



# ANÁLISIS DE MODELOS DE NEGOCIO CIRCULARES EN LA GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN Y DEMOLICIÓN.

Clúster De Residus De Catalunya · Agosto 2025

# Índice.

<b>1. Introducción</b>	<b>13</b>
1.1 Objetivo del proyecto	14
1.2 Metodología empleada	16
1.3 Fases del proyecto	17
<b>2. Contexto y retos actuales de la gestión de RCD</b>	<b>21</b>
2.1 Definición y clasificación actual de la gestión de los residuos de construcción y demolición	22
2.2 Generación y segregación de RCD en cifras	31
2.3 Marco normativo y político en España y Europa	34
<b>3. Desafíos y oportunidades para la economía circular en el sector de la construcción</b>	<b>42</b>
3.1 Colaboración entre empresas, administraciones y otros actores clave	44
3.2 Barreras económicas, tecnológicas y normativas	48
3.3 Oportunidades en la gestión de RCD	53
3.4 Casos de éxito y buenas prácticas	58
<b>4. Análisis y diseño de modelos de negocio circulares</b>	<b>64</b>
4.1 Metodología y desarrollo de los talleres participativos	66
4.2 Principales resultados obtenidos	73
<b>5. Fase piloto en obra de construcción</b>	<b>76</b>
5.1 Diseño experimental en entorno de obra	77
5.2 Selección de indicadores de circularidad y desempeño	82
5.3 Análisis de los datos obtenidos durante la fase piloto	88
5.4 Simulación a escala de toda la obra	104
<b>6. Conclusiones</b>	<b>107</b>
<b>7. Bibliografía y anexos</b>	<b>111</b>
7.1 Fuentes académicas y científicas	112
7.2 Aportes y feedback de los socios del consorcio	112
7.3 Talleres de modelos de negocio	121

# Índice de gráficos.

Gráfico 1. Objetivos del proyecto	14
Gráfico 2. Metodología del proyecto	16
Gráfico 3. Fases del proyecto	20
Gráfico 4. Producción de residuos por actividad económica en Europa (2022)	25
Gráfico 5. Generación de RCD desde 2002–2022	26
Gráfico 6. Tipología de RCD, Unión Europea, 2022	26
Gráfico 7. Tasas de valorización, Unión Europea, 2023	27
Gráfico 8. Etapas del ciclo de vida de un edificio	43
Gráfico 9. Barreras detectadas en la gestión de RCD	48
Gráfico 10. Casos de éxito según las etapas de vida útil de un edificio	55
Gráfico 11. Contenedor en obra con residuos mezclados (LER 170904)	79

# Índice de tablas.

Tabla 1. Gestión de RCD en Cataluña: cantidades, valorización y vertido por tipología	30
Tabla 2. Comparación de modelos	73
Tabla 3. Indicadores seleccionados para el piloto	82
Tabla 4. Reducción potencial de GEI en base a los tres escenarios planteados durante el piloto	89
Tabla 5. Potencial uso del material reciclado	91
Tabla 6. Análisis económico comparativo de la gestión de residuos en obra	94
Tabla 7. Comparación de emisiones en base a los tres escenarios planteados durante el piloto	98
Tabla 8. Simulación del análisis económico comparativo de la gestión de residuos en obra completa	104
Tabla 9. Reducción potencial de GEI en base a los tres escenarios planteados durante el piloto	105
Tabla 10. Comparación de emisiones en base a los tres escenarios planteados durante el piloto en la simulación de obra completa	106

## El proyecto “Análisis de modelos de negocio circulares en la gestión de residuos de la construcción y demolición (RCD)” ha tenido como objetivo principal diseñar y validar un modelo de negocio circular que permita reducir la generación de residuos en obra, mejorar su caracterización y fomentar tanto su reutilización como su reciclaje.

Tras un análisis detallado del contexto normativo y operativo en **Cataluña, España y Europa**, y mediante la implicación de empresas de **toda la cadena de valor del sector**, se co-crearon modelos de negocio orientados a superar las barreras actuales en la gestión de RCD y aprovechar las oportunidades de circularidad.

Con este marco, se puso en marcha un **piloto en una obra residencial en El Prat de Llobregat**, incorporando la figura del **Waste Manager (WM)** como responsable de coordinar y supervisar la segregación en origen de los residuos. El piloto permitió **comparar tres escenarios**: el modelo tradicional con envío de todos los residuos a vertedero, el modelo actual basado en clasificación en planta, y el **modelo circular en obra con gestión directa por el WM**. Si bien la duración limitada del piloto no permitía extraer conclusiones definitivas, se realizó una **simulación a escala del conjunto de la obra**, lo que permitió dimensionar mejor los impactos económicos y ambientales de cada escenario.



Los resultados demuestran que el modelo es **técnica y económicamente viable**, aunque conlleva un ligero sobrecoste para la constructora en comparación con las prácticas convencionales. En el caso concreto de esta obra, dicho sobrecoste representó **menos de un 1% del valor total de la obra**, una cifra marginal que queda ampliamente compensada por los beneficios alcanzados: **un incremento notable en las tasas de valorización de residuos, una reducción de hasta un 83% en las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas, la recuperación de materiales que actualmente acaban en vertedero y una mejora en la trazabilidad y el cumplimiento normativo**. Además, la **estandarización y homogeneidad de los residuos separados favorecen la creación de un mercado secundario más sólido**, aportando valor no solo a las constructoras y gestores de residuos, sino también a la sociedad en su conjunto.

La figura del **Waste Manager** se ha identificado como **elemento crítico para el éxito del modelo**. Para la constructora, garantiza una segregación constante y organizada de residuos, mejora la coordinación logística y refuerza el cumplimiento normativo. Para los gestores, permite recibir **residuos de mayor calidad y aumentar las opciones de valorización**. Y para la sociedad, supone **menores emisiones, menor presión sobre los vertederos y un avance real hacia la circularidad**.

De cara a la **escalabilidad**, el modelo requiere asegurar dos condiciones clave: alcanzar **volúmenes críticos de residuos** que hagan viable la valorización industrial de flujos específicos y garantizar una **separación homogénea y estandarizada**, algo que la figura del WM permite consolidar.

En este sentido, el proyecto propone **ampliar la participación a más constructoras y actores de la cadena de valor**, así como **extender la segregación a nuevas fracciones** donde la figura del WM aporte un mayor valor añadido, **validando a la vez si este perfil puede actuar en múltiples obras de manera simultánea y si ello repercute positivamente en la viabilidad económica del modelo.**

En conjunto, el modelo probado demuestra ser una **herramienta estratégica para la transición hacia la construcción circular**. Aunque los beneficios económicos directos son limitados, el valor añadido en términos de **reducción de emisiones, alineamiento con la taxonomía europea y certificaciones ambientales, competitividad de mercado y contribución a los objetivos de descarbonización** lo convierten en una solución **altamente recomendable para su consolidación y ampliación en futuras obras.**

Finalmente, **pensar en un modelo de negocio que incorpore la actuación conjunta y coordinada de los distintos agentes de la cadena de valor, trabajando de manera sistémica, no solo refuerza su viabilidad práctica, sino que también consolida los principios de la economía circular como eje transformador del sector.**



# 1. Introducción.





La construcción es uno de los sectores económicos más intensivos en uso de recursos naturales, generación de residuos y emisiones asociadas a los materiales.

En la **Unión Europea**, los **residuos de construcción y demolición (RCD)** representan **aproximadamente el 38,4% del total de residuos generados**, lo que equivale a **más de 850 millones de toneladas anuales**. En el caso de España, se estima una generación de alrededor de 40 millones de toneladas anuales, de las cuales un 27% acaba aún en vertederos, sin ser adecuadamente separada, reciclada o reutilizada [European Commission, Joint Research Centre [JRC], 2023].

En lo que respecta a **Cataluña**, la **generación total de residuos de construcción y demolición (RCD) en España representa aproximadamente un 20%**, lo que equivale a **unos 8 millones de toneladas anuales**. [Agència de Residus de Catalunya, 2024]. Esta cifra es comparable al peso de más de 1,3 millones de camiones hormigonera cargados (suponiendo 6 toneladas por camión), o al volumen de **más de 2.000 estadios de fútbol llenos de escombros**. Esta magnitud evidencia la urgencia de adoptar modelos circulares de gestión que prioricen la prevención, la valorización y la trazabilidad de estos residuos.





Además de su magnitud en términos de volumen, la gestión inadecuada de los RCD conlleva impactos ambientales significativos: **contribuyen a las emisiones de gases de efecto invernadero, al agotamiento de recursos naturales y a la contaminación de suelos y aguas.**

Estudios europeos estiman que **cada tonelada de RCD enviada a vertedero** puede generar hasta **10–20 kg CO<sub>2</sub> eq** en emisiones (principalmente por transporte y tratamiento), mientras que la valorización y reciclaje puede ahorrar entre 50 y 150 kg CO<sub>2</sub> eq por tonelada, dependiendo del flujo (áridos reciclados, metales, madera). [European Environment Agency [EEA], 2020].

En este contexto, la economía circular emerge como una **estrategia clave para reducir el impacto ambiental del sector**, evitando que los residuos terminen en vertedero y fomentando su valorización como recursos secundarios. Esto no solo permite disminuir el uso intensivo de materias primas, sino que también habilita **nuevas oportunidades de negocio**, más sostenibles, eficientes y resilientes. La transición hacia modelos circulares no solo implica la **mejora en la gestión de residuos**, sino también la **transformación estructural de los modelos de negocio, el diseño de productos y materiales, y la colaboración entre múltiples actores de la cadena de valor.**

Este proyecto tiene como objetivo **identificar, analizar y validar modelos de negocio circulares viables** en torno a los residuos de construcción y demolición (RCD), con un **enfoque territorial centrado en Cataluña** y una fase piloto prevista en el área metropolitana de Barcelona.

A partir de un diagnóstico detallado del estado actual de la gestión de RCD y del análisis del marco normativo vigente, **se han activado procesos de co-creación con actores clave del ecosistema de la construcción.**

**El proyecto culminará con una fase de experimentación** en un entorno de obra residencial real, **permitiendo contrastar las soluciones propuestas** con los condicionantes técnicos, operativos y logísticos del contexto urbano.

Para lograrlo, se articula un **consorcio de trabajo multisectorial**, compuesto por organizaciones de distintas áreas del ecosistema:

**Organizaciones participantes:**



Clúster de Residus de Catalunya



Eco Intelligent Growth (EIG)



Inèdit



Calaf Constructora



Centro de Gestión Medioambiental (CGM)

**Organizaciones participantes:**



Celsa Group



Theker Robotics



Alier



Blueroom Innovation

El enfoque colaborativo adoptado busca **reflejar de forma representativa la diversidad del ecosistema del sector**, integrando agentes clave como:

<b>Constructoras:</b> Calaf Constructora
<b>Centros de conocimiento:</b> CREC, INÈDIT, EIG
<b>Gestores de residuos:</b> CGM, Alier
<b>Fabricantes de materiales:</b> CELSA Group

Esta diversidad de perfiles ha permitido combinar **visiones técnicas, operativas y estratégicas**, cubriendo desde la gestión de residuos hasta la innovación y el diseño de soluciones replicables en obra. A lo largo del proyecto se han desplegado distintas etapas —**diagnóstico, co-creación y experimentación**— con el objetivo de **testear modelos de negocio circulares en contextos reales**, generando aprendizajes prácticos y transferibles para todo el sector.

## 1. 1. Objetivo del proyecto.

El objetivo es desarrollar un modelo de negocio circular para los RCD con viabilidad técnica y económica, aplicable a un proyecto de nueva construcción en edificación residencial plurifamiliar.

Para conseguir este objetivo, el proyecto busca identificar estrategias que permitan:

- **Mejorar la caracterización de los residuos.**
- **Optimizar los procesos de separación y valorización.**
- **Fomentar la reutilización y el reciclaje de materiales.**

Este modelo se ha construido a partir del **análisis del contexto actual del sector de los residuos de construcción y demolición (RCD), y mediante la colaboración activa de los agentes que forman parte del ecosistema.**

A través de dinámicas participativas y fases experimentales, se han definido y contrastado soluciones concretas para **mejorar la trazabilidad, la separación en origen y la posible valorización efectiva de flujos de residuos estratégicos**, evaluando su aplicabilidad desde una perspectiva tanto técnica como económica y ambiental.

## Objetivos específicos



**Aprender y construir sobre lo existente:** Evaluar los modelos actuales de gestión de RCD y proponer un nuevo modelo circular, valorando su viabilidad tanto **técnica como económica**.



**Entender el ecosistema:** Reconocer que la economía circular requiere de la colaboración entre múltiples actores. Por ello, se promueve un enfoque **participativo y multisectorial**, involucrando empresas, administraciones públicas y otros agentes clave para co-diseñar modelos de negocio circulares y viables.



**Experimentar en condiciones reales:** Validar modelos operativos de valorización adaptados a diferentes flujos de residuos estratégicos, contrastando su aplicabilidad directamente en una obra de nueva construcción.



**Evaluar el potencial y la escalabilidad:** Analizar el **impacto** y replicabilidad del modelo propuesto, mejorando la **separación, caracterización y trazabilidad de los residuos en origen**, y fomentando su reutilización y reciclaje mediante soluciones prácticas.



**Compartir el aprendizaje con el propósito de la mejora continua:** Generar conocimiento práctico y estratégico, que permita formular recomendaciones para políticas públicas, iniciativas sectoriales y futuras fases de desarrollo.

a)

Análisis de **modelos -actuales y nuevos circulares-** en **residuos de la construcción y demolición**.

b)

Trabajar de forma **participativa en modelos de negocio circulares y viables**.

c)

**Análisis y validación** de modelos de valorización de **distintos flujos de residuos estratégicos**.

d)

**Mejorar la separación y la valorización** de residuos de la construcción a través de fomentar su **reutilización y reciclaje**.

**Crear un modelo de negocio circular viable que busca minimizar los residuos generados en una obra de construcción, caracterizarlos adecuadamente y fomentar su reutilización y reciclaje.**

Gráfico 1. Objetivos del proyecto · Fuente: Elaboración propia

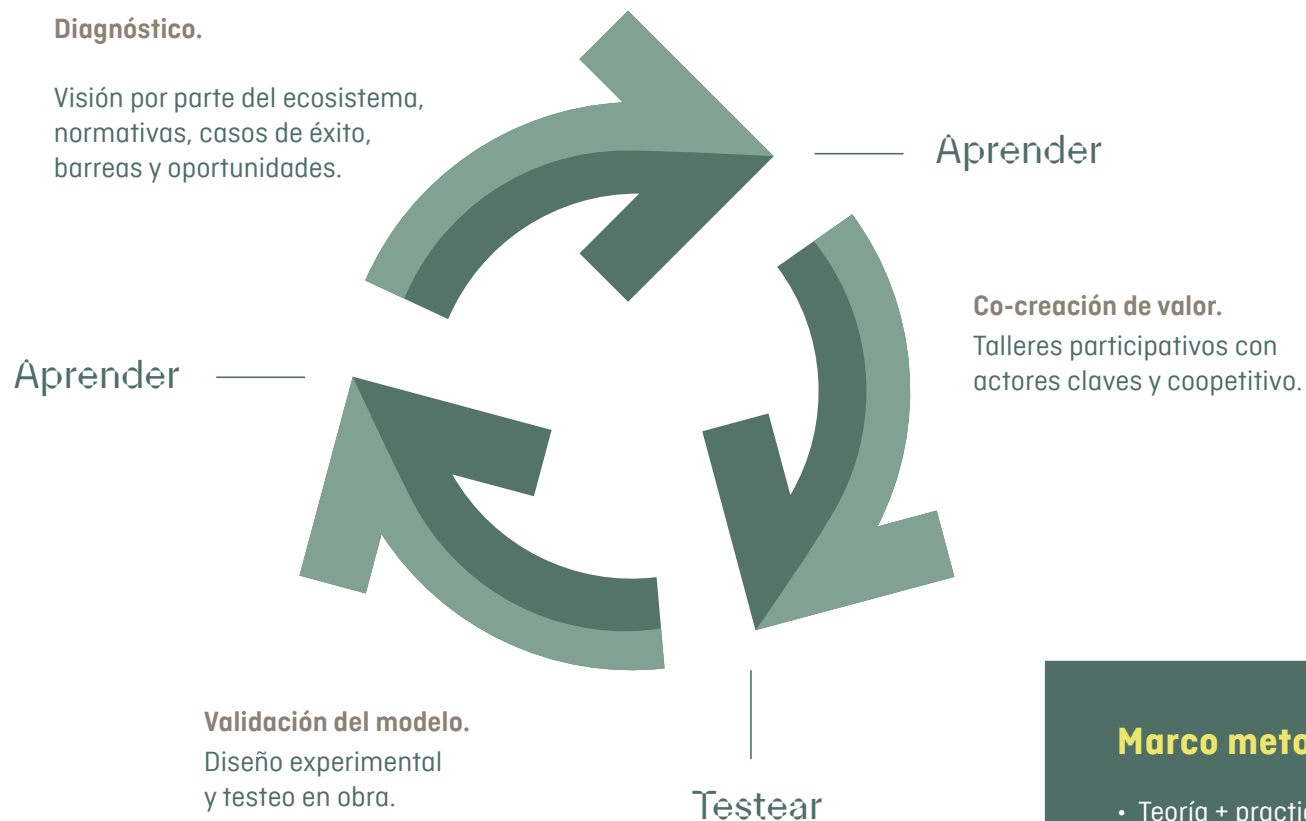
## 1. 2. Metodología empleada.

El desarrollo del proyecto se ha basado en un **marco metodológico que combina teoría y práctica**, articulado en torno a la participación de agentes clave del ecosistema del sector de la construcción. La metodología parte del análisis del contexto normativo y operativo actual, e incorpora procesos de co-creación y validación que permiten contrastar las propuestas en entornos reales de obra.

Se ha fomentado un **enfoque cooperativo y colaborativo**, integrando el conocimiento técnico de empresas, administraciones y otros actores estratégicos mediante dinámicas participativas.

En particular, el proyecto adopta un **modelo coopetitivo**, que promueve la colaboración entre agentes con intereses potencialmente divergentes, pero alineados en la búsqueda de un modelo común más circular, eficiente y sostenible para la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Este enfoque metodológico se despliega a través de tres etapas principales —**diagnóstico, co-creación de valor y validación en obra**— que se retroalimentan para consolidar aprendizajes y maximizar el impacto del proyecto.



**Marco metodológico:**

- Teoría + practica
- Participación de actores del ecosistema del sector
- Enfoque coepetitivo: colaboración entre competidores por un bien común/interés común

Gráfico 2. Metodología del proyecto · Fuente: Elaboración propia



<b>Fases del proyecto</b>	
<p>El desarrollo del proyecto se ha estructurado en cinco fases complementarias. Cada una de estas ha sido diseñada para construir, de forma progresiva, un modelo de negocio circular viable y validado en obra.</p>	
<b>Fase 1: Estado del arte del sector.</b>	
Análisis del contexto actual de los residuos de construcción y demolición (RCD):	
Flujos actuales de los residuos (volúmenes generados, tasas de valorización y destino final).	
Revisión en los marcos legales y técnicos a nivel europeo, estatal y autonómico.	
Identificación de barreras y oportunidades existentes dentro del sector.	
Recopilación de casos de éxito relevantes como referencia para nuevas estrategias.	

<b>Fases del proyecto</b>	
<b>Fase 2: Diseño y ejecución de talleres participativos.</b>	
Realización de dos talleres presenciales con agentes clave del ecosistema RCD (constructoras, gestores de residuos, centros de conocimiento, etc.) para:	
Co-crear modelos de negocios circulares viables.	
Mapear los principales flujos de materiales.	
Detectar los obstáculos del sistema actual y oportunidades de innovación.	



<b>Fase 3: Diseño de la fase de experimentación.</b>
Se seleccionó el modelo de negocio a testar.
Escogió una obra de construcción residencial como entorno de prueba.
Definieron los objetivos específicos, tipo y flujo de residuos e indicadores clave para evaluar el desempeño del modelo circular.

## Fases del proyecto

### Fase 4: Ejecución de la fase de operación en obra.

Implementación piloto del modelo circular en condiciones reales de obra, con:

Seguimiento sistemático de los indicadores definidos.

Recogida de datos cualitativos y cuantitativos para evaluar la viabilidad técnica, operativa e impacto alcanzado.



### Fase 5: Reporte final y difusión de resultados.

A partir de la información recopilada se elaboró un documento técnico de síntesis con:

Actividades realizadas durante el proyecto. Resultados finales y aprendizajes clave.

Propuestas de mejora y recomendaciones. Fuentes y bibliografía.

Actividades realizadas durante el proyecto.

Comunicación y difusión final para dar a conocer lo desarrollado.



### 1. Estado del arte del sector.

Entender la **situación actual**, **barreras** en ámbito **legal, operativo y económico**, así como **oportunidades y casos de éxito**.



### 2. Diseño y ejecución de los talleres participativos.

Hacer **partícipes** a las empresas de la **cadena de valor** del sector RCD en la **creación de modelos de negocio** y flujos de residuos objeto de estudio en la fase de experimentación.



### 3. Diseño de experimentación.

Diseñar y **planificar** la fase de **experimentación** del proyecto.



### 4. Ejecución de la fase de operación en obra.

Testear en **proyectos reales** de obra nueva, el **modelo de negocio circulares definido** en fases anteriores y **extraer datos relevantes** que sirvan como base para futuras pruebas piloto.



### 5. Reporte final y comunicación.

**Recoger y dar a conocer** en un **único documento** los datos más relevantes de todo el **proyecto** para que sea una **fuentes de consulta** para las **próximas fases del proyecto** y **otras iniciativas** que puedan surgir en torno a la **construcción circular y la gestión de los RCD**.

## 2. Contexto y retos actuales de la gestión de RCD



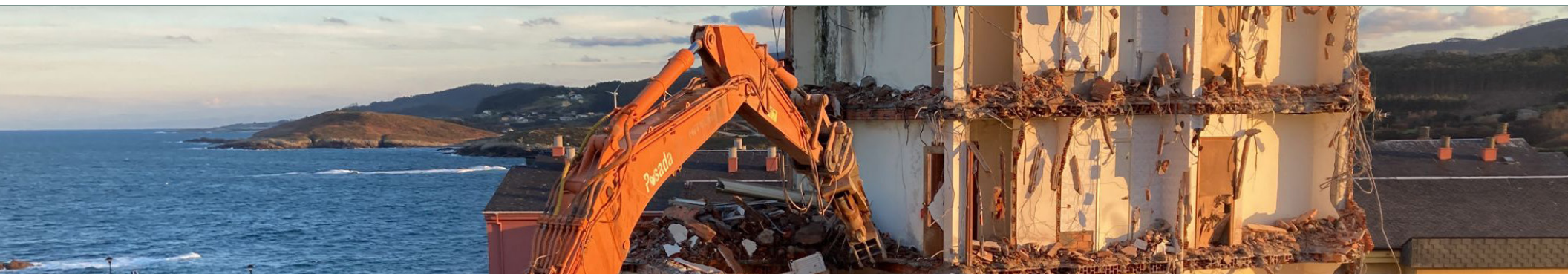


## 2. 1. Definición y clasificación actual de la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD).

Los residuos de construcción y demolición (RCD) cuentan con un marco normativo que define claramente su clasificación, más la complejidad operativa en obra y **la heterogeneidad de los residuos generados evidencian una brecha entre la teoría regulatoria y la práctica real.**

La normativa europea establece la **Lista Europea de Residuos (LER)**, que clasifica los residuos según su origen y naturaleza química, estructurada en códigos de seis dígitos. Esta clasificación se recoge en la **Decisión 2014/955/UE**, que modifica la Decisión 2000/532/CE, y en ella los residuos del sector de la construcción y demolición se agrupan bajo el **Capítulo 17.**

Sin embargo, **esta categorización técnica resulta a menudo insuficiente para capturar la diversidad y complejidad real de los residuos que se generan en obra.** Las características constructivas, los materiales empleados, los ritmos de ejecución y la ausencia de procesos hacen que la **mezcla de materiales de naturaleza física y química distinta** sea una constante en muchas fases del proyecto.



Aunque la legislación vigente —especialmente el **Real Decreto 105/2008** y la **Ley 7/2022**— **obliga a la separación en origen en distintas fracciones**, en la práctica, la separación efectiva de los RCD en obra se enfrenta a múltiples barreras operativas:

- **Falta de espacio físico en obras o proyectos de pequeña escala.**
- **Limitaciones de tiempo y presiones en los cronogramas de ejecución.**
- **Volumen insuficiente de ciertos residuos para justificar una segregación logística y económicamente viable.**
- **Desconocimiento o baja formación operativa sobre clasificación y trazabilidad.**
- **Protección de las posibles inclemencias meteorológicas para la viabilidad de su reciclaje.**

Como resultado, **incluso cuando se instala un único contenedor para residuos “no peligrosos”**, se mezclan residuos de origen mineral, metálico, plástico o compuesto, reduciendo drásticamente su potencial de valorización posterior.

Esta situación se agrava en fases finales del proyecto —**como los desmantelamientos o demoliciones parciales**— **donde la falta de un desmontaje selectivo** conlleva un aumento considerable de residuos mixtos. Estos residuos, codificados en el sistema LER bajo categorías como el 17 09 04, son cada vez más **difíciles de tratar, clasificar o valorizar**, tanto por su composición heterogénea como por la pérdida de trazabilidad del origen del material.

El desarrollo de **modelos de negocio circulares aplicables a los RCD** requiere ir más allá de la clasificación normativa, incorporando enfoques **funcionales y operativos** que tengan en cuenta:

- **La capacidad de separación real en obra, según tipología, escala y ubicación del proyecto.**
- **El potencial de valorización según naturaleza del residuo y mercado secundario disponible.**
- **La incorporación de estrategias de diseño y desmontaje selectivo que minimicen la generación de residuos mixtos desde el origen.**

Esta mirada crítica y sistémica es clave para habilitar soluciones circulares viables en la gestión de los RCD, que puedan ser replicables y escalables dentro del contexto constructivo catalán y europeo.





## 2. 2. Generación y segregación de RCD en cifras.

En 2022, el sector de la construcción fue el principal generador de residuos en la Unión Europea (UE), con una contribución del **38,4% del total de residuos generados**, un aproximado de 847 millones de toneladas. Esta cifra supera ampliamente a otros sectores como la minería y las canteras (22,7%), los servicios de residuos y agua (10,5%) y la industria manufacturera (10,4%).

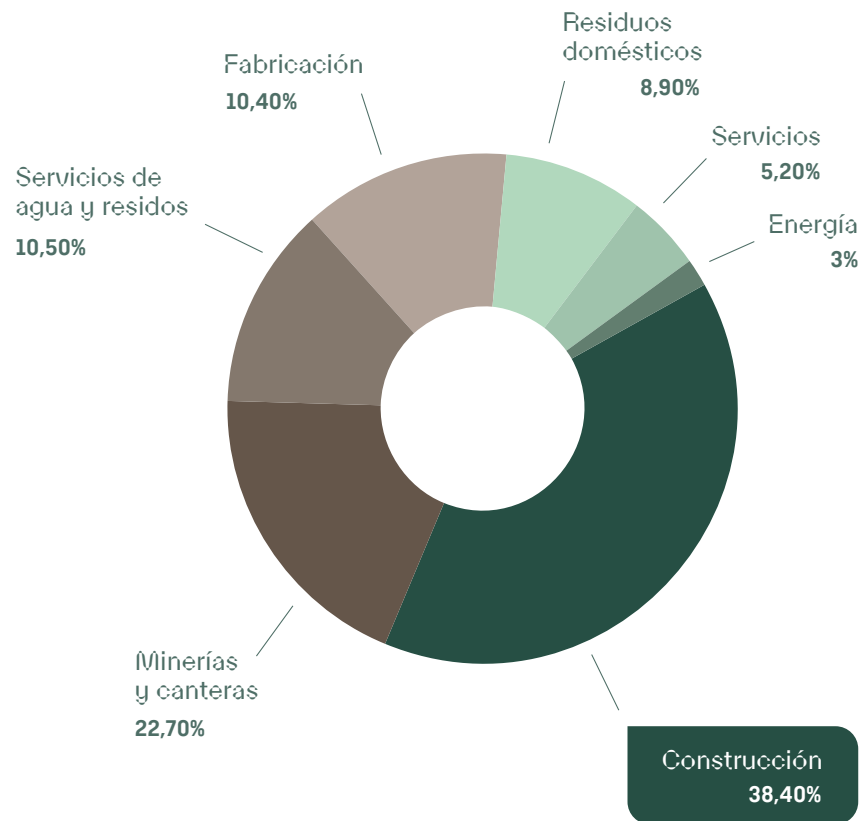
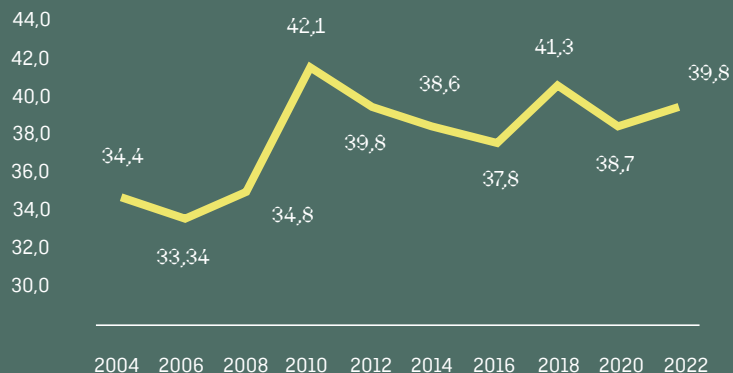


Gráfico 4. Producción de Residuos por actividad económica en Europa. (2022)

Fuente: Centro de Estadísticas de la Unión Europea. (2024)

De forma acumulada, desde 2004 a 2022, los residuos generados por la construcción han aumentado un 15,6%, consolidando una tendencia ascendente en la última década.

**Generación de RCD, EU, 2004-2022 (millones de toneladas)**

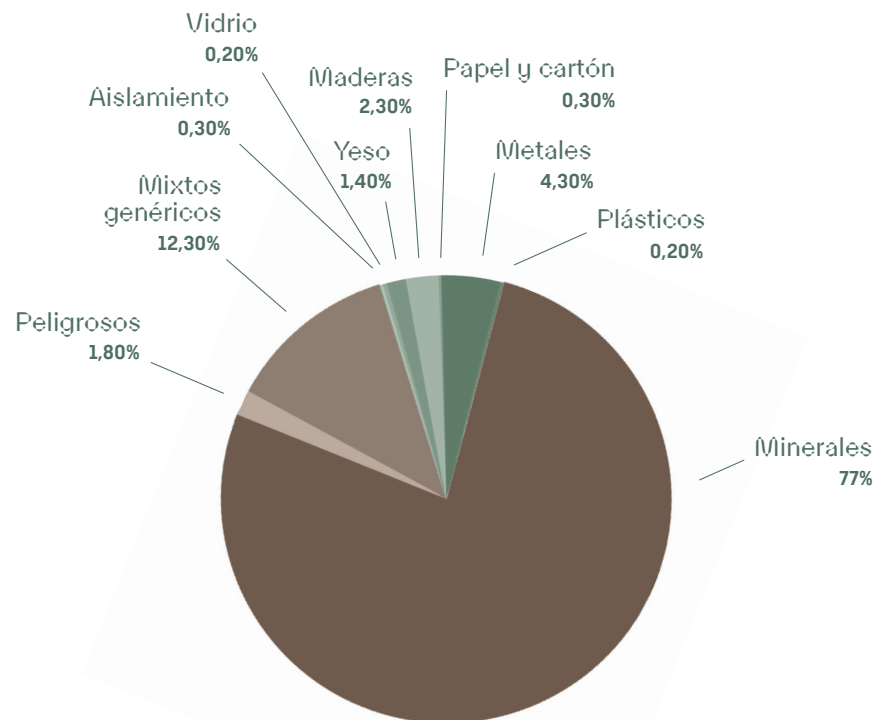


**Gráfico 5.** Generación de RCD desde 2002-2022

Fuente: Centro de Estadísticas de la Unión Europea. [2024]

Cerca del 80% de los residuos de construcción y demolición generados en Europa están compuestos por materiales minerales, como hormigón, ladrillos, cerámica o piedra natural.

El resto de las fracciones presentan un peso significativamente menor en el total: metales (4,3%), madera (2,3%), yeso (1,4%), y otras fracciones como plásticos o vidrio, que apenas superan el 1%.



**Gráfico 6.** Tipología de RCD, Unión Europea, 2022

Fuente: Centro de Estadísticas de la Unión Europea. [2024]

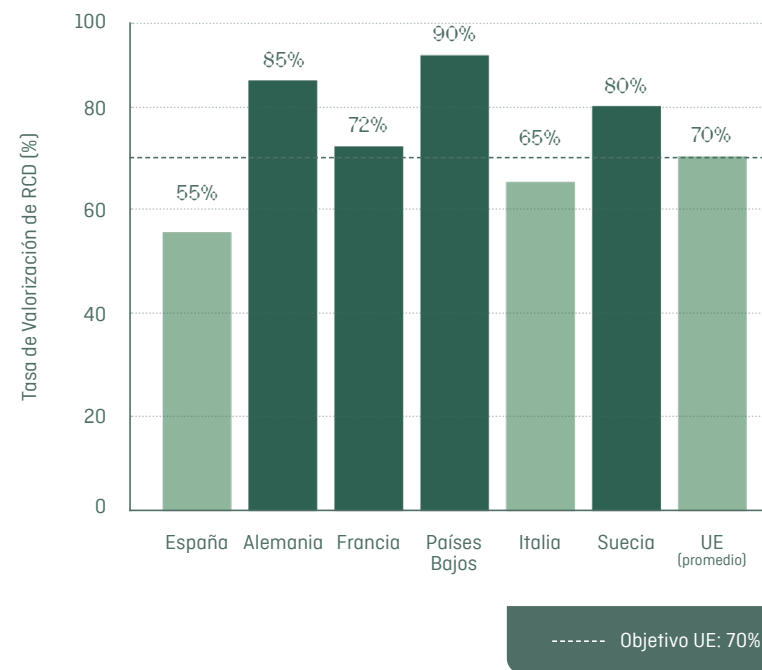
Las estadísticas también evidencian una falta de separación efectiva en origen, especialmente en la fracción de **residuos mixtos genéricos, que representan el 12,3% del total**, lo que supone un obstáculo para la valorización eficiente de los materiales.

En términos de valorización, la tasa promedio de reciclaje y valorización material de los RCD en la Unión Europea alcanzó el 70 % en 2023, cumpliendo con el objetivo fijado por la Directiva 2008/98/CE. Sin embargo, persisten notables diferencias entre países (véase Gráfico 7). Por otro lado, también conviene señalar que, para alinearse con la Taxonomía Europea, se requiere alcanzar una tasa mínima de 90 % de valorización con el fin de que la actividad contribuya de forma sustancial a los objetivos ambientales. Asimismo, para cumplir con el principio de “Do No Significant Harm” (DNSH) y con los requisitos asociados a los fondos Next GenerationEU, se establece un umbral mínimo del 70 %.

Según el Centro de Estadísticas de la Unión Europea:

- Países Bajos (90%), Alemania (85%) y Suecia (80%) superan holgadamente el objetivo europeo.
- Francia alcanza el 72%, en línea con el umbral normativo.
- En contraste, **España (55%)** e Italia (65%) se encuentran por debajo de los mínimos exigidos, **lo que refleja una necesidad urgente de reforzar políticas, infraestructuras y mecanismos de control.**

**Comparación de la tasa de valorización de RCD en Europa (2023)**



**Gráfico 7.** Tasas de valorización, Unión Europea, 2023.

**Fuente:** Eurostat. (2024). Waste statistics –generation and treatment of waste.



## A nivel estatal.

En 2022 España generó aproximadamente 39,5 millones de toneladas de RCD según el Centro de Estadísticas de la Unión Europea y ocupa el puesto 15 entre los 37 países europeos analizados en volumen relativo de RCD, con una proporción del 30,6% de los residuos totales nacionales provenientes de la construcción.

El volumen generado es significativo y la tasa de valorización sigue siendo insuficiente (55%), lo que impide alcanzar los objetivos establecidos por la UE y limita la implementación efectiva de principios de economía circular.



## A nivel Cataluña.

En el año 2023, Cataluña generó un total de **7.842.968,46 toneladas** de residuos de construcción y demolición (RCD). La gestión de estos residuos se repartió entre dos vías principales:

<b>Valorización</b>	5.593.922,45 toneladas, lo que representa un 71,32% del total.
<b>Vertedero</b>	2.249.046,01 toneladas, equivalentes al 28,68% restante.

**Si bien los datos permiten dimensionar el volumen actual de residuos valorizados, una parte significativa de los RCD continúa destinándose a vertedero.**

En cuanto a las fracciones más relevantes, en Cataluña:

La categoría dominante fue la de **mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos no peligrosos**, que representó el **36,95%** del total de los residuos (2.898.353,33 t), con una valorización del 58,82% y el resto enviado a vertedero.

Le siguieron **tierra y piedras no contaminadas**, con un **28,44%** (2.230.248,14 t), valorizadas en un 72,89%.

En contraste, existen fracciones que van casi exclusivamente a vertedero, como:

<b>Plásticos</b> [95,69% al vertedero]
<b>Materiales de aislamiento peligrosos o con amianto.</b>
<b>Residuos con contaminantes peligrosos como mercurio o hidrocarburos,</b> que tienen un 100% de disposición final sin valorización.

Residuos	Total general	% del total	Valorización	Vertedero	% Valorizado	% Vertedero
Mezclas de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos distintas de las de código 170106.	2.898.353,33	36,95%	1.704.806,50	1.193.546,83	59%	41,18%
Tierra y piedras distintas de las especificadas en el código 170503.	2.230.248,14	28,44%	1.625.558,70	604.689,44	73%	27,11%
Residuos mezclados de construcción y demolición distintos de los especificados en los códigos anteriores.	1.006.846,36	12,84%	768.671,14	238.175,22	76%	23,66%
Hormigón.	602.525,84	7,68%	566.575,19	35.950,65	94%	5,97%
Hierro y acero.	463.016,60	5,90%	463.016,60		100%	0,00%
Plástico.	111.379,80	1,42%	4.796,86	106.582,94	4%	95,69%
Balasto de vías férreas distinto del especificado en el código 170507.	99.057,74	1,26%	99.001,74	56,00	100%	0,06%
Mezclas bituminosas distintas de las especificadas en el código 170301.	86.705,26	1,11%	75.244,88	11.460,38	87%	13,22%
Cobre, bronce, latón.	86.223,36	1,10%	86.223,36		100%	0,00%
Aluminio.	46.549,90	0,59%	46.549,90		100%	0,00%
Metales mezclados.	46.416,26	0,59%	46.416,26		100%	0,00%
Cables distintos de los especificados en el código 170410.	45.582,66	0,58%	45.582,66		100%	0,00%
Ladrillos.	28.007,88	0,36%	27.988,88	19,00	100%	0,07%
Tierra y piedras que contienen sustancias peligrosas.	25.859,06	0,33%		25.859,06	0%	100%
Materiales de construcción que contienen amianto.	24.988,77	0,32%		24.988,77	0%	100%

Residuos	Total general	% del total	Valorización	Vertedero	% Valorizado	% Vertedero
Madera.	13.053,11	0,17%	13.053,11		100%	0,00%
Materiales de construcción a partir de yeso distintos de los especificados en el código 170801.	6.878,79	0,09%	6.878,79		100%	0,00%
Tejas y materiales cerámicos.	6.750,76	0,09%	6.281,94	468,82	93%	6,94%
Materiales de aislamiento distintos de los especificados en los códigos 170601 y 170603.	4.956,57	0,06%	461,24		9%	90,69%
Lodos de drenaje distintos de los especificados en el código 170505.	3.713,14	0,05%	3.181,06	4.495,33	86%	14,33%
Plomo.	2.129,93	0,03%	2.129,93	532,08	100%	0,00%
Otros residuos de construcción y demolición que contienen sustancias peligrosas.	849,36	0,01%			0%	100%
Vidrio, plástico y madera que contienen sustancias peligrosas o están contaminados por ellas.	705,39	0,01%		849,36	0%	100%
Vidrio.	663,58	0,01%	663,58	705,39	100%	0,00%
Materiales de aislamiento que contienen amianto.	466,77	0,01%			0%	100%
Zinc.	406,63	0,01%	406,63	466,77	100%	0,00%
Estaño.	334,52	0,00%	334,52		100%	0,00%
Residuos de construcción y demolición que contienen mercurio.	145,06	0,00%		145,06	0%	100%
Residuos metálicos contaminados con sustancias peligrosas.	56,88	0,00%	47,00	9,88	83%	17,37%

Residuos	Total general	% del total	Valorización	Vertedero	% Valorizado	% Vertedero
Mezclas bituminosas que contienen alquitrán de hulla.	47,42	0,00%	47,42		100%	0,00%
Otros materiales de aislamiento que contienen sustancias peligrosas.	34,69	0,00%		34,69	0%	100%
Mezclas, o fracciones separadas, de hormigón, ladrillos, tejas y materiales cerámicos, peligrosas.	10,34	0,00%		10,34	0%	100%
Cables que contienen hidrocarburos, alquitrán de hulla y otras sustancias peligrosas.	4,56	0,00%	4,56		100%	0,00%
<b>Total.</b>	<b>7.842.968,46</b>	<b>100,00%</b>	<b>5.593.922,45</b>	<b>2.249.046,01</b>	<b>71%</b>	<b>28,68%</b>

**Tabla 1.** Gestión de RCD en Cataluña: cantidades, valorización y vertido por tipología  
**Fuente:** Elaboración propia a partir de datos de la Agencia de Residuos de Cataluña (2023)



**En conclusión**, la gestión de los residuos de construcción y demolición (RCD) representa uno de los mayores retos ambientales del sector, con un volumen en constante crecimiento desde 2004. A nivel europeo, si bien la tasa media de valorización alcanza el 70%, **España se sitúa aún por debajo, con un 55%**, incumpliendo los objetivos mínimos marcados por la Directiva 2008/98/CE.

La mayor parte de los RCD —**casi un 80%**— está compuesta por materiales minerales con alto potencial de valorización. **Sin embargo, la fracción de residuos mixtos, que ya representa un 12,3% del total, se consolida como uno de los principales retos a abordar.** Su complejidad y falta de separación efectiva en obra dificultan su recuperación y suelen acabar en vertedero.

A pesar de las obligaciones legales, **la separación por fracciones aún no es sistemática**, especialmente en fases finales de obra o en ausencia de planificación. Esta realidad refuerza el valor del proyecto, que **pone el foco en los residuos mixtos como una palanca clave de cambio**, para activar soluciones más eficientes, escalables y alineadas con los principios de la economía circular.



## 2. 3. Marco normativo y político en España y Europa.

La regulación de los residuos de construcción y demolición (RCD) es entonces un pilar esencial en la transición hacia modelos constructivos más sostenibles y circulares. La creciente presión normativa desde la Unión Europea (UE), así como la necesidad de reducir el consumo de recursos primarios y mitigar impactos ambientales, ha derivado en un marco jurídico cada vez más exigente y detallado. En este capítulo se analiza el entramado normativo europeo, estatal y a nivel Cataluña, que condiciona y orienta las obligaciones y oportunidades para los actores del sector.

### **Marco normativo a nivel europeo: políticas y directivas claves.**

La Unión Europea ha desplegado un marco normativo progresivamente más ambicioso para promover la sostenibilidad en el sector de la construcción, con énfasis en la prevención, valorización y trazabilidad de los residuos de construcción y demolición (RCD). Este conjunto normativo no solo define obligaciones legales, sino que configura las condiciones para el acceso a financiación sostenible, la contratación pública verde y el alineamiento con los principios de la economía circular. La integración de estos instrumentos en la operativa del sector constituye hoy un requisito clave para garantizar la viabilidad técnica, económica y reputacional de los proyectos.

**Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE y sus modificaciones (incluyendo la Ley 7/2022 en España)** establecen la jerarquía de residuos, promueven la responsabilidad ampliada del productor y fijan como objetivo vinculante una tasa de valorización mínima del 70% para los RCD no peligrosos. Este umbral, además de reflejarse en normativa estatal, actúa como un criterio técnico de obligado cumplimiento en las licitaciones y los informes de sostenibilidad ambiental (EIA) en proyectos públicos y privados.

**La Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiencia energética de los edificios**, recientemente reforzada mediante **la Directiva 2024/1275**, incorpora criterios de circularidad en el diseño constructivo, tales como el potencial de desmontaje, reutilización y reciclabilidad de los materiales. Esto se traduce en requisitos de eco-diseño que deberán estar reflejados en las memorias técnicas y BIM de proyecto, especialmente para obra nueva y rehabilitación energética profunda.

El **Reglamento (UE) 305/2011 (CPR)** exige que los productos de construcción comercializados dentro del mercado interior cumplan con declaraciones de prestaciones ambientales verificadas, incluyendo indicadores clave como el contenido de material reciclado, potencial de valorización y huella de carbono.

**El Plan de Acción para la Economía Circular (2020) y la Estrategia para una Ola de Renovación (“Renovation Wave”)** colocan la sostenibilidad del parque edificado como prioridad política. Ambos instrumentos impulsan la creación de pasaportes digitales de edificios y productos (Digital Building Logbooks y Digital Product Passports) para mejorar la trazabilidad de materiales, facilitar su recuperación y habilitar sistemas de información interoperables entre agentes del ciclo de vida del edificio.





A nivel financiero y de gobernanza, la **Taxonomía de Actividades Sostenibles (Reglamento UE 2020/852)** y sus actos delegados, como el **Reglamento Delegado (UE) 2021/2139**, definen criterios técnicos para que una actividad constructiva pueda considerarse ambientalmente sostenible. Estos criterios incluyen:

- Valorización mínima del 70% de los RCD generados.
- Diseño para el desmontaje y la adaptabilidad del edificio.
- Uso mínimo del 50% de materiales reciclados, renovables o reutilizados.
- Y un 15% mínimo de componentes reutilizados.

Este marco es vinculante para inversiones públicas y privadas alineadas con objetivos ESG (ambientales, sociales y de gobernanza) y es especialmente relevante para promotores y operadores que desean acceder a financiación verde o participar en programas como InvestEU o los fondos NextGenerationEU.

Por otro lado, la **Directiva de Green Claims** (en tramitación) establecerá requisitos estrictos de verificación para cualquier afirmación ambiental que se comunique al consumidor. Esto impactará directamente en la comercialización de edificios “circulares”, limitando el *greenwashing* y exigiendo transparencia basada en metodologías como el Análisis de Ciclo de Vida (ACV).

En paralelo, la iniciativa **Level(s)**, aunque voluntaria, se ha consolidado como el marco metodológico de referencia para evaluar el desempeño ambiental de edificios a lo largo de su ciclo de vida. Este marco propone indicadores alineados con la taxonomía, el CPR y la EPD (Declaración Ambiental de Producto), fomentando la armonización entre regulaciones, diseño técnico y evaluación de sostenibilidad.

Finalmente, en el ámbito de la **compra pública verde (GPP)**, instrumentos como los códigos CPV y las guías de contratación ecológica están promoviendo criterios técnicos obligatorios relacionados con la gestión y trazabilidad de RCD, el contenido reciclado de materiales y la eficiencia de recursos. Esto afecta tanto a licitaciones de obra como a servicios de gestión de residuos, y representa un cambio estructural en la demanda pública del sector.



### Normativa nacional y autonómica en España, incluyendo Cataluña.

España ha avanzado significativamente en la adaptación de su marco normativo a los principios de la economía circular establecidos por la Unión Europea. Este esfuerzo se refleja tanto en la legislación estatal como en el desarrollo de marcos específicos por parte de comunidades autónomas como Cataluña, que han ido un paso más allá en el establecimiento de instrumentos regulatorios y económicos orientados a la prevención, valorización y trazabilidad de los residuos de construcción y demolición (RCD).

#### Marco normativo estatal.

La Ley 7/2022, de residuos y suelos contaminados para una economía circular, constituye la piedra angular del marco jurídico nacional. Esta ley incorpora los objetivos de la Directiva Marco de Residuos 2008/98/CE y actualiza las obligaciones para productores, poseedores y gestores de residuos, reforzando los principios de jerarquía, responsabilidad ampliada del productor y transparencia en la gestión. La ley introduce exigencias adicionales como la planificación preventiva, auditorías de residuos y obligaciones de trazabilidad digital, elementos que las consultoras deben considerar al definir estrategias de cumplimiento y sostenibilidad para sus clientes.

En paralelo, el **Real Decreto 105/2008**, vigente, aunque susceptible de actualización, sigue siendo la norma básica que regula la producción y gestión de los RCD en obra. Este establece la obligación de elaborar un estudio de gestión de residuos en fase de proyecto, definir las operaciones previstas de valorización y eliminación, y documentar el destino final de cada fracción. Desde un enfoque consultivo, esto representa un punto crítico para asegurar el cumplimiento normativo, reducir riesgos de sanción y facilitar el acceso a certificaciones ambientales como BREEAM, LEED o VERDE.

### El Plan Estatal Marco de Gestión de Residuos (PEMAR) 2021-2027

fija las directrices estratégicas nacionales para la gestión de residuos, incluyendo objetivos cuantitativos, medidas de prevención y líneas prioritarias como el fomento de la deconstrucción selectiva y el uso de áridos reciclados. Desde una perspectiva de acompañamiento técnico, este plan orienta la planificación territorial, la inversión pública y los indicadores de desempeño ambiental a los que deben alinearse los proyectos constructivos.

- **Orden APM/1007/2017** regula la utilización de materiales naturales excavados no contaminados, estableciendo condiciones para su consideración como subproducto y no como residuo, con el objetivo de facilitar su valorización en origen y evitar su disposición final.
- **Real Decreto 646/2020**, relativo a la eliminación de residuos mediante depósito en vertedero, introduce limitaciones estrictas en línea con los principios de la UE, fijando criterios de admisión, requisitos técnicos para las instalaciones y objetivos de reducción progresiva del vertido, especialmente de fracciones valorizables.

- **Orden TED/789/2023** incorpora la obligatoriedad de calcular el coste del carbono asociado al depósito de residuos en vertedero, lo que representa un avance clave hacia la internalización de los impactos ambientales en las decisiones económicas, alineando la política de residuos con los principios de la fiscalidad ambiental.

- **Real Decreto 208/2022** establece los requisitos en materia de garantías financieras para actividades relacionadas con la gestión de residuos, reforzando el principio de “quien contamina paga” y aportando seguridad jurídica y solvencia técnica en proyectos de gran escala o procesos de licitación pública.

Además, la legislación vigente se ve reforzada por el impulso de la contratación pública verde, que prioriza criterios ambientales en los pliegos técnicos, tales como el contenido reciclado en materiales, la trazabilidad de los productos utilizados, el diseño para la circularidad, así como modelos de negocio basados en servicios (como el enfoque product-as-a-service), incentivando así la innovación y la sostenibilidad en toda la cadena de valor de la construcción.






### Normativa autonómica en Cataluña.

Cataluña representa uno de los marcos regulatorios más desarrollados a nivel estatal en materia de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD), adoptando un enfoque proactivo y alineado con los principios de la economía circular. A través del Decreto 89/2010, se establece el Programa de Gestión de Residuos de la Construcción de Cataluña (PROGROC), que dota a la región de herramientas normativas, económicas y operativas con el fin de mejorar la prevención, trazabilidad y valorización de los RCD.

Entre sus principales medidas destacan:

- La **obligación de constituir una fianza para la correcta gestión de residuos como condición para obtener la licencia de obra**, incentivando el cumplimiento de los planes de gestión y penalizando su incumplimiento.
- La **aplicación de un canon sobre la deposición controlada de RCD**, que actúa como instrumento de fiscalidad ambiental, encareciendo progresivamente el vertido y favoreciendo económicamente opciones de valorización y reutilización.
- La **exigencia de niveles mínimos de valorización y el seguimiento documental de la trazabilidad de residuos**, lo que permite aumentar el control sobre el destino final de los materiales y reducir la opacidad en las cadenas de gestión.

Este marco se complementa con la Estrategia de Economía Circular de Cataluña, en la que se han definido **líneas de acción concretas para el sector de la construcción**, como:

	<p>El <b>impulso al uso de materiales reciclados y reutilizados</b>, mediante incentivos y la incorporación de criterios ambientales en la contratación pública.</p>
	<p>El <b>desarrollo de plataformas digitales de trazabilidad</b>, que permiten seguir el flujo de materiales desde el origen hasta su destino final, facilitando auditorías, informes de cumplimiento y la mejora continua de los procesos.</p>
	<p>La <b>promoción de técnicas de deconstrucción selectiva</b>, frente al modelo tradicional de demolición, con el fin de maximizar la recuperación de materiales en condiciones óptimas para su reutilización o reciclaje.</p>



### 3. Desafíos y oportunidades para la economía circular en el sector de la construcción





## 3.1. Colaboración entre empresas, administraciones y otros factores clave.

La transición hacia un modelo circular en la construcción no puede abordarse de forma aislada ni unilateral. Dado el carácter transversal del ciclo de vida de los materiales y de los proyectos constructivos, es imprescindible comprender, mapear y activar el **ecosistema de actores** que intervienen en las distintas fases del proceso constructivo, desde el diseño hasta la demolición y la gestión de residuos.

Este enfoque ecosistémico permite **(i) identificar las barreras** específicas que enfrenta cada perfil de agente, y **(ii) detectar oportunidades de colaboración**, sinergias operativas y cuellos de botella sistémicos que actualmente obstaculizan la circularidad. La comprensión profunda de estos vínculos es esencial para **transformar modelos de negocio tradicionales, fragmentados y lineales, en modelos circulares, integrados y regenerativos**.

**¿Por qué es necesario identificar a los actores?** El mapeo de actores permite:

- **Construir una visión sistémica** de su participación en las distintas etapas del ciclo de vida del edificio y los materiales.
- **Entender sus capacidades, limitaciones y márgenes de actuación**, así como los incentivos que condicionan sus decisiones.
- **Analizar las relaciones entre agentes**, identificando puntos de fricción, desconexiones o potenciales alianzas estratégicas.

### El rol estratégico de cada agente en la circularidad.

Cada actor involucrado en el sector de la construcción cumple una función única y, en muchos casos, determinante para el avance o bloqueo de estrategias circulares. Las decisiones tomadas en cada fase del ciclo de vida del edificio —desde la selección de materiales hasta su disposición final— están influenciadas por intereses económicos, marcos normativos, capacidades técnicas y modelos organizativos particulares.

Los principales **perfiles identificados en el ecosistema de construcción circular** son:

<b>Diseñadores y planificadores</b>	Arquitectos, ingenierías y consultoras ambientales tienen la capacidad de incorporar principios circulares desde la fase conceptual, determinando gran parte del impacto ambiental del edificio. Su rol también es clave en la prescripción de materiales y en la definición de estrategias de desmontaje y reutilización.
<b>Reguladores y certificadores</b>	Administraciones públicas y organismos técnicos que definen el marco legal, fijan incentivos y diseñan herramientas de verificación y trazabilidad. Su capacidad de liderazgo normativo es crítica para desbloquear barreras regulatorias y generar marcos habilitadores.
<b>Productores y proveedores de materiales</b>	Fabricantes y distribuidores que pueden innovar en soluciones con contenido reciclado, desarrollar pasaportes de materiales o garantizar la trazabilidad. Su transparencia y compromiso son esenciales para facilitar decisiones circulares aguas arriba.
<b>Constructores y ejecutores</b>	Empresas constructoras, subcontratas y operadores de logística inversa que materializan en obra las estrategias planteadas. Su capacidad de adaptación técnica y su colaboración con gestores de residuos condicionan la eficacia de la separación, recuperación y valorización en obra.
<b>Propietarios, usuarios y mantenedores</b>	Promotores, operadores inmobiliarios y usuarios finales que condicionan la durabilidad del edificio y su potencial de reconversión. Su comportamiento en el uso, mantenimiento y fin de vida del activo impacta directamente en la generación y reutilización de residuos.
<b>Financiadores e inversores</b>	Entidades financieras, fondos y promotores que asignan capital a proyectos de construcción. Su implicación permite escalar modelos de negocio sostenibles y generar rentabilidad en base a indicadores ambientales y sociales, además de económicos.
<b>Innovadores y gestores de residuos</b>	Startups, centros tecnológicos y operadores especializados que impulsan soluciones para revalorizar materiales, aplicar tecnologías de trazabilidad o implementar nuevos esquemas logísticos y de negocio basados en la circularidad.

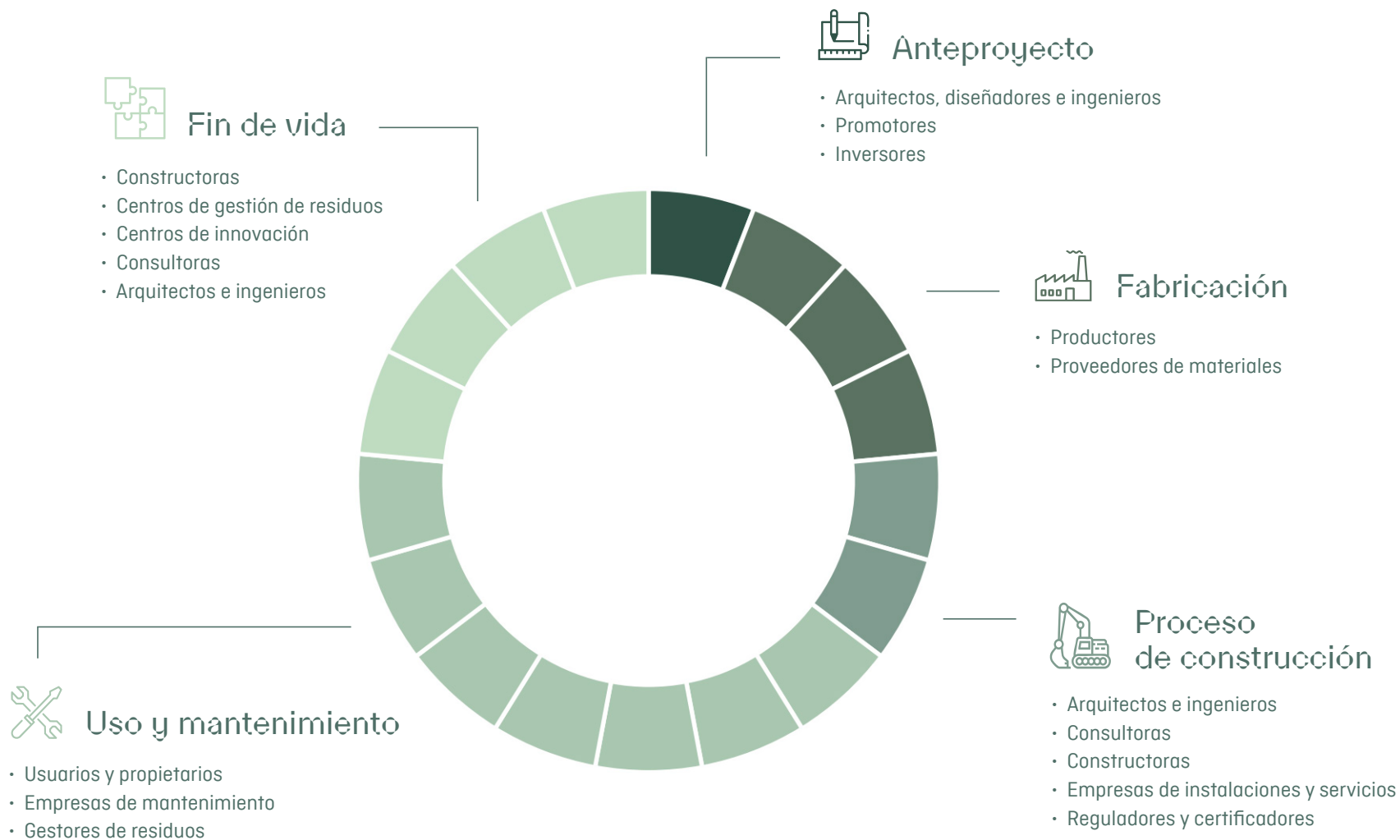


Gráfico 8. Etapas del ciclo de vida de un edificio · Fuente: Elaboración propia

### Dinámicas clave del ecosistema.

Las interacciones entre estos agentes no siempre están bien coordinadas. Se han identificado **brechas importantes en la comunicación y colaboración entre fases del ciclo de vida**, especialmente entre diseño y ejecución, o entre construcción y gestión de residuos. Asimismo, la falta de **alineación en incentivos económicos y normativos** entre distintos actores debilita la adopción de estrategias sostenibles de forma integrada. Por ejemplo:

- Promotores que priorizan costes iniciales bajos pueden desincentivar decisiones de diseño que permitirían una recuperación más eficiente de materiales al final del ciclo de vida.
- Constructores enfrentan barreras técnicas para implementar soluciones circulares si no cuentan con apoyo normativo o económico suficiente.
- Gestores de residuos pueden ver limitada su capacidad de valorización si no hay separación en origen ni demanda de productos reciclados.

### Oportunidad de co-diseño y valor compartido.

A pesar de estas barreras, el análisis del ecosistema demuestra que existe un alto potencial para **activar modelos de negocio colaborativos** que generen **valor compartido —económico, ambiental y social—**. La colaboración entre actores no solo puede facilitar la reutilización y reciclaje de materiales, sino también optimizar recursos, reducir costes y mejorar la resiliencia del sector.

En definitiva, la transformación del sector hacia la circularidad exige pasar de una lógica fragmentada a una **lógica sistémica de corresponsabilidad**. Comprender quiénes son los actores, cómo interactúan y qué capacidades poseen es el primer paso para diseñar estrategias alineadas, escalables y sostenibles.





### 3.2 Barreras económicas, tecnológicas y normativas.

La transición hacia un modelo de economía circular en la construcción enfrenta una serie **de barreras estructurales** que limitan la adopción de prácticas sostenibles en la gestión de residuos de construcción y demolición (RCD). Estas barreras abarcan aspectos normativos, económicos, técnicos, organizativos y culturales, y afectan transversalmente a toda la cadena de valor del sector.

Este análisis se ha elaborado a partir de la **colaboración directa de 17 empresas del ecosistema de la construcción en Cataluña**, que participaron respondiendo una encuesta estructurada sobre su experiencia práctica en la gestión de RCD. El cuestionario abordaba temas normativos, logísticos, económicos y operativos, con el objetivo de identificar las principales limitaciones que enfrentan en su actividad diaria.

Los resultados muestran una **coincidencia significativa en los obstáculos percibidos**, que se resumen en los siguientes bloques temáticos:

## Barreras normativas y regulatorias.

- **Falta de claridad y homogeneidad normativa:** Aunque existen marcos legislativos a nivel europeo y nacional que impulsan la economía circular, las empresas destacan la **ambigüedad de las regulaciones**, la **disparidad entre regiones** y la falta de criterios técnicos estandarizados. Esta situación genera **inseguridad jurídica** y ralentiza la adopción de nuevas prácticas.
- **Débil fiscalización y escaso control:** La limitada capacidad inspectora de las administraciones y la **ausencia de sanciones disuasorias** fomentan el incumplimiento normativo sin consecuencias, lo que penaliza a quienes sí intentan aplicar buenas prácticas.
- **Ausencia de incentivos económicos vinculados a la regulación:** La legislación vigente **no contempla beneficios fiscales o financieros** que premien la prevención, reutilización o valorización de RCD, lo que limita la competitividad de los modelos circulares frente al modelo lineal.



## Barreras económicas y de mercado.

- **Altos costes operativos y logísticos:** Una de las problemáticas más señaladas por las empresas es la **carga económica asociada a la logística, acopio y tratamiento** de los residuos, en especial cuando no existen infraestructuras de valorización próximas.
- **Precio competitivo del vertido:** El **bajo coste del vertido** sigue siendo una opción más rentable que las alternativas circulares, desincentivando prácticas de mayor valor ambiental.
- **Escasa demanda de materiales reciclados:** La **falta de mercado para productos reciclados** y la percepción de menor calidad impiden que se consoliden cadenas de suministro circulares viables.



## Barreras técnicas y logísticas.

- **Deficiencias en la separación en origen:** Las empresas destacan la **mezcla de residuos durante la ejecución de obra** como una de las principales limitaciones técnicas, ya que dificulta su valorización.
- **Limitaciones tecnológicas:** Si bien existen avances en técnicas de reciclaje, **muchas tecnologías aún no son accesibles ni escalables** para el conjunto del sector, especialmente en proyectos de menor dimensión.
- **Cobertura territorial insuficiente:** La **falta de plantas de valorización cercanas o de gestores especializados** complica la implementación de soluciones circulares, especialmente fuera del área metropolitana.

## Barreras organizativas y culturales.

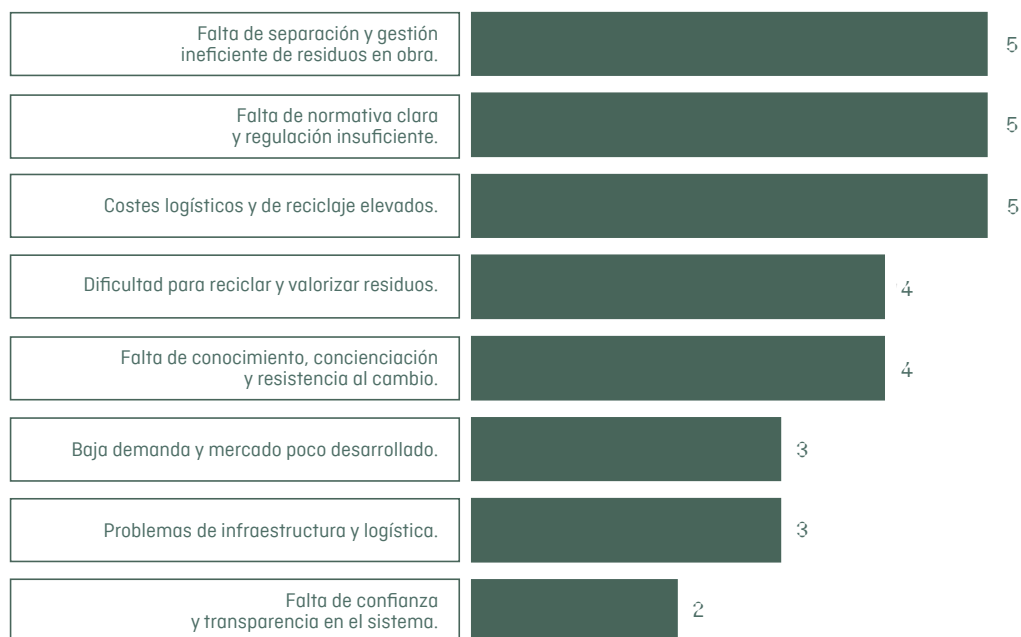
- **Falta de formación técnica específica:** La **carencia de conocimiento especializado** entre operarios, técnicos y responsables de obra impide la correcta aplicación de prácticas circulares.
- **Resistencia al cambio:** El sector sigue mostrando una **fuerte inercia hacia modelos tradicionales**, lo que ralentiza la incorporación de procesos innovadores.
- **Escasa integración del enfoque circular desde el diseño:** La economía circular no suele incorporarse en las fases iniciales del proyecto, lo que limita las posibilidades de reutilización y desmontaje selectivo durante la ejecución.

## Barreras del mercado.

- **Preferencia por materiales vírgenes:** La **percepción de mayor calidad, durabilidad o facilidad de prescripción** de los materiales nuevos sigue predominando, en detrimento de las soluciones recicladas.
- **Falta de estándares y certificaciones:** La **ausencia de normativas técnicas claras y sellos de calidad específicos** para materiales reciclados es un obstáculo relevante para su aceptación en proyectos exigentes.

En conjunto, los resultados de la encuesta muestran que las **principales barreras percibidas por las empresas son de carácter logístico y económico**, vinculadas a la **falta de infraestructura**, el **coste del tratamiento circular** y la **ausencia de un marco normativo claro y aplicable**. Asimismo, se pone de manifiesto una **falta generalizada de conocimiento y concienciación** entre los actores del proceso constructivo, lo que refuerza la necesidad de acompañar la transformación técnica con estrategias de formación y sensibilización.

El gráfico adjunto a este apartado y el enlace incluido en el anexo del informe permiten consultar el detalle de las respuestas obtenidas. Este ejercicio ha sido clave para validar empíricamente las barreras estructurales ya señaladas en la literatura, y ha permitido **orientar las fases posteriores del proyecto hacia soluciones concretas y contextualizadas**.



**Gráfico 9.** Barreras detectadas en la gestión de RCD.

**Fuente:** Elaboración propia en base a los resultados de la encuesta.



### 3.3. Oportunidades en la gestión de RCD.

Además de las barreras estructurales que limitan la circularidad en la gestión de los RCD, existen oportunidades con alto potencial de impacto. Estas **oportunidades**, recogidas a partir de la encuesta realizada con actores del sector, ofrecen vías para acelerar la transición hacia modelos más sostenibles y eficaces.

A continuación, se presentan algunas de las más relevantes, con enfoque técnico y aplicación práctica:

#### 1. Desarrollo y mejora de infraestructuras de valorización.

Uno de los principales cuellos de botella operativos en Cataluña es la **falta de plantas de tratamiento y valorización**, que limita el acceso a soluciones circulares especialmente fuera del área metropolitana de Barcelona. La ampliación de la red de infraestructuras —ya sea mediante inversión pública, concesiones mixtas o incentivos a operadores privados— permitiría:

- Reducir los costes logísticos de transporte de residuos y facilitar su valorización in situ.
- Desarrollar nuevas tecnologías de separación y transformación que permitan una **mayor valorización de fracciones actualmente subutilizadas** (yeso, plásticos, materiales compuestos, aislantes, etc.).
- Aumentar la eficiencia en el cumplimiento de los objetivos de valorización establecidos por la normativa (70% mínimo según la Directiva 2008/98/CE).
- Esta oportunidad también conlleva la posibilidad de crear **clusters territoriales de economía circular**, generando sinergias logísticas entre gestores, constructores, operadores de transporte y administraciones locales.



## 2. Incorporación de la figura del Waste Manager en obra.

Una de las oportunidades emergentes en la mejora operativa de la gestión de RCD es la incorporación, dentro de los equipos de obra, de un perfil técnico específico: el Waste Manager. Este profesional tiene como función principal **asegurar la correcta segregación y clasificación de los residuos en origen, velando por su trazabilidad y destino hacia vías de valorización adecuadas.**

Entre sus responsabilidades destacan:

- Identificación y etiquetado de residuos según códigos LER, garantizando su correcta separación y almacenaje temporal en obra.
- Formación continua a los equipos operativos sobre buenas prácticas ambientales y protocolos de segregación.
- Coordinación con la dirección de obra y logística para anticipar nuevos flujos de residuos según las fases constructivas.
- Registro y control de datos clave sobre cantidades y tipologías de residuos generados.

La presencia del Waste Manager permite profesionalizar la gestión in situ, facilitar el cumplimiento normativo, y optimizar la valorización de materiales, especialmente en proyectos de gran escala o licitaciones con requisitos ambientales avanzados. Esta figura también puede actuar como enlace entre constructora, gestores y administración, facilitando la integración de criterios circulares en tiempo real durante la ejecución.

### 3. Incentivos económicos y fiscales que fomenten modelos circulares.

Para equilibrar el diferencial de costes entre opciones circulares y el vertido convencional.

Entre sus responsabilidades destacan:

- **Incrementar progresivamente el canon de vertido** para reflejar los costes ambientales reales de esta práctica y desincentivar su uso sistemático.
- Introducir **bonificaciones fiscales o deducciones impositivas** para proyectos que integren prácticas de reutilización, uso de materiales reciclados o sistemas de gestión avanzados.
- Establecer líneas específicas de **financiación verde** para iniciativas de innovación en construcción circular, incluyendo I+D aplicada, proyectos piloto o desarrollo de tecnologías.
- Aplicar el principio de “quien contamina paga” mediante **seguros o garantías financieras** (como establece el RD 208/2022) que cubran riesgos asociados al mal tratamiento de RCD.

Estas iniciativas permitirían **acelerar la rentabilidad de modelos circulares** y reducir la dependencia de subvenciones puntuales, creando un entorno propicio para la inversión.





#### 4. Desarrollo de mercados para materiales reciclados.

El bajo nivel de demanda de materiales reciclados es una barrera clave para la economía circular. Sin embargo, existen múltiples palancas para dinamizar este mercado:

- **Introducir requisitos mínimos de contenido reciclado en licitaciones públicas**, especialmente en obras de edificación y urbanización.
- Establecer **estándares técnicos armonizados y certificaciones de calidad** para materiales reciclados, lo que generaría confianza entre promotores, proyectistas y constructores.
- Crear una **plataforma pública de intercambio y trazabilidad de materiales recuperados** (tipo bolsa de subproductos), que permita el acopio, clasificación y comercialización de materiales post-consumo.
- Fomentar **alianzas entre gestores, fabricantes y constructoras** para codesarrollar soluciones técnicas que incorporen estos materiales sin comprometer el rendimiento estructural ni normativo.

**Desde el punto de vista del mercado, se trata de transitar de una lógica de “residuo gestionado” a una de “material valorizado y ofertado”, en línea con las cadenas de suministro industrial.**

#### 5. Integración de la circularidad en fases tempranas del diseño y la planificación.

Uno de los errores más frecuentes en la gestión de RCD es abordarla como una **fase reactiva al final de obra**. Sin embargo, integrar la circularidad desde la **fase de proyecto y diseño técnico** permite:

- **Planificar la segregación en origen** mediante estrategias de zonificación funcional y secuencias de desmontaje.
- Diseñar soluciones **constructivas reversibles o desmontables** que faciliten la reutilización de componentes enteros.
- Prever espacios y circuitos logísticos en obra para la **clasificación eficiente de residuos**.
- Incluir en el pliego de condiciones **requisitos circulares** (por ejemplo, pasaportes de materiales o análisis de ciclo de vida).



## 6. Capacitación técnica y sensibilización sectorial.

La falta de conocimiento técnico sobre gestión circular de RCD sigue siendo una limitación estructural. Abordar esta carencia representa una oportunidad estratégica para:

- Desarrollar **programas de formación técnica reglada y continua** para operarios, jefes de obra, arquitectos, ingenieros y gestores.
- Crear **manuales sectoriales y guías prácticas** para aplicar la normativa y buenas prácticas en obra.
- Incluir contenidos sobre economía circular y gestión de RCD en **planes de estudio de formación profesional, arquitectura y construcción**.
- Activar campañas de **sensibilización específicas por perfil profesional**, que aborden tanto la viabilidad técnica como el impacto ambiental y económico de las decisiones.

Desde un enfoque de transformación sectorial, la capacitación es una **condición habilitante transversal**, sin la cual ninguna política o tecnología puede implementarse eficazmente.

## 7. Digitalización y trazabilidad.

Finalmente, la digitalización ofrece una oportunidad sin precedentes para **mejorar la transparencia, eficiencia y trazabilidad** en toda la cadena de gestión de los RCD:

- Incorporación de **pasaportes de materiales**, especialmente en rehabilitación y deconstrucción.
- Uso de herramientas BIM para **modelar la generación de residuos ex ante** y prever estrategias de minimización.
- Implementación de **plataformas digitales de seguimiento**, con registro en tiempo real de entradas y salidas de residuos, destino final, operador responsable, etc.
- Aplicación de sistemas de **trazabilidad blockchain** en licitaciones complejas o proyectos de alta exigencia ambiental.
- Generación de **indicadores agregados por obra, territorio o sector**, que permitan la mejora continua basada en evidencia.

Estas soluciones permitirían además **facilitar el cumplimiento normativo**, reducir el fraude, y sentar las bases para futuros mecanismos de responsabilidad ampliada del productor (EPR) o fiscalidad ambiental inteligente.



### 3.4. Casos de éxito y buenas prácticas.

La aplicación práctica de los principios de economía circular en el sector de la construcción comienza a consolidarse en Europa mediante una serie de **iniciativas, proyectos piloto y modelos de negocio innovadores**. Las buenas prácticas recogidas en este apartado están estructuradas a partir del marco de las "7 R" de la economía circular: Rediseñar, Reducir, Reutilizar, Reparar, Renovar, Recuperar y Reciclar. Este enfoque, desarrollado a partir del modelo R-Ladder, amplía el tradicional paradigma de las 3R, ofreciendo una visión más integral y jerárquica de las estrategias circulares.

A continuación, veremos como 7 casos de éxito siguiendo el modelo de las 7R se relaciona también con las distintas etapas de la vida útil de un edificio.

7R	Diseño	Materiales	Construcción	Uso y mantenimiento	Fin de vida
<b>Rediseñar:</b> Pay-per-Lux	✓	✓	✓	✓	✓
<b>Reducir:</b> Rieder	✓	✓	✓		
<b>Reutilizar:</b> Pabellón Circular	✓	✓	✓		✓
<b>Reparar:</b> Kintsugi Court		✓	✓	✓	
<b>Renovar:</b> Escola d'Art La Industrial	✓	✓	✓		✓
<b>Recuperar:</b> 35 Capucines	✓	✓	✓		✓
<b>Reciclar:</b> Saint-Gobain Glass		✓	✓		✓

Gráfico 10. Casos de éxitos según las etapas de vida útil de un edificio - Fuente: Elaboración propia.

## Las 7 R's: Rediseñar.



### Rediseñar

Diseñar o fabricar productos y edificios **manteniendo su funcionalidad, pero con una visión circular:** evitando residuos y contaminación futura.

### ¿CÓMO?

- ✓ Reducir el uso de materias primas.
- ✓ Evitar residuos durante el proceso de fabricación, uso y fin de vida útil.
- ✓ Aplicando **criterios de DfD**.
- ✓ Intensificar el uso del producto/edificio (PaaS, uso multifuncional, adaptabilidad).

### Modelo de negocio: producto como servicio

- ✓ Reducción de costos iniciales.
- ✓ Eficiencia energética.
- ✓ Circularidad de los productos.



El modelo **PAY-PER-LUX** ofrece iluminación como servicio en lugar de vender luminarias, fomentando el diseño de productos duraderos y reparables, reduciendo el uso de recursos y mejorando la eficiencia energética.

### PHILIPS PaaS – PAY PER LUX

Pay-per-lux - Atlas of the Future —  
Atlas of the Future National Union of Students | Philips lighting

Fuente: Imagen de Philips.





**RIEDER** ha innovado en fachadas de hormigón reduciendo significativamente el uso de cemento, logrando materiales reciclables y de baja huella de carbono que mantienen las prestaciones técnicas.

### CLT vs Entramado ligero de madera, RIEDER

Rieder looks to ancient Rome to reduce cement content in concrete panels [dezeen.com]

**Fuente:** Imágenes de casas de madera a medida, RIEDER.

## Las 7 R's: Reducir.

### ¿CÓMO?

- ✓ Reducir el uso de materias primas.
- ✓ Reducir el consumo energético y de agua a través de estrategias pasivas de diseño y equipamiento eficiente.
- ✓ Reducir el uso de **materiales tóxicos** o nocivos.
- ✓ Incrementar la eficiencia en la fabricación / construcción (adaptabilidad).
- ✓ Utilizar productos y espacios de manera **más eficiente**.
- ✓ Optimizar los volúmenes y áreas de los edificios (más compacidad).



### Reducir

Disminuir tanto la **cantidad de productos/materiales que consumimos al construir nuestros edificios**, como los que **generamos como residuos**.

Así mismo, **disminuir el uso de productos nocivos** para las personas y el medio ambiente en la construcción y rehabilitación de edificios.

**Modelo de negocio:** B2B (business-to-business) con foco en materiales sostenibles y arquitectura prefabricada.

- ✓ Producción y venta de materiales sostenibles.
- ✓ Materiales reciclables.
- ✓ Innovación.

## Las 7 R's: Reutilizar.



### Reutilizar

Dar un nuevo uso a los **productos y edificios que ya han sido utilizados** para su finalidad principal, para **alargar su vida útil** y, de esta forma, **frenar la producción excesiva de residuos**.

### ¿CÓMO?

- ✓ Reutilizar productos/edificios para el mismo uso inicial
- ✓ Reutilizar productos / edificios para distinto uso a la inicial.

### Modelo de negocio: diseño circular

- ✓ Reutilización de materiales.
- ✓ Diseño modular que facilita su montaje y desmontaje.
- ✓ Concientización.



**EL PABELLÓN CIRCULAR** ejemplifica la reutilización total de materiales mediante un diseño modular desmontable y componentes recuperados, demostrando el potencial del diseño para el desmontaje (DfD) en construcciones temporales y circulares.

### PABELLON CIRCULAR – Encore Heureux Architects

<https://www.archdaily.cl/cl/779990/el-pabellon-circular-encore-heureux-architects>

Fuente: Imagen de Cyrus Cornut. Arch Daily



El proyecto **KINTSUGI COURT** muestra cómo la reparación puede regenerar infraestructuras urbanas, priorizando materiales duraderos, mantenimiento planificado y participación comunitaria como vías de resiliencia ambiental y cohesión social.

**KINTSUGI – Campo de baloncesto, Víctor Solomon**

<https://www.dezeen.com/2020/08/18/victor-solomon-kintsugi-court-basketball/>

Fuente: Imagen de iFixit.

Las 7 R's: Reparar.

¿CÓMO?

✓ Establecer planes de mantenimiento y reparación para todos los **elementos** dentro de un edificio **susceptibles de sufrir daños o con vida útil inferior** a la del propio edificio.

**Reparar**

Arreglar productos, materiales o partes de edificios que han sufrido **daños o no funcionan correctamente para prolongar su vida útil, reducir el uso de materias primas y energía y limitar la producción de residuos.**



**Modelo de negocio:** proyecto urbano regenerativo

- ✓ Restauración.
- ✓ Materiales de larga duración y baja huella ambiental.
- ✓ Concientización.

## Las 7 R's: Renovar.



### Renovar

Restablecer el estado inicial de un material o edificio, que está en desuso o ha perdido su función. Es posible restablecer su función inicial o dar un nuevo uso diferente al original. Prolonga la vida útil del edificio y evita la producción de una gran cantidad de residuos de demolición.

### ¿CÓMO?

- ✓ Rehabilitar un edificio existente manteniendo su función original.
- ✓ Rehabilitar un edificio existente y darle un nuevo uso.

### Modelo de negocio: producto como servicio

- ✓ Restauración.
- ✓ Ahorro de materias primas.
- ✓ Valorización del patrimonio cultural.



La rehabilitación de la **ESCOLA D'ART LA INDUSTRIAL** ejemplifica la renovación circular: conservar el uso original, mejorar la eficiencia energética y material, y prolongar la vida útil del edificio reduciendo RCD y preservando patrimonio.

### Escola d'art La Industrial

<https://www.diba.cat/es/web/la-industrial>

Fuente: Diputació Barcelona.



El proyecto **35 CAPUCINES** demuestra el potencial del re-uso y la recuperación urbana: gracias a la colaboración entre agentes, se lograron clasificar, desmontar y reincorporar materiales constructivos en nuevos proyectos, consolidando modelos de negocio circulares.

### 35 Capucines\_Paris

Cycle Up - Proyecto de 5000m2 de oficinas y reuso de materiales]

Fuente: Imagen de Cycle Up.

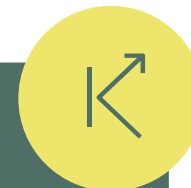
## Las 7 R's: Recuperar.

### ¿CÓMO?

- ✓ Recuperar productos ya utilizados.
- ✓ Recuperar energía de los materiales
- ✓ Recuperar residuos de otros materiales para crear materiales/productos nuevos.

### Recuperar

Volver a poner en servicio materiales o productos ya usados, para poder reintroducirlos como materia prima en el proceso productivo y crear nuevos productos.



### Modelo de negocio: proyecto urbano regenerativo

- ✓ Restauración.
- ✓ Materiales de larga duración y baja huella ambiental.
- ✓ Concientización.

## Las 7 R's: Reciclar.



### Reciclar

Someter un material usado a un proceso para que se pueda volver a utilizar.

Este proceso utiliza una cantidad inferior de agua, energía y materias primas que fabricar el producto como si fuese nuevo.

### ¿CÓMO?

- ✓ Utilizar materiales y productos reciclados y reciclables.
- ✓ Establecer planes de gestión de residuos que aseguren la reciclabilidad de los materiales.
- ✓ Procesar y reutilizar materiales.

### Modelo de negocio: take back para reciclaje

- ✓ Reducción de extracción de materias primas vírgenes.
- ✓ Ciclo continuo de uso y reciclaje.
- ✓ Red de socios especializados en la recolección y desmantelamiento de productos de vidrio.



La rehabilitación de la **ESCOLA D'ART LA INDUSTRIAL** ejemplifica la renovación circular: conservar el uso original, mejorar la eficiencia energética y material, y prolongar la vida útil del edificio reduciendo RCD y preservando patrimonio.

### Escola d'art La Industrial

<https://www.diba.cat/es/web/la-industrial>

Fuente: Diputació Barcelona.

# 4. Análisis y diseño de modelos de negocio circulares.





La identificación y el desarrollo de modelos de negocio circulares en el ámbito de los residuos de construcción y demolición (RCD) requiere un enfoque colaborativo, sustentado no solo en el conocimiento técnico, sino también en la experiencia y el bagaje de los actores que componen la cadena de valor del sector. Con este objetivo, el proyecto **impulsó un proceso participativo a través de talleres de co-creación** en los que participaron empresas, técnicos, gestores de residuos, fabricantes de materiales, promotores y otros agentes relevantes del ecosistema de la construcción en Cataluña.



## 4.1. Metodología y desarrollo de los talleres participativos.

Se realizaron dos talleres presenciales con agentes clave del ecosistema de la construcción en Cataluña, diseñados con enfoque sistémico y colaborativo para co-crear soluciones circulares aplicables a los RCD.

### Taller 1 – 6 de marzo de 2025.

**Objetivo:** Idear iniciativas para prevenir, reducir y valorizar RCD de forma colaborativa.

#### Dinámicas realizadas:

**1.** Generación de ideas por grupos heterogéneos en torno al marco normativo, la trazabilidad digital, el ecodiseño, la logística inversa, los modelos de colaboración o la formación sectorial.

**2.** Desarrollo operativo de 4 de las propuestas presentadas, explorando cómo podrían funcionar en la práctica, qué agentes deberían participar en su implementación, y cuáles serían las principales barreras y estrategias de superación.

Las iniciativas seleccionadas fueron:

- Sistema Take-back para materiales reutilizables.
- Banco de materiales.
- Segregación de residuos desde origen.
- Integración del ecodiseño en todo el ciclo de vida del proyecto constructivo.

## Taller 2 – 1 de abril de 2025

**Objetivo:** Diseñar sistemas de recuperación y valorización para flujos materiales prioritarios.

### Flujos analizados:

- Lana de roca.
- Divisorias de yeso laminado.
- Plásticos.

Estos materiales fueron escogidos como casos de estudio por su relevancia, complejidad y capacidad de revalorización, pero no limitan el alcance final del piloto, que podrá integrar otros flujos de materiales interesantes de analizar también.

### Dinámica:

La dinámica se estructuró en tres grupos de trabajo, cada uno asignado a uno de los flujos, que desarrollaron sistemas que abarcan desde el diseño del proyecto hasta la valorización del material recuperado, identificando actores clave, dificultades operativas y posibles soluciones habilitadoras.

La sesión final permitió identificar sinergias y principios comunes (separación en el origen, formación, trazabilidad, mercados secundarios, entre otros), que sirvieron como base para el diseño del piloto.

Las fichas detalladas están disponibles en el anexo.



## 4.2. Principales resultados obtenidos.

Ambos talleres, complementarios entre sí, abordaron diferentes fases del proceso de transición hacia un modelo más circular. Mientras que el primer taller se centró en la ideación colectiva y el diseño inicial de iniciativas transformadoras, el segundo se enfocó en el desarrollo técnico-operativo de sistemas de recuperación específicos para flujos de materiales concretos, orientados a una futura implementación piloto.

### Taller 1 – Co-creación de iniciativas circulares en torno a los RCD.

La primera dinámica se estructuró en torno a la pregunta catalizadora: *¿Cómo podríamos prevenir, reducir y valorizar los residuos de construcción y demolición (RCD) involucrando a agentes clave de la cadena de valor?*

A partir de esta consigna, los grupos de trabajo —compuestos por perfiles diversos del ecosistema constructivo— generaron propuestas innovadoras agrupadas en los siguientes ejes temáticos:

#### Marco normativo y políticas públicas

En el ámbito normativo y fiscal, las ideas apuntan a la necesidad de ajustar la regulación para hacer obligatoria la segregación de residuos en obra e incrementar el uso mínimo de materiales reciclados, actualmente muy bajo. Se considera clave revisar la definición legal de “fin de condición de residuo” para facilitar la reutilización, incrementar la tasa de vertedero como medida disuasiva y orientar las licitaciones públicas a objetivos de valorización más ambiciosos, superando los mínimos establecidos por ley.

### **Modelos de gestión de residuos:**

Se sugiere designar responsables específicos para la gestión de los residuos de construcción y demolición (Waste Managers), establecer sistemas eficientes de separación y reciclaje in situ y aprovechar la logística existente para facilitar la recogida de materiales sustituidos. Además, se considera necesario que los proyectos puedan incorporar mejoras ambientales durante la ejecución, más allá del que se define inicialmente.

### **Diseño circular:**

Se destaca la importancia de valorar económicamente aquellos materiales y componentes con más potencial de reaprovechamiento, establecer sistemas de retorno con fabricantes para garantizar una segunda vida en los productos, y aplicar criterios de ecodiseño que faciliten la deconstrucción. También se propone integrar el mantenimiento al diseño de los edificios y promover la creación de bancos de materiales y centros de recursos urbanos para facilitar la reutilización y la gestión circular.

### **Digitalización y trazabilidad:**

Se considera fundamental mejorar el acceso a datos de proyecto, digitalizar la información relevante y establecer pasaportes digitales de materiales para entender los edificios como reservas de recursos, facilitando el desmantelamiento futuro con criterios circulares.

### **Mercado y producto:**

Reconocimiento y certificación del valor económico de los materiales reciclados para incentivar su uso.





### Nombre de la propuesta 1: TAKE-BACK SYSTEM



**Descripción:** Sistema de recuperación de materiales y componentes de obra que permite su reincorporación a la cadena de valor mediante dos salidas: reutilización o reciclaje por parte del fabricante.



**Aplicación:** Placas de yeso



**Agentes involucrados:**

- Líder de la iniciativa: Promotor.
- Agentes clave para la ejecución: Constructor y fabricantes.
- Agentes para mantener informados: Toda la cadena de valor (técnicos, dirección facultativa, etc.).
- Agentes de soporte: Empresas que gestionen plataformas digitales de trazabilidad.



**Principales dificultades:**

- Los fabricantes se responsabilizan de sus propios productos, dificultando la gestión global.
- Falta de claridad sobre quién asume los costes adicionales de logística.
- Costes de separación y gestión del residuo no asignados de forma clara.



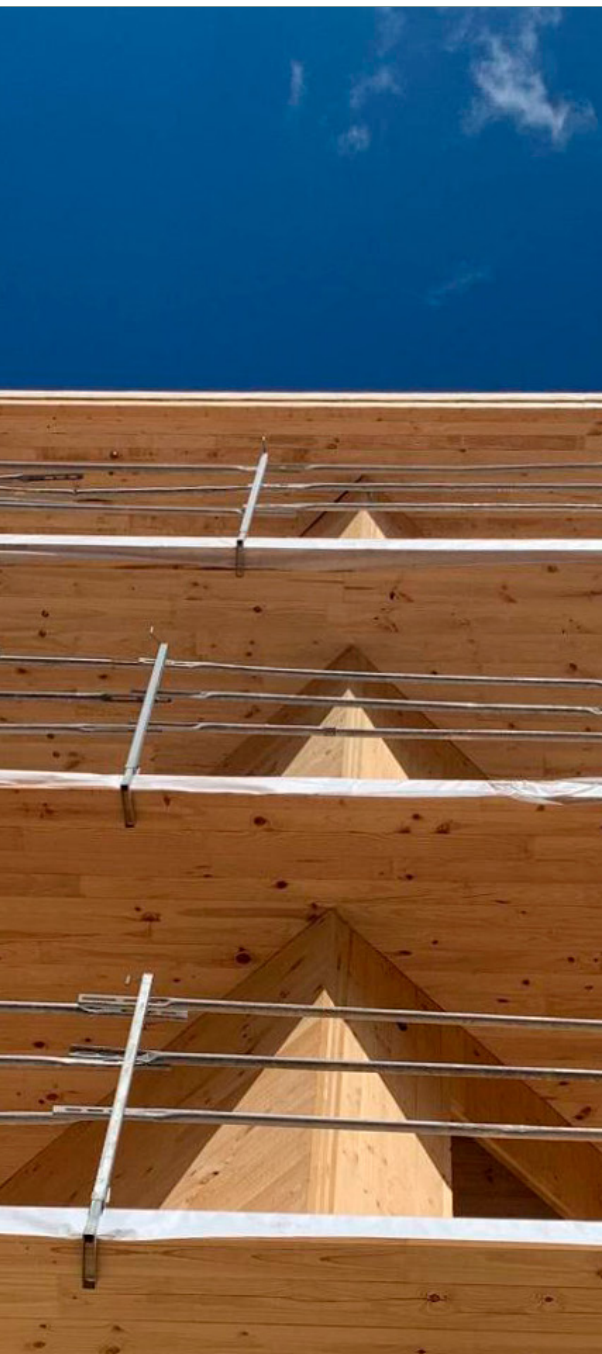
**Solución propuesta:** Implementación de plataforma digital para trazabilidad y reparto de responsabilidades.



**Estrategias circulares (7Rs):**  Reutilizar  Recuperar

<b>Nombre de la propuesta 2: BANCO DE MATERIALES</b>	
	<b>Descripción:</b> Sistema estructurado para gestionar y reutilizar materiales y componentes procedentes de edificaciones en desuso, evitando que se conviertan en residuos. Parte del principio de que los edificios son reservas temporales de recursos, los cuales pueden ser recuperados, clasificados y reintegrados en nuevos proyectos constructivos.
	<b>Aplicación:</b> Flujos materiales como metales, minerales, madera y aislantes limpios.
	<b>Agentes involucrados:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Líder de la iniciativa:</b> Administración pública.</li> <li>• <b>Agentes clave para la ejecución:</b> Constructores, fabricantes y prescriptores.</li> <li>• <b>Agentes para mantener informados:</b> Administración pública.</li> <li>• <b>Agentes de soporte:</b> Fabricantes y expertos internacionales y fabricantes con experiencia.</li> </ul>
	<b>Principales dificultades:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil de implementar en proyectos de gran escala por la disponibilidad limitada de materiales reutilizables.</li> <li>• La reutilización presenta desafíos técnicos y de confianza en la calidad de los materiales recuperados.</li> </ul>
	<b>Solución propuesta:</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Priorizar el mantenimiento en grandes obras como alternativa viable.</li> <li>• Establecer certificados de calidad para materiales reutilizados.</li> <li>• Ofrecer incentivos para fomentar su compra e integración en nuevos proyectos.</li> </ul>
	<b>Estrategias circulares (7Rs):</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>✓ Rediseñar</li> <li>✓ Reducir</li> <li>✓ Reutilizar</li> <li>✓ Reparar</li> <li>✓ Recuperar</li> </ul>





Nombre de la propuesta 3: ECODISEÑO	
	<p><b>Descripción:</b> Iniciativa orientada a la integración del ecodiseño en todo el ciclo de vida de los materiales de construcción, con el objetivo de reducir el impacto ambiental y aumentar la trazabilidad de los recursos empleados basado en:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar flujos de materiales desde una perspectiva de ciclo de vida.</li> <li>• Integrar indicadores de biodiversidad y huella de carbono en la selección de materiales.</li> <li>• Desarrollar modelos de arquitectura inversa escalables a todo tipo de construcciones, que permitan: <ul style="list-style-type: none"> <li>- Reducir los RCD y la diversidad de fracciones generadas.</li> <li>- Aumentar la trazabilidad de los materiales en obra.</li> </ul> </li> </ul> <p><b>Se propuso aplicar esta lógica a 4 niveles:</b>  Producto (materiales reciclables, descarbonizados y reutilizables) , solución constructiva, ejecución (metodologías) y trazabilidad.</p>
	<p><b>Aplicación:</b> Valorable para todos los tipos de flujos de residuos.</p>
	<p><b>Agentes involucrados:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <b>Agentes clave para la ejecución:</b> Arquitectos, constructores y fabricantes de materiales.</li> <li>• <b>Agentes de soporte:</b> Figuras de control del proceso por etapa ("Ecocontrollers").</li> </ul>
	<p><b>Principales dificultades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Difícil de implementar en proyectos de gran escala por la disponibilidad limitada de materiales reutilizables.</li> <li>• La reutilización presenta desafíos técnicos y de confianza en la calidad de los materiales recuperados.</li> </ul>
	<p><b>Estrategias circulares (7Rs):</b> <input checked="" type="checkbox"/> Rediseñar <input checked="" type="checkbox"/> Reducir <input checked="" type="checkbox"/> Reutilizar</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> Reparar <input checked="" type="checkbox"/> Renovar <input checked="" type="checkbox"/> Recuperar <input checked="" type="checkbox"/> Reciclar</p>

## Nombre de la propuesta 4: SEGREGACIÓN DE RESIDUOS



**Descripción:** Propuesta centrada en mejorar la gestión de los RCD mediante la segregación desde el origen, considerando tres fases clave del proceso constructivo:

### 1. Demolición:

- Realizar un diagnóstico selectivo previo (inventario de materiales) para prever qué materiales y componentes estarán disponibles al final de vida útil del edificio.
- Planificar desde el diseño la salida de esos materiales, generando un mercado secundario con materiales clasificados según su tipo (LER).

### 2. Construcción:

- Involucrar a fabricantes y transformadores intermedios.
- Estimular su participación mediante incentivos económicos o normativos.
- Penalizar todo aquello que acabe en vertedero o en valorización energética.



**Aplicación:** Valorable para todos los tipos de flujos de residuos.



### Agentes involucrados:

- **Líder de la iniciativa:** Empresa de demolición o constructora.
- **Agentes clave para la ejecución:** Constructoras, subcontratas, transportistas, gestores de residuos y ARC.
- **Agentes para mantener informados:** ARC, promotores y propietarios.
- **Agentes de soporte:** Fabricantes, arquitectos, prescriptores, proveedores de materias



### Principales dificultades:

- Costes y tiempos asociados a los recursos necesarios.
- Disponibilidad de espacio para almacenamiento.
- Comodidad e inercia operativa.
- Falta de control legislativo.
- Desconocimiento sobre materiales recuperables.
- Falta de mercado de salida para los residuos valorizables.



**Estrategias circulares (7Rs):**  Rediseñar  Reducir  Reutilizar  Reparar  Recuperar  Reciclar



## Taller 2 – Diseño de nuevos sistemas para la recuperación y valorización de RCD.

El segundo taller, titulado “**Diseño de nuevos sistemas para la recuperación y valorización de RCD**”, tenía como objetivo co-diseñar propuestas operativas para sistemas de recuperación de residuos de construcción y demolición que sirvieran como base conceptual para la futura fase piloto del proyecto. Para esto, la empresa Calaf presentó proyectos reales de obra nueva que podrían servir como entornos viables para testear sistemas de valorización de residuos. Entre los casos compartidos se incluyeron obras residenciales y de oficina, de distintas dimensiones y en diferentes etapas de construcción.

Durante la sesión se trabajó específicamente sobre tres flujos de materiales considerados prioritarios por su relevancia, complejidad operativa y potencial de recuperación: **lana de roca, divisorias de yeso laminado y plásticos**.

La dinámica se estructuró en tres grupos de trabajo, cada uno asignado a uno de los flujos, que desarrollaron sistemas que abarcan desde el diseño del proyecto hasta la valorización del material recuperado, identificando actores clave, dificultades operativas y posibles soluciones habilitadoras.



### **Grupo 1: Lana de roca.**

El grupo diseñó un sistema en cinco fases, desde la planificación del residuo en obra hasta su reintroducción en procesos productivos. Se identificaron barreras críticas como la inexistencia de un gestor intermediario, los altos costes de transporte debido al bajo peso del material y la ausencia de una Responsabilidad Ampliada del Productor (RAP) específica. Se propusieron soluciones como la digitalización del seguimiento mediante plataformas de trazabilidad, acuerdos con fabricantes y el uso de técnicas de prensado para facilitar la logística.

### **Grupo 2: Placas de yeso laminado.**

El grupo desarrolló una propuesta detallada basada en cinco etapas clave: diseño del proyecto, trámites documentales, ejecución y separación del material, transporte y gestión, y valorización. Se destacó la necesidad de diseñar desde el inicio para el desmontaje, la integración de gestores autorizados en la planificación y el uso de puntos verdes temporales en obra. Las principales barreras fueron la falta de aceptación del residuo por parte de gestores y la necesidad de formación técnica. Se propuso incorporar la figura del “Waste Manager” y plataformas digitales de trazabilidad como herramientas facilitadoras.

### Grupo 3: Plásticos

El grupo propuso un sistema que combina acciones de frontstage (recepción, separación y carga) y backstage (inventariado, planificación y documentación). Se enfatizó el valor del pasaporte digital de producto y la necesidad de formar un especialista en obra que identifique residuos con potencial de valorización. Las barreras más destacadas fueron los bajos costes de vertido, la humedad de los residuos, y la desconexión entre fabricantes y potenciales consumidores. Como solución, se sugirió promover contratos de compromiso entre agentes y explorar alternativas como la valorización energética o química.

La sesión concluyó con una puesta en común de los resultados y aprendizajes, que permitió detectar sinergias entre flujos y establecer una base sólida para el diseño del piloto en obra real. Las propuestas se orientaron a ser replicables, digitalizadas y adaptadas a las características logísticas del entorno urbano y metropolitano.

Ambos talleres permitieron validar la viabilidad de distintas soluciones circulares y sentaron las bases conceptuales para el diseño del piloto en obra real. A su vez, revelaron la necesidad de integrar desde etapas tempranas del proyecto criterios de circularidad, y de fomentar mecanismos de colaboración estables entre fabricantes, constructoras, gestores y prescriptores.

Estos aprendizajes serán clave para orientar la siguiente fase del proyecto, centrada en la experimentación, el testeo de sistemas circulares en contextos reales y la validación práctica de su aplicabilidad y escalabilidad.



# 5. Fase de piloto en obra de construcción.





## 5.1. Diseño experimental en entorno de obra.

El piloto se desarrolla en un **proyecto residencial ubicado en El Prat de Llobregat, con una superficie total construida de 8.039 m<sup>2</sup> de uso residencial y 3.255 m<sup>2</sup> bajo rasante**, que incluye 101 viviendas, 69 trasteros y 110 plazas de aparcamiento. La obra se encuentra en fase final de construcción, una etapa en la que se genera una proporción significativa de residuos mixtos junto con fracciones específicas de difícil valorización.



Inicialmente, los talleres de co-diseño plantearon la posibilidad de articular tres pilotos paralelos en tres obras distintas, centrados en flujos prioritarios (lana de roca, placas de yeso laminado y plásticos). Sin embargo, la transición de esta propuesta conceptual a un entorno real evidenció algunas limitaciones operativas:

- Inexistencia de soluciones para ciertos materiales, como en el caso de la lana de roca, donde no se identificó ningún gestor o sistema establecido para su recuperación y reciclaje.
- Ausencia de un esquema de valorización viable para las placas de yeso laminado, lo que dificultaba establecer una cadena clara de recogida, tratamiento y reincorporación del material.
- Necesidad de formación especializada, ya que la implementación simultánea de tres pilotos en distintas obras requería un grado elevado de capacitación y coordinación de equipos que, en esta etapa del proyecto, no resultaba factible.

Ante este escenario, se optó por reorientar la estrategia hacia **un único piloto integral en una obra residencial**, ampliando el foco a todos los residuos presentes en la fracción de mixtos. De este modo, se busca evaluar en condiciones reales la incorporación de la figura del **Waste Manager**, responsable de supervisar y garantizar la correcta segregación de los residuos en obra, velando por su valorización óptima.

El alcance del piloto consiste en gestionar la totalidad de residuos generados en la obra, con el objetivo de:

- Mejorar los procesos de separación en origen.
- Incrementar los porcentajes de valorización de materiales.
- Analizar el retorno económico potencial de reincorporar materiales al mercado secundario.

El piloto se desarrolla **entre el 07/07/2025 y el 07/08/2025**, con los siguientes roles definidos:



Aporta la obra y facilita el entorno real de implementación.





Proporciona el perfil de **Waste Manager** y realiza el seguimiento técnico de la gestión.

### Perfil del Waste Manager.

El Waste Manager es el responsable directo de la identificación, clasificación y segregación de los residuos en obra, trabajando bajo la dirección técnica del gestor de residuos. Sus funciones principales incluyen:

Clasificar los residuos según el código LER correspondiente y separarlos en big bags, garantizando su correcta segregación.

- Etiquetar y registrar las tipologías generadas.
- Mantener el orden y limpieza en la zona de acopio.
- Formar a operarios en buenas prácticas de segregación para evitar la mezcla de flujos.
- Coordinar con el encargado de obra para anticipar nuevos flujos de residuos en las distintas fases.
- Organizar y coordinar la retirada de residuos con logística.

Aspecto	Modelo previo	Modelo con Waste Manager
 Gestión en obra	Encargada por el equipo de obra, sin dedicación exclusiva.	Gestión especializada y dedicada a residuos.
 Segregación	Limitada a fracciones más comunes.	Segregación exhaustiva de todas las fracciones.
 Valorización	Dependiente de gestor externo y disponibilidad.	Optimizada mediante clasificación y búsqueda activa de valorizadores.
 Control y trazabilidad	Registros básicos.	Registro detallado y trazabilidad completa por LER.
 Retorno económico	No sistemático.	Evaluación de ingresos por venta o retorno de materiales valorizados.

**Tabla 2.** Comparación modelos · Fuente: Elaboración propia.

Para evaluar el impacto de la incorporación del Waste Manager, se analizarán tres escenarios diferenciados:

**Peor escenario:** Modelo tradicional en el que todos los residuos generados en obra son enviados directamente a vertedero o incineración, sin procesos previos de separación. Este enfoque representa la opción de menor circularidad y mayor carga ambiental, ya que no se recuperan materiales ni se aprovecha su valor potencial.

**Escenario actual:** Sistema en el que los residuos son enviados a una planta de clasificación, donde se separan y valorizan las distintas fracciones. Aunque este modelo permite recuperar parte de los materiales, la separación se realiza de forma diferida, lo que implica mayores pérdidas de calidad y cantidad en comparación con la segregación en origen.

**Mejor escenario:** Gestión integral en obra mediante la incorporación de la figura del Waste Manager, responsable de supervisar, coordinar y optimizar la separación de residuos directamente en el lugar de generación. Este rol permite maximizar la calidad de los materiales recuperados, reducir las fracciones mezcladas y establecer canales de valorización más eficientes, con un potencial retorno económico y una reducción significativa del impacto ambiental.

En los tres casos, se llevará a cabo un análisis comparativo tanto del impacto ambiental como del impacto económico, cuantificando las diferencias en costes, tasas de valorización y potencial retorno económico, así como los beneficios operativos y ambientales derivados de una mejor segregación en origen.





## 5.2. Selección de indicadores de circularidad y desempeño.

La evaluación del piloto requiere contar con un conjunto equilibrado de datos **cuantitativos y cualitativos** que permitan analizar y monitorizar tanto el **modelo económico** como la **propuesta de valor planteada**. Estos indicadores se han seleccionado con el objetivo de ofrecer una visión integral del desempeño del piloto, abarcando sus implicaciones **económicas, ambientales y técnicas**.

En el apartado siguiente se presenta la **tabla de indicadores**, organizada en tres grandes bloques:

- **Análisis económico:**

Evalúa la viabilidad financiera y el potencial retorno derivado de la valorización de residuos.

- **Análisis ambiental:**

Cuantifica la reducción de impactos ambientales asociada a las mejoras en la gestión de residuos y a la valorización de materiales.

- **Análisis técnico:**

Mide la eficacia de los procesos operativos y la capacidad de implementación del modelo en entornos reales de obra.

Indicadores	Descripción	Tipo 1	Tipo 2	Unidad
Cantidad de material	Cantidad de material recogido.	Cuantitativo	Ambiental	kg
Impacto ambiental evitado en gestión	Estimación de la huella de carbono evitada (residuo desviado de vertedero y/o incineración).	Cuantitativo	Ambiental	kg CO2 eq.
Tipo de gestión final	Codificación de la vía de gestión del material recuperado.	Cualitativo	Ambiental	na
Cantidad de material valorizado	Rendimiento del proceso.	Cuantitativo	Ambiental	%
Coste de la recogida	Coste asociado a la recogida de material (la constructora paga a la empresa de logística o al gestor).	Cuantitativo	Financiero	€/kg
Beneficio obtenido	Beneficio económico obtenido (el gestor paga a la constructora).	Cuantitativo	Financiero	€/kg
Coste de la gestión	Coste asociado a la revalorización material (la constructora paga al gestor).	Cuantitativo	Financiero	€/kg
Ahorro potencial de la gestión	Ahorro potencial de evitar el envío del material a vertedero o incineración (la constructora deja de tener este coste).	Cuantitativo	Financiero	€/kg
Preparación para la gestión	Número de operaciones previas antes de tener en el producto recuperado y final.	Cuantitativo	Operacional	Na
Coste de la gestión	Coste Salario Waste Manager.	Cuantitativo	Operacional	€/kg
Coste de la gestión	Cantidad de obras que puede gestionar cada Waste Manager.	Cuantitativo	Operacional	unidad

Tabla 3. Indicadores seleccionados para el piloto. · Fuente: Elaboración propia.

## Indicadores ambientales.

Para la evaluación de los indicadores ambientales incluidos en la prueba piloto, se han considerado dos vías de potencial de reducción de impacto:

### 1. Potencial de reducción de impacto vinculado a la desviación de flujos de residuos de vertedero o incineración (impactos en la gestión de los flujos de residuos o fin de vida).

Esta reducción de impacto se ha evaluado de forma cuantitativa a través del cálculo de las emisiones de GEH (kg CO2 eq.) de 3 escenarios distintos:

**a. Escenario base desfavorable (previo al piloto)** en el que se considera que los flujos de residuos no separados en obra acaban mezclados en un mismo contenedor (LER 170904), se dirigen, en la mayoría de los casos, el vertedero o la incineración.



**Gráfico 11.** Contenedor en obra con residuos mezclados (LER 170904).

**Fuente:** Elaboración propia. Fotografía obtenida en obra.

**b. Escenario base actual (previo al piloto)** en el que se considera que algunos de los flujos sí son separados en obra:

- i. 080409: Siliconas
- ii. 50110: Envases contaminados de papel y cartón
- iii. 160504: Aerosoles
- iv. 170405: Hierro y acero

El resto de los flujos de residuos no separados en obra, terminan mezclados en un contenedor (LER 170904, estos son transportados a una planta de clasificación (R13) para ser separados con palas cargadoras y una eficiencia del 80%. El 20% de residuos no segregados adecuadamente y no reciclados, se asume que tendrán el mismo destino que en el escenario base desfavorable: incineración o depósito.

**c. Escenario de la prueba piloto** en el que los residuos son separados en obra en un total de 13 flujos con una eficiencia del 98%.

Para el cálculo de este potencial de reducción de huella de carbono, se han tenido en cuenta las emisiones directas (de proceso) e indirectas (los consumos) relacionadas con el tratamiento de los residuos, así como las emisiones de transporte desde el origen hasta las plantas de clasificación y/o tratamiento.

Para el cálculo de las emisiones de GEH se han utilizado los factores de emisión derivados del informe "Petjada de carboni de la gestió dels residus industrials a Catalunya - 2017 -2020" realizado por Inèdit, que son los que posteriormente usa la Oficina Catalana de Canvi Climàtic según se indica en la "Guia de càlcul de les emissions de GEH derivades de la gestió dels residus municipals. Metodologia per a organitzacions". Basándose en este trabajo, se han realizado algunas adaptaciones para ajustarse a los cálculos necesarios, como por ejemplo adaptar procesos i/o complementarlos con bases de datos de Ecoinvent.



La tabla que se muestra a continuación recopila los datos y detalles del potencial de reducción de impacto de los 13 flujos separados en el piloto del proyecto para la vía 1: **Potencial de reducción de impacto vinculado a la desviación de flujos de residuos de vertedero o incineración:**

Residuo			Escenario base desfavorable					
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Distancia (toneladas/km)	Emisiones GEH transporte (KgCO2eq)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Emisiones GEH tratamiento (KgCO2eq)	Emisiones GEH TOTALES (KgCO2eq)
80409	Siliconas	0,015	1,0	0,2	Almacenaje (D15) Secado térmico (D0905) Transporte total: 66km	Depósito controlado de residuos peligrosos (D0503)	0,3	0,49
150101	Envases de papel y cartón	0,56	87,9	16,6	Prensado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	46,0	62,62
150102	Envases de plástico (PET)	0,06	9,4	1,8	Triturado (R12) Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	169,9	171,71
150103	Envases de madera	0,18	17,3	3,3	Almacenaje (D15) Transporte total: 96km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	81,2	84,52
150110	Envases contaminados de papel y cartón	0,32	58,9	11,1	Almacenaje (D15) Estabilización (D0902) Transporte total: 184km	Depósito controlado de residuos peligrosos (D0503)	2,5	13,67
160504	Aerosoles	0,06	9,4	1,8	Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Depósito controlado de residuos peligrosos (D0503)	60,2	61,96
170101	Hormigón	1,8	293,4	55,5	Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos inertes (D0501)	4,2	59,62
170103	Materiales cerámicos	0,76	123,9	23,4	Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos inertes (D0501)	1,8	25,17
170201	Madera	0,26	25,0	4,7	Almacenaje (D15) Transporte total: 96km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	117,4	122,8
170203	Plástico	0,96	150,7	28,5	Triturado (R12) Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	2718,9	2747,36
170405	Hierro y acero	0,2	20,2	3,8	Almacenaje (R13) Transporte total: 101km	Reciclado de chatarra y residuos metálicos en hornos de fundición (R0401)	2,2	6,06
170604	Materiales aislantes	0,06	9,8	1,8	Almacenaje (D15) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	0,1	1,99
170802	Yeso	0,72	69,1	13,1	Almacenaje (D15) Transporte total: 96km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	1,7	14,73
TOTAL		5,955	165,6				3206,4	3371,98

Residuo			Escenario actual					
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Distancia (toneladas/km)	Emisiones GEH transporte (KgCO2eq)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Emisiones GEH tratamiento (KgCO2eq)	Emisiones GEH TOTALES (KgCO2eq)
80409	Siliconas	0,015	1,425	0,3	Almacenaje (R12) Transporte total: 95km	Incineración (R01)	1,1	1,33
150101	Envases de papel y cartón	0,56	65,184	12,3	Clasificación (R1201) / Prensado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 85km	Reciclaje de papel y cartón (R0304)	72,3	84,60
150102	Envases de plástico (PET)	0,06	5,664	1,1	Clasificación (R1201) / Triturado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	37,0	38,11
150103	Envases de madera	0,18	24,228	4,6	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	21,5	26,09
150110	Envases contaminados de papel y cartón	0,32	50,24	9,5	Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	22,7	32,15
160504	Aerosoles	0,06	7,98	1,5	Almacenaje (R13) Transporte total: 133km	Incineración (R01)	30,4	31,94
170101	Hormigón	1,8	226,08	42,7	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	48,5	91,21
170103	Materiales cerámicos	0,76	95,456	18,00	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	15,8	33,83
170201	Madera	0,26	34,996	6,6	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	31,1	37,68
170203	Plástico	0,96	90,624	17,1	Clasificación (R1201) / Triturado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	592,7	609,83
170405	Hierro y acero	0,2	20,2	3,8	Almacenaje (R13) Transporte total: 101km	Reciclado de chatarra y residuos metálicos en hornos de fundición (R0401)	2,2	6,06
170604	Materiales aislantes	0,06	9,78	1,8	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	0,8	2,67
170802	Yeso	0,72	90,432	17,1	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	26,4	43,51
TOTAL		5,955	136,5				902,5	1039,0

Residuo			Escenario piloto					
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Distancia (toneladas/km)	Emisiones GEH transporte (KgCO2eq)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Emisiones GEH tratamiento (KgCO2eq)	Emisiones GEH TOTALES (KgCO2eq)
80409	Siliconas	0,015	1,425	0,3	Almacenaje (R12) Transporte total: 95km	Incineración (R01)	1,1	1,3
150101	Envases de papel y cartón	0,56	47,6	9,0	Prensado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 85km	Reciclaje de papel y cartón (R0304)	78,9	87,9
150102	Envases de plástico (PET)	0,06	3,78	0,7	Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	3,1	3,9
150103	Envases de madera	0,18	20,88	3,9	Acopio (R201) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	4,0	8,0
150110	Envases contaminados de papel y cartón	0,32	50,24	9,5	Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	22,7	32,2
160504	Aerosoles	0,06	7,98	1,5	Almacenaje (R13) Transporte total: 133km	Incineración (R01)	30,4	31,9
170101	Hormigón	1,8	167,4	31,6	Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	34,0	65,7
170103	Materiales cerámicos	0,76	70,68	13,4	Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Valorización de residuos inorgánicos para la producción de áridos (R0506)	8,5	21,9
170201	Madera	0,26	30,16	5,7	Acopio (R201) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	5,8	11,5
170203	Plástico	0,96	60,48	11,4	Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	50,3	61,7
170405	Hierro y acero	0,2	20,2	3,8	Almacenaje (R13) Transporte total: 101km	Reciclado de chatarra y residuos metálicos en hornos de fundición (R0401)	2,2	6,1
170604	Materiales aislantes	0,06	9,78	1,8	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	0,8	2,7
170802	Yeso	0,72	66,96	12,7	Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas en otros procesos de fabricación (R0507)	22,4	35,0
TOTAL		5,955	105,4				264,2	369,6

Tabla 4. Reducción potencial de GEI en base a los 3 escenarios planteados durante el piloto. - Fuente: Elaboración propia.

## 2. Potencial de reducción de impacto ambiental vinculado a la valorización del material.

Esta reducción de impacto se asocia al ahorro en el consumo de materias primas de origen virgen por usar materiales de origen reciclado (recuperados en obra y posteriormente tratados para volver a introducir en la cadena productiva).

Este potencial de reducción de impacto se ha evaluado de forma **cuantitativa**, planteando los potenciales usos que se podría dar a cada uno de los flujos del piloto separados, recuperados y tratados.

La tabla siguiente muestra el uso potencial que se asume a cada flujo reciclado:

	Flujo reciclado	Potencial uso del material reciclado
	Siliconas	[Valorización energética]
	Envases de papel y cartón	Fabricación de envases de papel y cartón
	Envases de plástico (PET)	Envases de PET
	Envases de madera	Tableros de aglomerado de madera
	Envases contaminados de papel y cartón	[Valorización energética]
	Aerosoles	[Valorización energética]
	Hormigón	Producción de áridos
	Materiales cerámicos	Producción de áridos
	Madera	Tableros de aglomerado de madera
	Plástico	Tableros de encofrado y planchas para suelo
	Hierro y acero	Producción de metales
	Materiales aislantes	Materiales aislantes
	Yeso	Producción de áridos

Tabla 5. Potencial uso del material reciclado. • Fuente: Elaboración propia.



### Indicadores económicos.

El análisis económico del piloto se ha realizado en paralelo al análisis ambiental, considerando los mismos códigos LER y escenarios planteados.

El objetivo es evaluar cómo la gestión diferenciada de los residuos impacta en los costes y retornos económicos tanto para la **constructora** como para el **gestor de residuos**, y qué papel desempeña la incorporación del **Waste Manager** en la obra.

Se han considerado los mismos tres escenarios comparativos:

#### Escenario desfavorable.

Todos los residuos son enviados directamente a vertedero o incineración sin separación previa.

- La **constructora** asume el coste íntegro de la **recogida de residuos y el coste asociado a las emisiones de CO<sub>2</sub>**.

#### Escenario actual.

Los residuos son enviados a una planta de clasificación, donde se separan y valorizan parcialmente.

- La **constructora** asume el **coste de recogida y el coste de emisiones de CO<sub>2</sub>**.
- El **gestor** obtiene ingresos por la recogida y retorno de materiales valorizados, pero debe descontar los costes de revalorización.



### Escenario piloto (con Waste Manager).

La obra cuenta con un Waste Manager que supervisa y coordina la separación en origen, logrando una segregación más eficiente y minimizando las mezclas.

- La **constructora** asume el **coste de recogida, el coste de emisiones de CO<sub>2</sub> y el coste adicional del Waste Manager**.
- El **gestor** recibe ingresos por recogida y retorno por valorización, restando el coste de revalorización. Gracias a la mejora en la calidad de los materiales separados, se optimizan tanto los porcentajes de valorización como los ingresos derivados de los materiales secundarios.

Un aspecto diferencial de este análisis es la **inclusión explícita de las emisiones de CO<sub>2</sub> y su coste asociado**. Este factor resulta clave, ya que no solo condiciona el balance económico del proyecto, sino que además constituye una prioridad creciente para las empresas constructoras en el marco de sus estrategias de descarbonización y de cumplimiento de objetivos ambientales. Considerar el coste de las emisiones permite integrar la perspectiva climática en la toma de decisiones, alineando la gestión de residuos con las metas de reducción de huella de carbono.

**La tabla a continuación** resume los resultados del análisis económico realizado a partir de los 13 flujos de residuos gestionados durante el piloto, considerando tres escenarios: desfavorable (vertedero/incineración), actual(planta de triaje) y piloto (con Waste Manager en obra).

En cada caso se han incluido los **costes de recogida, los ingresos o retornos por valorización, los costes de revalorización y, de manera destacada, las emisiones de CO<sub>2</sub> asociadas y su coste económico equivalente**.

Residuo				Escenario base desfavorable				
Código LER	Descripción	Cantidad (kg)	%	Coste de recogida (€/kg)	Coste recogida Constructora (€)	Emisiones (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Coste CO <sub>2</sub> (€)	Coste Constructora c/ compensación (€)
80409	Siliconas	15	0%	-0,88 €	-13,20 €	0,49	-0,03 €	-13,23 €
150101	Envases de papel y cartón	560	9%	-0,15 €	-84,00 €	62,62	-4,46 €	-88,46 €
150102	Envases de plástico (PET)	60	1%	-0,15 €	-9,00 €	171,71	-12,22 €	-21,22 €
150103	Envases de madera	180	3%	-0,15 €	-27,00 €	84,52	-6,01 €	-33,01 €
150110	Envases contaminados de papel y cartón	320	5%	-0,67 €	-214,40 €	13,67	-0,97 €	-215,37 €
160504	Aerosoles	60	1%	-0,57 €	-34,20 €	61,96	-4,41 €	-38,61 €
170101	Hormigón	1800	30%	-0,15 €	-270,00 €	59,62	-4,24 €	-274,24 €
170103	Cerámicos	760	13%	-0,15 €	-114,00 €	25,17	-1,79 €	-115,79 €
170203	Plásticos	960	16%	-0,15 €	-144,00 €	122,08	-8,69 €	-152,69 €
170201	Madera	260	4%	-0,15 €	-39,00 €	2747,36	-195,50 €	-234,50 €
170405	Hierro y acero	200	3%	-0,15 €	-30,00 €	6,06	-0,43 €	-30,43 €
170604	Lana de Roca	60	1%	-0,15 €	-9,00 €	1,99	-0,14 €	-9,14 €
170802	Yesos	720	12%	-0,15 €	-108,00 €	14,73	-1,05 €	-109,05 €
TOTAL		5.955,00	100%		-1.095,8 €	3371,98	-239,95 €	-1.335,8€

Residuo				Escenario actual							
Código LER	Descripción	Cantidad (kg)	%	Coste de recogida (€/kg)	Coste de revalorización (€/kg)	Emisiones (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Coste CO <sub>2</sub> (€)	(80%) Precio Materia Prima secundaria (€/kg)	Coste recogida Constructora (€)	Coste Constructora c/ compensación (€)	Balace Gestor (€)
80409	Siliconas	15	0%	-0,05 €	-0,88 €	1,33	-0,09 €	0,00 €	-0,68 €	-0,77€	-12,53 €
150101	Envases de papel y cartón	560	9%	-0,05 €	-0,03 €	84,60	-6,02 €	0,03 €	-25,20 €	-31,22 €	21,84 €
150102	Envases de plástico (PET)	60	1%	-0,05 €	-0,03 €	38,11	-2,71 €	0,05 €	-2,70 €	-5,41 €	3,30 €
150103	Envases de madera	180	3%	-0,05 €	-0,05 €	26,09	-1,86 €	0,02 €	-8,10 €	-9,96 €	1,98 €
150110	Envases contaminados de papel y cartón	320	5%	-0,05 €	-0,67 €	32,15	-2,29 €	0,00 €	-14,40 €	-16,69 €	-200,00 €
160504	Aerosoles	60	1%	-0,05 €	-0,57 €	31,94	-2,27 €	0,00 €	-2,70 €	-4,97 €	-31,50 €
170101	Hormigón	1800	30%	-0,05 €	-0,01 €	59,62	-6,49 €	0,0008 €	-81,00 €	-87,49 €	62,28 €
170103	Cerámicos	760	13%	-0,05 €	-0,01 €	91,21	-2,41 €	0,0003 €	-34,20 €	-36,61 €	26,75 €
170203	Plásticos	960	16%	-0,05 €	-0,09 €	33,83	-2,68 €	0,02 €	-43,20 €	-45,88 €	-27,84 €
170201	Madera	260	4%	-0,05 €	-0,03 €	37,68	-43,40 €	0,02 €	-11,70 €	-55,10 €	8,06 €
170405	Hierro y acero	200	3%	-0,05 €		609,83	-0,43 €	0,15 €	-9,00 €	74,57 €	9,00 €
170604	Lana de Roca	60	1%	-0,05 €	-0,24 €	2,67	-0,19 €	0,00 €	-2,70 €	-2,89 €	-11,70 €
170802	Yesos	720	12%	-0,05 €	-0,06 €	43,51	-3,10 €	0,00 €	-32,40 €	-35,50 €	-10,80 €
<b>TOTAL</b>		<b>5.955,00</b>	<b>100%</b>			<b>1039,01</b>	<b>-73,94 €</b>		<b>-268,0 €</b>	<b>-257,9 €</b>	<b>-161,2 €</b>

Residuo				Escenario piloto							
Código LER	Descripción	Cantidad (kg)	%	Waste Manager - 1 obra - (€/kg)	Coste de recogida (€/kg)	Coste de revalorización	Emisiones (KgCO <sub>2</sub> eq)	Coste compensación CO2 (€)	(95%) Retorno revalorización €/kg	Coste Constructora c/ compensación (€)	Balance Gestor - 100% WM -
80409	Siliconas	15	0%	-0,04 €	-0,05 €	-0,88 €	1,30	-0,09 €	0,00 €	-1,43 €	-12,53 €
150101	Envases de papel y cartón	560	9%	-0,04 €	-0,05 €	-0,03 €	87,90	-6,25 €	0,03 €	-56,19 €	24,36 €
150102	Envases de plástico (PET)	60	1%	-0,04 €	-0,05 €	-0,03 €	3,90	-0,28 €	0,05 €	-5,63 €	3,75 €
150103	Envases de madera	180	3%	-0,04 €	-0,05 €	-0,05 €	8,00	-0,57 €	0,02 €	-16,62 €	2,52 €
150110	Envases contaminados de papel y cartón	320	5%	-0,04 €	-0,05 €	-0,67 €	32,20	-2,29 €	0,00 €	-30,83 €	-200,00 €
160504	Aerosoles	60	1%	-0,04 €	-0,05 €	-0,57 €	31,90	-2,27 €	0,00 €	-7,62 €	-31,50 €
170101	Hormigón	1800	30%	-0,04 €	-0,05 €	-0,01€	65,70	-4,68€	0,0008 €	-165,18 €	62,48 €
170103	Cerámicos	760	13%	-0,04 €	-0,05 €	-0,01€	21,90	-1,56 €	0,0003 €	-69,33 €	26,78 €
170203	Plásticos	960	16%	-0,04 €	-0,05 €	-0,09€	11,50	-0,82 €	0,02 €	-86,42 €	-24,96 €
170201	Madera	260	4%	-0,04 €	-0,05 €	-0,03€	61,70	-4,39 €	0,02 €	-27,57 €	8,84 €
170405	Hierro y acero	200	3%	-0,04 €	-0,05 €		6,10	-0,43€	0,15 €	65,73 €	9,00 €
170604	Lana de Roca	60	1%	-0,04 €	-0,05 €	-0,24 €	2,70	-0,19 €	0,00 €	-5,54 €	-11,70 €
170802	Yesos	720	12%	-0,04 €	-0,05 €	-0,06€	35,00	-2,49€	0,00 €	-66,69 €	- 10,80 €
TOTAL		5.955,00	100%				369,80	-26,31 €		-473,3 €	-153,8 €

Tabla 6. Análisis económico comparativo de la gestión de residuos en obra. - Fuente: Elaboración propia.

## 5.3. Análisis de los datos obtenidos durante la fase piloto.

### Interpretación de los indicadores ambientales.

El análisis de los flujos incluidos en el piloto muestra una mejora significativa en la reducción de emisiones tanto en transporte como en tratamiento de residuos al avanzar del escenario base desfavorable hacia el piloto.

En el **transporte**, las emisiones se reducen progresivamente: **un 17,5 % menos** en el escenario base actual respecto al escenario desfavorable, y hasta un **36,3% menos** en el escenario piloto gracias a la optimización en la segregación y gestión en obra.

En los **tratamientos**, la mejora es aún más notable: la reducción alcanza **un 71,8 %** al pasar del escenario base desfavorable al actual, y llega hasta **un 91,7 %** en el escenario piloto, donde la separación eficiente de 13 flujos permite maximizar la valorización y minimizar los destinos de vertedero o incineración.

La tabla 5 presenta la comparación detallada entre escenarios y la interpretación consolidada de resultados para cada flujo.

Residuo				Emisiones totales (Kg CO <sub>2</sub> eq)									Emisiones por tonelada (Kg CO <sub>2</sub> eq)		
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Cantidad (%)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Contribución de cada escenario al total			Reducción de GEH entre cada escenario			Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3
80409	Siliconas	0,015	0%	0,5	1,3	1,3	0%	0%	0%	100%	270%	270%	33	89	89
150101	Envases de papel y cartón	0,56	9%	62,6	84,6	87,9	2%	8%	24%	100%	135%	140%	112	151	157
150102	Envases de plástico (PET)	0,06	1%	171,7	38,1	3,9	5%	4%	1%	100%	22%	2%	2862	635	64
150103	Envases de madera	0,18	3%	84,5	26,1	8,0	3%	3%	2%	100%	31%	9%	470	145	44
150110	Envases contaminados de papel y cartón	0,32	5%	13,7	32,2	32,2	0%	3%	9%	100%	235%	235%	43	100	100
160504	Aerosoles	0,06	1%	62,0	31,9	31,9	2%	3%	9%	100%	52%	52%	1033	532	532
170101	Hormigón	1,8	30%	59,6	91,2	65,7	2%	9%	18%	100%	153%	110%	33	51	36
170103	Materiales cerámicos	0,76	13%	25,2	33,8	21,9	1%	3%	6%	100%	134%	87%	33	45	29
170201	Madera	0,26	4%	122,1	37,7	11,5	4%	4%	3%	100%	31%	9%	470	145	44
170203	Plástico	0,96	16%	2747,4	609,8	61,7	81%	59%	17%	100%	22%	2%	2862	635	64
170405	Hierro y acero	0,2	3%	6,1	6,1	6,1	0%	1%	2%	100%	100%	100%	30	30	30
170604	Materiales aislantes	0,06	1%	2,0	2,7	2,7	0%	0%	1%	100%	134%	134%	33	44	44
170802	Yeso	0,72	12%	14,7	43,5	35,0	0%	4%	9%	100%	295%	238%	20	60	49
TOTAL		5,955		3372,0	1039,0	369,6				100%	31%	11%	566	174	62

Tabla 7. Comparación de emisiones en base a los 3 escenarios planteados durante el piloto. - Fuente: Elaboración propia.

## Interpretación de los indicadores económicos.

El análisis económico comparativo bajo los tres enfoques muestra cómo la **gestión diferenciada de residuos** puede transformar no solo el balance financiero de la obra, sino también la calidad de los materiales recuperados y el impacto climático.

En el **escenario desfavorable**, el vertido o incineración de la totalidad de los residuos representa la opción más ineficiente: se generan **costes elevados y emisiones significativas**, sin retorno económico ni aprovechamiento de materiales.

El **escenario actual**, basado en el envío de residuos a plantas de clasificación, introduce una mejora relevante al recuperar parte de los materiales. No obstante, la **pérdida de calidad asociada a la mezcla inicial** limita tanto el valor económico como la eficiencia ambiental del proceso, manteniendo un grado de dependencia elevado respecto a soluciones externas de triaje.

El **escenario piloto**, con la incorporación de la figura del **Waste Manager** en obra, supone un avance cualitativo. La **segregación en origen incrementa de forma notable la calidad y homogeneidad de los residuos**, optimizando los porcentajes de valorización y generando materiales más aptos para su reincorporación en el mercado secundario. Si bien el esfuerzo organizativo es mayor, el impacto económico en relación con el presupuesto global de la obra es **marginal**, mientras que los **beneficios en reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>, recuperación de materias primas y trazabilidad** lo convierten en el modelo más alineado con las tendencias de sostenibilidad y con los requisitos normativos emergentes.

En consecuencia, aunque la incorporación del Waste Manager en el piloto conlleva un **esfuerzo adicional en su implementación, genera más valor a medio y largo plazo** al incrementar los porcentajes de valorización, **reducir las emisiones de CO<sub>2</sub> y mejorar la trazabilidad de los residuos**. La inclusión del **coste de las emisiones de CO<sub>2</sub>** en el análisis refuerza la relevancia del modelo, ya que no solo condiciona el balance económico, sino que se convierte en un **criterio estratégico para las constructoras** en el marco de su transición hacia la descarbonización y el cumplimiento de objetivos de sostenibilidad.







En términos económicos, la simulación confirma las tendencias ya observadas: el **escenario desfavorable concentra los mayores costes netos**, sin retorno ni aprovechamiento de materiales, mientras que el **escenario actual reduce parte de los costes gracias a la valorización parcial de los residuos y a la reducción de los costes de emisiones** por su menor impacto ambiental. No obstante, es el **escenario piloto** es el que sigue mostrando una mayor eficiencia en la segregación de residuos en origen permitiendo obtener **residuos más homogéneos y de mayor calidad con un mayor retorno**, a pesar de que el balance económico sigue siendo desfavorable sumado al coste adicional asociado al Waste Manager.

Desde el punto de vista ambiental, los resultados son aún más significativos. Frente a las más de **195.615 kg de CO<sub>2</sub> eq. generadas en el escenario desfavorable**, el escenario actual consigue reducir un **63% de las emisiones**, mientras que el escenario piloto alcanza una **reducción cercana al 83%**, evitando la mayor parte de las emisiones derivadas de vertido e incineración. El cálculo incluye de manera explícita el **coste de las emisiones**, a partir de un precio interno del carbono, lo que refuerza la importancia de este factor en la toma de decisiones estratégicas de las empresas constructoras.

En conclusión, la extrapolación del piloto a escala de obra completa demuestra que la incorporación de un Waste Manager no solo **maximiza la valorización de residuos** y mejora la trazabilidad operativa, sino que también constituye una **palanca clave de reducción de emisiones y de creación de un mercado secundario sólido**, con un impacto económico global marginal en comparación con los beneficios ambientales y estratégicos generados.

A continuación, se presentan las **dos tablas de resultados: una con la evaluación ambiental y otra con la evaluación económica** de los tres escenarios simulados.



## 5.4. Simulación a escala de toda la obra.

Con el objetivo de ampliar la interpretación de los resultados obtenidos en el piloto, se ha realizado una **simulación aplicada al conjunto de la obra residencial**. Este ejercicio permite analizar los impactos económicos y ambientales bajo los tres escenarios definidos considerando los **586.845 kg de residuos generados**, distribuidos en **13 flujos LER**.

Para esta simulación se han aplicado los mismos tres escenarios definidos en el piloto:

- **Escenario desfavorable:** envío directo a vertedero/incineración.
- **Escenario actual:** valorización parcial tras triaje en planta, con una **eficiencia del 80%**.
- **Escenario piloto:** segregación en origen mediante la figura del Waste Manager, con una **eficiencia del 95%**.

Dentro de este cálculo se han **excluido las fracciones minerales y los materiales naturales excavados** y la fracción de residuos mezclados se ha **redistribuido de forma proporcional** según la tendencia de generación de cada tipo de residuo.

Residuo				Escenario base desfavorable				
Código LER	Descripción	Cantidad (kg)	%	Coste de recogida (€/kg)	Coste recogida Constructora (€)	Emisiones (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Coste CO <sub>2</sub> (€)	Coste Constructora c/ compensación (€)
80409	Siliconas	1.135	0%	-0,88 €	-998,80 €	37,4	-2,66 €	-1.001,46 €
150101	Envases de papel y cartón	47.850	8%	-0,15 €	-7.177,50 €	5.351,0	-380,78 €	-7.558,28 €
150102	Envases de plástico (PET)	4.530	1%	-0,15 €	-679,50 €	12.964,1	-922,52 €	-1.602,02 €
150103	Envases de madera	13.590	2%	-0,15 €	-2.038,50 €	6.380,9	-454,07 €	-2.492,57 €
150110	Envases contaminados de papel y cartón	12.235	2%	-0,67 €	-8.197,45 €	522,8	-37,20 €	-8.234,65 €
160504	Aerosoles	4.530	1%	-0,57 €	-2.582,10 €	4.677,8	-332,87 €	-2.914,97 €
170101	Hormigón	226.380	39%	-0,15 €	-33.957,00 €	7.498,7	-533,61 €	-34.490,61 €
170103	Cerámicos	57.360	10%	-0,15 €	-8.604,00 €	1.900,0	-135,20 €	-8.739,20 €
170203	Plásticos	42.005	7%	-0,15 €	-6.300,75 €	33.693,5	-2.397,63 €	-8.698,38 €
170201	Madera	71.760	12%	-0,15 €	-10.764,00 €	120.225,4	-8.555,24 €	-19.319,24 €
170405	Hierro y acero	15.100	3%	-0,15 €	-2.265,00 €	457,4	-32,55 €	-2.297,55 €
170604	Lana de Roca	4.530	1%	-0,15 €	-679,50 €	150,1	-10,68 €	-690,18 €
170802	Yesos	85.840	15%	-0,15 €	-12.876,00 €	1.756,4	-124,99 €	-13.000,99 €
<b>TOTAL</b>		<b>586.845</b>	<b>100%</b>		<b>-97.120,1 €</b>	<b>195.615,6</b>	<b>-13.920,01 €</b>	<b>-111.040,1 €</b>

Residuo				Escenario actual							
Código LER	Descripción	Cantidad (kg)	%	Coste de recogida (€/kg)	Coste de revalorización (€/kg)	Emisiones (Kg CO <sub>2</sub> eq)	Coste CO <sub>2</sub> (€)	(80%) Precio Materia Prima secundaria (€/kg)	Coste recogida Constructora (€)	Coste Constructora c/ compensación (€)	Balace Gestor (€)
80409	Siliconas	47.850	8%	-0,05 €	-0,88 €	101,19	-7,20 €	0,00 €	-51,08 €	-58,28 €	-947,73 €
150101	Envases de papel y cartón	4.530	1%	-0,05 €	-0,03 €	7.229,12	-514,42 €	0,03 €	-2.153,25 €	-2.667,67 €	1.866,15 €
150102	Envases de plástico (PET)	13.590	2%	-0,05 €	-0,03 €	2.877,61	-204,77 €	0,05 €	-203,85 €	-408,62 €	249,15 €
150103	Envases de madera	12.235	2%	-0,05 €	-0,05 €	1.969,49	-140,15 €	0,02 €	-611,55 €	-751,70 €	149,49 €
150110	Envases contaminados de papel y cartón	4.530	1%	-0,05 €	-0,67 €	1.229,90	-87,52 €	0,00 €	-550,58 €	-638,09 €	-7.646,88 €
160504	Aerosoles	226.380	39%	-0,05 €	-0,57 €	2.411,84	-171,63 €	0,00 €	-203,85 €	-375,48 €	-2.378,25€
170101	Hormigón	57.360	10%	-0,05 €	-0,01 €	11.470,94	-816,27€	0,0008 €	-10.187,10 €	-11.003,37 €	7.832,75 €
170103	Cerámicos	42.005	7%	-0,05 €	-0,01 €	2.553,24	-181,69 €	0,0003 €	-2.581,20 €	-2.762,89 €	2.019,07 €
170203	Plásticos	71.760	12%	-0,05 €	-0,09 €	10.399,61	-740,04 €	0,02 €	-1.890,23 €	-2.630,26 €	-1.218,15 €
170201	Madera	15.100	3%	-0,05 €	-0,03 €	26.686,20	-1.898,99 €	0,02 €	-3.229,20 €	-5.128,19 €	2.224,56 €
170405	Hierro y acero	4.530	1%	-0,05 €		457,44	-32,55 €	0,15 €	-679,50 €	6.465,45 €	679,50 €
170604	Lana de Roca	85.840	15%	-0,05 €	-0,24 €	201,45	-14,34 €	0,00 €	-203,85 €	-218,19 €	-883,35 €
170802	Yesos	586.845	100%	-0,05 €	-0,06 €	5.186,81	-369,09 €	0,00 €	-3.862,80 €	-4.231,89 €	-1.287,60 €
<b>TOTAL</b>						<b>72.774,84</b>	<b>-5.178,66 €</b>		<b>-26.408,0 €</b>	<b>-24.409,2 €</b>	<b>658,7 €</b>

Residuo				Escenario piloto							
Código LER	Descripción	Cantidad (kg)	%	Waste Manager - 1 obra - (€/kg)	Coste de recogida (€/kg)	Coste de revalorización	Emisiones (kgCO <sub>2</sub> eq)	Coste compensación CO2 (€)	(95%) Retorno revalorización €/kg	Coste Constructora c/ retorno y compensación y WM (€)	Balance Gestor (€)
80409	Siliconas	1.135	0%	-0,03 €	-0,05 €	-0,88 €	101,19	-7,20 €	0,05 €	-92,12 €	-893,81 €
150101	Envases de papel y cartón	47.850	8%	-0,03 €	-0,05 €	-0,03 €	7.506,48	-534,16 €	0,03 €	-4.114,03 €	2.081,48 €
150102	Envases de plástico (PET)	4.530	1%	-0,03 €	-0,05 €	-0,03 €	291,11	-20,72 €	0,05 €	-359,62 €	283,13 €
150103	Envases de madera	13.590	2%	-0,03 €	-0,05 €	-0,05 €	601,32	-42,79€	0,02 €	-1.059,52 €	190,26 €
150110	Envases contaminados de papel y cartón	12.235	2%	-0,03 €	-0,05 €	-0,67 €	1.229,90	-87,52 €	0,00 €	-1.002,87 €	-7.646,88 €
160504	Aerosoles	4.530	1%	-0,03 €	-0,05 €	-0,57 €	2.411,84	-171,63 €	0,00 €	-510,54€	-2.378,25 €
170101	Hormigón	226.380	39%	-0,03 €	-0,05 €	-0,01€	8.258,39	-587,67 €	0,0008 €	-17.524,15 €	7.858,22 €
170103	Cerámicos	57.360	10%	-0,03 €	-0,05 €	-0,01€	1.650,93	-117,48 €	0,0003 €	-4.408,83 €	2.021,22 €
170203	Plásticos	42.005	7%	-0,03 €	-0,05 €	-0,09€	3.175,18	-225,95 €	0,02 €	-3.368,53 €	-1.092,13 €
170201	Madera	71.760	12%	-0,03 €	-0,05 €	-0,03€	2.699,66	-192,11 €	0,02 €	-5.560,79€	2.439,84€
170405	Hierro y acero	15.100	3%	-0,03 €	-0,05 €		457,44	-32,55 €	0,15 €	6.015,25 €	679,50 €
170604	Lana de Roca	4.530	1%	-0,03 €	-0,05 €	-0,24 €	201,45	-14,34 €	0,00 €	-353,24 €	-883,35 €
170802	Yesos	85.840	15%	-0,03 €	-0,05 €	-0,06€	4.177,96	-297,30 €	0,00 €	-6.719,37 €	-1.287,60 €
TOTAL		586.845	100%				32.762,85	-2.331,40 €		-39.058,4 €	1.371,6 €

Tabla 8. Simulación del análisis económico comparativo de la gestión de residuos en obra completa. - Fuente: Elaboración propia.

Residuo			Escenario base desfavorable					
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Distancia (toneladas/km)	Emisiones GEH transporte (KgCO2eq)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Emisiones GEH tratamiento (KgCO2eq)	Emisiones GEH TOTALES (KgCO2eq)
80409	Siliconas	1,14	75,2	14,2	Almacenaje (D15) Secado térmico (D0905) Transporte total: 66km	Depósito controlado de residuos peligrosos (D0503)	23,2	37,44
150101	Envases de papel y cartón	47,85	7512,5	1419,8	Prensado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	3931,2	5351,00
150102	Envases de plástico (PET)	4,53	711,2	134,4	Triturado (R12) Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	12829,7	12964,08
150103	Envases de madera	13,59	1304,6	246,6	Almacenaje (D15) Transporte total: 96km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	6134,4	6380,93
150110	Envases contaminados de papel y cartón	12,24	2252,2	425,6	Almacenaje (D15) Estabilización (D0902) Transporte total: 184km	Depósito controlado de residuos peligrosos (D0503)	97,1	522,78
160504	Aerosoles	4,53	711,2	134,4	Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Depósito controlado de residuos peligrosos (D0503)	4543,4	4677,80
170101	Hormigón	226,38	36899,9	6973,9	Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos inertes (D0501)	524,8	7498,68
170103	Materiales cerámicos	57,36	9349,7	1767,0	Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos inertes (D0501)	133,00	1900,01
170201	Madera	71,76	6889,0	1302,0	Almacenaje (D15) Transporte total: 96km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	32391,6	33693,54
170203	Plástico	42,01	6595,6	1246,5	Triturado (R12) Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	118978,9	120225,42
170405	Hierro y acero	15,10	1525,1	288,2	Almacenaje (R13) Transporte total: 101km	Reciclado de chatarra y residuos metálicos en hornos de fundición (R0401)	169,2	457,44
170604	Materiales aislantes	4,53	738,4	139,6	Almacenaje (D15) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	10,5	150,05
170802	Yeso	85,84	8240,6	1557,4	Almacenaje (D15) Transporte total: 96km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	199,0	1756,42
TOTAL		586,86		15649,8			179965,8	195615,59

Residuo			Escenario favorable					
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Distancia (toneladas/km)	Emisiones GEH transporte (KgCO2eq)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Emisiones GEH tratamiento (KgCO2eq)	Emisiones GEH TOTALES (KgCO2eq)
80409	Siliconas	1,14	108,3	20,5	Almacenaje (R12) Transporte total: 95km	Incineración (R01)	80,7	101,19
150101	Envases de papel y cartón	47,85	5569,74	1052,7	Clasificación (R1201) / Prensado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 85km	Reciclaje de papel y cartón (R0304)	6176,5	7229,12
150102	Envases de plástico (PET)	4,53	427,632	80,8	Clasificación (R1201) / Triturado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	2796,8	2877,61
150103	Envases de madera	13,59	1829,214	345,7	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	1623,8	1969,49
150110	Envases contaminados de papel y cartón	12,24	1921,68	363,2	Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	866,7	1229,90
160504	Aerosoles	4,53	602,49	113,9	Almacenaje (R13) Transporte total: 133km	Incineración (R01)	2298,0	2411,84
170101	Hormigón	226,38	28433,328	5373,8	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	6097,2	11470,94
170103	Materiales cerámicos	57,36	7204,416	1361,6	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	1191,6	2553,24
170201	Madera	71,76	9658,896	1825,5	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	8574,1	10399,61
170203	Plástico	42,01	3965,744	749,5	Clasificación (R1201) / Triturado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	25936,7	26686,20
170405	Hierro y acero	15,10	1525,1	288,2	Almacenaje (R13) Transporte total: 101km	Reciclado de chatarra y residuos metálicos en hornos de fundición (R0401)	169,2	457,44
170604	Materiales aislantes	4,53	738,39	139,6	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	61,9	201,45
170802	Yeso	85,84	10781,504	2037,7	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	3149,2	5186,81
<b>TOTAL</b>		<b>586,86</b>		<b>13752,5</b>			<b>59022,3</b>	<b>72774,8</b>

Residuo			Escenario piloto					
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Distancia (toneladas/km)	Emisiones GEH transporte (KgCO2eq)	Tratamiento 1	Tratamiento 2	Emisiones GEH tratamiento (KgCO2eq)	Emisiones GEH TOTALES (KgCO2eq)
80409	Siliconas	1,14	108,3	20,5	Almacenaje (R12) Transporte total: 95km	Incineración (R01)	80,7	101,2
150101	Envases de papel y cartón	47,85	4067,25	768,7	Prensado (R1203) Almacenaje (R13) Transporte total: 85km	Reciclaje de papel y cartón (R0304)	6737,8	7506,5
150102	Envases de plástico (PET)	4,53	285,39	53,9	Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	237,2	291,1
150103	Envases de madera	13,59	1576,44	297,9	Acopio (R201) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	303,4	601,3
150110	Envases contaminados de papel y cartón	12,24	1921,68	363,2	Almacenaje (R13) Transporte total: 157km	Incineración (R01)	866,7	1229,9
160504	Aerosoles	4,53	602,49	113,9	Almacenaje (R13) Transporte total: 133km	Incineración (R01)	2298,0	2411,8
170101	Hormigón	226,38	21053,34	3979,0	Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas para la fabricación de cemento (R0505)	4279,4	8258,4
170103	Materiales cerámicos	57,36	5334,48	1008,2	Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Valorización de residuos inorgánicos para la producción de áridos (R0506)	642,7	1650,9
170201	Madera	71,76	8324,16	1573,2	Acopio (R201) Transporte total: 116km	Reciclado de residuos orgánicos en la fabricación de nuevos productos. Residuos de madera para la producción de tableros de madera. (R0305)	1602,0	3175,2
170203	Plástico	42,01	2646,63	500,2	Transporte total: 63km	Reciclaje de plástico (R0307)	2199,5	2699,7
170405	Hierro y acero	15,10	1525,1	288,2	Almacenaje (R13) Transporte total: 101km	Reciclado de chatarra y residuos metálicos en hornos de fundición (R0401)	169,2	457,4
170604	Materiales aislantes	4,53	738,39	139,6	Clasificación (R1201) Almacenaje (R13) Transporte total: 163km	Depósito controlado de residuos no peligrosos (D0502)	61,9	201,5
170802	Yeso	85,84	7983,12	1508,8	Almacenaje (R13) Transporte total: 93km	Reciclado de residuos inorgánicos en sustitución de materias primas en otros procesos de fabricación (R0507)	2669,2	4178,0
TOTAL		586,86		10615,3			22147,6	32762,8

Tabla 9. Reducción potencial de GEI en base a los 3 escenarios planteados durante el piloto en base a la simulación de toda la obra. - Fuente: Elaboración propia.



Residuo				Emisiones totales (Kg CO <sub>2</sub> eq)									Emisiones por tonelada (Kg CO <sub>2</sub> eq)			
Código LER	Descripción	Cantidad (toneladas)	Cantidad (%)	Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	Contribución de cada escenario al total			Reducción de GEH entre cada escenario			Escenario 1	Escenario 2	Escenario 3	
80409	Siliconas	1,14	0%	37,4	101,2	101,2	0%	0%	0%	100%	270%	270%	33	89	89	
150101	Envases de papel y cartón	47,85	8%	5351,0	7229,1	7506,5	3%	10%	23%	100%	135%	140%	112	151	157	
150102	Envases de plástico (PET)	4,53	1%	12964,1	2877,6	291,1	7%	4%	1%	100%	22%	2%	2862	635	64	
150103	Envases de madera	13,59	2%	6380,9	1969,5	601,3	3%	3%	2%	100%	31%	9%	470	145	44	
150110	Envases contaminados de papel y cartón	12,24	2%	522,8	1229,9	1229,9	0%	2%	4%	100%	235%	235%	43	100	100	
160504	Aerosoles	4,53	1%	4677,8	2411,8	2411,8	2%	3%	7%	100%	52%	52%	1033	532	532	
170101	Hormigón	226,38	39%	7498,7	11470,9	8258,4	4%	16%	25%	100%	153%	110%	33	51	36	
170103	Materiales cerámicos	57,36	10%	1900,0	2553,2	1650,9	1%	4%	5%	100%	134%	87%	33	45	29	
170201	Madera	71,76	12%	33693,5	10399,6	3175,2	17%	14%	10%	100%	31%	9%	470	145	44	
170203	Plástico	42,01	7%	120225,4	26686,2	2699,7	61%	37%	8%	100%	22%	2%	2862	635	64	
170405	Hierro y acero	15,10	3%	457,4	457,4	457,4	0%	1%	1%	100%	100%	100%	30	30	30	
170604	Materiales aislantes	4,53	1%	150,1	201,5	201,5	0%	0%	1%	100%	134%	134%	33	44	44	
170802	Yeso	85,84	15%	1756,4	5186,8	4178,0	1%	7%	13%	100%	295%	238%	20	60	49	
<b>TOTAL</b>				<b>195615,6</b>	<b>72774,8</b>	<b>32762,8</b>					<b>100%</b>	<b>37%</b>	<b>17%</b>	<b>333</b>	<b>124</b>	<b>56</b>

Tabla 10. Comparación de emisiones en base a los 3 escenarios planteados durante el piloto en base a la simulación de obra completa. - Fuente: Elaboración propia.

# 6. Conclusiones.





## 6.1. Conclusiones.

El proyecto ha permitido crear y testar un modelo de negocio enfocado en la gestión de residuos de construcción y demolición, con especial atención a la fracción de residuos mixtos. La puesta en marcha del piloto en obra, junto con la incorporación de la figura del **Waste Manager (WM)**, ha permitido evaluar de manera integral tanto la viabilidad económica como el impacto ambiental y organizativo del modelo. La experiencia demuestra que una gestión especializada y constante de los residuos en obra puede marcar una diferencia sustancial en términos de valorización, emisiones evitadas y desarrollo de un mercado secundario de materiales.

## ¿Es viable el modelo planteado? **SÍ**

**Sí, el modelo es viable**, aunque los resultados económicos muestran que supone un coste adicional para la constructora respecto a los modelos convencionales. Sin embargo, este sobrecoste es marginal en relación con el presupuesto global de la obra y queda compensado por los **beneficios ambientales, sociales y estratégicos que aporta**.

Estos son:

- ✓ **Aumento significativo en los porcentajes de valorización de residuos.**
- ✓ **Reducción de emisiones de CO<sub>2</sub>** de hasta un 83% en la gestión de residuos.
- ✓ **Recuperación de materiales valorizables** actualmente destinados a vertedero (ej. siliconas, plásticos, PVC, fibra de vidrio).
- ✓ **Mejora de la trazabilidad y cumplimiento normativo en obra.**
- ✓ **Creación de un flujo más homogéneo y estandarizado** de residuos, favoreciendo el desarrollo de un mercado secundario.
- ✓ **Valor estratégico para la constructora**, alineándose con clientes y certificaciones (LEED, BREEAM, Level(s), taxonomía europea).

Con un ligero aumento del Presupuesto de Ejecución Material (PEM), se consigue:

- Un **mejor posicionamiento competitivo** en el mercado.
- **Fidelización de clientes** sensibles a la sostenibilidad.
- **Contribución a objetivos corporativos y regulatorios de descarbonización.**





## ¿Qué beneficios aporta el rol de Waste Manager?

### Para la constructora:

- ✓ Garantiza una **segregación constante y organizada de residuos**, independiente de las urgencias de la obra.
- ✓ **Mejora la coordinación de la retirada de residuos y la ocupación del espacio** (20–25 m<sup>2</sup>, fácilmente reubicables).
- ✓ **Facilita el cumplimiento de la normativa** vigente y **reduce riesgos** de incumplimiento.
- ✓ Supone un **primer paso cultural** hacia modelos de gestión más avanzados (ej. “take back”).

### Para la gestora de residuos:

- ✓ **Recepción de residuos de mayor calidad**, más homogéneos y estandarizados.
- ✓ **Aumento de las opciones de valorización y mayor retorno económico.**
- ✓ **Reducción del volumen de residuos** destinados a vertedero.
- ✓ **Refuerzo de la viabilidad de un mercado** secundario sólido.

### Para la sociedad:

- ✓ **Menores emisiones de CO<sub>2</sub>** y **contribución a la lucha contra el cambio climático.**
- ✓ **Evitación de residuos** en vertederos y **mayor circularidad** en el sector.



## ¿Qué sería necesario para su escalabilidad?

La escalabilidad del modelo requiere avanzar en dos factores clave:

- **1. Cantidad:** Aumentar el número de obras que incorporan el modelo, ya que se necesitan volúmenes críticos para que la valorización industrial de ciertos flujos sea viable (ejemplo: alcanzar 24 toneladas de siliconas).
- **2. Homogeneidad:** Garantizar una separación constante y estandarizada de los residuos, algo que asegura la figura del Waste Manager con criterios unificados.

## ¿Qué proponemos?

- **Ampliar el piloto con la participación de más constructoras** y también de otros actores clave de la cadena de valor (plantas de clasificación, valorizadores, recicladores), **asegurando que los materiales separados en obra tengan salidas efectivas y mercados consolidados.**
- **Extender la segregación más allá de la fracción mixta**, identificando en qué materiales la figura del WM aporta más valor.
- **Medir cuántas obras en paralelo podrían incorporar este modelo** y qué impacto tendría en la **mejora del retorno económico global.**
- **Consolidar indicadores objetivos** (económicos, ambientales y organizativos) para poder comparar entre modelos y tomar decisiones informadas.

En conjunto, el modelo probado con el **Waste Manager** no sólo **es viable**, sino que **representa un primer paso decisivo hacia una gestión circular de residuos de construcción**. Aunque los beneficios económicos directos son limitados, el valor añadido en términos ambientales, de cumplimiento normativo, competitividad de mercado y transición hacia la descarbonización hacen que este modelo sea altamente recomendable para su ampliación y consolidación en futuras obras.

# 7. Bibliografía y anexos.



## 7.1. Fuentes académicas.

- European Commission, Joint Research Centre. [2023]. Construction and demolition waste: Challenges and opportunities in a circular economy (JRC135470). Publications Office of the European Union.  
<https://data.europa.eu/doi/10.2760/373382>
- Agència de Residus de Catalunya. [2024]. Informe sobre la producció i gestió de residus de la construcció i demolició a Catalunya – Any 2023. Generalitat de Catalunya.  
[https://residus.gencat.cat/web/.content/home/consultes\\_i\\_tramits\\_-\\_nou/estadistiques/estadistiques\\_de\\_runes/informe\\_runes\\_2023.pdf](https://residus.gencat.cat/web/.content/home/consultes_i_tramits_-_nou/estadistiques/estadistiques_de_runes/informe_runes_2023.pdf)
- European Environment Agency. [2020]. Construction and demolition waste: Challenges and opportunities in a circular economy (Briefing No 14/2019). Publications Office of the European Union.  
<https://doi.org/10.2800/07321>
- Centro de Estadísticas de la Unión Europea. [2024] Waste statistics - Statistics Explained - Eurostat

## 7.2. Aportes y feedback de los socios del consorcio.

Con el objetivo de complementar el análisis técnico desarrollado en este informe, se realizó una encuesta dirigida a socios del clúster con el fin de recoger su visión sobre **las principales barreras, oportunidades y buenas prácticas en relación con la gestión circular de los residuos de construcción y demolición (RCD)**. En total, **18 empresas respondieron a las preguntas planteadas**, aportando información cualitativa de gran valor sobre su experiencia práctica y expectativas de futuro. Las respuestas, han sido homogeneizadas en cuanto a formato y presentadas en forma de tablas, manteniendo la separación por empresa para reflejar la diversidad de perspectivas.



## 1. ¿Cuáles son las 3 principales barreras que enfrenta su empresa para implementar la economía circular en la gestión de residuos?

Empresa	Barrera 1	Barrera 2	Barrera 3
E1	Dificultad de acceso a los puntos de recogida.	Heterogeneidad de la mezcla de residuos.	Logística para ingreso en plantas de valorización.
E2	No se separa suficiente en obra.	No se potencia el uso de áridos reciclados.	Reticencias técnicas para el uso de áridos reciclados.
E3	Costes logísticos de la recogida de residuos.	Falta de tecnología para separación y valorización.	Mercado insuficiente que pague un premium por productos reciclados.
E4	Desconocimiento de las obligaciones normativas.	Falta de concienciación y formación.	Factores económicos (la inversión en sostenibilidad se percibe como un coste).
E5	Los residuos no se separan en obra.	Coste equivalente entre residuos mezclados y separados.	No se incentiva ni se forma en economía circular.
E6	Escaso conocimiento del sector (se limita la EC a gestión de RCDs).	Normativa desactualizada / indefinición del fin de condición de residuo.	Falta de claridad en beneficios ambientales y modelo de negocio del reciclaje.
E7	Poca profesionalización de la gestión de residuos en empresas.	Poca separación en origen.	Alta ilegalidad en la gestión.
E8	Baja demanda del producto obtenido de valorización RCD.	Falta de normativa que respalde el uso de árido reciclado y control de cumplimiento.	Bajo canon en vertederos que no fomenta la valorización.
E9	Baja demanda del producto obtenido de valorización RCD.	Falta de normativa que respalde el uso de árido reciclado y control de cumplimiento.	Falta de gestores para residuos no pétreos (madera, plásticos, yeso).
E10	Difícil reciclabilidad de ciertos productos (ej. moqueta, LVT).	Legislación y costes elevados.	Dificultad de encontrar partners para desinstalar, limpiar y reutilizar.
E11	Falta de bases de datos ambientales sobre proveedores y materiales de segunda vida.	Falta de unificación en reglas de cálculo y responsabilidad.	Percepción de que la EC es más costosa.
E12	Largas distancias de transporte del residuo.	Segregación deficiente en obra.	Dificultad de encontrar industrias que valoricen yeso.

Empresa	Barrera 1	Barrera 2	Barrera 3
<b>E13</b>	Costes iniciales altos y retorno lento.	Falta de infraestructura y tecnología para residuos complejos.	Inversiones en tecnología poco rentables a corto plazo.
<b>E14</b>	Desconocimiento de los productores sobre su rol en recogida y recuperación.	Falta de transparencia y confianza en la gestión de residuos.	Poca flexibilidad para abrirse a sistemas disruptivos.
<b>E15</b>	Falta de normativa que garantice calidad de materiales reaprovechados.	Poca implicación del sector en separación de residuos.	Poco conocimiento sobre valorización del residuo separado y trazabilidad.
<b>E16</b>	Precios de gestión que no incentivan aplicar la jerarquía de residuos.	Falta de trazabilidad e información sobre destino final.	Falta de optimización en segregación en obra y ausencia de beneficios económicos.

2. ¿Qué tipo de incentivos propondrías para promover la economía circular en la reutilización y reciclaje de residuos de la construcción?

Empresa	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3
E1	Económicos, ya que son los que incentivan y pueden ayudar a su implementación en pymes que no tienen suficiente estructura para más.		
E2	Compra verde por parte de la administración.	Subvencionar el uso de áridos reciclados de forma más contundente.	Apostar por subvenciones de desarrollo e innovación de nuevas técnicas de reciclaje.
E3	SCRAP (Responsabilidad Ampliada del Productor) financiado por los productores que pague por la recogida, adecuada segregación e incentive el ecodiseño y uso de materiales reciclados		
E4	Exenciones fiscales por buena praxis en producción/gestión de residuos.	Ayudas y fondos para inversión en formación y herramientas que optimicen procesos.	
E5	Los incentivos económicos son un acelerante del sistema, propondría ahorros ligados a cantidades recuperadas respecto a totales de obra.	Establecer criterios claros de materiales reutilizables/recuperables para forzar separación en origen.	Incentivos como transporte/cambio de contenedores gratuito cuando el material esté bien separado.
E6	Imputar el coste económico de las externalidades a lo largo del ciclo de vida de un producto.	Clarificar requisitos técnicos y procedimientos para la reutilización.	
E7	Hacer trazabilidad documental en formato telemático como otros flujos (RSC no funciona telemáticamente).	Más inspección en centros donde se produce el residuo.	
E8	Aumento del canon en vertederos de RCD (para fomentar la valorización).	Implantar un canon para explotación de recursos naturales (canteras).	Actualización normativa para equipararse a normativa europea.
E9	Exigencia por parte de las administraciones públicas del uso de materiales procedentes de valorización de RCD.		
E10	Tasas: costes de depósito y vertedero tendrían que aumentar.	Premiar el uso de RCDs con deducciones fiscales.	Inversión en plantas de recuperación y reciclaje innovador.
E11	Creación de certificación en obras que realmente gestionen los residuos hacia su reutilización/valorización.	Obligación de seguimiento digital de todos los residuos generados y de su transporte.	Endurecer porcentajes de material reciclado/a reciclar en obra y soluciones sostenibles.
E12	Formación: capacitación del personal, difusión de buenas prácticas.	Preparación para la reutilización y reciclado de materiales de obra.	

Empresa	Respuesta 1	Respuesta 2	Respuesta 3
E13	Incentivos de alivio fiscal.	Reducción de impuestos.	Favorecer a los que demuestran hacer bien las cosas.
E14	Económicos: descuentos en nuevos productos al descartar los anteriores.	Reputacionales: aumentar transparencia para promover confianza en actores.	
E15	Subir el precio de la deposición de residuos que no se valoricen.	Penalización de la administración por el no cumplimiento.	Subvencionar empresas constructoras que garanticen medidas de economía circular.
E16	Administración implemente criterios de compra pública verde en pliegos de licitación.	Insistir en la formación en sostenibilidad y medio ambiente en empresas constructoras.	Promover cambio cultural, formación e incentivar buenas prácticas.
E17	Legal: incorporar % de materiales reciclados en construcciones nuevas/rehabilitaciones.	Legal: establecer máximo de toneladas descartadas en demoliciones (o tasas más elevadas en vertederos).	Generar herramientas que permitan calcular el ahorro económico del uso de componentes reutilizados.
E18	Incentivos para la utilización de materias secundarias del reciclaje.	Favorecer bancos/bolsas de materiales reutilizables.	La normativa exige porcentaje de valorización mínima pero no se informa ni facilita.

### 3. ¿Puede compartir algún caso de éxito o buena práctica en la gestión de residuos de construcción y demolición?

Empresa	Caso de éxito / buena práctica
E1	Construcción de la nave de la nueva planta de valorización de plásticos en Alier Rosselló (Lleida), realizada por Constructora Calaf.
E2	Nuevo sistema RAP en Francia, donde eco-organismos como Valobat están empezando a operar.
E3	Residencia L'Arrabassada (Tarragona) o PFV San José del Valle (Cádiz).
E4	Separación de sacos de papel de mortero y cemento en 7-8 obras desde hace más de 7 meses, enviándolos a la industria papelera como flujo segregado mediante la ALIANZA.
E5	Proyecto VALREC: sistema de cribado en seco de RCDs a coste rentable.
E6	EiG: base de datos con materiales que se pueden volver a usar.
E7	Planta de valorización de RCD H-ZERO y obras de demolición de Hercal Diggers S.L.
E8	Planta H-ZERO.
E9	Interface: recuperación y re-utilización de moqueta modular a través de terceros en diversos países (no en España aún).
E10	Soluciones innovadoras en proyectos nacionales y europeos: ITeC proyectos, Proyecto Circular, Inbuilt. Incluye licitaciones verdes y bases de datos como BEDEC.
E11	Knauf: máquina de reciclaje patentada que reduce el volumen de residuos en obra 3 a 1; yeso recuperado reutilizado en otras industrias.
E12	Prueba piloto con moquetas de feria descartadas: propuesta para que el fabricante asuma la recogida y recuperación, previa coordinación con recinto ferial.

Empresa	Caso de éxito / buena práctica
E13	Donación de llambordes procedentes de una desconstrucción a una cooperativa; reutilización de elementos en obras de rehabilitación patrimonial.
E14	Gestión de residuos RCD en la obra del Camp Nou (FC Barcelona).
E15	Reciclaje de sacos, reutilización de áridos de zanjas y recuperación de agua en ensayos de estanqueidad.
E16	Desmantelamiento y reciclaje de puertas y ventanas: ejemplo Alphagate, Glass reuse, Persianas.
E17	Ejemplo en Francia: aplicación de la RAP a determinados flujos; trazabilidad con Trackdéchets ( <a href="#">link</a> ).
E18	Protocolo europeo de gestión de RCD: EU C&D waste management protocol.

4. ¿Cuáles son las tendencias emergentes que considera más relevantes para el futuro del sector?

Empresa	Respuesta
E1	La reutilización de algunos de los materiales segregados en las obras de construcción y demolición como subproductos en nuevos materiales de la construcción.
E2	La conciencia ambiental hacia una economía circular. El reciclaje frente al vertido.
E3	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Responsabilidad Ampliada del Productor.</li> <li>2. Construction Products Regulation.</li> <li>3. Compra pública verde.</li> </ol>
E4	Separación de sacos de papel de mortero y cemento en 7-8 obras desde hace más de 7 meses, enviándolos a la industria papelera como flujo segregado mediante la ALIANZA.
E5	La industrialización sería una de ellas, eso mejora enormemente las cantidades de residuos que se generan en una obra. En nuestro caso existe la industrialización de los lavabos (enteros) como caso de éxito. La servitización de materiales es otra tendencia que se está empezando a valorar en algunos clientes y que mejoraría la usabilidad de muchos materiales. El "usar y tirar" debería empezar a cambiar por el "reutilizar hasta el fin de vida de los materiales".
E6	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Trazabilidad en todo el ciclo de vida: pasaportes de circularidad y RPC.</li> <li>- Interés por la biodiversidad y los impactos sobre ésta.</li> <li>- Papel de la financiación sostenible / inversión de impacto en la transición.</li> <li>- Iniciativa EU "Plan 0 polución".</li> </ul>
E7	Que se separe en origen el residuo que se genera. Es de vital importancia, lo exige la ley y si no separamos en origen muchos de los residuos no se pueden valorizar.
E8	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Uso de árido reciclado.</li> <li>2. Construcciones con material sostenible.</li> <li>3. Inicio de una economía circular en el sector de la construcción.</li> <li>4. Reducción de emisiones.</li> </ol>

Empresa	Respuesta
E9	Reducir el volumen de residuos. Reducir la huella de carbono.
E10	<p>Digitalización como clave:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Uso de Big Data e IA para el análisis de grandes volúmenes de datos.</li> <li>- Plataformas digitales para conectar a los diferentes actores implicados en la gestión de RCD.</li> <li>- Modelado BIM incorporando información sobre la gestión de RCD en los modelos.</li> <li>- Innovación en técnicas de reciclaje y valorización: reciclaje químico, fabricación aditiva con RCD, bio-remediación.</li> <li>- Nuevos modelos de negocio: "ReCD como servicio [recursos no residuos]", plataformas de intercambio de RCD.</li> <li>- Mayor atención a la sostenibilidad: licitaciones verdes, la nueva EPBD y el nuevo RPC que potencian el ACV, construcción circular y certificaciones ambientales.</li> </ul>
E11	Algo tan simple y económico como la correcta segregación de los diferentes RCD será una tendencia que se impondrá y facilitará el proceso. Por otro lado, la tendencia va hacia no tirar nada a vertedero y reutilizarlo.
E12	La implicación de los productores como garantes esenciales en la recuperación de sus propios productos. El retorno controlado hacia los mismos para crear residuo ordenado y, por tanto, más fácil de recuperar.
E13	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La creación de centros de recursos urbanos municipales.</li> <li>- Que los propios fabricantes recojan el material al final de su vida útil y lo adecuen para darle una segunda vida.</li> <li>- Diseño desmontable.</li> <li>- Nuevos materiales fabricados con reciclados.</li> </ul>
E14	Es necesario seguir promocionando y potenciando el sector del reciclaje de los RCD.



## 7.3 Talleres de modelo de negocios.

### Taller 1: estructura de la sesión y participantes

#### ESTRUCTURA DE LA SESIÓN

10:00 · Bienvenida y presentación de la jornada

10:15 · Generación y segregación de RCD

10:25 · Barreras y oportunidades

10:35 · Tendencias y buenas prácticas

10:55 · Pausa café

11:05 · Dinámicas de co-creación por grupos

12:35 · Puesta en común y cierre

13:00 · Fin de la jornada

Asistentes	Entidad
Marta Juanola, Laura Gálvez	AMB – Área Metropolitana de Barcelona
Joan Manel Casamitjana	Constructora de Calaf
Eulalia Figuerola	GBCE – Green Building Council España
Laura Silva	ITeC – Institut de Tecnologia de la Construcció
Ignacio Ortiz	Reverter Industries Corp
Raúl Gómez	Constraula (Grup Sorigué)
Albar Ruibal	EcoCGM
Luis Gil	Suris
Clara Alvarado, Isaac Peraire	Hercal Diggers
Carolina Carbó	Leitat
Ignasi Cubiñá, Joanna Brunello, Cristina Sendra	EIG – Eco Intelligent Growth
Álvaro Santana	Símbiosy
Rosa Fernández	Ciments Molins
Jordi Fargas	Associació Catalana de Gestors de Residus de la Construcció i Demolició (GRCD)
Claudia Lorente, Carmen López	CREC – Clúster de Residus de Catalunya

## 7.3 Talleres de modelo de negocios. Taller 1. Resultados dinámica 1.

# RESULTATS | Quines idees han sorgit?

### Generals

- Ajustar la **normativa** per incloure l'obligatorietat de **segregar** els residus.
- Augmentar la **proporció obligatòria de materials reciclats** (com ara els àrids). Actualment, és mínima (al voltant del 5%) i podria ser més ambiciosa.
- Resoldre les incoherències entre la **Llei EC7/2022** i el **RD 105/2008**.
- Adaptar la normativa per centrar-se en la **performance dels materials** i components.
- Augmentar la **taxa d'abocador** i premiar l'ús de materials reciclats.
- Revisar la normativa sobre el "**fi de condició de residu**" per facilitar el reaprofitament de materials i components.
- Millorar la **transparència i traçabilitat en la gestió dels residus** per garantir el compliment del reciclatge.
- Enfocar les **licitacions públiques amb màxims**, no amb mínims (si la regulació exigeix valoritzar un 70%, s'hauria d'aspirar a un 100%).
- Designar **responsables específics** per a la planificació, gestió i seguiment dels RCD a les obres, garantint el màxim reaprofitament i facilitant el contacte amb els agents que puguin valoritzar els residus.
- Cercar el **rendiment econòmic** del reaprofitament de materials i components, identificant els de més valor dins del conjunt heterogeni que es vol valoritzar.
- Explorar formes de tangibilitzar el **valor econòmic** de l'ús de materials reciclats i components reutilitzats.

### Agents de la cadena de valor

- **Formar tots els agents implicats** en el procés de la construcció, des del disseny fins a la gestió de residus, aprofitant els canvis normatius actuals com a incentiu.
- Dissenyar i implementar **sistemes de recuperació (take back) de materials, components i envasos** amb els mateixos fabricants/proveïdors perquè els puguin donar una segona vida.

## RESULTATS | Quines idees han sorgit?

### Materials

- Potenciar l'ús de **formigó descarbonitzat**.
- Incorporar **materials recuperats** (reciclat) en la fabricació de materials i **certificar-los** adequadament.

### Residus

- Dissenyar i implementar instal·lacions de **reciclatge in situ** (Ciments Molins utilitza com a exemple el [projecte Susterra](#), aplicat actualment a la remodelació del Camp Nou).
- Aprofitar la **logística** que transporta materials i components nous per a la recollida dels que s'estan reemplaçant. Enfocar-ho a mode de consorci, agrupant els mateixos tipus d'empreses (de forma similar a com funciona un SCRAP).
- Implementar **sistemes de separació a l'obra** amb zones clarament establertes per a la segregació de cada tipus de residu.

### Disseny

- Aplicar **principis d'ecodisseny** a la construcció per fomentar la desconstrucció enfront de la demolició i afavorir el reaprofitament de materials i components.
- Integrar des del disseny un **pla de manteniment** de l'edifici.
- Implicar **especialistes en la valorització i reutilització** de materials i components des de la fase inicial del disseny.
- Desenvolupar **sistemes flexibles** que permetin incorporar millores ambientals impulsades pels agents de la construcció més enllà del disseny inicial.
- Dissenyar i oferir **formacions per a arquitectes**, alineades amb les seves motivacions (es podria impulsar des del Col·legi d'Arquitectes).

## RESULTATS | Quines idees han sorgit?

### Logística i tecnologia

- Digitalitzar les dades dels projectes constructius, facilitant-ne l'accés als gestors i unificant-les a través de la metodologia de l'Anàlisi del Cicle de Vida.
- Establir bancs digitals de materials (Building Materials Passport) per redefinir els edificis com a reserves de recursos i considerar les demolicions com a fonts de materials reutilitzables.
- Crear centres de recursos urbans.

### 7.3 Talleres de modelo de negocios. Resultados dinámica 2.

<p><b>Nom de la proposta:</b> TAKE-BACK SYSTEM</p>	
<p><b>Descripció</b>                  En què consisteix? Com ens imaginem que funciona operativament? I la seva logística? I la connexió entre agents?                  Ens cal alguna tecnologia? Si és necessari, representar-ho amb un esquema senzill.</p> <p>Un <b>take-back system</b> de materials d'obra és un sistema de recuperació de materials i components utilitzats en la construcció, que permet reincorporar-los a la cadena de valor en lloc de ser descartats com a residus.</p> <p>El procés consisteix a fer un desmuntatge selectiu i donar-li dues potencials sortides:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. La reutilització.</li> <li>2. El reciclatge: intervé el fabricant, el qual s'emporta el producte recuperat i s'encarrega de reintroduir-lo en la cadena productiva i/o en altres processos.</li> </ol>	
<p><b>FLUXOS ALS QUE APLICA</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Minerals</li> <li><input type="checkbox"/> Metalls</li> <li><input type="checkbox"/> Fusta</li> <li><input type="checkbox"/> Plàstics</li> <li><input type="checkbox"/> Vidre</li> <li><input type="checkbox"/> Paper i cartró</li> <li><input type="checkbox"/> Aïllants</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Guix</li> <li><input type="checkbox"/> Materials perillosos</li> <li><input type="checkbox"/> Altres</li> </ul>	
<p><b>Agents involucrats</b>                  Qui lidera la iniciativa? Quins altres agents cal involucrar, informar o considerar?</p> <p><b>Líder de la iniciativa:</b> Promotor</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <u>Agents clau per l'execució:</u> Constructor i fabricants.</li> <li>• <u>Agents que cal mantenir informats:</u> tota la cadena de valor.</li> <li>• <u>Agents que poden proporcionar suport o informació:</u> agents que gestionen plataformes de traçabilitat.</li> </ul>	<p><b>Dificultats i com afrontar-les</b>                  Quines poden ser les principals barreres, riscos, oposicions per a la implementació? Com podríem afrontar-les?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada fabricant només es responsabilitza de reciclar/reutilitzar els seus propis productes</li> <li>• Qui assumeix els costos extres de logística?</li> <li>• Qui assumeix els costos de la separació?</li> </ul> <p>Potencial solució: disposar d'una plataforma de traçabilitat.</p>
<p><b>Estratègies de circularitat implementades</b>                  Quines estratègies de les 7Rs estem utilitzant per fer-ho?</p> <ul style="list-style-type: none"> <li><input type="checkbox"/> Redissenyar</li> <li><input type="checkbox"/> Reparar</li> <li><input type="checkbox"/> Reduir</li> <li><input type="checkbox"/> Renovar</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Reutilitzar</li> <li><input checked="" type="checkbox"/> Recuperar</li> <li><input type="checkbox"/> Reciclar</li> </ul>	

**Nom de la proposta: BANC DE MATERIALS**

**Descripció**

En què consisteix? Com ens imaginem que funciona operativament? I la seva logística? I la connexió entre agents? Ens cal alguna tecnologia? Si és necessari, representar-ho amb un esquema senzill.

Un **banc de materials** és un sistema estructurat per gestionar i reutilitzar materials i components d'edificis, evitant que es converteixin en residus. Es basa en la idea que els edificis són reserves temporals de recursos que, en lloc de ser descartats en el moment de la demolició, poden ser recuperats, classificats i reintegrats en nous projectes.

- Es podrien reutilitzar grans i petits magatzems en desús a la ciutat.
- Caldria un inventari digitalitzat i un certificat per garantir-ne la traçabilitat.
- Seria necessari establir un protocol de desmuntatge i preparació per a la reutilització.
- Caldria obtenir certificats de qualitat per a les matèries i components reutilitzats.
- Seria imprescindible desenvolupar nous models de negoci i serveis ad hoc.
- Caldria oferir incentius per fomentar la compra de materials i components recuperats.

**FLUXOS ALS QUE APLICA**

- Minerals (*paleteria*)
- Metalls (*serralleria*)
- Fusta
- Plàstics
- Vidre
- Paper i cartró
- Aïllants (*nets*)
- Guix
- Materials perillosos
- Altres

**Agents involucrats**

Qui lidera la iniciativa? Quins altres agents cal involucrar, informar o considerar?

**Líder de la iniciativa:** Administració

- Agents clau per l'execució: constructors, fabricants i prescriptors.
- Agents que cal mantenir informats: Administració.
- Agents que poden proporcionar suport o informació: fabricants i experts d'altres països.

**Dificultats i com afrontar-les**

Quines poden ser les principals barreres, riscos, oposicions per a la implementació? Com podríem afrontar-les?

- Díficil d'implementar en projectes de gran envergadura per la disponibilitat limitada de materials. Tot i així, en aquests casos és clau prioritzar el manteniment.
- Reutilitzar els materials recuperats presenta desafiaments. Una possible solució seria que el fabricant subministrés el material reutilitzat o reciclat amb un segell de qualitat, combinat amb incentius per fomentar-ne la compra i l'ús en nous projectes.

**Estratègies de circularitat implementades**

Quines estratègies de les 7Rs estem utilitzant per fer-ho?

- Redissenyar
- Reduir
- Reutilitzar
- Reparar
- Renovar
- Recuperar
- Reciclar

**Nom de la proposta: SEGREGACIÓ DE RESIDUS**

**Descripció**

En què consisteix? Com ens imaginem que funciona operativament? I la seva logística? I la connexió entre agents? Ens cal alguna tecnologia? Si és necessari, representar-ho amb un esquema senzill.

1. DEMOLICIÓ

- Realitzar una diagnosi selectiva prèvia (inventari de materials):
  - Què em trobaré en la construcció?
  - Puc planificar ja des del disseny quina serà la sortida de materials i components quan l'edifici arribi al seu fi de vida?
- Generar un mercat secundari obert amb els materials i components recuperats clusteritzats per tipus de residus (LER).

2. CONSTRUCCIÓ

- Involucrar els fabricants i els transformadors intermedis.
- Incentivar de forma econòmica i/o normativa.

3. PENALITZACIÓ de tot allò que acaba a abocador o a recuperació energètica.

❖ De forma TRANSVERSAL, desenvolupar un sistema de control i traçabilitat digital.

FLUXOS ALS QUE APLICA

- ✓ Minerals
- ✓ Metalls
- ✓ Fusta
- ✓ Plàstics
- ✓ Vidre
- ✓ Paper i cartró
- ✓ Aïllants
- ✓ Guix
- ✓ Materials perillosos
- ✓ Altres

**Agents involucrats**

Qui lidera la iniciativa? Quins altres agents cal involucrar, informar o considerar?

**Líder de la iniciativa:** empresa de demolició/constructora.

- Agents clau per l'execució: constructora i els seus subcontractats, transportistes, gestors de residus autoritzats, inspectors i ARC.
- Agents que cal mantenir informats: ARC, propietaris/promotors.
- Agents que poden proporcionar suport o informació: fabricants, proveïdors de matèries primeres, arquitectes i prescriptors.

**Dificultats i com afrontar-les**

Quines poden ser les principals barreres, riscos, oposicions per a la implementació? Com podríem afrontar-les?

- Recursos (temps i cost)
- Disponibilitat d'espai d'emmagatzematge
- Comoditat i inèrcia de funcionament
- Falta de control legislatiu (reputacional)
- Dificultat logística
- Desconeixement (aplicacions materials recuperats)
- Falta de mercat de sortida i transformadors
- ✓ Disposar d'un pla de gestió de residus amb fases, quantitats i tipus de residus.
- ✓ Aplicar penalitzacions i incentius econòmics.
- ✓ Conèixer i identificar millor els residus o fluxos de sortida: tenir més informació de qualitat i una millor caracterització.

**Estratègies de circularitat implementades**

Quines estratègies de les 7Rs estem utilitzant per fer-ho?

- ✓ Redissenyar productes pensant en la desinstal·lació i amb sistemes constructius reversibles.
- ✓ Reduir a través de la millora de la planificació, la modularitat i la prefabricació.
- ✓ Reutilitzar evitant la condició de residu i promocionant la segona mà.
- ✓ Reparar a través d'actors especialistes i tenint en compte la rendibilitat econòmica.
- Renovar
- ✓ Recuperar a través del disseny per al desmuntatge.
- ✓ Reciclar a través de la correcta classificació i caracterització.

**Nom de la proposta: ECODISSENY**

**Descripció**

En què consisteix? Com ens imaginem que funciona operativament? I la seva logística? I la connexió entre agents? Ens cal alguna tecnologia? Si és necessari, representar-ho amb un esquema senzill.

- Analitzar els fluxos de materials des d'una perspectiva de cicle de vida.
- Integrar indicadors com biodiversitat, petjada hídrica i petjada de carboni en la selecció de materials.
- Desenvolupar i implementar models d'arquitectura inversa escalables a tota mena de construccions amb l'objectiu de:
  - Reduir els RCD i la diversitat de fraccions.
  - Augmentar la segregació en obra.

Aplicar-ho a 4 nivells:

1. Producte: reciclable, descarbonitzat, reutilitzable.
2. Solució constructiva
3. Execució (metodologies)
4. Traçabilitat

FLUXOS ALS QUE APLICA

- ✓ Minerals
- ✓ Metalls
- ✓ Fusta
- ✓ Plàstics
- ✓ Vidre
- ✓ Paper i cartró
- ✓ Aïllants
- ✓ Guix
- ✓ Materials perillosos
- ✓ Altres

**Agents involucrats**

Qui lidera la iniciativa? Quins altres agents cal involucrar, informar o considerar?

- Agents clau per l'execució: arquitectes, constructors, fabricants de materials.
- Agents que poden proporcionar suport o informació: figures de control de procés per a cada capa o nivell (els "Ecocontrolers").

**Dificultats i com afrontar-les**

Quines poden ser les principals barreres, riscos, oposicions per a la implementació? Com podríem afrontar-les?

- Serà essencial garantir una comunicació fluida entre els agents del procés, establint canals adequats i tenint en compte les "diferències de llenguatge" entre ells.

**Estratègies de circularitat implementades**

Quines estratègies de les 7Rs estem utilitzant per fer-ho?

- ✓ Redissenyar
- ✓ Reduir
- ✓ Reutilitzar
- ✓ Reparar
- ✓ Renovar
- ✓ Recuperar
- ✓ Reciclar



## 7.3 Talleres de modelo de negocios.

### Taller 2: estructura de la sesión y participantes

#### ESTRUCTURA DE LA SESIÓN

10:00 · Bienvenida y presentación de la jornada

10:10 · Repaso del taller 1 e introducción a los flujos priorizados

10:25 · Contextualización: pilotos y obras (Constructora Calaf)

10:50 · Pausa café

11:05 · Dinámica 1: Diseño de sistemas de recuperación y valorización de RCD

11:50 · Dinámica 2: Identificación de hipótesis a validar

12:50 · Puesta en común

13:00 · Fin de la jornada

Asistentes	Entidad
Marta Juanola	AMB – Área Metropolitana de Barcelona
Joan Manel Casamitjana, Xavier Caselles	Constructora de Calaf
Narcís Giralt	CELSA
Glòria Díez	ITeC – Institut de Tecnologia de la Construcció
Raúl Gómez	Constraula (Grup Sorigué)
Marino Mestres	EcoCGM
Anna Manyes	Rockwool
Néstor Catalán	Plastic People
Pedro Martínez	Eurecat
Regis Badia, Cristina Sendra	EIG – Eco Intelligent Growth
Álvaro Santana	Símbiosy
Rosa Fernández	Ciments Molins
Sergio López, Mar Porcar	CoCircular
Sonia Josa	Alier
Claudia Lorente, Carmen López	CREC – Clúster de Residus de Catalunya

## 7.3 Talleres de modelo de negocios. Taller 2. Resultados dinámica.

### Grup 1: Llana de roca

Per a l'establiment d'un sistema de recuperació de llana de roca es plantegen **cinc etapes**. A continuació es detallen les fases i alguns dels seus aspectes clau:

1. En primer lloc, caldrà entendre en quina fase constructiva i en quina quantitat es genera la minva de llana de roca per tal d'estar preparats per a la seva separació de la resta de residus. Un recurs útil en tot el procés, serà disposar d'una plataforma o aplicació per a fer la traçabilitat del material.
2. En segon lloc, durant l'obra, s'executarà la separació del material. En aquest punt, tenint en compte que una de les limitacions principals per a la valorització és la presència d'impropis, el premsat del material pot afavorir la seva recuperació. També serà important comparar les quantitats recollides amb les quantitats especificades, tasca que es podrà dur a terme de forma digital a través de la plataforma o aplicació de seguiment. En aquesta fase es consideren els següents rols clau:
  - Líder: empresa constructora. Executor: instal·lador. Suport: empresa proveïdora de llana de roca (serà necessari que proporcioni instruccions per a la correcta separació i trasllat del material).
  - L'espai d'emmagatzematge es percep com un limitant així com les diferències de tempos entre agents.
3. Transport del material des de l'obra fins al gestor intermedi. En aquest punt, queda sobre la taula qui serà l'agent que assumirà el cost, ja que actualment no existeix un gestor intermedi que prepari el material per a la valorització i l'actor que paga per la gestió del residu és la constructora. Per aquesta fase es plantegen els següents rols:
  - Líder: empresa constructora. Executor: transportista. Suport: receptor del material per als tractaments intermedis (higienització, principalment) - gestor intermedi.
4. Neteja del material i revisió prèvia a la valorització. Caldrà veure si després de la correcta separació i premsat aquest pas és realment necessari. Els recursos clau seran l'espai d'emmagatzematge i el sistema de traçabilitat mencionat anteriorment. Un dels punts febles identificats que més pot limitar l'operació són els tràmits administratius vinculats a la preparació per a la reutilització. La distribució de rols contemplada és la següent:
  - Líder: empresa constructora. Executor: gestor de residus intermedi.
  - Els tràmits de gestió, així com la inexistència d'una RAP, poden ser limitants en aquesta etapa.
5. Revisió del material rebut i incorporació en el sistema productiu. Un dels punts febles identificats és que la matèria primera verge és molt barata en comparació amb els costos associats a la recuperació, com per exemple, el del transport (parlem d'un material amb molt aire). En aquesta fase hi ha només un agent clau:
  - Líder i executor: empresa proveïdora de llana de roca.

La fiscalització del compliment de la normativa i l'aplicació de la taxonomia d'activitats sostenibles es perceben com a facilitadors marc per a l'impuls de la recuperació i valorització de RCD.

## Grup 2: Divisòries de guix laminat

Per a l'establiment d'un sistema de recuperació de plaques de guix laminat es plantegen **cinc etapes**. A continuació es detallen les fases i alguns dels seus aspectes clau:

1. Etapa de disseny i redacció del projecte constructiu. Punt en què l'obra encara no està adjudicada i cal:
  - Accions de frontstage: dissenyar per al desmuntatge i elaborar pla estratègic del projecte constructiu en matèria de sostenibilitat.
  - Accions de backstage: tenir coneixement previ de normatives, definir una estratègia de sostenibilitat i fixar objectius de valorització.
  - En aquest punt, els agents clau seran: el promotor, el constructor, l'empresa d'enginyeria i d'arquitectura.
  - El punt feble pot ser la falta de coneixement del projectista prescriptor. Es podria, per tant, definir una formació en circularitat per tal de capacitar-lo en coneixements i habilitats.
2. Tràmits documentals. Una fase que pot arribar a allargar-se 8 mesos en la que cal aconseguir la llicència d'obra i aconseguir un document d'acceptació dels materials recuperats per part d'un gestor autoritzat. Les accions principals en aquesta etapa són:
  - Accions de frontstage: obtenir la llicència d'obra, elaborar un pla de gestió de residus i un número identificador de l'obra (NIO).
  - Accions de backstage: definir contractes de tractament de residus, elaborar un contracte comercial amb el gestor i obtenir un dipòsit de garantia (dependrà del gestor).
  - Els agents implicats seran el gestor de guix i l'equip d'obra. Caldran eines digitals per a poder fer la traçabilitat del residu.
  - El punt feble pot ser que el gestor de guix no accepti el residu en les condicions que es recupera per la presència d'impropis.
3. Execució del projecte, separació del material. Es podria intentar separar les plaques per components (metall, cel·lulosa i guix) i separar al seu torn en funció de les qualitats del guix laminat (p. ex. és hidròfob o no ho és?) o per destins (reciclatge vs. reutilització).
  - Accions de backstage de suport: formació en gestió de residus, comunicacions i coordinació per a la correcta gestió del residu i elaboració de processos documentals.
  - Agents implicats: un *circular manager* encarregat de vetllar per la correcta recuperació i separació del material.
  - Caldrà habilitar un punt per a l'emmagatzematge del material, similar a un punt verd integrat en l'obra i potencialment, una compactadora.
  - Els punts febles poden ser la falta d'espai i la difícil coordinació entre multitud d'agents diversos que intervenen en l'obra en aquesta fase.
  - Com oportunitats de millora, ser capaços de traçar i documentar al màxim, i de forma digital totes les dades i informació vinculades a la recuperació i la valorització del material.
4. Gestió del residu. Aquesta etapa inclou també el transport del material des de l'obra fins al centre de transferència.

### Grup 3: Plàstics

Per a l'establiment d'un sistema de recuperació de plàstics es plantegen **cinc etapes**. A continuació es detallen les fases i alguns dels seus aspectes clau:

1. Recepció dels materials. Accions frontstage: signatura dels albarans. Accions de backstage: planificació de volums de materials i inventariat del % reciclat.
  - Líder: empresa constructora.
  - Reptes i oportunitats: la falta d'espai pot ser un limitant i el passaport digital de producte pot ser una eina facilitadora.
2. Construcció. Accions frontstage: generació del residu en l'obra i planificació de les quantitats i tipologies de residus (backstage).
  - Líder: empresa constructora.
  - Els índex de valorització es perceben com a limitats i es considera que hi ha oportunitats de millora en les certificacions dels materials que exigeixen nivells de qualitat ambiciosos.
3. Separació del material + premsat. Accions (totes de frontstage): condicionament del residu i separació en fraccions: film, big bags, paper, cartró, o plàstic mix.
  - Líder: empresa constructora. Executa: gestor especialista. Nou rol: especialista en materials que dona suport en la segregació de residus, treballa en obra per poder identificar materials, veure quins val la pena recuperar i assegurar-ne la separació correcta. Podria ser un treballador del gestor especialista.
  - Recursos clau: premsa de residus. Identificador òptic portàtil que ajudés a la segregació dels materials en obra a agents "no especialistes".
  - Punts febles: la possibilitat que els materials es mullin dificultant-ne el reciclatge o la gestió de riscos laborals.
  - La participació d'un SCRAP com Envalora es percep com una oportunitat. Tenir un ordre de magnitud de quan i quants residus es produiran en cada fase constructiva ajudaria a que la recuperació i separació fos més òptima. Les plataformes digitals poden ser un gran aliat per fer aquest seguiment (p. ex. passaport digital de producte).
4. Pesat i transport. Accions frontstage: carrega dels residus. Accions backstage: introducció de la informació de pesos (DI, FS, DSRC).
  - Actors involucrats: el gestor especialista i el transportista.
  - Recursos: una bàscula vinculada al transport.
5. Classificació, rentat, trinxat i gansejat en la planta.
  - Actors involucrats: el gestor especialista.
  - El baix cost d'abocador i incineració és un repte per a la valorització dels materials plàstics així com poder connectar el fabricant del material recuperat amb el comprador corresponent. Es posa sobre la taula la idea de crear contractes de compromís per part de les constructors.
  - La traçabilitat en tot el procés pot afavorir la valorització del material.
  - Per a la recuperació de plàstics de difícil valorització material, existeixen alternatives com les que ofereixen empreses com Plastic People.

