de forma muy mezclada y se aplican pocos códigos LER, resultando residuos de forma muy aglomerada, por ello resulta un impedimento para su identificación, medidas en el control y seguimiento (CONAMA, 2018).

Sin ir más lejos, España, se encuentra en el primer puesto de infracciones ambientales tramitadas por la UE en 2024, con un total de 274 infracciones, de las cuales hay 22 expedientes verdes activos. Principalmente estas infracciones van ligadas tanto a la mala gestión del agua como a la gestión de residuos deficiente. En España la mala gestión del agua va ligada a una falta de depuración de aguas residuales en muchas zonas del territorio español, sin embargo, la deficiente gestión de residuos es algo más difusa, por ejemplo, en España, todavía existen 195 vertederos ilegales que aún no han sido cerrados ni restaurados. Todas estas deficiencias implican que el 73% de los hábitats de interés en España, han alcanzado en algún nivel, consideración de mal estado (Raúl Rejón, 2024).

Se echan en falta medidas concretas desincentivadoras o ejemplarizantes en las prácticas ilegales de residuos en nuestro país. Es muy común que el *Servicio de Protección de la Naturaleza (SEPRONA)* habrá diligencias y todo quede en un simple requerimiento o subsanación por parte del implicado, que, en muchas ocasiones, no cesa de su actividad económica. Asimismo, se identifica la necesidad, de mejorar la armonización en la recogida de datos de residuos, armonizando o compatibilizando los sistemas autonómicos en materia de residuos, competentes en la materia, con los sistemas de información de residuos estatales, para que exista homogeneidad (CONAMA, 2018).

Por todo ello, en base a las necesidades legales y según lo pautado en el punto 3.2.7 de la EEEC el MITERD (MITERD, 2020), se indica, que se está desarrollando un marco normativo que fomente la aplicación de la jerarquía de residuos ( Jerarquía de residuos establecida en el artículo 8 de la LRSCEC , que incentive la demolición selectiva y la separación en origen y que potencie tratamientos con la obtención de materiales con una mayor calidad y durabilidad. Que, por lo tanto, gracias a la identificación y trazabilidad de los RCD, se garantice la protección de la salud y del medio ambiente, especialmente respecto a determinadas sustancias peligrosas (MITERD, 2021).

Entre otras medidas, también el PAEC, recoge en su punto 3.5 mejorar la prevención y gestión de los flujos de residuos, que lógicamente, esta medida, requiere estar acompañada de un incremento de la inversión a corto plazo que permita acelerar la implantación de las medidas necesarias por parte de las administraciones autonómicas y locales, para que España pueda cumplir con los nuevos objetivos (MITERD, 2021).

## JERARQUÍA DE residuos



*Ilustración 8 Jerarquía de residuos establecida en el artículo 8 de la LRSCEC (ECONSCIENCIA, 2021).*

Por todo ello, desde un marco legal más concreto, en 2022, se aprueba la publicación de la nueva “Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular” (BOE, 2022), de ahora en adelante, *LRSCEC*, que sustituye a su predecesora ley de residuos: “Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados” (BOE, 2011), ahora derogada, apareciendo en esta nueva ley *LRSCEC*, la mención, “para una economía circular”.

En esta nueva ley de residuos se cambian muchos de los pretextos y marcos que ofrecen normativas actualmente en vigor, como las ordenes autonómicas de quemas o como, por ejemplo, la normativa que regula los RCD en obra, el “Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición” (BOE, 2008) que surgió para actualizar el derogado “Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero” (BOE, 2002). Que, aunque actualmente se encuentre en vigor, esta normativa, sin embargo, está pendiente de remodelación y actualización por parte del ministerio en estos momentos, o en su defecto elaborar una guía de aplicación.

Desde ese momento, en abril de 2022, los residuos, RCD, generados en la obra, deberán separarse siempre en las fracciones ofrecidas en el artículo 30.2 de la *LRSCEC*, independientemente de las cantidades generadas e independientemente de lo recogido en el artículo 5.5 del *RD 105/2008* (BOE, 2022).

Además, para mantener la valorización y reutilización mínima del 70% de los RCD, establecida por el PAEC, según la nueva norma, estos RCD no peligrosos producidos, no podrán eliminarse en una cantidad superior al 30%, en base al artículo 26 de la *LRSCEC*, que cita lo siguiente:

*b) La cantidad de residuos no peligrosos de construcción y demolición destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otra valorización de materiales, incluidas las operaciones de relleno, con exclusión de los materiales en estado natural definidos en la categoría 17 05 04 de la lista de residuos, deberá alcanzar como mínimo el 70% en peso de los producidos* (BOE, 2022).

El sector de la construcción y su sistema de producción contribuye e impacta en gran medida al medio donde se desarrolla (Rodríguez-Potes & Estrada, 2018), por lo que, sería necesario individualizar y contextualizar la gestión de residuos en cada caso, no obstante, frente al hecho ideal de particularizar los requerimientos legales de cada obra, la realidad y el contexto actual implican la necesidad de fijar una norma común y homogénea que ayude a establecer y sentar unas bases, que sirvan no solo para facilitar el modo de actuación y el protocolo por parte del productor de residuos, si no que a su vez, ayuden a incrementar la sostenibilidad del propio sector de la construcción.

Esta nueva ley de residuos (*LRSCEC*), surge para actualizar la normativa estatal en cuanto a lo dictado por la *Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo* (Comisión europea, 2018), esta nueva norma compromete a la administración, que la obliga a resultar más severa a la hora de implementar y verificar la citada ley. Para cumplir con muchos de los objetivos definidos, se ve obligada a tomar ciertas decisiones, bien a confiar a la buena fe por parte del productor de residuos, bien a delegar todo a las comunidades autónomas para su gestión sectorizada o bien, de otra forma, buscar implementar medidas de control objetivas y homogéneas, a nivel estatal, fáciles de implementar y cuantificar, dando facilidades a todos los agentes implicados en el presente sector de la construcción.

### 2.3 Contexto autonómico

En el presente apartado, se analiza el contexto legal en materia de residuos de construcción para las diferentes comunidades autónomas y ciudades autonómicas del ámbito geográfico español.

Aunque este trabajo está basado de forma general para analizar el sector de la construcción y la generación de RCD, en el ámbito estatal, se considera la legislación de referencia hacia las comunidades autónomas (CCAA) de forma concreta, para apreciar notables diferencias entre ellas en sus legislaciones autonómicas referidas a residuos y su adaptación a las exigencias europeas.

Las CCAA tienen las competencias transferidas en materia de residuos, a día de hoy, el Ministerio para la transición ecológica y el reto demográfico (*MITERD*), únicamente ofrece un enlace vinculado a las páginas correspondientes a cada CCAA en materia de gestión de residuos, siendo cada una de ellas, páginas con diferente formato, diferente contenido y algunas de ellas muy poco intuitivas ([enlace de consulta](#)).

Sería positivo establecer un software único y homogéneo a nivel estatal, para que, independientemente de la CCAA en la que se opere o busque información. Se pueda obtener con facilidad los datos referidos a gestores de residuos, números NIMA y autorizaciones de productor, gestor o transportista de forma sencilla, rápida y on-line.

Cuando se produce un traslado de residuos peligrosos u no peligrosos, con características concretas, de carácter inter autonómico. Este traslado se realiza a partir de una plataforma de carácter estatal desarrollada para la gestión de residuos, denominada “[e-SIR](#)”.

#### i. Andalucía

En Andalucía, el 25 de abril se publicó la *Ley 3/2023 de Parlamento de Andalucía, de 30 marzo Economía Circular de Andalucía*, (BOJA, 2023) con una serie de medidas con el fin de lograr la transición hacia un nuevo modelo de protección ambiental basado en una economía circular, en el que se fomente el uso eficiente de los recursos, se alargue la vida útil de los productos y se minimice la generación de residuos.

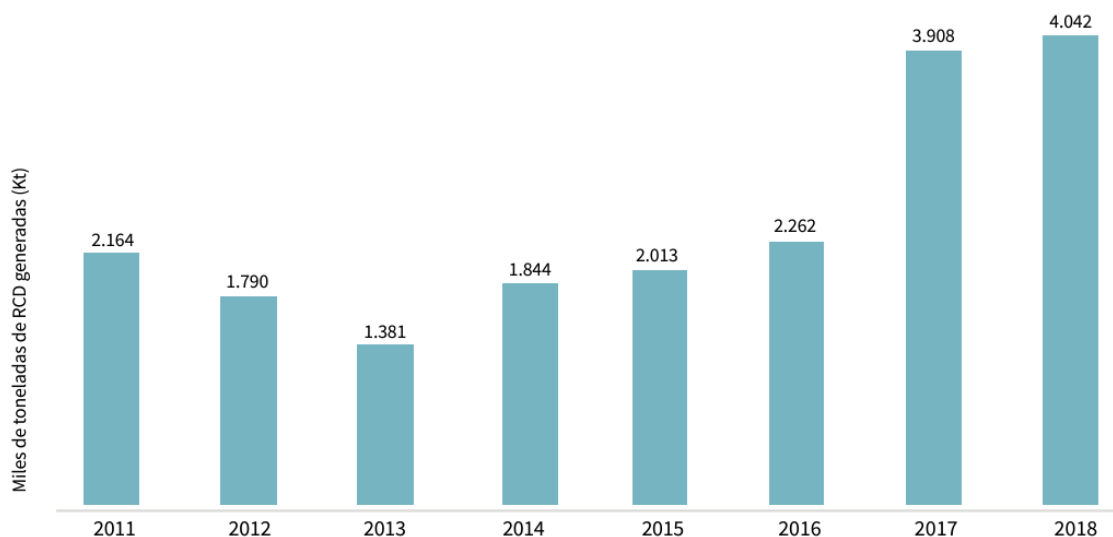
Andalucía tiene un software autonómico para la gestión de residuos, desarrollado en 2021 denominado “SIRA”, anteriormente estaba “AUGIAS”.

La ley autonómica, contiene un *capítulo N.º VII* denominado: “*construcción y edificios*” para de forma genérica implementar los principios, criterios y herramientas para el fomento de la circularidad en el sector de la construcción, desde la fase de diseño hasta la gestión de los RCD producidos en la actividad de la obra tanto pública como privada (BOJA, 2023), en el cual destacan los siguientes artículos:

*Art. 67. 2. Las Administraciones autonómica y local, en el ámbito de sus respectivas competencias, promoverán el diseño y puesta en marcha de un sistema que permita garantizar que la gestión de los residuos de construcción y demolición se realiza cumpliendo con las condiciones y características técnicas y ambientales necesarias para que puedan ser incorporados en el mercado.*

*Art. 70. 3. La Consejería competente en materia de medio ambiente llevará a cabo medidas de agilización y eliminación de las trabas administrativas para el almacenamiento temporal de residuos de construcción y demolición que no sean de competencia municipal, principalmente en el entorno rural, así como la reutilización de materiales naturales de excavación, y el uso de residuos de construcción y demolición valorizados y tecno suelos en operaciones de relleno, sin perjuicio de las condiciones establecidas en la normativa sectorial, sanitaria y ambiental.*

También, tiene cabida el *Plan Integral de Residuos de Andalucía. Hacia una Economía Circular en el Horizonte 2030* (BOJA, 2021), con un apartado específico, el 3.9 para los RCD, en el que se expone de forma estadística la evolución de los RCD en Andalucía (Ilustración 9) en el periodo 2011-2018:



Fuente: Memorias anuales de gestión de RnP, declaraciones anuales de producción de RnP y memorias anuales de gestores de RP

*Ilustración 9 Evolución de la generación de RCD en Andalucía periodo 2011-2018 (BOJA, 2021).*

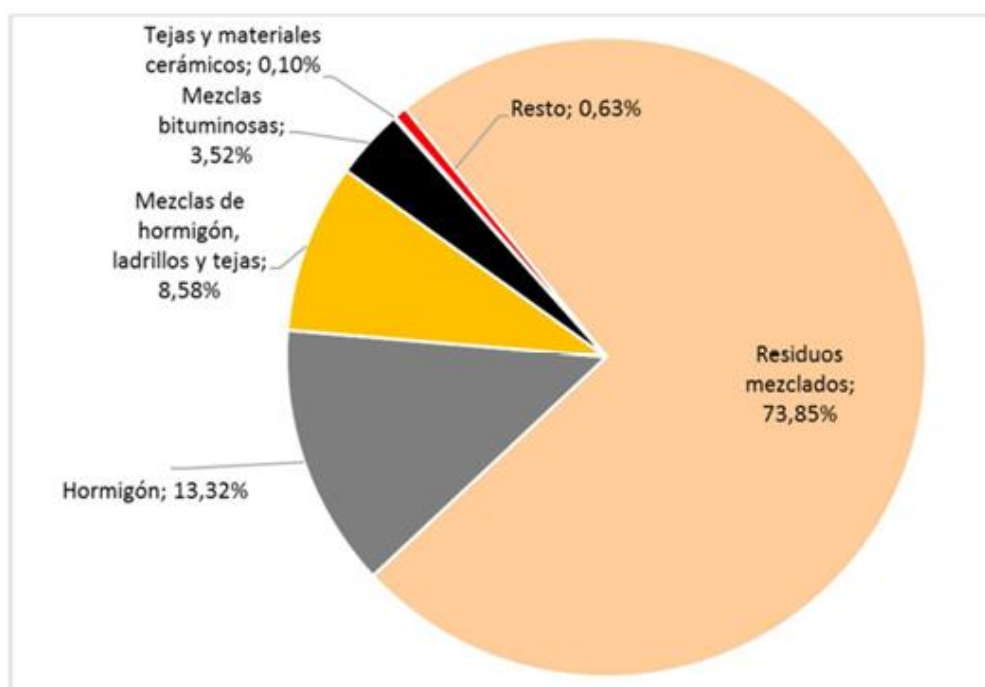
## ii. Aragón

En Aragón existe una aplicación concreta que es la Plataforma documental de residuos (“PDR”), que lleva a cabo un registro de productores y gestores de residuos en Aragón, su número de Información Ambiental (NIMA) y noticias sobre residuos. Actualmente se encuentra en periodo de actualización por parte del Instituto Aragonés de Gestión Ambiental (INAGA).



En la comunidad autónoma de Aragón, encontramos como eje angular para la gestión de residuos el *Plan de Gestión Integral de Residuos de Aragón, Prevención y Economía Circular 2022-2030*, coloquialmente conocido como *GIRA* (BOA, 2021), se puede observar cómo dentro de los residuos de construcción existe una elevada heterogeneidad, que implica un alto porcentaje de residuos mezclados (Ilustración 10). Este plan se encuentra en su fase de borrador, ya que todavía no está aprobado, contiene un apartado 6.3 dedicado a los RCD, en el cual se cita lo siguiente sobre ellos:

*“Los residuos mezclados suponen más del 70% de los residuos. Esto pone de manifiesto la necesidad de avanzar en la separación en origen de este tipo de residuos y de fomentar la deconstrucción en sustitución de la demolición, de modo que se permita un mayor aprovechamiento de los materiales contenidos en dichos residuos”.*



*Ilustración 10 Distribución de residuos generados en Aragón dentro del sector público por el código LER 17 referido a obras de construcción (BOA, 2021).*

Recientemente, se ha podido observar, una resolución de 18 de enero de 2024, por la que se actualizan las tarifas de distintos servicios públicos de gestión de residuos (BOA, 2024), en la cual, aparece en su anexo 1, las Tarifas del servicio público de valorización y eliminación de escombros que no procedan de obras menores de construcción y reparación domiciliaria en la comunidad autónoma de Aragón.

### iii. Islas Baleares

En la comunidad autónoma correspondiente de Baleares, está presente la *Ley 3/2022, de 15 de junio, de medidas urgentes para la sostenibilidad y la circularidad del turismo de las Illes Balears* y la anterior *Ley de residuos 8/2019, de 19 de febrero, de residuos y suelos contaminados de las Illes Balears* (BOE, Comunidad Autónoma de las Illes Balears, 2019), donde se incorporan medidas de restricción similares a las que se ofrecen en el resto del estado, por lo tanto, van en sintonía con la *LRSCEC* de ámbito estatal.

El software de residuos utilizado en esta comunidad autónoma es “*SINGER*”, plataforma desarrollada en 2017-2018 por la empresa gallega *TEIMAS*.

#### iv. Canarias

En la comunidad autónoma de Canarias, se encuentra la *Ley 6/2022, de 27 de diciembre, de cambio climático y transición energética de Canarias* (BOE, Canarias, 2022), donde se expone, que deberán incluirse en los pliegos para contratos de la administración, medidas eficientes en cuanto a la sostenibilidad de los RCD y que está pendiente una actualización de la ley de residuos autonómica.

Por otro lado, se encuentra en vigor el *Plan Integral de Residuos de Canarias 2021-2027* (BOC, 2022) con un apartado concreto 5.2 sobre los RCD en el cual se muestra la evolución de la generación de RCD en Canarias en el periodo 2011-2018, este plan integral deberá adaptarse a la nueva LRSCEC de residuos de ámbito estatal.

#### v. Cantabria

Para la comunidad autónoma de Cantabria, se encuentra el *Plan de Residuos de la Comunidad Autónoma de Cantabria 2017-2023* (BOC, 2017), donde existe un apartado 9, dedicado de forma exclusiva los RCD, y que al igual que para Canarias, este plan integral deberá adaptarse a la nueva LRSCEC de residuos de ámbito estatal. El software de residuos específico que se utiliza en Cantabria se denomina “SIACAN”.

#### vi. Castilla-La Mancha

En la comunidad autónoma de Castilla La Mancha, se encuentra la *Ley 7/2019, de 29 de noviembre, de Economía Circular de Castilla-La Mancha* (BOE, 2019), que, al igual que las anteriores legislaciones, deberá adaptarse a la nueva LRSCEC de ámbito estatal.

En 2020, se elabora un diagnóstico en materia de economía circular para Castilla-La Mancha, donde se observa que los RCD suponen en torno a un 40% de los residuos totales generados durante 2018, más que la media estatal (Ilustración 11), superando el millón de toneladas para ese año (Gobierno Castilla La Mancha, 2019).

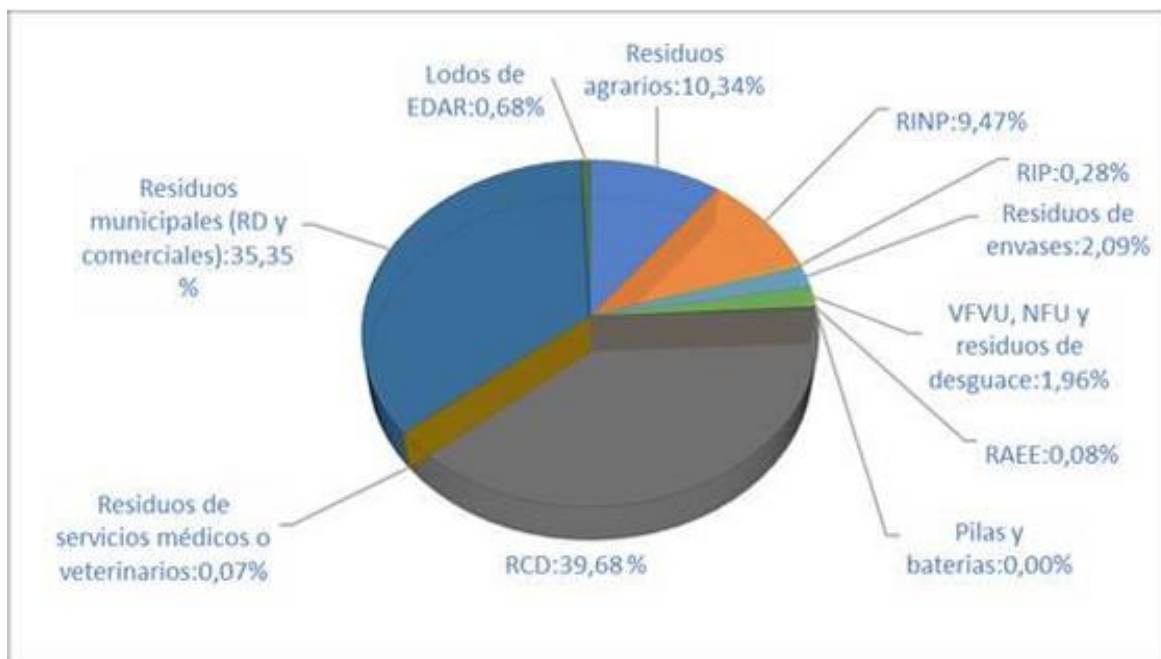


Ilustración 11 Recogida de residuos generados en Castilla-La Mancha por sectores productivos (Memoria de gestor de residuos 2018. Viceconsejería de Medio Ambiente CLM).



De estos RCD, se ofrece algo más de información, caracterizando que el 80% correspondían a residuos inertes. De esos residuos inertes, el 35 % corresponden a tierras y piedras limpias procedentes de vaciados o excavados en obras de construcción.

Por otro lado, se menciona, que alrededor del 37% de los residuos de construcción y demolición gestionados, son valorizados mediante restauraciones de espacios degradados.

Por ello, de forma general, dentro de los 6 ejes principales para la estrategia de economía circular de Castilla La-Mancha, se encuentra uno referido a la gestión de residuos con una medida concreta que expone la “*valorización de residuos (agroalimentarios y orgánicos, construcción y demolición, industriales, vegetales y forestales, ciclo de agua)*”.

En Castilla La Mancha se desarrolló un software para el intercambio de datos ambientales, donde se recoge lo referido a la gestión de residuos denominado “INDA”.

### vii. Castilla y León

En la comunidad autónoma de Castilla y León, existe el acuerdo 115/2021, de 14 de octubre, de la Junta de Castilla y León, por el que se aprueba la «Estrategia de Economía Circular 2021-2030», donde destaca en ella, un diagrama *Sankey*, en el que exponen los flujos de recursos (Ilustración 11), así como también en vigor el Decreto 11/2014, de 20 de marzo, por el que se aprueba el Plan Regional de Ámbito Sectorial denominado «Plan Integral de Residuos de Castilla y León» que al igual que las anteriores legislaciones, deberá adaptarse a la nueva LRSCEC de ámbito estatal.



Ilustración 12 Metabolismo económico de Castilla y León para 2017 (Medio Ambiente CyL, 2021).

El 4 de mayo de 2023, se publicó el “*DECRETO 5/2023, de 4 de mayo, por el que se regula la producción y gestión sostenible de los residuos de construcción y demolición en Castilla y León*” (BOCYL, 2023) donde destacan ciertas obligaciones para implementar en las obras de construcción, y una adaptación de la normativa autonómica a lo que es la LRSCEC.

En Castilla y León se desarrolló un software para el traslado de residuos, denominado “eDCS”.

### viii. Cataluña

En la comunidad autónoma de Cataluña, la legislación fue pionera introduciendo en la Ley 16/2017, de 1 de agosto, del cambio climático (BOE, 2017) por primera vez, el concepto de economía circular, e incorporando conceptos como, recursos sostenibles para la construcción,

como por ejemplo, en su artículo 21, dedicado a las infraestructuras, que contempla que “*los proyectos constructivos de nuevas infraestructuras, esta evaluación debe tener en cuenta tanto la fase de construcción como la de explotación*” (BOE, 2017). Definiendo en 2020 una hoja de ruta para la economía circular.

Actualmente todavía se encuentra en vigor el *Real Decreto 210/2018, de 6 de abril, por el que se aprueba el Programa de Prevención y Gestión de Residuos y Recursos de Cataluña (PRECAT20)* (Agencia de residuos de Cataluña, 2020).

En la cual, destaca en su artículo 6, la siguiente mención a los RCD “*En cuanto a la gestión de residuos de la construcción y demolición, incrementar la valorización global hasta el 75% de los residuos de la construcción y demolición generados*” siendo, por lo tanto, más restrictiva en lo que se refiere a la normativa de carácter estatal *LRSCEC*.

Por otro lado, el 15 de febrero de 2023, se publica la *ORDEN ACC/9/2023, de 23 de enero, por la que se regula la utilización de los áridos reciclados procedentes de la valorización de residuos de la construcción y demolición* para regular la utilización de los áridos reciclados obtenidos como producto de una operación de valorización de RCD, destaca la orden porque se fijan los usos admitidos y requisitos para la utilización de los áridos reciclados. Recientemente se aprueba la Resolución ACC/1265/2024, de 2 de abril, de aprobación del Plan de inspección de traslados transfronterizos de residuos de Cataluña para el periodo 2024-2028.

En Cataluña existe un software para la gestión de residuos autonómica denominado “*SDR*”.

#### **ix. Ceuta y Melilla**

La normativa actual en Ceuta se trata de la ordenanza reguladora de la limpieza viaria y residuos sólidos urbanos de la Ciudad Autónoma de Ceuta, que hace alguna referencia a los residuos de construcción, pero no se encuentra actualizada con la legislación de residuos estatal *LRSCEC* (Ceuta, 2002) y también se encuentra el plan integrado de gestión de residuos de la Ciudad de Ceuta (Ceuta, 2013) que tampoco se encuentra adaptado a la legislación estatal.

Por lo tanto, la ciudad autónoma de Ceuta deberá adaptarse a la nueva *LRSCEC* de residuos de ámbito estatal.

La Ciudad Autónoma de Melilla cuenta con el Plan Integrado de Gestión de Residuos de Melilla (PIGREMEL), (Melilla, 2022) que establece las condiciones y medios para llevar a cabo la gestión de residuos producidos en la ciudad durante un tiempo determinado, para el cual se sitúa un apartado para los RCD “*7.3.18 Residuos de construcción y demolición*” y se exponen datos entre los años 2014 y 2019, por otro lado existe una modificación del propio plan que si se encuentra actualizada a la legislación de residuos estatal (Melilla, 2022).

#### **x. Comunidad de Madrid**

La comunidad autónoma de Madrid aprobó recientemente el 25 de abril de 2024 la *Ley 1/2024, de 17 de abril, de Economía Circular de la Comunidad de Madrid* (Comunidad de Madrid, 2024), está se adaptó a la legislación estatal *LRSCEC* e incorporó medidas dedicadas al sector de la construcción, como, por ejemplo, las expuestas en su artículo número 21 “*Cadena de valor de la construcción y edificación e infraestructuras*”.

También, aparece en su artículo 12, como medidas ambientales, lo siguiente “*la utilización de áridos reciclados u otros productos procedentes de la valorización de residuos de construcción y demolición, en los contratos de obras y de concesión de obras. Estos productos deberán tener*

*el fin de condición de residuo, de acuerdo con lo establecido en la legislación estatal básica y en la presente ley. Se exigirá el empleo de un porcentaje mínimo del 10%”.*

No obstante, a pesar de actualizarse respecto a la legislación estatal, no ofrece ninguna medida excepcional que implique ninguna novedad respecto a las exigencias legales ya descritas.

#### xi. Comunidad Foral de Navarra

En la comunidad foral de Navarra, en materia de residuos, se encuentra la *Ley foral 14/2018, de 18 de junio, de residuos y su fiscalidad* (BOE, Navarra, 2018) que, deberá adaptarse a la nueva *LRSCEC* de ámbito estatal. Sin embargo, en la agenda para la economía circular de la comunidad de Navarra, se establece al sector de la construcción como el sector que genera un mayor flujo de residuos (considerando residuos de construcción y demolición y materiales naturales excavados). La reducción de estos residuos se vincula a dotar de una segunda vida a los materiales (deconstrucción, metodología BIM) (Gobierno de Navarra, 2019) así, como medidas muy ambiciosas en la *Ley foral 4/2022, de 22 de marzo, de Cambio Climático y Transición Energética* (BOE, Navarra, 2022).

Recientemente, el 31 de enero de 2024, hubo un acuerdo del Gobierno de Navarra, de por el que se aprueba la revisión del *Plan de Residuos de Navarra 2017-2027* (Gobierno de Navarra, 2016) en el cual se habla de forma gráfica (Ilustración 13) y se aportan datos sobre la gestión de RCD en Navarra, destacando su ambición por disminuir la eliminación de RCD en la comunidad autónoma.

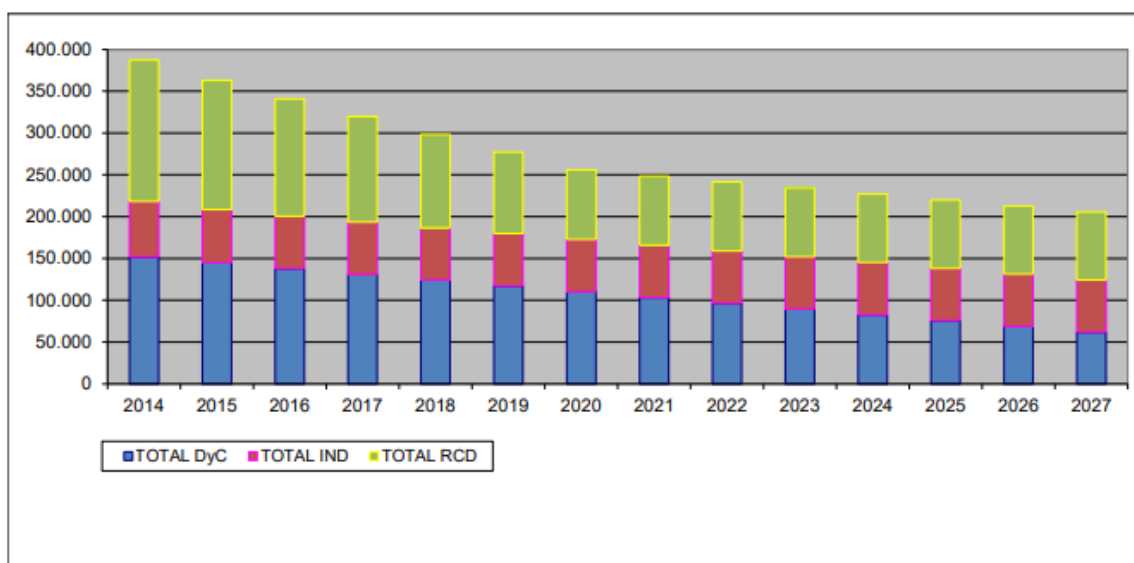


Ilustración 13 Gráfica sobre la eliminación de residuos en vertedero 2014-2027 para la comunidad autónoma de Navarra. (Gobierno de Navarra, 2016).

A pesar de la ambición y voluntad, los datos para cotejar son datos antiguos, anteriores a 2015, que sería preciso actualizar próximamente en futuras versiones para poder disponer de datos objetivos actualizados.

#### xii. Comunidad Valenciana

La comunidad valenciana, en materia de residuos, presenta la *Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana* (BOE, Comunidad Valenciana, 2022) que, incluye un apartado en su artículo 53,

dedicado a los “*Residuos de construcción, demolición y desmontaje*”, de la misma forma que expone las adaptaciones pertinentes a la legislación nacional.

Además, expone en la misma ley que “*la conselleria competente en materia de residuos promoverá mecanismos para incentivar el aprovechamiento de los materiales procedentes de las instalaciones de tratamiento de residuos y, especialmente, los procedentes de los residuos de construcción y demolición (RCD), mediante la reutilización, reciclaje, fin de la condición de residuo y subproducto*”.

Por otro lado, surge la *Ley 6/2022, de 5 de diciembre, del Cambio Climático y la Transición Ecológica de la Comunitat Valenciana*, donde se expone en su artículo 70 objetivos genéricos para la gestión eficiente de residuos y otras obligaciones de sostenibilidad aplicadas en obras de nueva construcción, como, por ejemplo, de eficiencia energética (BOE, Comunidad Valenciana, 2022).

El software utilizado, para la gestión de residuos en la comunidad valenciana es “ACDR”, se encuentra activo desde 2011.

### **xiii. Extremadura**

Extremadura recientemente en materia legislativa de residuos, tiene en vigor la *Estrategia de Economía Verde y Circular Extremadura 2030* (Junta de Extremadura, 2020), Esta estrategia es muy pobre en materia de residuos, sin alusiones expresas al sector de la construcción, por lo que deberá adaptarse en sus respectivas actualizaciones, para ir en sintonía con la legislación estatal *LRSCEC*.

### **xiv. Galicia**

En la comunidad autónoma de Galicia, en materia de residuos, se encuentra la *Ley 6/2021, de 17 de febrero, de residuos y suelos contaminados de Galicia* (BOE, Galicia, 2021) que, deberá adaptarse a la legislación de ámbito nacional *LRSCEC*.

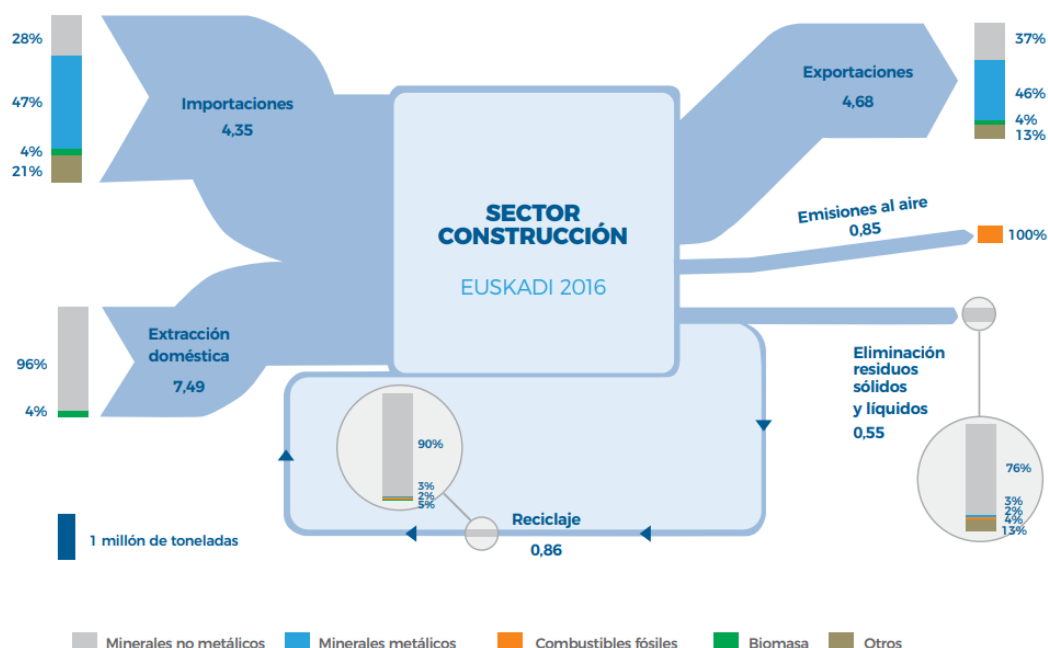
La CCAA de Galicia dispone a su vez de un software “*GaIA*”, desarrollado por TEIMAS en 2014-2015. Que sustituye a SIRGA, el software anterior.

### **xv. País Vasco**

En la comunidad autónoma del País Vasco, la ley de residuos actual es la *Ley 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi* (Gobierno vasco, 2021) que deberá adaptarse a la legislación de ámbito nacional *LRSCEC*.

No obstante, en el País Vasco, se elabora la estrategia de economía circular de Euskadi (Gobierno Vasco, 2019) que, se encuentra de forma extensa, como medidas bastantes ambiciosas y correctamente planteadas sobre residuos, donde destaca, una alusión expresa al sector de la construcción, debido a su relevante consumo de materiales y generación de residuos y al potencial que ofrece para el aprovechamiento de materiales secundarios. En esta estrategia, además, se exponen datos concretos referidos al sector de la construcción, como este diagrama expuesto al estilo Sankey ( Diagrama Sankey de flujos de materiales para el sector de la construcción en Euskadi para el año 2016 .). donde aparecen los datos de flujos de materiales del sector de la construcción en el País Vasco, para el año 2016.

**DIAGRAMA SANKEY DEL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN DE EUSKADI 2016**  
FLUJOS DE MATERIALES (MILLONES DE TONELADAS)



*Nota: No se computa el total de las emisiones al aire, ni las existencias sociales.*

*Ilustración 14 Diagrama Sankey de flujos de materiales para el sector de la construcción en Euskadi para el año 2016 (Gobierno Vasco, 2019).*

El País Vasco posee un software concreto para la gestión de residuos denominado “IKS”, que se originó en 2014 y que actualmente se encuentra en remodelación.

## xvi. Principado de Asturias

En la comunidad autónoma de Asturias, se encuentra en vigor, la *Estrategia de Economía Circular del Principado de Asturias 2023-2030* (Principado de Asturias, 2023) se comenta de forma muy sutil en la misma el sector de la construcción.

Por otro lado, existe el *Plan Estratégico de residuos del Principado de Asturias (PERPA) 2017-2024*. (Principado de Asturias, 2017) donde existe un capítulo número 3 desarrollado para los RCD.

Sin embargo, en la (Principado de Asturias, 2023) aprobada después de la publicación de la *LRSCEC*, sigue apareciendo una mención a la ya legislación anterior derogada de residuos “*Ley 22/2011*”, por lo que, será necesario su actualización y su posterior adaptación a la nueva ley estatal *LRSCEC*.

Además, en una resolución del 22 de junio de 2023, de la Consejería de Administración Autonómica, Medio Ambiente y Cambio Climático, se adopta la “*Guía de usos de áridos reciclados procedentes de residuos de construcción y demolición en el Principado de Asturias*” como un documento técnico que oriente la valorización de residuos de construcción y demolición para la producción de áridos reciclados certificados encaminados a su uso en proyectos de obra en el ámbito de la comunidad autónoma de Asturias.

## xvii. Región de Murcia

En la comunidad autónoma de Murcia, en materia de residuos, se encuentra el *Plan de Residuos de la Región de Murcia 2015-2020* (Gobierno de Murcia, 2020) donde, existe un documento de prórroga y adaptación hasta 2022 de la vigencia temporal del Plan de Residuos de la Región de Murcia 2016-2020, en el cual, se mencionan medidas concretas para los RCD, de las cuales, un 73% de las medidas están en ejecución, un 18% de las medidas no se han iniciado y un 9% de las medidas están ejecutadas.

## xviii. La Rioja.

En la comunidad autónoma de La Rioja, se encuentra el *Plan director de Residuos de La Rioja 2016 - 2026* (Gobierno de la Rioja, 2016) donde existe un capítulo 11 dedicado a los Residuos de construcción y demolición, con previsiones y objetivos que deberán adaptarse a la nueva legislación de carácter estatal *LRECSC*.

Por otro lado, se aprobó el *Decreto 65/2022, de 28 de diciembre, por el que se aprueba la Estrategia de Economía Circular de La Rioja 2030* (Gobierno de la Rioja, 2022).

En su anexo aparece la *Estrategia de economía circular de La Rioja 2030*, donde se menciona en su capítulo IV.4.3. Consumo, lo siguiente, “*La estadística actual del sector considera dos flujos significativos como son los residuos de la construcción y demolición y los residuos sanitarios pero los datos disponibles no permiten distinguir en qué medida su origen es público o privado*”, por ello, es fundamental establecer parámetros homogéneos para cuantificar estos flujos. (Gobierno de la Rioja, 2022).

### 2.3.1 Diagnóstico de la legislación autonómica:

Las comunidades autónomas que deberán adaptarse a la nueva *LRSCCE* (Tabla 1) de residuos de ámbito estatal (BOE, 2022) para completar su marco legislativo en materia de residuos son las comunidades correspondientes a Aragón, Canarias, Cantabria, Castilla la Mancha, Navarra, Extremadura, Principado de Asturias, Murcia, La Rioja y la ciudad autónoma de Ceuta.

Mientras que se ha podido observar que las comunidades autónomas de Andalucía, Islas Baleares, Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia, País Vasco y la ciudad autónoma de Melilla, a pesar de estar adaptadas a la nueva legislación no existe una homogeneidad en sus requisitos legales a cumplimentar.

*Tabla 1 Adaptación de las diferentes CCAA a la nueva legislación de residuos estatal (Elaboración propia con Microsoft Excel).*

CCAA adaptadas a la legislación de residuos estatal LRSCEC	CCAA no adaptadas a la legislación de residuos estatal LRSCEC
Islas baleares. Castilla y León, Cataluña, Comunidad Valenciana, Galicia, País Vasco	Aragón, Canarias, Cantabria, Castilla la Mancha, Comunidad foral de Navarra, Extremadura, Principado de Asturias, Murcia y La Rioja
Ciudad autónoma de Melilla	Ciudad autónoma de Ceuta



### 3. Justificación de la metodología y documentación exigida.

#### 3.1 Justificación legal de la metodología

En este apartado se pretende justificar la necesidad de aportar una metodología alternativa a las exigencias legales y la que se ofrece actualmente.

En base al contexto estatal y el marco legal citado anteriormente, se hace necesario hacer un control exhaustivo de la cuantificación efectiva de residuos en obra y su trazabilidad, por ello, frente a la producción, posesión y gestión de los residuos, la ley *LRSCEC* en su *Título III*, hace referencia a una serie de obligaciones como son las presentes en el capítulo I correspondiente a: “*De la producción y posesión de los residuos*” (BOE, 2022).

- En su artículo 20 se obliga al productor inicial u otro poseedor de residuos, a asegurar el tratamiento adecuado de sus residuos, de conformidad con los principios establecidos en los artículos 7 y 8. Para ello, dispondrá de las siguientes opciones:
  - a) *Realizar el tratamiento de los residuos por sí mismo, siempre que disponga de la correspondiente autorización para llevar a cabo la operación de tratamiento.*
  - b) *Encargar el tratamiento de sus residuos a un negociante registrado o a un gestor de residuos autorizado que realice operaciones de tratamiento.*
  - c) *Entregar los residuos a una entidad pública o privada de recogida de residuos, incluidas las entidades de economía social, para su tratamiento, siempre que estén registradas conforme a lo establecido en esta ley.*

Dichas obligaciones deberán acreditarse documentalmente, por ello, es necesario disponer de documentación efectiva que acredite lo expuesto en el apartado anterior, ya que la responsabilidad del productor inicial o poseedor del residuo concluirá cuando quede debidamente documentado el tratamiento del residuo, a través de los correspondientes documentos de traslado de residuos de los diferentes intermediarios, cuando existan, y cuando sea necesario, mediante un certificado de eliminación o declaración responsable de la instalación de tratamiento final, los cuales podrán ser requeridos al productor inicial o poseedor.

Es decir, hay que mantener una trazabilidad completa y conocer el tratamiento al que será sometido el residuo.

- Las obligaciones del productor o poseedor de residuos son las siguientes:
  - a) *Identificar los residuos, antes de la entrega para su gestión, conforme a lo establecido en el artículo 6 y, en el caso de que sean residuos peligrosos, determinar sus características de peligrosidad. En el caso de residuos entregados por los buques a instalaciones portuarias receptoras, la identificación de los residuos por parte del buque como productor inicial se hará de conformidad con el Convenio Internacional para prevenir la contaminación por los buques (Convenio MARPOL) y la normativa de la Unión Europea y estatal sobre instalaciones portuarias receptoras.*
  - b) *Suministrar a las empresas autorizadas para llevar a cabo la gestión de residuos la información necesaria para su adecuado tratamiento, incluyendo la establecida en el apartado anterior.*

*c) Proporcionar a las entidades locales información sobre los residuos que les entreguen cuando presenten características especiales, que puedan producir trastornos en el transporte, recogida, valorización o eliminación.*

*d) Informar inmediatamente a la administración ambiental competente en caso de desaparición, pérdida o escape de residuos peligrosos o de aquellos que por su naturaleza o cantidad puedan dañar el medio ambiente (BOE, 2022).*

Todo ello, a pesar de contemplar las exigencias legales establecidas a lo largo de la ley, con artículos de aplicación, como el ya comentado artículo 30 para los RCD, por lo cual, no se podrá eliminar más del 30% del peso de los residuos generados en obra (BOE, 2022).

Además, para los productores de productos, en su *Título VI*, se hace frente a una serie de obligaciones como son las presentes en el capítulo II correspondiente a: *Requisitos mínimos generales al régimen de responsabilidad ampliada del productor* (BOE, 2022).

Que expone en su artículo 41 b) lo siguiente:

*b) Fijar, en consonancia con la jerarquía de los residuos, objetivos de gestión de residuos destinados a lograr, como mínimo, los objetivos cuantitativos aplicables al régimen de responsabilidad ampliada del productor establecidos en la ley y en la normativa específica de los diferentes flujos de residuos; y fijar otros objetivos cuantitativos o cualitativos que se consideren pertinentes para el régimen de responsabilidad ampliada del productor. El cumplimiento de esos objetivos mínimos, antes de la finalización del periodo a que se refieren, no podrá ser obstáculo para que los residuos que se continúen generando, sean recogidos, gestionados y financiados adecuadamente según lo previsto en las normativas de desarrollo de cada flujo de residuos (BOE, 2022).*

Es decir, mantener los principios de la jerarquía de residuos expuesta en el artículo 8, donde se prioriza la prevención (Ilustración 8) frente a la reutilización, reciclado, valorización y eliminación.

Además de lo expuesto en el artículo 41 c):

*c) Implantar un sistema de información para recopilar datos de introducción en el mercado, sobre la recogida y el tratamiento de residuos resultantes de los productos, especificando, cuando proceda, los flujos de los materiales de residuos, así como otros datos pertinentes a efectos de la letra b). En todo caso, los sistemas de información se establecerán en formato electrónico (BOE, 2022).*

Por ello, surge la necesidad de incorporar un sistema de información interno, además, en su artículo 46, se establecen mecanismos de autocontrol para verificar esta responsabilidad ampliada del productor:

*b) La calidad de los datos recogidos y comunicados de conformidad con el artículo 41.c), con el artículo 38.2 y con los requisitos del Reglamento (CE) n.º 1013/2006 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 14 de junio de 2006; apoyado por auditorías independientes realizadas por empresas acreditadas para la verificación de datos (BOE, 2022).*

Todo ello, implica un mayor control, por ello, una serie de hándicaps evidentes para controlar el cumplimiento legislativo en la generación de residuos, de los productores de productos y productores de residuos, por parte del MITERD o la administración ambiental competente de cada CCAA que deberá de adaptarse y digitalizarse para disponer de un control más exhaustivo.



En definitiva, las principales diferencias concretas llevadas a cabo con la nueva *LRSECE* en una obra de construcción y demolición son las siguientes (Tabla 2).

Tabla 2 Diferencia de exigencias para los RCD con la nueva ley de residuos (Elaboración propia).

Exigencias Ley anterior de residuos (22/2011)	Exigencias Ley actual de residuos <i>LRSECE</i> (7/2022)
Obligación de separación de residuos IN-SITU en la obra, solo en caso de superar las fracciones establecidas en el artículo 5.5 del RD 105/2008	Separación obligatoria de residuos en fracciones de diferente tipología, independientemente de la cantidad de residuos generada según el artículo 30.2 de la nueva <i>LRSECE</i> .
Obligación de delegar la gestión del residuo producido en la obra a un gestor de residuo (con calidad de gestor, agente o intermediario).	Obligación de acreditar la trazabilidad completa del residuo hasta su tratamiento final, ya que la responsabilidad del productor inicial o poseedor del residuo concluirá cuando quede debidamente documentado el tratamiento final del residuo.
Identificar los residuos con su código LER, para gestionar por un gestor de residuos que indique el tratamiento de valorización o eliminación, independientemente de sus proporciones.	Identificar los residuos con su código LER y su etiquetado correspondiente, y como mínimo el 70% en peso de los residuos no peligrosos producidos deberán estar destinados a la preparación para la reutilización, el reciclado y otra valorización de materiales, incluidas las operaciones de relleno, con exclusión de los materiales en estado natural definidos en la categoría 17 05 04 de la lista de residuos según el artículo 26 de la <i>LRSECE</i> .

Para el caso concreto de las obras de construcción y demolición, como se ha comentado anteriormente en los antecedentes y en base a mi propia experiencia profesional, es frecuente, encontrarnos con mala praxis o falta de transparencia, por lo tanto, sería procedente, que además de las exigencias legales recogidas en la (Tabla 2) se realizará una cuantificación gráfica para los residuos de construcción y demolición generados, en forma de diagrama Sankey u otra salida gráfica, en base a las exigencias legales de los artículos 20, 26 b) y 30 de la *LRSECE*. Para identificar la trazabilidad completa de los flujos de residuos generados, reflejando su origen, tratamiento y destino, de forma visual, sin necesidad de disponer de más documentación, únicamente surgirá la necesidad de indagar en sus respectivos (DI) para contrastar y verificar la información aportada.

Bajo mi punto de vista, de la misma forma que se establece un control de los materiales suministrados para la ejecución material de una obra, tanto por cuestiones de calidad, garantía o facturación. Estos materiales suministrados serían considerados como (*INPUTS*), por lo general, vienen recogidos en el presupuesto de ejecución material (*PEM*).

Debería existir un registro con la misma rigurosidad y transparencia para los materiales que salen de la obra, denominados (*OUTPUTS*), ya que en muchas ocasiones estos RCD generados, pueden ser materias primas secundarias (*MPS*), aprovechables como recursos potenciales en ámbito industrial o en otras actuaciones.

### 3.2 Diagnóstico de las obras de construcción

Existen dos principales deficiencias de peso a la hora de favorecer la valorización y reutilización efectiva de RCD en obras de construcción (MITERD, 2023):

- La primera es referida al precio del material virgen (árido natural), es un precio relativamente bajo en España debido a su abundancia y disponibilidad, que no ayuda a utilizar componentes valorizados. Todo ello sumado al alto coste del tratamiento del material para su procesado, puede generar un coste del material reciclado mayor que el del material virgen.
- La división de incentivos en la cadena de valor de esos residuos, donde el coste de desmantelar, separar y transformar se produce en la fase de demolición.

Por ello, la exigencia legal, en ocasiones es un obstáculo económico para algunos proyectos que buscan sacar el máximo rédito económico. Esto complica la colaboración y transparencia por parte de muchos promotores.

### 3.3 Documentos exigidos por la administración

Para realizar el seguimiento, control y poder monitorizar todos estos residuos producidos en la obra de forma objetiva y certera existen una serie de documentación exigida por parte de la administración, que se exponen en el siguiente apartado.

Cada vez más gestores, agentes y negociantes de residuos, directores de obra y responsables de empresas, además de los centros de valorización y sistemas de reciclaje deben de manejar hoy en día un gran volumen de documentación y certificaciones que cumplan en todo momento con la legislación vigente, al mismo tiempo que gestionan estos residuos con el menor número de coste y tiempo asociado (Josa, 2021).

#### 3.3.1 Evidencias documentales exigidas en materia de residuos

Obviando el resto de los requerimientos legales externos a la producción de residuos, es decir, dando por hecho que la obra en ejecución cumple con todos los permisos, posee todas las licencias, cumple con toda la legislación de aplicación adicional, adopta las medidas de prevención necesarias, con el personal, maquinaria y herramientas suficientemente habilitadas y óptimas técnicamente para su ejecución. Únicamente se exponen las obligaciones y exigencias aplicadas como ente “productor de residuos”, por las cuales será necesario de presentar de forma adecuada lo siguiente:

- ✓ Estudio de gestión de residuos (EGR): es un documento elaborado de forma previa a la ejecución de una obra, a nivel de redacción de proyecto, se trata de un documento de obligado cumplimiento para las obras construcción, según el artículo 4 del “*Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*” donde se plantea la obligación de generar una estimación de todos los residuos susceptibles a ser generados en la obra, cuantificados en toneladas y metros cúbicos (BOE, 2008), estos residuos también deben venir reflejados en el Estudio de Impacto Ambiental del proyecto cuando sea de un calado que haga que proceda.

Respecto a la estructura del EGR, en obras de ámbito rural, se recomienda que se ajuste a las directrices empujadas por el Manual de Aspectos Constructivos de Caminos Naturales (MAPA, 2020) que hace que las exigencias sean algo más concretas que las que marca el RD de 2008 (BOE, 2008).

- ✓ Plan de Gestión de residuos (PGR): Documento elaborado de obligado cumplimiento a disponer al inicio de una obra por parte del contratista, posterior a la redacción de proyecto, donde se traspone y adapta el EGR, a las nuevas necesidades de la obra. El documento sirve de documento marco base para la gestión de los residuos en la obra, debe estimar los RCD, en metros cúbicos y toneladas de la misma forma que el EGR y adjuntar los contratos de tratamiento establecidos para cada gestor.

Sin embargo, no todos los RCD, provienen de demolición, también se generan a partir de residuos ya existentes, sobrantes, despuntes, recortes, embalajes u otras complicaciones intrínsecas de la obra o externas,

Esos residuos expuestos en el EGR y su posterior PGR, lejos de ser una cifra real, se tratan de una estimación, que tiene la obligación de recoger todos los residuos susceptibles de ser generados en la obra, cuantificados en toneladas y metros cúbicos de forma previa a su ejecución. No obstante, es a la hora de finalizar la obra, cuando se debería presentar esa cuantificación real de forma exacta, y no estimada, las cantidades de residuos generadas en la obra.

- ✓ Etiquetado del residuo: Residuo correctamente etiquetado, indicando en la etiqueta toda la información expuesta en el artículo 21 de la *LRSCEC*:

*1.º) El código y la descripción del residuo conforme a lo establecido en el artículo 6, así como el código y la descripción de las características de peligrosidad de acuerdo con el anexo I.*

*2.º) Nombre, Asignación de Número de Identificación Medioambiental (en adelante «NIMA»), dirección, postal y electrónica, y teléfono del productor o poseedor de los residuos.*

*3.º) Fecha en la que se inicia el depósito de residuos.*

*4.º) La naturaleza de los peligros que presentan los residuos, que se indicará mediante los pictogramas descritos en el Reglamento (CE) n.º 1272/2008 del Parlamento y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008. Con su actualización del Reglamento (UE) No 1357/2014.*

- ✓ Contrato de tratamiento (CT): Será necesario disponer de este documento por el cual se expone el acuerdo entre el operador y el gestor de una instalación de tratamiento de residuos, por el que este se compromete a tratar los residuos una vez que han sido aceptados, y en el que se establece, al menos, las especificaciones de los residuos (código LER), las condiciones de aceptación y las obligaciones de las partes cuando se presenten incidencias, en particular, en el caso del rechazo del residuo por el destinatario.

- ✓ Notificación de traslado (NT): Los operadores de estos traslados presentarán, en la comunidad autónoma de origen, una notificación previa (NT) para los residuos cuando tengan las siguientes particularidades:

1) Traslados de residuos, peligrosos y no peligrosos, destinados a eliminación.

2) Traslados de residuos peligrosos, de residuos domésticos mezclados identificados con el código LER 200301 ("*Mezclas de residuos municipales o RSU*") y los que reglamentariamente se determinen, destinados a valorización.

Si el traslado es intercomunitario, la comunidad autónoma de origen remitirá la NT a través de la plataforma “e-SIR”, donde se validará frente al Registro de producción y gestión de residuos, se incorporará al repositorio de traslados y se remitirá a la comunidad autónoma de destino.

Una vez validada la NT, la comunidad autónoma de origen entregará un acuse de recibo al operador. A partir de la fecha de acuse de recibo, las comunidades autónomas de origen y de destino dispondrán de 10 días para manifestar su oposición al traslado.

- ✓ Documento de identificación (DI): Es el documento que acompaña al residuo durante su traslado y que permite conocer en todo momento el tipo de residuo, su origen y destino, el operador del traslado, los datos del transportista y cualquier otra circunstancia inherente al movimiento de los residuos. Posee, por tanto, un papel esencial para la adecuada trazabilidad y para facilitar a las Administraciones sus funciones de control, vigilancia e inspección.

En el caso de los traslados de residuos que requieran NT, antes de iniciar el traslado, el operador cumplimentará el DI y lo presentará, antes de iniciarse el traslado, a la CCAA de origen, que lo remitirá a la plataforma “e-SIR” para incorporarlo al repositorio de traslados. El operador entregará una copia en formato digital o en papel del documento presentado al transportista para la identificación de los residuos durante el traslado y “e-SIR” distribuirá una copia a la CCAA de destino y al gestor de la instalación de destino.

- ✓ Seguro u otra garantía financiera: Tiene la capacidad de responder como seguro de responsabilidad civil ante terceros de la responsabilidad civil que le pueda ser exigible para atender indemnizaciones que cubren la responsabilidad medioambiental definidas por el *Real Decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos* (BOE, 2022) y únicamente para productores de residuos peligrosos, que generen más de 10 toneladas, algo muy poco habitual en una obra.
- ✓ Periodo de almacenamiento: A pesar de acreditar de forma adecuada las anteriores evidencias documentales, existe un periodo máximo de almacenamiento para los residuos producidos IN-SITU, en las obras de construcción que son los siguientes:
  - Residuos no peligrosos valorizables → Periodo máximo de almacenamiento 2 años.
  - Residuos no peligrosos eliminables → Periodo máximo de almacenamiento 1 año.
  - Residuos peligrosos → Periodo máximo de almacenamiento de 6 meses.

El productor de residuos, para centros o actuaciones fijas, deberá estar dado de alta en la CCAA correspondiente y precisa de entregar la documentación anteriormente citada, además al tratarse de un centro fijo y no una obra, deberá acreditar una memoria trimestral y anual de todos los flujos de entrada de residuos (en el caso de ser gestor) y de salidas en el caso de ser productor, gestor y agente justificando su salida con destino y tratamiento.

- ✓ Archivo cronológico: Se guardará la información relativa a toda la documentación anteriormente citada, mediante un archivo cronológico durante, al menos, cinco años y estará a disposición de las autoridades competentes a efectos de inspección y control. En base al artículo 64 de la *LRSCEC*.

Siendo de aplicación para el productor de residuos, gestor o transportista o agente implicado en la obra de construcción.

### 3.3.2 Deficiencias en la documentación exigida

A pesar de las exigencias del marco legislativo estatal y europeo, las leyes siguen teniendo una serie de carencias en cuanto a su alcance, se desarrollan tres principales carencias en cuanto a la documentación exigida:

- No existe ningún mecanismo de control habitual normalizado que permita comprobar que los residuos no peligrosos objeto de valorización y reutilización en la obra, a excepción de las tierras de excavación, son al menos una cifra superior al 70% de los residuos producidos en peso.
- Tampoco existe ninguna evidencia documental exigida, que justifique el tratamiento final al que se verá expuesto un residuo a nivel de producción, que experimenta un traspaso entre varios gestores, sin existir mecanismos efectivos que faciliten poder observar su trazabilidad completa.

En este aspecto el gestor que actúa como intermediario o agente implicado en materia de residuos tiene la obligación de aportar la información referida al gestor final, objeto de destino del residuo y su tratamiento, la realidad, es que se trata de una información difícil de conseguir para la cual hay que ser muy insistente y en ocasiones, no se consigue.

- Por último, aunque no sea el cometido del trabajo presentado, destacar que, en base a la documentación exigida legalmente, no se exige un plan de demolición adecuado sobre la infraestructura movilizada en una obra, a no ser que vaya ligada a un Estudio de Impacto Ambiental ordinario. Es decir, multitud de proyectos (muchos de ellos con financiación PRTR), están siendo ejecutados sin tener un plan de desmantelamiento o demolición planteados, para tenerlo en cuenta durante la fase de ejecución de la obra y facilitar su futura desarticulación o desmantelamiento.

Por ejemplo, una instalación fotovoltaica, con una vida media entre 20-40 años en base al análisis de ciclo de vida de sus componentes, generalmente, no tiene exigencia de ofrecer de forma planificada su desarticulación y desmantelamiento a nivel de proyecto, para los residuos generados al final de su vida útil (Appropedia.org, 2020).

### 3.4 Ejemplos de actuaciones particulares en España para la implementación EECC en los RCD

Es fundamental que el sector de la construcción se reinvente, con astucia, con ambición y con ganas hacia la economía circular, para ello, no solamente es suficiente con el imperativo legal, si no que hace falta una voluntad y un ímpetu que se demuestren con hechos concretos.

Para mejorar las cosas, hay iniciativas particulares que resultan inspiradoras, ya que suponen un progreso tecnológico, beneficios ambientales y sociales, a la vez que, en muchos casos, suponen un rédito económico para la entidad que lo desarrolla con grandes beneficios y ahorros en sus costes para la gestión de ese residuo, que permiten que sean acciones rentables.

Son muchos los ejemplos de innovación y aplicación de los principios de la economía circular en el sector de la construcción, por ofrecer una muestra representativa de algunos de ellos se exponen los siguientes ejemplos:

1. La empresa zaragozana *Casalé Gestión de Residuos* desarrolló unos bloques compuestos 100% de árido reciclado y una baja dosificación de cemento denominados “MEGALITOS”. Logrando la reducción de emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera durante su proceso de fabricación, en comparación a lo que supondría un bloque tradicional. Se

reduce también, por lo tanto, el consumo de recursos naturales ya que los citados áridos provienen de RCD y de subproductos industriales (Casalé, 2004).

2. Burgos tendrá la primera calle del mundo hormigonada con residuos de los molinos de viento, gracias a un estudio realizado por la *Universidad de Burgos*, que ha conseguido elaborar un éxito con el material de residuo de las palas (Bécares, 2024). La alternativa ante la gestión de esas palas realizada en Burgos para rellenar el pavimento urbano, era la de enterrarlas en vertederos, siendo más de 100 aspas al año troceadas y transportadas a vertederos de residuos no peligrosos en España (Montojo, 2020).
3. El *Puerto de Almería* rellena la Piscina del puerto a partir de los residuos de las casetas de pescadores demolidas, siendo más de 14.300 toneladas de áridos, para generar una escollera que permita mantener el agua embalsada ganada al mar (Maldonado, 2022).
4. La creación de diques de hormigón sostenibles fabricados con cenizas del volcán de La Palma y restos de paja del arroz, para favorecer la colonización de la flora y fauna marinas, es una iniciativa en la que colabora el Instituto Valenciano de Competitividad e Innovación (Ivace+i), se trata de una forma eficaz de aprovechar un excedente de residuos naturales generados a partir de una erupción volcánica (Canarias Ahora, 2024).

## 4. Metodología expuesta, objetivos y resultados sobre los RCD objeto de cuantificación

Para realizar adecuadamente un análisis de flujo de materiales se deben seguir y plantear los siguientes pasos expuestos (ONUDI, 2024).

1. Definir el objetivo del análisis de flujo de materiales y los parámetros que deben controlarse.
2. Definir el alcance del análisis.
3. Definir el periodo de análisis.
4. Identificar y definir los procesos a analizar.
5. Dibujar el diagrama de flujos: flujos de materiales en un enfoque cualitativo.
6. Elaborar los balances: flujos de materiales en un enfoque cuantitativo.
7. Interpretar los resultados y sacar conclusiones.

En los siguientes apartados se exponen los puntos referidos a la introducción del análisis del flujo de materiales, la definición del alcance y la periodicidad llevado a cabo, así como la caracterización de los datos y su metodología expuesta para la obtención de los balances, por último, se realiza un análisis de los resultados.

### 4.1 Objetivo de la metodología

El objetivo del análisis es representar los diferentes RCD originados en una obra concreta de construcción, en función a su peligrosidad, su destino y su tratamiento.

De esa manera, se pueden exponer los flujos de residuo generados en una obra concreta, de forma gráfica y visual, con la consecuencia que se identifique su origen, destino y tratamiento, pudiendo llegar a incluir varios flujos al mismo destino, o distintos flujos para el mismo residuo, dependiendo del tratamiento final del residuo, así como discriminar entre tipos de tratamiento ya sean para reutilización, valorización y eliminación.



Como se ha comentado anteriormente, suele existir mucha opacidad en una obra de construcción, en referencia a sus residuos generados, por lo tanto, teniendo los flujos representados, se puede observar de forma simple, el número de traslados de residuos diferentes que ha habido en la obra con los RCD a los diferentes destinos propuestos.

En este caso concreto, en base a los parámetros de los cuales existe obligación legal a exponer y utilizar, se propone la utilización de un visor de datos frecuentemente utilizado, se trata de un diagrama *de tipo Sankey*, que aparentemente supone ser muy práctico y genérico (García Cuenca, 2021).

En nuestro caso concreto, la utilización del diagrama Sankey y la metodología ofrecida, nos sirve para visualizar los flujos de entradas y salidas reales de materiales en la obra, así como de caracterizar los flujos de residuos reales producidos en la obra objeto de estudio, desde que se generan, hasta que acaban en un gestor final de residuos en función a su tipología, su destino y su peligrosidad.

## 4.2 Introducción del análisis de flujo de materiales

En base a las evidencias legales de obligado cumplimiento recogidas en el apartado (3.3.1) se trabaja para construir nuestra metodología aplicada.

En primer lugar, se usan los datos de cuantificación de residuos ofrecidos por el PGR de la obra de construcción, que en base a los contratos de tratamiento (CT) establecidos, se recogen por un gestor de residuos autorizado. Se contrasta la cantidad de residuos estimada en el PGR, con la cantidad real y total recogida en esos trasladados ofrecida por el documento de identificación (DI) de cada residuo en su traslado, se tienen en cuenta los 7 destinos diferentes.

De la misma forma a partir del PEM, se realiza una estimación de los materiales suministrados para la ejecución de la obra, se tienen en cuenta los 6 proveedores principales, tratándose de estimaciones muy genéricas.

Por último, con los datos reales obtenidos y homologados en un orden de magnitud (kilogramos), se construye un diagrama de clasificación cualitativa de los datos como gráficas sectoriales y el diagrama Sankey para facilitar su visualización de flujos.

Teniendo los flujos representados, se pueden inducir los resultados y el análisis referido a los RCD en base a su tipología y a los diferentes destinos propuestos.

## 4.3 Alcance y periodicidad del análisis con los datos concretos de la obra

La obra se sitúa en El Ejido (Almería), posee un plazo de ejecución de 20 meses, los residuos generados en la obra (RCD), se transportan a gestor en función a demanda (Tabla 3).

Para la correcta generación y almacenamiento de residuos se verifica con una visita semanal a obra por parte de la vigilancia ambiental. Esta visita semanal es pautada en los pliegos del contrato con la dirección facultativa, aunque no exista un imperativo legal que obligue a una frecuencia determinada.

Los flujos son obtenidos a partir de los documentos de identificación (DI) generados para cada residuo tal y como se expone en los documentos exigidos por la administración (3.3).

La mayor parte de los transportes realizados de obra a gestor de residuos, se realizan por transporte terrestre, en camiones, por ello, la LRSCEC diferencia entre “gestor de residuos” y “transporte de residuos” en su artículo 2, que no tiene por qué ser la misma empresa de la obra, en nuestro caso concreto todos los transportes son realizados en camiones y es el gestor de residuos, se hace

cargo del transporte, sin embargo, en el diagrama se podría representar al transportista si se tratara de otra empresa.

Es habitual que sean los propios gestores, los transportistas de residuos, o en su defecto que operen con una empresa subcontratada para darles ese servicio. Por lo tanto, los gestores se encargan de que, tras la llegada del camión a planta, se pesen y cuantifiquen (tanto en toneladas como en metros cúbicos), los residuos a gestionar. De esa forma elaboran el albarán con la cuantificación real que acompaña al (DI) y que se factura y facilita de nuevo al contratista.

Tabla 3 Datos concretos de la obra objeto de estudio para la construcción del diagrama (Elaboración propia).

Obra objeto de estudio: “PROYECTO DE MODERNIZACIÓN DE LA ZONA REGABLE TIERRAS DE ALMERÍA (ALMERÍA)”	
<b>Localización</b>	El Ejido
<b>Provincia</b>	Almería (AL)
<b>Plazo de ejecución</b>	Veinte (20) meses
<b>Visita a la obra (PVA)</b>	Semanal
<b>Cliente</b>	Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación (MAPA)
<b>Redacción del proyecto contratista</b>	Empresa de Transformación Agraria, S.A. (GRUPO TRAGSA)
<b>Promotor</b>	Sociedad Estatal de Infraestructuras Agrarias (SEIASA)
<b>Fondo de financiación</b>	Proyecto PRTR bajo el cumplimiento del principio DNSH Financiado por la Unión Europea – Next Generation EU

#### 4.4 Procesos para la aplicación de la metodología en la obra

En la obra objeto de estudio se va a realizar un análisis sobre los datos referidos a los residuos (OUTPUTS) generados en la obra, no obstante, para aplicar de forma completa y aplicada la metodología referida en cuanto los flujos de materiales, los datos necesarios para serían los siguientes procesos:

##### - INPUTS

- Cada uno de los materiales suministrados en la obra (en cantidad estimada), por uno o más proveedores, en base al presupuesto de ejecución material completo y desglosado en el PEM y estimaciones.

- **OBRA:** Material inmovilizado en forma de infraestructura (En nuestro caso no se ha tenido en cuenta).

- **OUTPUTS:** Salida de residuos de la obra a gestor autorizado, en sus respectivos traslados acompañados de su DI, contrastados con los debidos contratos con el gestor de residuos correspondiente CT y los datos de cuantificación del PGR. Discriminando por las siguientes variables cualitativas:

- Destino (cada uno de los gestores de residuos autorizado por parte de la CCAA correspondiente para los que se tenga previsto un traslado)
- Peligrosidad en base a su código LER (Comisión Europea, 2014).
- Tratamiento establecido en base a los anexos 2 y 3 de la ley de residuos LRSCEC.



- **BALANCE DE TIERRAS** debidamente justificado y expuesto, para ver los residuos susceptibles de ser reutilizados en la propia obra.
  - o Balance de tierras excavadas y reutilizadas, con su coeficiente de esponjamiento aplicado, y contrastada la distribución del nivel de reutilización y sobrantes establecidos.

La mayor parte de estos datos, no tienen por qué ser públicos, ya que en una obra de carácter público recogida en la Plataforma de Contratación del Sector Público (PLACSP) los datos obtenidos a partir de los *INPUTS*, únicamente se pueden obtener a partir del presupuesto de ejecución material (*PEM*), o se pueden estimar. Para los *OUTPUTS*, sin embargo, aunque sigan sin ser datos públicos, sí que existe obligación por parte del productor de residuos a disponer tanto con un contrato de tratamiento con un gestor de residuos, como de salidas de residuo debidamente justificadas, acompañadas de su documento de identificación y con una notificación de traslado cuando sea preciso.

Esta documentación debe conservarse durante un mínimo de 5 años, como se ha establecido en el archivo cronológico, del apartado (3.3.2.) del presente documento.

Para aplicar de forma ordinaria y adecuada esta metodología, deben estar involucrados todos los agentes implicados en la obra, desde el cuerpo técnico compuesto por la dirección facultativa, hasta el número completo de trabajadores en la obra.

Por el momento, en nuestro caso, vamos a indagar en establecer el control sobre los *OUTPUTS* se trata prueba piloto, tomando una serie de datos de forma individual y característica para la elaboración de este trabajo final de máster.

#### 4.4.1 Caracterización cualitativa de los *OUTPUTS*

Para la caracterización de los *OUTPUTS*, o residuos generados en la obra (RCD), en ocasiones, es frecuente observar otra clasificación secundaria para estos residuos de construcción según su origen, que no resulta de obligado cumplimiento legal, que tendría la siguiente disposición:

- o Residuos procedentes de puntos de extracción de áridos o puntos de la obra donde se realicen movimientos de tierras puros, sin intervención de otro tipo de actividad constructiva, también considerados en ocasiones residuo de nivel 1.  
(Residuos frecuentemente vírgenes, generados en grandes volúmenes, con fácil aprovechamiento procedentes generalmente de excavaciones, minería).
- o Residuos procedentes de obras de construcción se tratan de los residuos originados en una obra de construcción (sobrantes, despuntes y embalajes de materiales empleados para la construcción), es objetivo de la dirección facultativa minimizar al máximo la generación de estos residuos, también considerados residuos de nivel 2.
- o Residuos procedentes de obras de demolición: Son aquellos residuos obtenidos fruto de la demolición, desarticulación o desmantelamiento de infraestructuras o elementos que deben ser cambiados o que superan su ciclo de vida útil.

El todavía actual *RD 105/2008* según su artículo 3 (BOE, 2008), exceptúa de su clasificación como RCD a los siguientes residuos:

- a. *Las tierras y piedras no contaminadas por sustancias peligrosas reutilizadas en la misma obra, en una obra distinta o en una actividad de restauración, acondicionamiento o relleno, siempre y cuando pueda acreditarse de forma fehaciente su destino a reutilización.*

- b. *Los residuos de industrias extractivas regulados por la Directiva 2006/21/CE, de 15 de marzo (DOUE, 2006).*
- c. *Los lodos de dragado no peligrosos reubicados en el interior de las aguas superficiales derivados de las actividades de gestión de las aguas y de las vías navegables, de prevención de las inundaciones o de mitigación de los efectos de las inundaciones o las sequías, reguladas por el Texto Refundido de la Ley de Aguas (BOE, 2001), por la Ley 48/2003, de 26 de noviembre de régimen económico y de prestación de servicios de los puertos de interés general, y por los tratados internacionales de los que España sea parte.*

Como segunda clasificación cualitativa, se puede segregar en dos grandes grupos como peligrosos y no peligrosos, además, se puede encontrar la siguiente clasificación, donde se suelen incluir en las obras de construcción al grupo de los áridos o inertes, por tratarse de los residuos más significativos en masa y volumen, aunque tampoco existe imperativo legal para realizar esta clasificación:

- Residuos no peligrosos: Se trata del grupo más heterogéneo, que incluye madera, algunos plásticos, el papel, el yeso, los textiles y la mayor parte de los metales... Para este grupo la separación por tipología es fundamental si se quiere hacer una buena valorización.  
Residuos inertes: Dentro de los residuos peligrosos, suponen la mayor parte en volumen de los RCD (hormigón, los ladrillos, las tejas, el vidrio y cualquier tipo de tierra o canto), son los más habituales y los más fáciles de valorizar por parte de un gestor, aunque lo ideal es que no vengan mezclados con otros residuos no inertes.
- Residuos tóxicos y peligrosos: Este último grupo, vienen definidos e indicados normalmente por un asterisco en su código LER, son, por ejemplo: pinturas y disolventes, el plomo, el amianto y sus derivados y los residuos radiactivos, no pueden almacenarse al a intemperie, siempre deben estar con superficie techada y pavimento impermeabilizado (Comisión Europea, 2014).

La clasificación real y oficial, dentro de estos grupos anteriormente mencionados, es a su vez, una clasificación específica e individualizada por residuo, para la cual, sí que existe imperativo legal de identificación de residuos de la construcción en la obra, o por parte de un gestor (BOE, 2022), esta clasificación está definida por la Lista Europea de Residuos y conocida coloquialmente como *Código LER*, en base a *Decisión (2014/955/UE)* y surgió para mantener unos criterios de homogeneidad en Europa frente a la generación de residuos (Comisión Europea, 2014).

Para la identificación idónea de los RCD en una obra se tienen que tener claro las siguientes variables como son: la actividad generadora de residuos, el nivel de estimación de residuos y la metodología de cuantificación aplicada, respecto a esta última, en base a la tesis de Rocío Quiñones en 2023, que analiza 57 artículos diferentes, identifica 6 métodos principales de cuantificación de residuos: (1) visita a obra, (2) el método de tasa de generación de residuos, (3) el método de análisis de vida útil, (4) el método de acumulación del sistema de clasificación, (5) el método de modelado de variables y (6) otros métodos particulares (Quiñones Rodríguez, 2023).

En nuestro caso, se realiza la cuantificación de residuos, mediante el primer método de cuantificación, el método de visita a obra, por tratarse del más sencillo y rudimentario, que consiste en la observación directa y real de los residuos generados en la obra, se realiza por parte del personal técnico diferente al responsable de la actuación o jefe de obra, que ejerce las labores de vigilancia ambiental en la obra o PVA. Este personal es el encargado de verificar las condiciones ambientales del proyecto. En cuanto a los residuos, será la persona encargada de verificar el correcto almacenamiento y acopio de estos residuos, de sus salidas a gestor, del

tratamiento realizado y de aquellas particularidades específicas que requieran una medida concreta.

En el caso concreto de una obra real y sencilla, referida a una instalación fotovoltaica, por ejemplo, podemos encontrar esta distribución a modo tabla en el PGR (Tabla 4) con los siguientes residuos cuantificados en base a su *código LER*, densidad aparente, peso y volumen.

*Tabla 4 Ejemplo de tabla de cuantificación de residuos para una obra concreta (Elaboración propia con Microsoft Excel).*

Material según Decisión (2014/955/UE)	Código LER	Densidad aparente (t/m <sup>3</sup> )	Peso (toneladas)	Volumen (metros cúbicos)
Madera	17 02 01	0,8	9,6	12
Hierro y acero	17 04 05	2,1	14,7	7
Papel y cartón	20 01 01	0,75	3,75	5
Plástico	17 02 03	0,6	4,2	7
Residuos mezclados	17 09 04	2	1,73	0,87
Hormigón y bloques de hormigón	17 01 01	2	24	12
Cables	17 04 11	6	1,4	0,24
Envases contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas	15 01 10*	0,6	0,17	0,28
Absorbentes contaminados	15 01 02*	0,6	0,17	0,28
Aceites usados	13 02 05*	0,6	0,17	0,28
Residuos metálicos contaminados	17 04 09*	0,6	0,15	0,25
Residuos Sólidos Urbanos (RSU)	20 03 01	0,9	2,88	3,2

Los residuos anteriores (Tabla 4), marcados con un asterisco (\*) en la lista de residuos, se considerarán residuos peligrosos con arreglo a la Directiva 2008/98/CE, a no ser que se aplique el artículo 20 de esa Directiva (Comisión Europea, 2014).

Por otro lado, los residuos generados en una obra siempre deben encontrarse cuantificados en su estudio de gestión de residuos (EGR) o plan de gestión de residuos (PGR), en base a su peso en toneladas y su volumen en metros cúbicos.

#### 4.4.2 Almacenamiento de los residuos en la obra

Para los residuos expuestos anteriormente (Tabla 4) se debe incorporar un punto limpio en la obra para su almacenamiento provisional, que debe venir recogido en el EGR, y por lo tanto en su PGR, en forma de plano o croquis, indicando donde se pretende realizar el depósito de los residuos, incluyendo la localización, caracterización de los contenedores e indicando su capacidad, disposición, y etiquetado.

Se debería concretar además la zona de acopios, que se distribuye en zona de acopios de materiales procedentes de los proveedores, como de los acopios de los residuos de nivel 1, generalmente procedentes d excavación.

Los residuos domésticos o RSU, que se encuentren dentro de una delimitación municipal previo acuerdo con el municipio, serán recogidos por la recogida urbana ordinaria, con el pago de tasas correspondiente. Por ello no se incluirían en el punto limpio de la obra concreta, por ejemplo, para los residuos cuantificados anteriormente se deberán situar los contenedores adecuados (Ilustración 15) en la zona habilitada y estimada como punto limpio para su almacenamiento en la obra, en base a su generación.

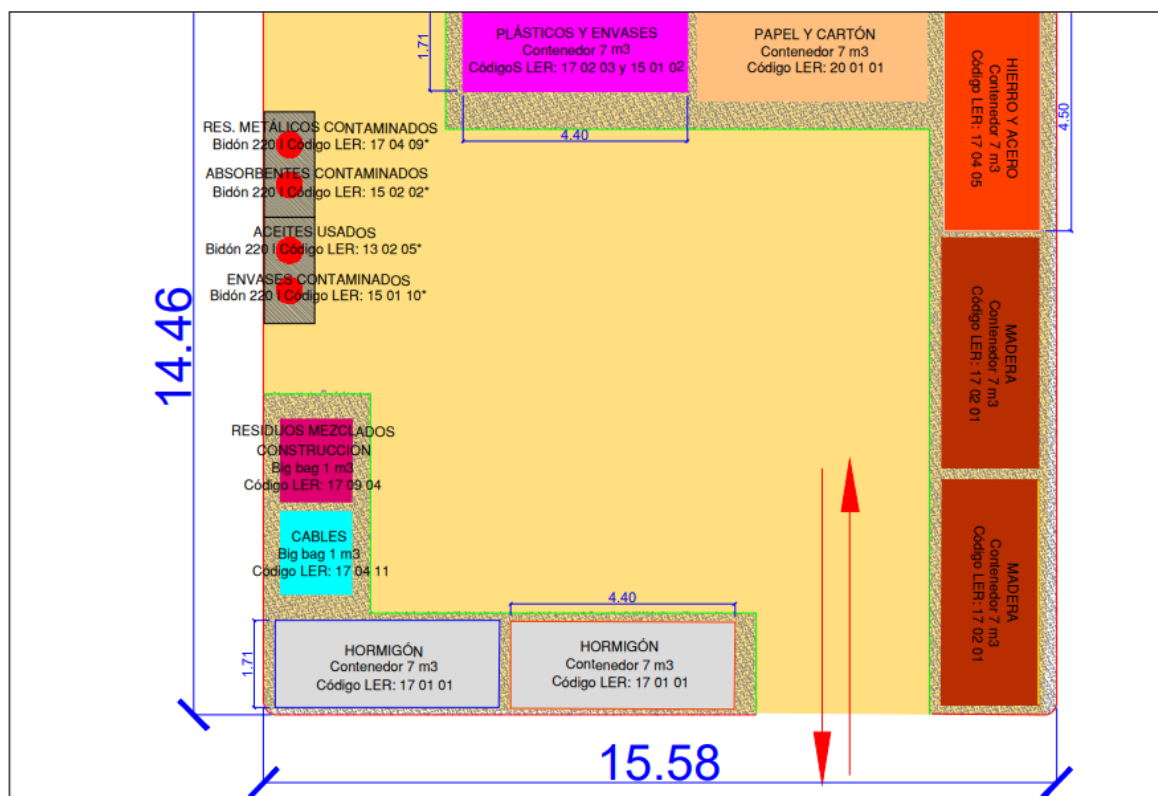


Ilustración 15 Extracto de Punto Limpio extraído de un proyecto de construcción (Elaboración propia para un proyecto mediante el programa AUTOCAD).

Existe cierta caracterización a la hora de almacenar los residuos peligrosos en la obra, ya que, deben situarse en pavimento impermeabilizado y superficie techada, no obstante, no existe una obligación específica a la hora de utilizar un envase concreto. Por ello, dentro del diferente abanico de gestores de residuos, ofrecidos en las diferentes CCAA, podemos encontrar diferentes tipologías de envase, debido a las necesidades concretas de cada gestor, que van desde *contenedores*, *bateas*, *jaulas*, *GRG*, *Big Bags*, *bidones*... Por ello, es importante, y sí que se debe identificar el envase a la hora de determinar el transporte, en el propio documento de identificación (BOE, 2008).

#### 4.4.3 Clasificación de las tierras

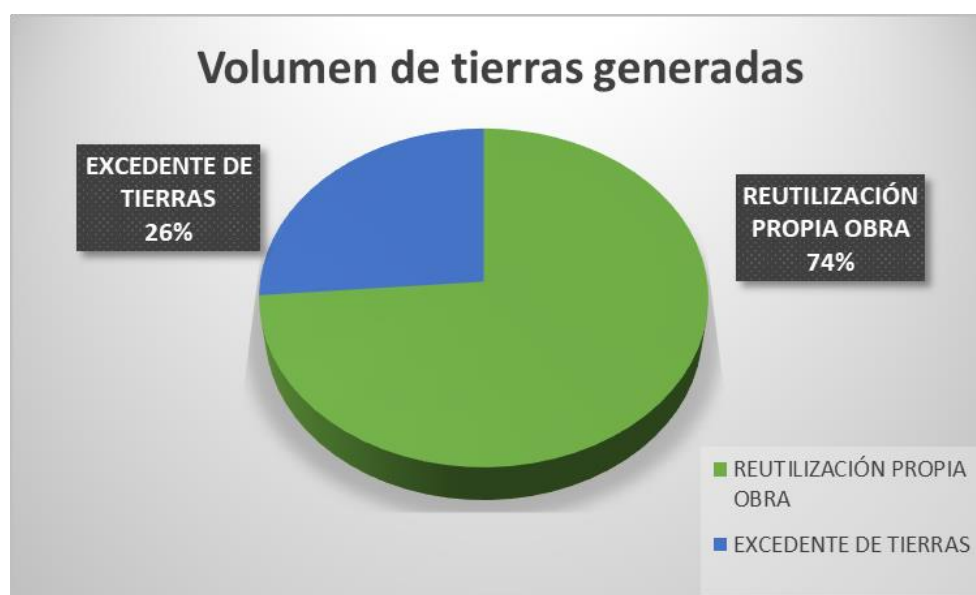
Aunque no tengan consideración de residuo las tierras reutilizadas en la propia obra (BOE, 2008), las tierras excavadas deben venir en el proyecto estimadas en su EGR y cuantificadas en su posterior PGR. De forma que es recomendable, exponer de forma justificada su generación y su reutilización en el caso de producirse reutilización IN-SITU, en el propio anejo de gestión de residuos y acreditarlo de forma fehacientemente.

Esta información de manera habitual suele venir acreditada en base a un estudio geotécnico y reflejada en un anejo referido a “*movimiento de tierras*”, presente en el proyecto, cuando este proceda y sea pertinente.

*Tabla 5 Balance de las tierras generadas en la obra objeto de estudio (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir de los datos del proyecto).*

Utilización de las tierras (m <sup>3</sup> )	TOTAL (m <sup>3</sup> )	Porcentaje (%)
Estabilización de tierras relleno y terraplén (m <sup>3</sup> )	159.205,93	72,7 %
Escollera (m <sup>3</sup> )	1430,5	0,65 %
Compensación de caminos (m <sup>3</sup> )	750	0,34 %
Valorización Externa a gestor (m <sup>3</sup> )	57.549,97	26,29 %
Volumen total de tierras (m <sup>3</sup> )	218.936,40	100 %

En el caso concreto de la obra objeto de estudio (Tabla 5) para las diferentes unidades de obra, existe un excedente de tierras excavadas del cual parte se traslada a cantera para valorización externa (26 %) y un amplio porcentaje de tierras que experimentan reutilización IN-SITU (74 %) para diferentes cometidos, como la construcción de una escollera, estabilización de taludes, relleno y terraplén de las balsas y por último compensación en la rehabilitación de caminos. Evitando así la generación de un mayor volumen de residuos y evitando también la adquisición de tierras aptas por parte de un proveedor externo.



*Ilustración 16 Porcentaje de la utilización de las tierras excavadas en la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir de los datos del proyecto).*

Gracias a una cuantificación real y efectiva del destino de las tierras de excavación, se puede apreciar el porcentaje de reutilización IN-SITU de las tierras objeto de excavación en la obra, por lo tanto, en base a la reutilización en las diferentes unidades de obra, como son la estabilización de tierras de relleno, la construcción del terraplén, la construcción de la escollera y para la rehabilitación de caminos agrícolas dañados durante la ejecución de la obra, se han reutilizado un total de 161.386,43 m<sup>3</sup> de tierras de excavación.



## 4.5 Metodología expuesta y elaboración de balances

### 4.5.1 Balance de INPUTS de la obra

Una vez que hemos contrastado los datos y los procesos expuestos en el apartado anterior, podemos construir nuestra salida gráfica. Esta metodología es visual, y se representa mediante un diagrama de tipo Sankey, que es un tipo específico de diagrama de flujo, en el que la anchura de las flechas se muestra proporcional a la cantidad de flujo analizado (García Cuena, 2021).

En base a nuestra obra como epicentro y proceso central del diagrama, vamos a diferenciar los IN-PUTS (entradas) y OUTPUTS (salidas), representando de la siguiente forma (Ilustración 17), que se adjunta para visualizar de forma adecuada, con un mayor nivel de detalle en el anexo 2 correspondiente 2.2 INPUTS y OUTPUTS del presente documento.

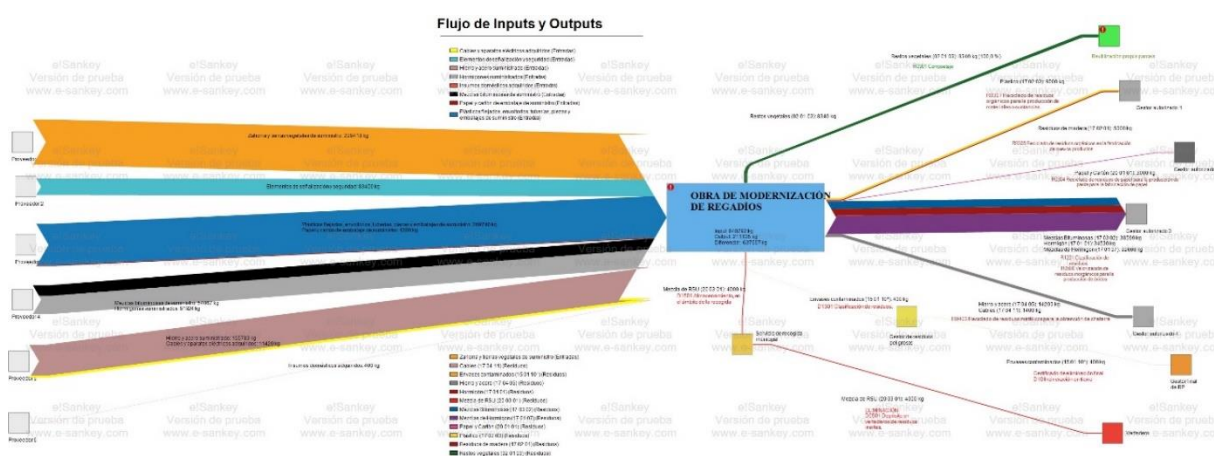


Ilustración 17 Diagrama E.sankey para la cuantificación de los INPUTS y OUTPUTS producidos en la obra (Elaboración propia a partir del programa e!Sankey 5 pro con su versión de prueba).

Se puede observar que teniendo en cuenta los *INPUTS*, de los 6 principales proveedores para la ejecución de la obra, en este diagrama, es tangible visualmente, que existe un mayor aporte de material procedente en los *INPUTS*, que no coincide con el material extraído en los *OUTPUTS*, por lo que pasará a formar parte de la infraestructura movilizada en la fase de explotación de la obra. En este diagrama, se eclipsan notablemente los flujos expuestos para los *OUTPUTS*, por lo tanto, se realiza un balance exclusivo para los mismos.

El excedente de tierras a valorizar no se ha tenido en cuenta en el diagrama Sankey, ya que no se contabilizan dentro del 70 % de porcentaje mínimo de residuos a valorizar o reutilizar según lo expuesto en el apartado (Contexto estatal), en base al artículo 26 de la *LRSECE*.

Los *OUTPUTS*, no solamente son diferenciados por su destino, también por su peligrosidad, en rojo, los residuos peligrosos.

Con este diagrama se puede apreciar de forma visual y simplificada todos los flujos que afectan a nuestra obra de modernización de regadíos objeto de estudio.

### 4.5.2 Balance de OUTPUTS en la obra

Tras analizar y tratar los datos del Anexo I (ANEXO I Datos de la obra concreta utilizados) para los *OUTPUTS* se obtiene el siguiente diagrama de flujo para los diferentes residuos producidos



en la obra que se adjunta con un mayor nivel de detalle en el anexo 2 correspondiente (2.1 Flujo de residuos (OUTPUTS)).

### Flujo de residuos

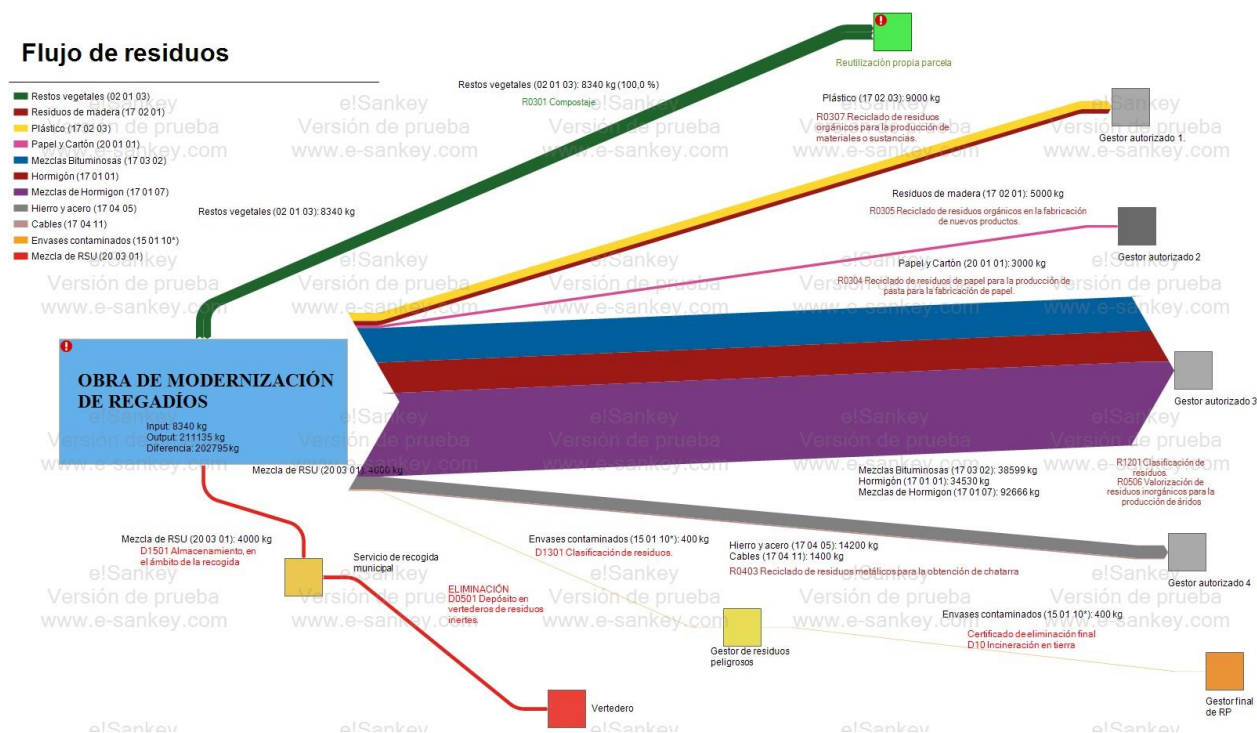


Ilustración 18 Diagrama E.sankey para la cuantificación de los flujos de residuos generados en la obra (Elaboración propia a partir del programa e!Sankey 5 pro con su versión de prueba)

De esta forma se pueden observar varios flujos de OUTPUTS, siendo 11 residuos con código LER diferente destinados a 7 procesos o gestores de residuos autorizados (Ilustración 18), para los cuales se experimentan diferentes tratamientos, el primero sería la reutilización IN-SITU dentro de la misma obra, en torno a un 7 %, correspondiente a los residuos vegetales, por lo que el flujo vuelve a la partida de origen. Los siguientes 10 residuos experimentarían tratamiento de valorización en sus respectivos gestores de residuos autorizados contratados por el promotor, exceptuando los residuos peligrosos que experimentarían eliminación. Por último, los residuos sólidos urbanos serían transportados por las competencias municipales para su eliminación final en el vertedero municipal.

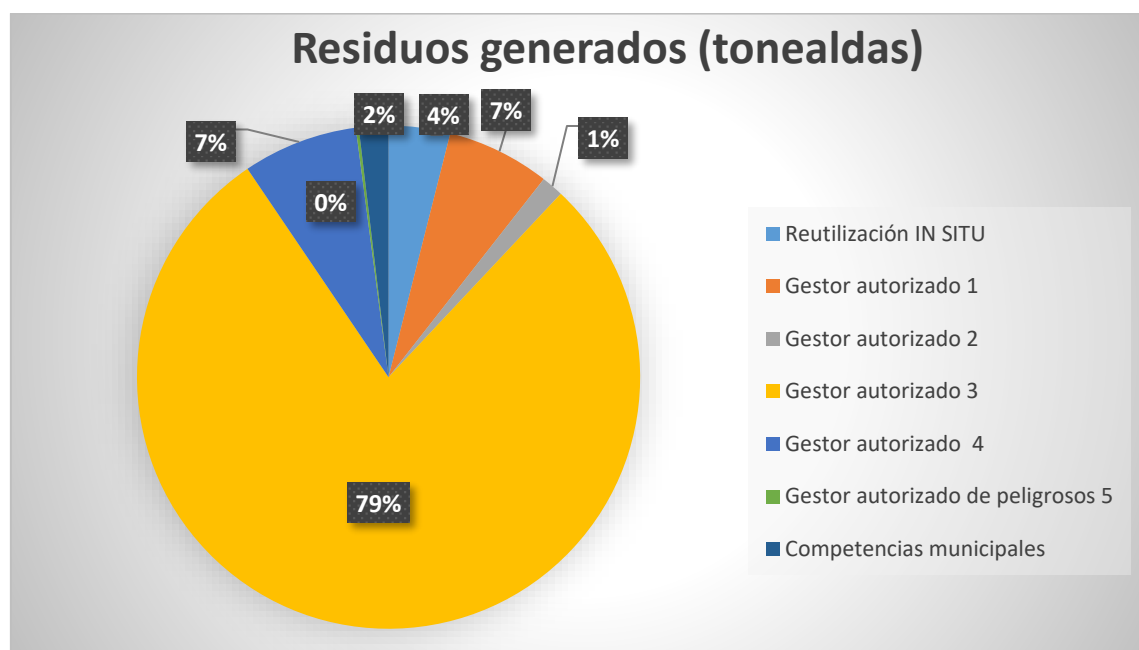
#### 4.6 Interpretación de los resultados

Pudiendo observar tanto en el Sankey, como en el diagrama de sectores (**¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** que la gran mayoría de los residuos, en torno a un 79 %, son transportados al gestor de residuos autorizado nº 3, estos residuos se corresponden a la fracción de áridos (hormigón, mezclas bituminosas y mezclas de áridos) y son el grueso de muchas de estas obras de construcción que implican algo de demolición de antiguas acequias. Tratándose de un residuo con una alta facilidad para su valorización, con el tratamiento indicado “R0505 Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento” según el anexo II de la LRSCEC.

En el caso del gestor de residuos peligrosos (nº5), es el destino de los envases contaminados generados en la obra, no se trata de un destino final, en este caso este gestor autorizado actuó como centro de transferencia o intermediario, con el tratamiento indicado en el documento de identificación (DI) correspondiente a “D1301 Clasificación de residuos”, en base al anexo III de

la LRSCEC. Debido a la necesidad por parte del productor de residuo (promotor), de obtener información del destino final del residuo peligroso, en base a la responsabilidad ampliada del productor, le interesa conocer el siguiente traslado hacía un gestor final de residuos peligrosos (Ilustración 18), con el tratamiento correspondiente a “D10 Incineración en tierra”, en base al anexo III de la LRSCEC. Por lo que, de esa forma podría solicitar el correspondiente “certificado de eliminación” al gestor final de residuos peligrosos y quedará constancia de su trazabilidad completa. Este trámite es muy frecuente en las obras con amianto (17 06 05\* Materiales de construcción que contienen amianto) residuo con alta peligrosidad en su manipulación (Comisión Europea, 2014). Mediante este Sankey se puede observar el flujo completo de este residuo y ofrecer una visión gráfica y simplificada del traslado del residuo desde su origen a su tratamiento final.

De la misma forma ocurre con los residuos domésticos o RSU generados en la obra, que son recogidos por el servicio municipal de recogida, que traslada los residuos a una planta de transferencia de competencias municipales, previó a su traslado a vertedero para su eliminación final, aunque esta vez, al tratarse de residuos no peligrosos, no debe solicitar un certificado de eliminación final.



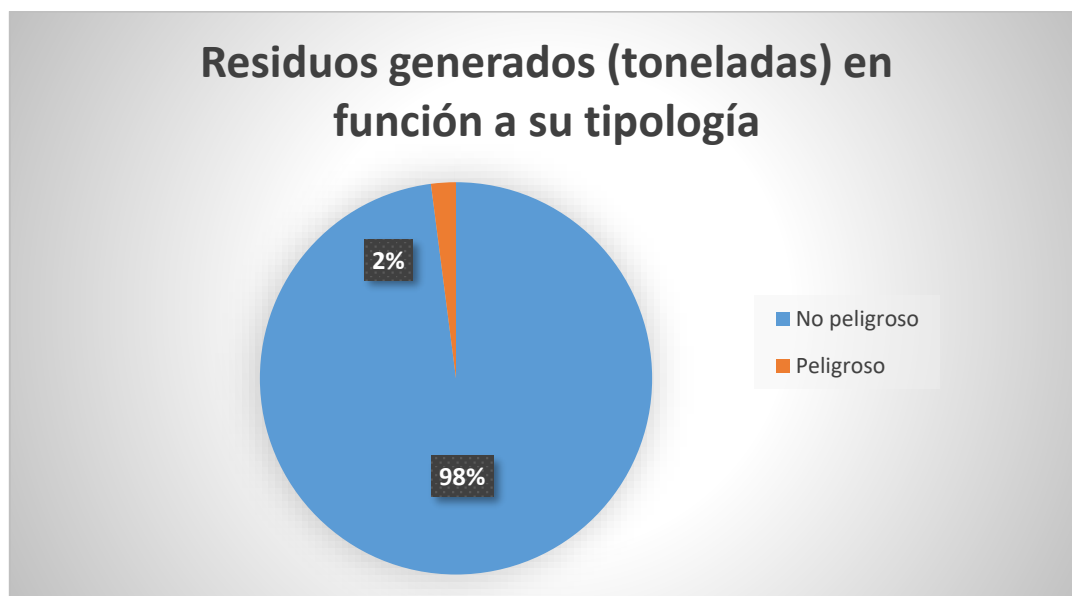
*Ilustración 19 Distribución de los residuos generados en la obra en función a su destino (Elaboración propia con Microsoft Excel).*

Los gestores de residuos autorizados por la CCAA correspondiente, en este caso Andalucía, se encuentran próximos a la zona de ejecución de la obra, manteniendo el principio de proximidad recogido en el artículo 9 de la actual ley estatal de residuos LRSCEC (BOE, 2022).

Los gestores de residuos son reales, sin embargo, se ha prescindido de colocar sus nombres, NIMAS, dirección y otras cuestiones derivadas de los mismos, para respetar el principio de confidencialidad.

Con los flujos expuestos (Ilustración 18) se puede observar en primer lugar, como solo existe un gestor que ha recibido los residuos peligrosos, no porque otros gestores no tengan la capacidad, sino que es el que se ha escogido por parte del promotor, que como se ha podido observar, recoge

una parte proporcional ínfima de los residuos producidos en la obra (<1%), por lo tanto, se puede inducir que, dentro de los residuos generados en la obra, existe una baja peligrosidad.



*Ilustración 20 Gráfico sectorial de los residuos generados en función su peligrosidad (Elaboración propia con Microsoft Excel).*

Por otro lado, a simple vista podemos observar como la cantidad de residuos valorizados y reutilizados supera con creces el umbral mínimo exigido legalmente del 70 % para los residuos no peligrosos. Descomponiéndose de la siguiente manera, los residuos objeto de eliminación en gris en el gráfico de sectores (Ilustración 21), y en rojo en el diagrama Sankey (Ilustración 18), rondan el 2% de los residuos producidos, mientras que los residuos objeto de reutilización, en azul en el gráfico de sectores (Ilustración 21) y en verde en el diagrama Sankey (Ilustración 18), suponen el 4% de los residuos, siendo los residuos vegetales y por último los residuos objeto de valorización, la gran mayoría en este caso, se observan en naranja en el gráfico de sectores (Ilustración 21), alcanzan el 94 % de los residuos totales producidos.



*Ilustración 21 Gráfico sectorial de los residuos generados en función al tratamiento (Elaboración propia con Microsoft Excel).*

#### 4.7 Impacto sobre la utilización de esta metodología

La evolución impuesta a la que nos estamos sometiendo como sociedad, va de la mano con una mayor digitalización, mediante la implementación de nuevas tecnologías y métodos de trabajo, como puede ser, por ejemplo, el trabajo en la metodología *Building Information Modeling (BIM)*. Una metodología emergente de trabajo, que es colaborativa, para la creación y gestión de un proyecto de construcción, basada en la digitalización y la colaboración entre agentes a lo largo de todo el ciclo de vida de una edificación o infraestructura (David Simón, 2024), esta metodología, así como muchas otras, ha venido para quedarse. Todo esto implica que puede que vayamos directos hacia una transición para el sector de la construcción, que podría denominarse Construcción 2.0.

Para ello, es fundamental una digitalización de los procesos productivos, tanto a nivel industrial, como en el propio sector de la construcción, mediante sensores y sistemas de información para transformar las obras y los procesos constructivos, disponiendo de un mayor control sobre ellas, hacerlas más eficientes y sobre todo más sostenibles. Reduciendo el impacto que implica la generación de residuos tanto en la construcción, como para hacer más eficientes y sostenibles los trabajos de demolición.

A todo esto, se le adiciona el trabajo cooperativo y en red en muchos de los proyectos de construcción y como en este caso concreto, en una obra ejecutada, aplicando esta metodología se facilitaría el control y la verificación sobre la toma de datos. Además, la cuantificación del flujo de residuos para los RCD en las obras de construcción aportaría una serie de ventajas como son las siguientes:

1. Beneficios ambientales: Esta metodología facilita la implementación de una gestión de residuos adecuada. Por lo tanto, se permite reducir el impacto ambiental asociado a la construcción y demolición relativo a la generación de RCD. Al valorizar, reutilizar o preparar para la reutilización los residuos obtenidos, se evita la necesidad de extraer y procesar nuevos recursos naturales, lo que ahorra energía y reduce la emisión de gases de efecto invernadero. También se favorece que se minimice la ocupación de espacio en los vertederos y, por lo tanto, se disminuye la generación de residuos.
2. Ahorro de recursos y costes: Valorizar y reutilizar los materiales de los RCD tiene repercusión económica, se pueden ahorrar recursos naturales valiosos, como áridos, madera y otros materiales de construcción. Esto puede conducir a un ahorro de costos significativo para los proyectos de construcción, ya que se reduce la necesidad de comprar nuevos materiales. Además, al evitar el envío de los RCD a vertederos, se evita pagar el canon correspondiente asociado a la eliminación y transporte de esos residuos, que cada vez conlleva el pago de mayores tasas.

Por ejemplo, exponiendo las entradas y salidas en un diagrama de flujo (Ilustración 17), se puede observar la cantidad de insumos requeridos para la ejecución de la obra, como puede ser la zavorra, y por otro lado, la cantidad de tierras de excavación procedentes de la ejecución de la obra. Este diagrama puede hacer llegar al proyectista una solución alternativa que parte por reutilizar parte de esas tierras y reducir el nivel de insumos en la obra, por lo que repercutiría económicamente en el presupuesto de ejecución material final y ambientalmente reduciendo la huella de carbono que implica el transporte y disminuyendo la generación de un residuo.

Además, el hecho de llevar un control más exhaustivo sobre los flujos de residuos generados no implica un trabajo adicional, si no que implica un trabajo más eficaz, por lo

que no conlleva un coste adicional, pero repercute significativamente en el control de los datos a la hora de establecer el archivo correspondiente.

3. Evitar malas praxis: De esta forma concreta, se podría favorecer por parte de la administración, la eliminación de prácticas habituales e ilegales que sugieren una mala praxis con los residuos generados en las obras de construcción y demolición. Ya que tendrían un mecanismo de control más efectivo para detectar este tipo de prácticas que podrían verse sancionadas.
4. Generación de empleo y economía circular: La gestión adecuada de los RCD puede impulsar la creación de empleo en el sector de la gestión de residuos y la industria de reciclaje. Al promover la economía circular, se fomenta la creación de nuevas oportunidades de negocio y se estimula el desarrollo de nuevas tecnologías y prácticas sostenibles.

Por ello, surge esta nueva necesidad de control y verificación de los flujos de residuos, tanto para grandes empresas como para pequeñas y medianas empresas (PYMES), que ayuden a establecer un control de datos de residuos más exhaustivo, por ese motivo, una persona con nociones técnicas sobre economía circular se trataría de un perfil idóneo para trabajar en este ámbito.

5. Facilidad de implementación: Consiste en que, con poco esfuerzo por parte del responsable de la ejecución, de la vigilancia ambiental resultante, o de la empresa subcontratada para verificar la gestión de los RCD, además con esa escasa carga de trabajo surgirían resultados eficientes y prácticos para controlar y corroborar el flujo de residuos generados.
6. Cumplimiento normativo y responsabilidad social: La gestión adecuada de los RCD es un requisito legal, como ya hemos visto anteriormente, que cada vez resultara más estricto, principalmente por exigencias europeas en muchos países y a su vez puede estar sujeta a regulaciones específicas. Al cumplir con las normativas y disposiciones legales relacionadas con los RCD, las empresas de construcción y demolición demuestran su responsabilidad social y su compromiso con la protección del medio ambiente y la sostenibilidad.

Aunque la representación gráfica de los datos no implica necesariamente que este correlacionada con un cumplimiento de la legalidad, ya que no es un requisito de obligación establecido. Si nos facilita la labor de identificar nuestro flujo de residuos y detectar aquellos procesos susceptibles de mejora u oportunidad de simbiosis industrial, como además nos ayuda a visualizar la correcta trazabilidad de estos residuos.

7. Mejora de la imagen corporativa: El adoptar prácticas sostenibles en la gestión de los RCD puede mejorar la reputación y la imagen corporativa de las empresas del sector de la construcción y demolición. Esto puede ser valorado por los clientes, inversores y la comunidad en general, lo que puede generar beneficios a largo plazo. Incluso podría suponer un margen de mejora considerable en sistemas de gestión ambiental certificados por auditoría externa, como podrían ser la verificación del Reglamento EMAS o la verificación de la ISO 14001, en los que se podría aplicar como un punto de mejora aplicado en las medidas de cuantificación.

En resumen, disponer de una cuantificación transparente de los flujos de residuos de construcción y demolición, de manera adecuada, presenta beneficios ambientales, económicos y sociales. Por lo que una cuantificación transparente y gráfica de los flujos de residuos generados contribuye a la protección del medio ambiente, ahorra recursos, reduce costos, promueve la economía circular y mejora la imagen corporativa de las empresas.



## 4.8 Hándicaps de la metodología planteada.

En ocasiones existen una serie de hándicaps planteados en la metodología que se han podido ir observando en una obra concreta.

### 1. Falta de implicación por parte de los trabajadores:

Los trabajadores de la obra, así como la dirección facultativa, muchas veces, poseen costumbres viciadas y adquiridas de su experiencia en la obra, realizando mala praxis o realizando el mínimo esfuerzo para cumplir con el marco legal establecido, en ocasiones antiguos, por ello, todo lo que implique un sobre esfuerzo o extralimitarse de sus funciones, puede estar sometido a cuestionamiento continuo o mostrarse reacios a su aplicación.

### 2. Plazos y presupuestos ajustados.

En muchas ocasiones es habitual, que, tanto en la elaboración de proyectos de construcción como en la ejecución de estos, se trabaje con plazos muy ajustados, exigidos por las circunstancias de contratación que pueden llegar a comprometer la calidad de ejecución de los trabajos, por ello, en ocasiones se trabaja muy rápido y se toman decisiones que pueden derivar en una mala gestión de residuos.

A esto se le suma, que el incremento de precio de todos los materiales, entre otras cosas producido por la inflación, hacen que los presupuestos estén cada vez más ajustados, por ello, la gestión de residuos en ocasiones se convierte en algo “prescindible” para la viabilidad técnica y presupuestaria de la ejecución generando deficiencias notables en la sostenibilidad de los trabajos.

### 3. Mala praxis con falta de transparencia.

Los gestores de residuos, muy habitualmente, realizan sus ofertas, a partir de contratos establecidos entre el promotor de la obra y el gestor de residuos, en esos contratos puede venir implícito el número de recogidas, alquiler de contenedores, transporte y otros elementos que hacen que pagar el “canon de gestión” por cada uno de los residuos en la obra, sea un importe minoritario, respecto a la partida de gestión de residuos, del presupuesto de la ejecución material de la obra.

Esto hace que no se le de tanta importancia por parte del promotor, a la circunstancia de que en ocasiones aparezcan residuos mezclados, mal almacenados o incluso se facture o contrate por un código LER distinto al que le corresponda por ley.

Por ejemplo, algo muy habitual, es cuando se producen las obras de ámbito urbano, en las que el almacenamiento de residuos esta algo más limitado, y se vierten todos los RCD mezclados en una batea de forma indiscriminada, situada en la calle sin protección ni correcto etiquetado, que luego el gestor tendría que llevar su planta de tratamiento para su correcta separación y gestión.

U otro ejemplo claro, esta otra imagen tomada de una obra real (Ilustración 22), donde se observa el almacenamiento de residuos en *big bags*, de forma indiscriminada, sin etiquetado y sin una separación intuitiva, que facilite su recogida como su gestión, por parte de un gestor de residuos.





*Ilustración 22 Punto limpio estándar en una obra a base de Big Bags (Circular, 2023).*

Por todo ello, se convierte en algo fundamental, como pretratamiento para la gestión de RCD, en una obra, realizar una separación primaria IN-SITU de todos aquellos residuos generados e identificados en la obra de construcción.

## 5. Otros casos sobre mejora de trazabilidad de residuos

Se exponen algunas metodologías de forma genérica, algo más sofisticadas, que buscan mejorar la trazabilidad y dar un soporte informático a empresas que se encuentran involucradas en la producción o gestión de residuos en España.

### 5.1 GSIR (Hiberus)

Sergio Josa, desarrolla en el año 2019, desarrolló un software para la gestión integral de residuos, lo instrumentaliza a partir la empresa HIBERUS, llamado GISIR, siendo un software modular, el cual cuenta con un alto grado de parametrización, ofreciendo información incluso la localización del traslado de residuos en tiempo real.

Se desarrolla a partir de una plataforma cuya finalidad es la de ahorrar costes y reducir los gastos de gestión, a partir de una gestión de residuos eficiente y logística inversa, que se podría complementar perfectamente con la metodología expuesta en el propio trabajo. (Josa, 2021).

Este software se implementa en varias empresas y una de ellas es el gobierno de Aragón a partir de SARGA, el software GSIR se usa en otras empresas de forma personalizada y se ha llegado a especializar en residuos específicos como son “SANDACH”, “RAEES”, metales y líquidos (GSIR, 2019).

Con este software a diferencia de lo planteado para una obra concreta, se buscaría ofrecer una trazabilidad completa de todos los residuos producidos por una empresa para uno o todos sus centros, favoreciendo el inventario y las memorias que tiene que presentar en base a las exigencias legales.

## 5.2 Plataforma Zero (Teimas)

La empresa gallega Teimas Global SL (en adelante *TEIMAS*) desarrolló el software *TEIXO* para los gestores de residuos en nuestro país que facilita tanto su gestión como la digitalización de todos los contratos y documentos que implica la gestión.

Esta empresa tras el éxito de *TEIXO*, pretende hacer lo mismo con los productores mediante un nuevo software denominado software Zero, disponible en la nube en régimen *SaaS*, para llevar el control de las actividades de producción y generación de residuos. A fin de cuentas, la finalidad de control de este software implica el control de los residuos al final de su ciclo. Es decir, nos permitiría conocer el tratamiento final al cual se somete el residuo, siguiendo de esa forma su trazabilidad completa (TEIMAS GLOBAL S.L., 2023).

Con este software, se perseguiría la trazabilidad completa de todos los residuos producidos en la empresa, con la particularidad que se tendrían de forma automática la generación de etiquetas, documentos de identificación o contratos de tratamiento, este software pretende incorporar una herramienta referida a los informes para la obtención de forma gráfica de los flujos de residuos correspondientes, de la misma forma que se ha hecho con la obra concreta.

## 5.3 CoCircular

La plataforma *Cocircular* se trata de un software como servicio *SaaS*, 360° que proporciona datos sobre la producción de los residuos generados, elaborada por Co Circular, para la Fundación Ellen Mac Arthur, cuya intención es la de manejar las bases de datos relativas a residuos y hacer seguimiento de los residuos a tiempo real (CoCircular, 2023).

Esta herramienta permite tener un control eficaz de todos los residuos generados, pero no permite hacer salidas gráficas con ellos.

# 6. Discusión sobre la aplicación legal actual y su metodología

Tras analizar la situación actual sobre la gestión de residuos, en nuestro país, se observan bastantes deficiencias evidentes, que se originan bien por una mala praxis intencionada o bien por falta de conocimiento e interés. Esta mala praxis está condicionada y favorecida por una falta de control por parte de las administraciones públicas, que no tienen capacidad ni medios técnicos y personales suficientes para establecer mecanismos de control efectivos.

En el plan estatal de gestión de residuos (*PEMAR 2023-2035*), se proponen varias orientaciones para mejorar la sostenibilidad de los RCD, entre ellas se pueden destacar aquellas que hablan de fomentar el desarrollo de técnicas y prácticas de separación in situ de RCD, así como impulsar campañas de inspección en relación con la gestión de RCD, dirigidas tanto a productores como poseedores como gestores de residuos (MITERD, 2023).

La nueva legislación en materia de residuos va en sintonía, con lo exigido a nivel europeo y es bastante clara y severa, únicamente, sería necesario que el marco normativo tuviera aplicación real y efectiva. Todo ello de forma práctica de acuerdo con las necesidades y circunstancias que delimitan el contexto actual.

Como la administración no es omnipotente y la capacidad de control que tiene es reducida y limitada, es fundamental que se disponga de herramientas pragmáticas para la verificación del cumplimiento legal exigido por parte del marco normativo europeo, estatal y autonómico.

El contexto actual supone un drástico aumento en la generación de residuos totales, de los cuales, en torno a un tercio de ellos son RCD. Por lo tanto, es crucial prevenir que el incremento de obras de construcción no vaya ligado a una mala praxis de los RCD producidos.

Como se ha observado, es algo imperante la necesidad de actualizar la forma actual de abordar este ámbito en materia de residuos. Con este trabajo se propone una revisión exhaustiva de la situación actual y se ofrecen los datos de ejemplificación de una obra concreta. Los datos de la obra son ajustados a la realidad, y cumplen con los requisitos legales exigidos hasta ahora. Sin embargo, aplicando de forma alternativa la manera de recopilar los datos de cuantificación de residuos de construcción en la obra, podemos obtener datos clarificadores. Con una metodología simple y sencilla, que no implica cambios profundos de ejecución en la obra, si no, que se trata de la construcción de un diagrama de tipo Sankey que facilitaría la visualización de los residuos producidos en la obra, su origen, peligrosidad y su tratamiento realizado por el gestor de residuos autorizado correspondiente.

Con esta metodología o método de presentación de los flujos de residuos propuesto se permite agilizar en las funciones de control, que permiten aparte de cuantificar de forma visual los residuos generados en una obra, el poder desarrollar un modus operandi, para crear un sistema integrado capaz de monitorizar de forma efectiva los Residuos de Construcción y Demolición (RCD) generados en las diferentes obras llevadas a cabo en cualquier CCAA.

Además, la administración tendría una mayor facilidad para verificar como herramienta de control, el cumplimiento de la exigencia legislativa, que obliga a los productores de residuos a que el máximo de RCD llevados a eliminación sea inferior al 30%. Por ello, también de la misma forma, el verificar que se produce un traslado eficiente de los residuos para valorización, respetando el principio de proximidad que recoge la *LRSCEC*, y aplicar un análisis de la trazabilidad del residuo cuando sea oportuno.

Sin embargo, esta metodología no ofrece verificación de garantizar su correcta gestión. Por ello, deberá estudiarse la buena praxis y el buen hacer de los gestores de residuos operadores en cada comunidad autónoma, así como el de los agentes intermediarios, para que, tras estudiar la trazabilidad del residuo, se pueda verificar su adecuada y correcta gestión del tratamiento pertinente.

Esto se conseguiría gracias a la digitalización de los flujos de residuo en forma de flujo de datos, en tiempo real, o a través de un programa informático, donde queden reflejados todos los flujos de residuo que se generan en cada comunidad autónoma, de esa forma se puedan compartir datos a tiempo real con los diferentes organismos competentes.

Para su correcta aplicación deben estar todos los agentes de la obra implicados, y ser partícipes de que frente a la producción de residuos debe existir una transparencia real absoluta, para que de esta forma puedan estudiarse líneas de mejora frente a la prevención y la reducción de residuos in situ y favorecer medias eficaces para la reutilización y valorización de residuos.

Por ello, no se trata de la panacea, ni de un cambio trascendental, simplemente de una herramienta sencilla que expuesta conjuntamente junto con otras medidas que favorezcan la trazabilidad y la gestión eficiente del residuo puedan suponer una mejora considerable en la gestión de RCD.

## 7. Conclusiones

El sector de la construcción se trata de un sector estratégico y clave, que se encuentra en pleno crecimiento, en España concretamente, hay condicionadas unas exigencias legales rigurosas provenientes de Europa que implican fruto de los fondos *PRTR*, y el cumplimiento del principio *DNSH*, por todo ello se va a experimentar un aumento drástico de las obras de construcción en los próximos años. Per se, este sector implica un aumento considerable de los residuos de construcción y demolición RCD producidos. Tras el estudio y análisis detallado de este trabajo se concretan y desarrollan estas 4 conclusiones principales:

1. La legislación estatal en materia de residuos debe ser más rigurosa en cuanto a las exigencias establecidas para los RCD, el “*Real Decreto 105/2008 por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*” necesita adaptarse al nuevo contexto europeo, por ello necesitara ser reformado por parte de la administración.
2. Las comunidades autónomas en España deben adaptarse a la legislación europea y estatal en materia de residuos y establecer mecanismos de control efectivos y eficaces para verificar su cumplimiento.
3. Existe un importante margen de mejora, tanto en la cuantificación de residuos in situ de las obras de construcción, como en la gestión de residuos ex situ por los gestores de residuos autorizados, como en el control referido a la trazabilidad de los flujos de residuos que experimentan en sus respectivos traslados. Parte de esta mejora parte por la digitalización, eficiencia y el control más exhaustivo de los residuos, que se podría implementar a partir de varias metodologías,
4. En el trabajo se ha establecido una metodología al representar una salida gráfica de los datos ligada a la generación de los RCD, de una obra concreta. El método consiste en trasladar los datos de residuos producidos, a un visor de diagrama tipo Sankey para observar los diferentes traslados que permitan valorar los flujos de residuos obtenidos, de esa forma poder discriminar a los residuos producidos por su tipología, por su origen y por su destino, tanto para gestores intermediarios, como para gestores finales, plasmando en el diagrama su trazabilidad completa.

Por ello, respecto a las evidencias documentales de obligado cumplimiento se han pretendido dar unas herramientas de visualización concretas y efectivas para ejercer una recopilación y traslación de datos más objetivo.

De esa forma se podría exigir nueva información requerida a partir de los datos presentados, como puedan ser estos diagramas Sankey u otros elementos gráficos, para establecer un control más exhaustivo sobre los RCD, dando una mayor cobertura y claridad en cuanto a su cumplimiento legal y ofreciendo una transparencia y facilitando a la administración las herramientas para verificar el cumplimiento legal que exige el marco normativo estatal y europeo frente a la producción de RCD.

El sector de la construcción ha de adaptarse de manera urgente a la economía circular, y cuanto antes lo haga, menor será el esfuerzo que habrá que ejecutar con carácter retroactivo, como mayor será el beneficio económico, social y ambiental que repercutirá directamente sobre todas las actividades y procesos que implican una mayor sostenibilidad.



## Bibliografía

- Acevedo-Agudelo, H., & Figueroa Álvarez, J. (marzo de 2023). *Prácticas de circularidad en la gestión de los Residuos de Construcción y Demolición en el sector de la construcción: una revisión bibliográfica de las estrategias y los elementos clave en su implementación*. Creative Commons. Obtenido de <https://informesdelaconstruccion.revistas.csic.es/index.php/informesdelaconstruccion/article/view/6460/7755>
- Agencia de residuos de Cataluña. (2020). *Generalitat de Catalunya*. Obtenido de [https://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits\\_dactuacio/planificacio/precat20\\_novembre15/PRECAT20\\_doc-principal\\_sigov-cast.pdf](https://residus.gencat.cat/web/.content/home/ambits_dactuacio/planificacio/precat20_novembre15/PRECAT20_doc-principal_sigov-cast.pdf)
- Alicia Valero Delgado, A. V. (2021). *Thanatia: The Destiny of Mineral Resources*. Zaragoza: Prensas de la ciudad de Zaragoza.
- Appropedia.org. (mayo de 2020). *Evaluación Del Ciclo De Vida (LCA) De Paneles Fotovoltaicos De Silicio*. Obtenido de Fuente: [appropedia.org](https://www.dsolar.com/info/life-cycle-assessment-lca-of-silicon-pv-panels-45730417.html): <https://www.dsolar.com/info/life-cycle-assessment-lca-of-silicon-pv-panels-45730417.html>
- Bécares, R. (23 de abril de 2024). *El periodico de España*. Obtenido de Burgos tendrá la primera calle del mundo hormigonada con residuos de los molinos de viento: <https://amp-epe-es.cdn.ampproject.org/c/s/amp.epe.es/es/reportajes/20240423/calle-hormigonada-residuos-molinos-viento-burgos-101393692>
- BOA. (abril de 2021). *PLAN DE GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE ARAGÓN, PREVENCIÓN Y ECONOMÍA CIRCULAR 2022-2030*. Obtenido de <https://www.aragon.es/-/plan-de-gestion-integral-de-residuos-gira>
- BOA. (18 de enero de 2024). *Resolución de 18 de enero de 2024 por la que se actualizan las tarifas de distintos servicios públicos de gestión de residuos*. Obtenido de <https://www.boa.aragon.es/cgi-bin/EBOA/BRSCGI?CMD=VEROBJ&MLKOB=1314546880606>
- BOC. (30 de marzo de 2017). *Boletín oficial de Cantabria, PLAN DE RESIDUOS DE LA COMUNIDAD AUTÓNOMA DE CANTABRÍA 2017-2023*. Obtenido de <https://www.cantabria.es/documents/16894/4699136/PLAN+RESIDUOS+CANTABRIA+2017-2023+%28BOC+30-3-2017%29.pdf/acba2296-4953-6f4b-899d-cb86e8d2c2e6?t=1664191546345>
- BOC. (13 de enero de 2022). *Plan Integral de Residuos de Canarias 2021-2027*. Obtenido de <https://www.gobiernodecanarias.org/boc/2022/009/002.html>
- BOCYL. (4 de mayo de 2023). *Boletín oficial de Castilla y León*. Obtenido de <https://bocyl.jcyl.es/boletines/2023/05/08/pdf/BOCYL-D-08052023-1.pdf>
- BOE. (29 de diciembre de 1978). *Cosntitución Española*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-1978-31229>
- BOE. (24 de julio de 2001). *Real Decreto Legislativo 1/2001, de 20 de julio, por el que se aprueba el texto refundido de la Ley de Aguas*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2001-14276>

- BOE. (29 de enero de 2002). *Real Decreto 1481/2001, de 27 de diciembre, por el que se regula la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero*. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2002-1697>
- BOE. (13 de febrero de 2008). *Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero, por el que se regula la producción y gestión de los residuos de construcción y demolición*. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2008-2486>
- BOE. (30 de julio de 2011). *Ley 22/2011, de 28 de julio, de residuos y suelos contaminados*. Obtenido de Jefatura del Estado: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2011-13046>
- BOE. (23 de agosto de 2017). *Ley 16/2017, de 1 de agosto, del cambio climático. Cataluña*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2017-11001>
- BOE. (julio de 2019). *Ley 7/2019, de 29 de noviembre, de Economía Circular de Castilla-La Mancha*. Obtenido de Comunidad autónoma de Castilla La Mancha: <https://www.boe.es/buscar/pdf/2020/BOE-A-2020-1534-consolidado.pdf>
- BOE. (9 de abril de 2022). *Ley 7/2022, de 8 de abril, de residuos y suelos contaminados para una economía circular*. Obtenido de Agencia Estatal Boletín Oficial del Estado: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5809>
- BOE. (21 de abril de 2022). *Real Decreto 208/2022, de 22 de marzo, sobre las garantías financieras en materia de residuos*. Obtenido de Ministerio de la Presidencia, Relaciones con las Cortes y Memoria Democrática: <https://www.boe.es/buscar/act.php?id=BOE-A-2022-5142>
- BOE, Canarias. (27 de diciembre de 2022). *Ley 6/2022 de cambio climático y transición energética de Canarias*. Obtenido de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-2941](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-2941)
- BOE, Comunidad Autónoma de las Illes Balears. (19 de febrero de 2019). *Ley 8/2019, de 19 de febrero, de residuos y suelos contaminados de las Illes Balears*. Obtenido de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5577](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2019-5577)
- BOE, Comunidad Valenciana. (29 de noviembre de 2022). *Ley 5/2022, de 29 de noviembre, de residuos y suelos contaminados para el fomento de la economía circular en la Comunitat Valenciana*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2023-3348>
- BOE, Comunidad Valenciana. (5 de diciembre de 2022). *Ley 6/2022, de 5 de diciembre, del Cambio Climático y la Transición Ecológica de la Comunitat Valenciana*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2023-4378>
- BOE, Galicia. (17 de febrero de 2021). *LEY 6/2021, de 17 de febrero, de residuos y suelos contaminados de Galicia*. Obtenido de [https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2021/20210225/AnuncioC3B0-180221-0002\\_es.html](https://www.xunta.gal/dog/Publicados/2021/20210225/AnuncioC3B0-180221-0002_es.html)
- BOE, Navarra. (18 de junio de 2018). *Ley Foral 14/2018, de 18 de junio, de Residuos y su Fiscalidad*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/pdf/2018/BOE-A-2018-8953-consolidado.pdf>



- BOE, Navarra. (1 de abril de 2022). *LEY FORAL 4/2022, DE 22 DE MARZO, DE CAMBIO CLIMÁTICO Y TRANSICIÓN ENERGÉTICA*. Obtenido de <https://www.lexnavarra.navarra.es/detalle.asp?r=54675>
- BOJA. (6 de abril de 2021). *Plan Integral de Residuos de Andalucía. Hacia una Economía Circular en el Horizonte 2030 (PIRec 2030)*. Obtenido de [https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/26992373/2021\\_10\\_19\\_PIRec\\_completo5.pdf/6c1a646a-c293-79ca-c201-a913386b86ce](https://www.juntadeandalucia.es/medioambiente/portal/documents/20151/26992373/2021_10_19_PIRec_completo5.pdf/6c1a646a-c293-79ca-c201-a913386b86ce)
- BOJA. (1 de mayo de 2023). Obtenido de [https://ws040.juntadeandalucia.es/sedeboja/web/textos-consolidados/resumen-ficha?p\\_p\\_id=resumenrecursolegal\\_WAR\\_sedebojatextoconsolidadoportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&\\_resumenrecursolegal\\_WAR\\_sedebojatextoconsolidadoportlet\\_recursoLegalAabstractId=34628](https://ws040.juntadeandalucia.es/sedeboja/web/textos-consolidados/resumen-ficha?p_p_id=resumenrecursolegal_WAR_sedebojatextoconsolidadoportlet&p_p_lifecycle=0&_resumenrecursolegal_WAR_sedebojatextoconsolidadoportlet_recursoLegalAabstractId=34628)
- BOJA. (30 de marzo de 2023). *Ley núm. 3/2023 de Parlamento de Andalucía, de 30 marzo. Economía Circular de Andalucía*. Obtenido de [https://ws040.juntadeandalucia.es/sedeboja/web/textos-consolidados/resumen-ficha?p\\_p\\_id=resumenrecursolegal\\_WAR\\_sedebojatextoconsolidadoportlet&p\\_p\\_lifecycle=0&\\_resumenrecursolegal\\_WAR\\_sedebojatextoconsolidadoportlet\\_recursoLegalAabstractId=34628](https://ws040.juntadeandalucia.es/sedeboja/web/textos-consolidados/resumen-ficha?p_p_id=resumenrecursolegal_WAR_sedebojatextoconsolidadoportlet&p_p_lifecycle=0&_resumenrecursolegal_WAR_sedebojatextoconsolidadoportlet_recursoLegalAabstractId=34628)
- Cadena Ser. (2024). *Vertederos ilegales*. Obtenido de [https://cadenaser.com/tag/vertederos\\_ilegales/a/](https://cadenaser.com/tag/vertederos_ilegales/a/)
- Camara de Valencia. (2024). *Economía circular en construcción 2024: Claves y ejemplos*. Obtenido de <https://negociosostenible.camaravalencia.com/ambiental/tendencias/economia-circular-contruccion-2024-claves-ejemplos/>
- Canarias Ahora. (8 de junio de 2024). *Valencia crea diques de hormigón sostenible con cenizas del volcán de La Palma y paja del arroz*. Obtenido de Instituto Valenciano de Competitividad e Innovación (Ivace+i) : [https://www.eldiario.es/canariasahora/lapalmaahora/sociedad/valencia-crea-diques-hormigon-sostenible-cenizas-volcan-palma-paja-arroz\\_1\\_11433224.html](https://www.eldiario.es/canariasahora/lapalmaahora/sociedad/valencia-crea-diques-hormigon-sostenible-cenizas-volcan-palma-paja-arroz_1_11433224.html)
- Casalé. (2004). *Casalé Gestión de Residuos - Megalito*. Obtenido de <https://www.casale.info/areas-de-negocio/megalito.php>
- Ceuta. (13 de septiembre de 2002). *ORDENANZA REGULADORA DE LA LIMPIEZA VIARIA Y RESIDUOS SÓLIDOS URBANOS*. Obtenido de Consulta 13 de mayo de 2024: <https://www.ceuta.es/ceuta/46-paginas/paginas/normativa/138-ordenanza-reguladora-de-la-limpieza-viaria-y-residuos-solidos-urbanos-de-13-de-septiembre-de-2002>
- Ceuta. (abril de 2013). *PLAN INTEGRADO DE GESTIÓN DE RESIDUOS DE LA CIUDAD DE CEUTA*. Obtenido de <https://www.ceuta.es/ceuta/images/noticias/documentos/2013/abril/DOCUMENTO%20AMBIENTAL%20INICIAL%20PLAN%20RESIDUOS-.pdf>
- Circular, C. (febrero de 2023). *GUÍA PARA LA CLASIFICACIÓN DE RESIDUOS DE CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN*. Obtenido de Fundación Ellen MacArthur: <https://cocircular.es/blog/clasificacion-de-residuos-de-construccion-y-demolicion/>
- CoCircular. (2023). *360° advisor, el magic data del residuo*. Obtenido de <https://cocircular.es/saas-360-advisor/>

- Comisión Europea. (18 de diciembre de 2014). *Lista Europea de Residuos*. Obtenido de Decisión (2014/955/UE): <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/ES/TXT/PDF/?uri=CELEX:32014D0955>
- Comisión europea. (septiembre de 2016). *Protocolo de gestión de RCD de la UE*. Obtenido de <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/20509/attachments/1/translations/es/rendition/s/native>
- Comisión europea. (14 de junio de 2018). *Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 30 de mayo de 2018, por la que se modifica la Directiva 2008/98/CE sobre los residuos*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2018-80998>
- Comisión Europea. (11 de marzo de 2020). *Web oficial de la Unión Europea*. Obtenido de An official website of the European Union: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?qid=1583933814386&uri=COM:2020:98:FIN>
- Comisión europea. (2022). *Building and construction*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/db04e82c-180e-4775-9242-d50a6b56ff05/download>
- Comunidad de Madrid. (6 de julio de 2022). *PROYECTO DE LEY DE ECONOMÍA CIRCULAR DE LA COMUNIDAD DE MADRID*. Obtenido de [https://www.comunidad.madrid/transparencia/sites/default/files/08\\_2022.03.15textocompleto\\_sgt\\_sgfec.pdf](https://www.comunidad.madrid/transparencia/sites/default/files/08_2022.03.15textocompleto_sgt_sgfec.pdf)
- Comunidad de Madrid. (25 de abril de 2024). *Ley 1/2024, de 17 de abril, de Economía Circular de la Comunidad de Madrid*. Obtenido de [https://noticias.juridicas.com/base\\_datos/CCAA/843459-1-1-2024-de-17-abr-ca-madrid-economia-circular.html](https://noticias.juridicas.com/base_datos/CCAA/843459-1-1-2024-de-17-abr-ca-madrid-economia-circular.html)
- CONAMA. (2018). *ECONOMÍA CIRCULAR EN EL SECTOR DE LA CONSTRUCCIÓN*. Obtenido de Grupo de trabajo GT-6: [https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/130254/CONAMA\\_Economia%20circular\\_2018.pdf](https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/130254/CONAMA_Economia%20circular_2018.pdf)
- David Simón, J. (2024). *Curso de Revit Architecture para proyectos BIM*. Obtenido de Inge Expert: <https://ingeoexpert.com/articulo/que-es-el-bim-y-a-que-se-debe-su-importancia/>
- Deloitte. (2022). *Global Powers of Construction*. Obtenido de <https://www2.deloitte.com/es/es/pages/energy-and-resources/articles/global-powers-of-construction.html>
- DOUE. (11 de abril de 2006). *Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2006-80633>
- DOUE. (30 de abril de 2024). *Directiva (UE) 2024/1203 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativa a la protección del medio ambiente mediante el Derecho penal y por la que se sustituyen las Directivas 2008/99/CE y 2009/123/CE*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-80609#:~:text=Directiva%20%28UE%29%202024%2F1203%20del%20Parlamento%20Europeo%20y%20del,que%20se%20sustituyen%20las%20Directivas%202008%2F99%2FCE%20y%202009%2F123%2FCE>

- DOUE. (30 de abril de 2024). *Reglamento (UE) 2024/1157 del Parlamento Europeo y del Consejo, de 11 de abril de 2024, relativo a los traslados de residuos, por el que se modifican los Reglamentos (UE) n° 1257/2013 y (UE) 2020/1056, y se deroga el Reglamento (CE) n° 1013/2006*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2024-80606>
- DOUE, Reglamento de Taxonomía. (22 de junio de 2020). *Reglamento (UE) 2020/852 del Parlamento Europeo y del Consejo de 18 de junio de 2020 relativo al establecimiento de un marco para facilitar las inversiones sostenibles y por el que se modifica el Reglamento (UE) 2019/2088*. Obtenido de <https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=DOUE-L-2020-80947>
- ECONSCIENCIA. (18 de marzo de 2021). *Jerarquía de residuos. Conoce los cinco niveles*. Obtenido de <https://econsciencia.mx/blogs/blog-econsciencia/jerarquia-de-residuos-estos-son-los-cinco-niveles>
- El país. (29 de abril de 2024). Obtenido de <https://elpais.com/espana/madrid/2024-04-29/la-basura-ilegal-en-los-espacios-verdes-protegidos-de-majadahonda-se-multiplica.html>
- EPA. (2023). *La Agencia de Protección Ambiental de los EEUU*. Obtenido de <https://www.epa.gov/smm/sustainablemanagement-%20construction-and-demolitionmaterials>
- EPDATA. (27 de noviembre de 2023). *Generación y tratamiento de residuos en España, en gráficos*. Obtenido de <https://www.epdata.es/datos/generacion-residuos-tratamiento-espana-graficos-datos-ine/483>
- EUROSTAT. (22 de agosto de 2023). *Waste statistics (Eurostat)*. Obtenido de [https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste\\_statistics#Waste\\_generation\\_excluding\\_major\\_mineral\\_waste](https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Waste_statistics#Waste_generation_excluding_major_mineral_waste)
- Fernández Guijarro, S. (junio de 2023). *Análisis del sector español de la construcción durante la crisis inmobiliaria y la pandemia de la COVID-19*. Obtenido de Universidad Politécnica de Valencia: <https://riunet.upv.es/bitstream/handle/10251/192796/Fernandez%20-%20Analisis%20del%20sector%20espanol%20de%20la%20construccion%20durante%20la%20crisis%20inmobiliaria%20y%20la%20pa....pdf?sequence=1>
- Galdeano Ruiz, I. F. (2023). *Comparativa sobre la gestión de RCDs en distintos países de Europa*. Obtenido de <https://riunet.upv.es/handle/10251/193361>
- García Cuenca, J. M. (septiembre de 2021). *Análisis de flujos de energía mediante diagramas Sankey para escenarios de transición energética mundial*. Obtenido de Universidad de Valladolid Escuela de ingenierías industriales: <https://uvadoc.uva.es/bitstream/handle/10324/48764/TFG-I-2008.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- García Ochoa, J. A., Quito Rodriguez, J., & Perdomo Moreno, J. (2020). *Análisis de la huella de carbono en la construcción y su impacto sobre el ambiente*. Obtenido de <https://repository.ucc.edu.co/bitstreams/db04e82c-180e-4775-9242-d50a6b56ff05/download>
- GENCAT. (27 de noviembre de 2023). *Instituto de estadística de Cataluña*. Obtenido de <https://www.idescat.cat/indicadors/?id=ue&n=10110&lang=es>

- GlobalABC. (septiembre de 2021). *Alianza Global para los Edificios y la Construcción*.  
Obtenido de United Nations Environment Programme, 2021:  
[https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC\\_Buildings-GSR-2021\\_BOOK.pdf](https://globalabc.org/sites/default/files/2021-10/GABC_Buildings-GSR-2021_BOOK.pdf)
- Gobierno Castilla La Mancha. (29 de noviembre de 2019). *Diagnóstico en materia de economía circular para Castilla-La Mancha*. Obtenido de  
[https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20200911/20200916\\_\\_diagnostico\\_economia\\_circular\\_clm.pdf](https://www.castillalamancha.es/sites/default/files/documentos/pdf/20200911/20200916__diagnostico_economia_circular_clm.pdf)
- Gobierno de la Rioja. (2016). *PLAN DIRECTOR DE RESIDUOS DE LA RIOJA 2016 - 2026*.  
Obtenido de <https://ckan.larioja.org/dataset/040e568c-2016-4e68-88d8-ad8949817155/resource/76edbfad-bef8-4c9a-bec2-948583bcb267/download/plan-residuos-la-rioja-2016-2026.pdf>
- Gobierno de la Rioja. (28 de diciembre de 2022). *Estrategia de Economía Circular de La Rioja 2030*. Obtenido de <https://www.larioja.org/medio-ambiente/es/economia-circular>
- Gobierno de Murcia. (julio de 2020). *Prórroga y adaptación hasta 2022 de la vigencia temporal del Plan de Residuos de la Región de Murcia 2016-2020*. Obtenido de  
[https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=PlnResiduosV4.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=128897&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c507\\$m1463,53799](https://www.carm.es/web/integra.servlets.Blob?ARCHIVO=PlnResiduosV4.pdf&TABLA=ARCHIVOS&CAMPOCLAVE=IDARCHIVO&VALORCLAVE=128897&CAMPOIMAGEN=ARCHIVO&IDTIPO=60&RASTRO=c507$m1463,53799)
- Gobierno de Navarra. (14 de diciembre de 2016). *Departamento de Desarrollo Rural, Medio Ambiente y Administración Local*. Obtenido de  
[https://gobiernoabierto.navarra.es/sites/default/files/3295\\_plan\\_pigrn\\_anexo.pdf](https://gobiernoabierto.navarra.es/sites/default/files/3295_plan_pigrn_anexo.pdf)
- Gobierno de Navarra. (marzo de 2019). *Agenda para la Economía Circular Navarra*. Obtenido de <https://www.navarra.es/es/web/nagreen/estrategia/econom%C3%ADa-circular>
- Gobierno Vasco. (1 de septiembre de 2019). *Estrategia de la economía circular de Euskadi*.  
Obtenido de  
[https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/economia\\_circular/es\\_def/adjuntos/EstrategiaEconomiaCircular2030.pdf](https://www.euskadi.eus/contenidos/documentacion/economia_circular/es_def/adjuntos/EstrategiaEconomiaCircular2030.pdf)
- Gobierno vasco. (9 de diciembre de 2021). *Ley 10/2021, de 9 de diciembre, de Administración Ambiental de Euskadi*. Obtenido de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-951](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2022-951)
- GSIR. (2019). *Hiberus*. Obtenido de <https://www.hiberus.com/soluciones/gisir-ld>
- Hackenhaar, I. C. (agosto de 2009). *Life Cycle Assessment applied to construction and demolition waste treatment: proposal of a Brazilian scenario*. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 323, No. 1, p. 012054). Obtenido de IOP Publishing: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/323/1/012054/pdf>
- Hasanbeigi, A. (octubre de 2012). *Emerging energy-efficiency and CO2 emission-reduction technologies for cement and concrete production: A technical review*. Obtenido de Science Direct:  
<https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1364032112004601?via%3DiHub>
- INE. (22 de septiembre de 2023). *Principales agregados al PIB*. Obtenido de  
<https://www.ine.es/daco/daco42/daco4214/cntr0223.pdf>

Josa, S. (10 de septiembre de 2021). *Características y aplicaciones de un software de gestión de residuos*. Obtenido de Hiberus: <https://www.hiberus.com/crecemos-contigo/caracteristicas-y-aplicaciones-de-un-software-de-gestion-de-residuos/>

Junta de Extremadura. (2020). Obtenido de <https://extremadura2030.com/>

Maldonado, A. (12 de enero de 2022). *El Puerto de Almería rellena la Piscina con los residuos de las casetas de pescadores demolidas*. Obtenido de Ideal: <https://www.ideal.es/almeria/almeria/puerto-almeria-rellena-20220112172943-nt.html?ref=https%3A%2F%2Fwww.ideal.es%2Falmeria%2Falmeria%2Fpuerto-almeria-rellena-20220112172943-nt.html%3Fref%3Dhttps%3A%2F%2Fwww.ideal.es%2Falmeria%2Falmeria%2Fpuerto-almeria-r>

MAPA. (2020). *Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación*. Obtenido de <https://cpage.mpr.gob.es>: [https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/210225\\_manualaspconstructivos\\_2020\\_tcm30-559615.pdf](https://www.mapa.gob.es/es/desarrollo-rural/temas/caminos-naturales/210225_manualaspconstructivos_2020_tcm30-559615.pdf)

Medio Ambiente CyL. (14 de octubre de 2021). *ESTRATEGIA DE ECONOMIA CIRCULAR 2021/2030*. Obtenido de <https://bocyl.jcyl.es/boletines/2021/10/18/pdf/BOCYL-D-18102021-17.pdf>

Melilla. (21 de septiembre de 2022). *Plan Integrado de Gestión de Residuos de Melilla (PIGREMEL)*. Obtenido de Consultado el 13 de mayo de 2024: [https://www.melilla.es/melillaportal/contenedor.jsp?seccion=s\\_fdes\\_d4\\_v1.jsp&contenido=23963&nivel=1400&tipo=6&codMenu=705&codMenuPN=601&codMenuSN=8](https://www.melilla.es/melillaportal/contenedor.jsp?seccion=s_fdes_d4_v1.jsp&contenido=23963&nivel=1400&tipo=6&codMenu=705&codMenuPN=601&codMenuSN=8)

MITERD. (2020). *Estrategia Española de Economía Circular*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO): [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030\\_def1\\_tcm30-509532\\_mod\\_tcm30-509532.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/espanacircular2030_def1_tcm30-509532_mod_tcm30-509532.pdf)

MITERD. (2020-2023). *Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico (MITECO) PAEC*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/plan\\_accion\\_eco\\_circular\\_def\\_nipo\\_tcm30-529618.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/plan_accion_eco_circular_def_nipo_tcm30-529618.pdf)

MITERD. (mayo de 2021). *I PLAN DE ACCIÓN DE ECONOMÍA CIRCULAR en España 2020-2023*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/plan\\_accion\\_eco\\_circular\\_def\\_nipo\\_tcm30-529618.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/economia-circular/plan_accion_eco_circular_def_nipo_tcm30-529618.pdf)

MITERD. (marzo de 2022). *INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 2021*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen\\_inventario\\_gei-ed\\_2022\\_tcm30-534394.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/resumen_inventario_gei-ed_2022_tcm30-534394.pdf)

MITERD. (marzo de 2023). *INVENTARIO NACIONAL DE EMISIONES A LA ATMÓSFERA 2022*. Obtenido de [https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es\\_nir\\_edicion2023\\_tcm30-560374.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/miteco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/temas/sistema-espanol-de-inventario-sei-/es_nir_edicion2023_tcm30-560374.pdf)



MITERD. (2023). *VERSIÓN INICIAL DEL PLAN ESTATAL DE GESTIÓN DE RESIDUOS PEMAR (2023-2035)*. Obtenido de

[https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/sgecoci/230705%20nuevo%20PEMAR\\_IP\\_Revisado.pdf](https://www.miteco.gob.es/content/dam/mitesco/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/participacion-publica/sgecoci/230705%20nuevo%20PEMAR_IP_Revisado.pdf)

MITERD. (12 de enero de 2024). *Memoria anual de generación y gestión de residuos*. Obtenido de Ministerio para la Transición Ecológica y el Reto Demográfico:

<https://www.miteco.gob.es/es/calidad-y-evaluacion-ambiental/publicaciones/memoria-anual-generacion-gestion-residuos.html>

Montojo, M. (4 de junio de 2020). *Cómo las palas de aerogeneradores terminan en el vertedero en España*. Obtenido de ElDiario.es:

[https://www.eldiario.es/ballenablanca/365\\_dias/palas-aerogeneradores-terminan-vertedero-espana\\_1\\_6030579.html](https://www.eldiario.es/ballenablanca/365_dias/palas-aerogeneradores-terminan-vertedero-espana_1_6030579.html)

ONU. (9 de noviembre de 2022). *Noticias naciones unidas*. Obtenido de

<https://news.un.org/es/story/2022/11/1516722>

ONUDI. (2024). *ONUDI – Manual de Producción más Limpia*. Obtenido de Sitio oficial de la República Oriental del Uruguay: [https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/3\\_-\\_Analisis\\_del\\_flujo\\_de\\_materiales\\_1.pdf](https://www.gub.uy/ministerio-ambiente/sites/ministerio-ambiente/files/documentos/publicaciones/3_-_Analisis_del_flujo_de_materiales_1.pdf)

Pescador, D. (2 de enero de 2023). *El hormigón provoca el 8% de las emisiones mundiales de CO2: ¿qué alternativas existen?* Obtenido de El Diario.es:

[https://www.eldiario.es/consumoclaro/hormigon-provoca-8-emisiones-mundiales-co2-alternativas-existen\\_1\\_9827092.html](https://www.eldiario.es/consumoclaro/hormigon-provoca-8-emisiones-mundiales-co2-alternativas-existen_1_9827092.html)

Principado de Asturias. (3 de abril de 2017). *PLAN ESTRATÉGICO DE RESIDUOS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (PERPA) 2017-2024*. Obtenido de PLAN

ESTRATÉGICO DE RESIDUOS DEL PRINCIPADO DE ASTURIAS (PERPA) 2017-2024

Principado de Asturias. (10 de marzo de 2023). *La Estrategia de Economía Circular del Principado de Asturias 2023-2030*. Obtenido de

<https://medioambiente.asturias.es/documents/646140/0/Estrategia+Asturias+Circular+2023-2030.pdf/f9b5d692-f4ee-f313-431d-0d6c634b394e>

Principado de Asturias. (29 de abril de 2023). *Ley 1/2023, de 15 de marzo, de Calidad Ambiental*. Obtenido de [https://www.boe.es/diario\\_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-10347](https://www.boe.es/diario_boe/txt.php?id=BOE-A-2023-10347)

PRTR España. (julio de 2020). *Plan de Recuperación, Transformación y Resiliencia*. Obtenido de <https://planderecuperacion.gob.es/>

Quiñones Rodríguez, R. (14 de junio de 2023). *Escuela internacional de Doctorado*. Obtenido de Universidad de Sevilla. Departamento de Construcciones Arquitectónicas I (ETSA):

<https://idus.us.es/handle/11441/147888>

Quiñones Rodríguez, Rocío. (14 de junio de 2023). *DESARROLLO DE UN ADD-IN EN BIM PARA LA CUANTIFICACIÓN Y REDUCCIÓN DE RCD EN EDIFICIOS RESIDENCIALES EN ANDALUCÍA*. Obtenido de Escuela internacional de doctorado:

<https://www.bing.com/ck/a?!&&p=0027ac4b09499fc3JmltdHM9MTcxNTU1ODQwMCZpZ3VpZD0zMzZhNDI5OC1mZTBiLTZyYmYtMDRhOS01NmVmZmY3MjYzM>



WUmaW5zaWQ9NTE5MQ&pbn=3&ver=2&hsh=3&fclid=336a4298-fe0b-62ff-04a9-56efff72631e&psq=DESARROLLO+DE+UN+ADD-IN+EN+BIM+PARA+LA+CUANTIFIC

Rainer Sarmiento Matos, R. A. (septiembre de 2023). *LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN: ¿UN PROBLEMA O UNA OPORTUNIDAD?* Recuperado el 2023, de Revista Ciencia y Construcción Vol.4 No.3 Jul-Sep 2023: <https://rcc.cujae.edu.cu/index.php/rcc/article/download/205/130>

Raúl Rejón. (23 de mayo de 2024). *España regresa al primer puesto en infracciones ambientales de la Unión Europea*. Obtenido de ElDiario.es Actualizado el 24/05/2024 05:30h: [https://www.eldiario.es/sociedad/espana-regresa-primer-puesto-infracciones-ambientales-union-europea\\_1\\_11384351.html](https://www.eldiario.es/sociedad/espana-regresa-primer-puesto-infracciones-ambientales-union-europea_1_11384351.html)

RETEMA. (14 de noviembre de 2019). *Revista técnica de Medio Ambiente*. Obtenido de <https://www.retema.es/actualidad/agesma-rcd-denuncia-irregularidades-restauracion-vertederos-comunidad-madrid>

Rodríguez-Potes, L., & Estrada, C. M. (28 de agosto de 2018). *La construcción sostenible frente a la mitigación del cambio climático*. Obtenido de Módulo arquitectura CUC, 21(1), 9-22.: <https://repositorio.cuc.edu.co/bitstream/handle/11323/2378/La%20construcci%C3%B3n%20sostenible%20frente%20a%20la%20mitigaci%C3%B3n%20del%20cambio%20clim%C3%A1tico.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

TEIMAS GLOBAL S.L. (2023). *Plataforma ZERO*. Obtenido de <https://www.teimas.com/zero>

## ANEXO I Datos de la obra concreta utilizados

Tabla 6 Anexo 1- INPUTS utilizados para elaboración de la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir de datos estimados del PEM).

INPUTS	
	MEDICIÓN
	(toneladas)
Zahorra y tierras vegetales	229,42
Elementos de señalización y seguridad	83,40
Madera de encofrados y embalajes	209,74
Plásticos de flejados, envoltorios, tuberías, piezas y embalajes	209,74
Papel y cartón de embalaje	4,30
Mezclas bituminosas	54,07
Hormigones	91,92
Hierro y acero	155,78
Cables y aparatos electrónicos	11,42
Envases con sustancias peligrosas utilizados	155,78

Tabla 7 Anexo 1- *OUTPUTS* o residuos cuantificados generados en la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir del PGR y los DI).

## TABLA DE CUANTIFICACIÓN DE OUTPUTS O RESIDUOS GENERADOS

<i>RESIDUOS</i>	<i>DENSIDAD APARENTE</i> (t / m <sup>3</sup> )	<i>CÓDIGO LER</i> (Decisión 2014/055/UE)	<i>MEDICIÓN</i>	<i>MEDICIÓN</i>
			(toneladas)	(m <sup>3</sup> )
17.05.04. Tierra vegetal	1,2 t/m <sup>3</sup>	17 05 04	69.059,96	57.549,97
02.01.03. Restos vegetales	0,7 t/m <sup>3</sup>	02 01 03	8,34	119,15
17.02.01. Residuos de Madera	0,30 t/m <sup>3</sup>	17 02 01	5	16,67
17.02.03. Plástico	0,20 t/m <sup>3</sup>	17 02 03	9	45
20.01.01. Papel y cartón	0,75 t/m <sup>3</sup>	20 01 01	3	4
17.03.02. Mezclas bituminosas	1,90 t/m <sup>3</sup>	17 03 02	38,60	2031,5
17.01.01. Hormigón	2,50 t/m <sup>3</sup>	17 01 07	34,53	13,81
17.01.07. Mezclas de Hormigón	1,90 t/m <sup>3</sup>	17 01 07	92,666	487,81
17.04.05. Hierro y acero	7,80 t/m <sup>3</sup>	17 04 05	14,2	1,82
17.04.11. Cables	6,00 t/m <sup>3</sup>	17 04 11	1,4	0,24
15 01 10*. Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.	0,50 t/m <sup>3</sup>	15 01 10*	0,4	0,8
20.03.01 Mezclas de residuos municipales	0,80 t/m <sup>3</sup>	20.03.01	4	5

Tabla 8 Anexo 1- Tipo de tratamiento y código para residuos generados en la obra (Elaboración propia con Microsoft Excel a partir del PGR contrastados con los CT).

TABLA DE TRATAMIENTOS PARA LOS RESIDUOS GENERADOS		
RESIDUO	CÓDIGO DEL TRATAMIENTO REALIZADO	TRATAMIENTO REALIZADO
17.05.04. Tierra vegetal	REUTILIZACIÓN IN SITU R1001 Valorización de residuos en suelos agrícolas y en jardinería	Reutilización Valorización
02.01.03. Restos vegetales	R0301 Compostaje	Reutilización IN-SITU
17.02.01. Residuos de Madera	R0305 Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos.	Valorización
17.02.03. Plástico	R0307 Reciclado de residuos orgánicos para la producción de materiales o sustancias.	Valorización
20.01.01. Papel y cartón	R0304 Reciclado de residuos de papel para la producción de pasta para la fabricación de papel. R1203 Tratamiento mecánico	Valorización
17.03.02. Mezclas bituminosas	R0506 Valorización de residuos inorgánicos para la producción de áridos.	Valorización
17.01.01. Hormigón	R0505 Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento	Valorización
17.01.07. Mezclas de Hormigón	R1201 Clasificación de residuos. R0506 Valorización de residuos inorgánicos para la producción de áridos. D0501 Depósito en vertederos de residuos inertes.	Valorización
17.04.05. Hierro y acero	R0403 Reciclado de residuos metálicos para la obtención de chatarra	Valorización
17.04.11. Cables	R1201 Clasificación de residuos.	Valorización
15 01 10*. Envases que contienen restos de sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.	D1301 Clasificación de residuos.	Eliminación
20.03.01 Mezclas de residuos municipales	D0501 Depósito en vertederos de residuos inertes.	Eliminación



