

WP3-A1. Estudio comparativo de las normativas de gestión de residuos ornamentales en roca en cada país.



Esta obra está licenciada bajo una [Licencia Internacional Creative Commons Atribución-CompartirIgual 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/)

"Financiado por la Unión Europea. Las opiniones y puntos de vista expresados solo comprometen a su(s) autor(es) y no reflejan necesariamente los de la Unión Europea o los de la Agencia Ejecutiva Europea de Educación y Cultura (EACEA). Ni la Unión Europea ni la EACEA pueden ser considerados responsables de ellos."



Transilvania
University
of Brasov



Índice

1. INTRODUCCIÓN	4
2. MARCO REGULATORIO GENERAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORNAMENTALES EN EUROPA	5
2.1. Resumen de la normativa europea	5
2.2. Directrices estratégicas clave	5
2.3. Contexto actual y desafíos de implementación	5
3. ANÁLISIS REGULATORIO COMPARATIVO POR PAÍS PARTICIPANTE	7
3.1. Alemania: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales	7
3.1.1. Legislación Nacional	7
3.1.2. Normas relacionadas DIN y EN	8
3.2. España: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales	9
3.2.1. Legislación Nacional	10
3.2.2. Normas relacionadas de la UNE e ISO	11
3.3. Rumanía: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales	12
3.3.1. Legislación Nacional	13
3.3.2. Normas SR EN / EN relacionadas	14
3.4. Croacia: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales	15
3.4.1. Normativas principales	15
3.4.2. Normas EN HRN relacionadas	16
4. RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO GENERAL	18
4.1. ALEMANIA	18
4.1.1. Columna vertebral regulatoria y orientación hacia la economía circular	18
4.1.2. Convertir residuos en producto: El marco EBV	18
4.1.3. Énfasis en la documentación y la trazabilidad	18
4.1.4. Gestión de residuos extractivos de principio a fin	19
4.1.5. Puntos clave para Alemania	19
4.2. ESPAÑA	19
4.2.1. Marco Nacional con Variabilidad Regional	19
4.2.2. ¿Qué cuenta como desperdicio? La clasificación lo es todo	20

4.2.3.	Traslado de residuos: trazabilidad digital y el sistema eSIR.....	20
4.2.4.	Los residuos extractivos están vinculados al permiso minero.....	20
4.2.5.	Puntos clave para España.....	21
4.3.	RUMANIA.....	21
4.3.1.	Estructura regulatoria y alineación con los objetivos circulares de la UE	21
4.3.2.	Residuos minerales: La brecha entre la posibilidad legal y la práctica	21
4.3.3.	Cumplimiento basado en documentación	22
4.3.4.	Planificación de residuos y ciclo de vida de canteras	22
4.3.5.	Puntos clave para Rumanía.....	22
4.4.	CROACIA	23
4.4.1.	Estructura regulatoria y supervisión	23
4.4.2.	Opciones de recuperación para residuos de piedra	23
4.4.3.	Documentación y trazabilidad digital	23
4.4.4.	Residuos de cantera y tareas a nivel de sitio	24
4.4.5.	Puntos clave para Croacia	24
5.	OPORTUNIDADES PARA LA ARMONIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN REGULATORIA	25
5.1.	Armonización de los criterios de "fin de residuos" para los residuos de piedra	25
5.2.	Uso coherente de códigos de residuos (LoW).....	25
5.3.	Interoperabilidad de los datos de envío de residuos	26
5.4.	Aclaración del límite entre residuos extractivos y generales.....	26
6.	CONCLUSIONES GENERALES	27
7.	REFERENCIAS	29



1. INTRODUCCIÓN

Este documento resume los hallazgos de la actividad WP3-A1, que compara los marcos legales que rigen la gestión de residuos de piedras ornamentales en Alemania, España, Rumanía y Croacia. El enfoque está en cómo las normativas nacionales y europeas abordan los residuos procedentes de materiales como el mármol, el granito y la pizarra, especialmente durante la extracción y el procesamiento.

El análisis responde a un desafío clave: la fragmentación regulatoria entre los Estados miembros de la UE. Las diferencias en la clasificación y recuperación de residuos a menudo impiden que las empresas adopten prácticas circulares, a pesar de los objetivos establecidos por el Pacto Verde Europeo.

El informe pone de relieve estas carencias e identifica las mejores prácticas que podrían apoyar un enfoque más unificado. Estos conocimientos son esenciales para el Proyecto RockChain, ya que establecen la base legal necesaria para implementar herramientas de trazabilidad digital como blockchain. Al alinear estas tecnologías con la normativa vigente, el proyecto apoya un futuro más transparente y eficiente en recursos para el sector de la piedra natural en Europa.

2. MARCO REGULATORIO GENERAL PARA LA GESTIÓN DE RESIDUOS ORNAMENTALES EN EUROPA

2.1. Resumen de la normativa europea

La principal referencia legislativa para la gestión de residuos en la UE es la Directiva Marco de Residuos (2008/98/CE), que establece definiciones y principios comunes, incluyendo la "jerarquía de residuos": prevención, reutilización, reciclaje, recuperación y eliminación como último recurso.

En el caso de piedras ornamentales (granito, mármol, pizarra), los residuos sólidos como recortes y lodos suelen tratarse como residuos de construcción y demolición (CDW). La Directiva estableció un objetivo para que los Estados miembros preparen al menos el 70% (en peso) de CDW no peligroso para su reutilización o reciclaje para 2020.

Aunque la Directiva establece una línea base común, los Estados miembros son responsables de trasladarla a la legislación nacional. Como resultado, las empresas deben cumplir tanto con las normas a nivel de la UE como con las normativas locales específicas de su país de operación.

2.2. Directrices estratégicas clave

Tres grandes políticas de la UE dan forma a la dirección general de la gestión de residuos ornamentales:

- **El Pacto Verde Europeo (2019):** Establece el objetivo de una UE climáticamente neutral para 2050 y enfatiza la reducción de residuos industriales y la promoción de un uso más eficiente de los recursos naturales.
- **Plan de Acción de Economía Circular (2020):** Apoya el diseño de productos que permiten la reutilización y el reciclaje. En el sector de la piedra, esto favorece la recuperación de subproductos y áridos secundarios, reduciendo la dependencia de materiales vírgenes.
- **Directiva Marco de Residuos (2008/98/CE):** Define conceptos clave como "residuos" y "reciclaje", y exige que los Estados miembros adopten medidas que impidan la generación de residuos, especialmente en los sitios de extracción y procesamiento.

2.3. Contexto actual y desafíos de implementación

A pesar de las fuertes políticas de la UE, varios desafíos dificultan la implementación efectiva en la industria de la piedra natural:

- **Clasificación de productos vs. residuos:** La distinción entre subproductos y residuos no siempre es clara. En algunas regiones, los recortes reutilizables siguen considerándose residuos, lo que hace que la reutilización sea innecesariamente compleja.
- **Fragmentación logística:** El sector está dominado por pymes, lo que dificulta coordinar sistemas de reciclaje o implementar esquemas de Responsabilidad Extendida del Productor (EPR) para materiales pesados.
- **Gestión de lodos:** El lodo fino de piedra procedente del aserraje y pulido presenta desafíos técnicos. A diferencia de los sólidos inertes, el lodo requiere deshidratación y a menudo carece de vías de recuperación aprobadas.
- **Inconsistencia regulatoria:** Los cambios frecuentes y las interpretaciones inconsistentes, especialmente entre regiones dentro de los países, generan incertidumbre para las empresas que intentan adoptar prácticas circulares.

Abordar estos problemas es clave para alinear el sector con los objetivos del Pacto Verde Europeo y desbloquear todo el potencial de circularidad en la piedra natural.

3. ANÁLISIS REGULATORIO COMPARATIVO POR PAÍS PARTICIPANTE

3.1. Alemania: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales

El marco regulatorio alemán para la gestión de residuos en el sector de las piedras ornamentales combina una legislación sólida sobre residuos con regulaciones específicas para actividades extractivas.

En la práctica, las obligaciones de gestión de residuos en la cadena de valor de las piedras ornamentales incluyen:

- **Clasificación:** Asignación obligatoria de códigos de residuos según el Catálogo Europeo.
- **Trazabilidad:** Documentación detallada de los flujos y separación de residuos.
- **Operaciones:** Requisitos para almacenamiento, transporte y tratamiento.
- **Recuperación frente a eliminación:** Condiciones estrictas para el vertedero y uso regulado de residuos minerales en la construcción.

Una legislación clave es la Abfallverzeichnis-Verordnung (AVV), que implementa el Catálogo Europeo de Residuos en Alemania y exige el uso de códigos de seis dígitos en todos los documentos de transporte y tratamiento. Además, las canteras deben cumplir tanto con la normativa medioambiental como con el Bundesberggesetz (Ley Federal de Minería), que exige planes de gestión de residuos como parte de la operación y cierre del sitio.

3.1.1. Legislación Nacional

Kreislaufwirtschaftsgesetz (KrWG) – Ley de Economía Circular

Ley marco que define la jerarquía de residuos, la responsabilidad del productor y las obligaciones en materia de prevención, reciclaje y eliminación, que constituye la base de la regulación alemana de residuos.

Ordenanza de Catálogo de Residuos (AVV)

Implementa el Catálogo Europeo de Residuos en Alemania, que enumera los códigos de residuos necesarios para el transporte y tratamiento.

Ersatzbaustoffverordnung (ErsatzbaustoffV) – Ordenanza de Materiales de Construcción Sustitutos

Define los requisitos medioambientales para el uso de residuos minerales (como áridos o lodos) en aplicaciones técnicas de construcción y facilita su reconocimiento como materia prima secundaria

Nachweisverordnung (NachwV) – Ordenanza de Registros

Regula los requisitos de documentación para la recuperación y eliminación de residuos, incluidos los registros electrónicos para los movimientos controlados de residuos.

Ordenanza de Notificación y Permisos (AbfAEV) – Ordenanza de Notificación y Permisos

Establece las obligaciones de notificación y permisos para gestores de residuos, transportistas y distribuidores.

Deponieverordnung (DepV) – Ordenanza de vertederos

Establece requisitos técnicos y criterios de aceptación para los vertederos; relevante cuando la recuperación no es posible.

Bundesberggesetz (BBergG) – Ley Federal de Minería

Regulación marco para actividades de exploración y extracción, combinada con normativas medioambientales sobre residuos y seguridad en las instalaciones de extracción.

3.1.2. Normas relacionadas DIN y EN

En Alemania, se aplican normas europeas armonizadas (normas EN) adoptadas como normas DIN EN por el organismo nacional de normalización DIN (Deutsches Institut für Normung), que apoyan la marca CE bajo el Reglamento de Productos de Construcción.

Los estándares más relevantes para productos y ensayos de piedra natural se enumeran a continuación):

DIN EN 1342:2013: Conjuntos de piedra natural para pavimento exterior: requisitos y métodos de ensayo.

DIN EN 1343:2013: Bordillos de piedra natural para pavimento exterior: requisitos y métodos de ensayo.

DIN EN 1467:2022: Piedra natural: bloques en bruto: requisitos.

DIN EN 1468:2023: Piedra natural: losas toscas: requisitos.

DIN EN 1469:2015: Productos de piedra natural: losas para revestimiento: requisitos.

DIN EN 12057:2015: Productos de piedra natural: azulejos modulares: requisitos.

DIN EN 12058:2015: Productos de piedra natural: losas para suelos y escaleras: requisitos.

DIN EN 12059:2012: Productos de piedra natural: piedra dimensional: requisitos.

DIN EN 12326-1:2014: Productos de pizarra y piedra para cubiertas y revestimientos discontinuos: especificaciones del producto.

DIN EN 14231:2003: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la resistencia al deslizamiento mediante el probador de péndulo.

DIN EN 13755:2008: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la absorción de agua a presión atmosférica.

DIN EN 1936:2007: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de densidad real, densidad aparente y porosidad total/abierta.

DIN EN 1926:2007: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la resistencia a la compresión uniaxial.

DIN EN 1925:1999: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación del coeficiente de absorción de agua por capilaridad.

DIN EN 12371:2010: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la resistencia a las heladas.

DIN EN 14066:2013: Métodos de ensayo de piedra natural: resistencia al envejecimiento por choque térmico.

DIN EN 14146:2004: Métodos de ensayo de piedra natural: módulo dinámico de elasticidad por frecuencia de resonancia.

DIN EN 14580:2005: Métodos de ensayo de piedra natural: módulo estático de elasticidad.

DIN EN 14579:2005: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la velocidad de propagación del sonido.

DIN EN 14157:2017: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la resistencia a la abrasión.

DIN EN 14158:2004: Métodos de ensayo de piedra natural: determinación de la resistencia a la flexión.

3.2. España: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales

La gestión de residuos en la industria de la piedra ornamental en España está generalmente regida por leyes, decretos y normas técnicas que intentan minimizar el impacto ambiental de la excavación y transformación de la piedra natural. La regulación incorpora los objetivos de sostenibilidad promovidos por la Unión Europea,

respondiendo a las necesidades específicas del sector donde estas actividades generan grandes volúmenes de residuos, principalmente en forma de escombros de cantera, lodos cortantes y polvo de piedra.

España, que forma parte de la UE, ha adaptado su legislación nacional a las directivas de la UE sobre residuos y minería sostenible mediante normativas específicas para la industria de la piedra natural y sus impactos medioambientales. Sin embargo, a pesar de estos esfuerzos, la gestión eficaz de los residuos en este sector sigue enfrentándose a una serie de desafíos técnicos, económicos y regulatorios: por ejemplo, la ausencia de una armonización completa en la aplicación de normas entre comunidades autónomas o la dificultad de trazabilidad para materiales reciclados.

Esta sección pretende ofrecer una evaluación exhaustiva de la normativa vigente en España en relación con la gestión de residuos en la industria de la piedra ornamental. Llegará incluso a ampliar el alcance de las leyes y decretos más relevantes que regulan el sector a las normas de la UNE y la ISO que establecen los criterios técnicos aplicables. También determinaría el nivel de aplicación de las normativas e ilustraría buenas prácticas, desafíos existentes y oportunidades de mejora en la eficiencia sectorial mediante la armonización de enfoques regulatorios y el aumento de tecnologías como Blockchain para la trazabilidad y el cumplimiento legal.

3.2.1. Legislación Nacional

Ley 7/2022, del 8 de abril, sobre residuos y suelos contaminados para una economía circular: Esta ley tiene como objetivo prevenir y reducir la generación de residuos, así como mejorar la eficiencia en el uso de los recursos, promoviendo la transición hacia una economía circular (BOE núm. 85, 2022).

Real Decreto 646/2020, de 7 de julio, que regula la disposición de residuos en vertederos: Este decreto establece las condiciones para la eliminación de residuos en vertederos, asegurando que se lleve a cabo de manera que evite o reduzca los efectos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana (BOE núm. 187, 2020).

Real Decreto 105/2008, de 1 de febrero de 2008, que regula la producción y gestión de residuos de construcción y demolición: Este decreto establece el marco legal para la gestión de los residuos generados en actividades de construcción y demolición, incluidas las de la industria de la piedra ornamental.

Ley 26/2007, de 23 de octubre de 2007, sobre Responsabilidad Ambiental: Esta ley establece el régimen legal de responsabilidad ambiental basado en el principio de "el contaminador paga", aplicable a actividades que puedan causar daños al medio ambiente.

Ley 22/2011, de 28 de julio de 2011, sobre residuos y suelos contaminados: Predecesora de la Ley 7/2022, esta ley incorporó la Directiva Marco de Residuos de la Unión Europea

en el sistema jurídico español, estableciendo las bases para la gestión de residuos y suelos contaminados. (BOE núm. 85, 2022).

3.2.2. Normas relacionadas de la UNE e ISO

Las siguientes normas técnicas proporcionan directrices específicas para la gestión y evaluación de productos de piedra natural.

UNE-EN 1342:2013: establece requisitos y métodos de ensayo para azulejos de piedra natural utilizados como pavimento exterior.

UNE-EN 1467:2024: Define los requisitos para bloques de piedra natural en bruto.

UNE-EN 1468:2024: Especifica los requisitos para losas de piedra natural en bruto.

UNE-EN 14231:2004: Describe el método de prueba para determinar la resistencia al deslizamiento de la piedra natural mediante el péndulo de fricción.

UNE-EN 1469:2015: Establece requisitos para losas de piedra natural utilizadas en revestimientos de paredes.

UNE-EN 12057:2015: Especifica los requisitos para plaquetas de piedra natural.

UNE-EN 12058:2015: Define los requisitos para las baldosas de piedra natural destinadas a pavimentos y escaleras.

UNE-EN 12372:2022: Proporciona el método de prueba para determinar la resistencia a la flexión bajo carga concentrada en piedra natural.

UNE-EN 16306:2022: Establece el método de prueba para determinar la resistencia del mármol a los ciclos térmicos y de humedad.

UNE-EN 16301:2022: Describe el método de prueba para determinar la sensibilidad de la piedra natural a manchas accidentales.

UNE 22988:2022: Proporciona la declaración digital de rendimiento para productos de piedra natural conforme a la norma EN 12058:2004.

UNE-EN 771-6:2012+A1:2016: Especifica piezas de mampostería de piedra natural.

UNE 22987:2022 IN: Proporciona especificaciones técnicas para productos de piedra natural destinados a la construcción.

UNE-EN 12370:2020: Establece el método de ensayo para determinar la resistencia de la piedra natural a la cristalización de sal.

UNE-EN 13373:2020: Describe el método de prueba para determinar las características geométricas de las unidades de piedra natural.

UNE-EN 12326-2:2012: Proporciona métodos de prueba para pizarras y pizarras carbonatadas utilizadas en cubiertas y revestimientos a dos aguas inclinadas.

UNE-EN 12326-1:2015: Especifica las características de las pizarras y pizarras carbonatadas para cubiertas y revestimientos a dos aguas inclinadas.

UNE-EN 772-4:1999: Establece el método de prueba para determinar la densidad real y aparente, así como la porosidad de piezas de piedra natural para mampostería.

UNE-EN 1925:1999: Describe el método de ensayo para determinar el coeficiente de absorción de agua por capilaridad en piedra natural.

UNE-EN 14158:2004: Proporciona el método de prueba para determinar la energía de rotura de la piedra natural.

UNE-EN 14146:2004: Establece el método de prueba para determinar el módulo dinámico de elasticidad de la piedra natural midiendo la frecuencia fundamental de resonancia.

UNE-EN 14580:2006: Describe el método de prueba para determinar el módulo estático de elasticidad de la piedra natural.

UNE-EN 13755:2008: Especifica el método de prueba para determinar la absorción de agua a presión atmosférica en piedra natural.

UNE-EN 12371:2011: Métodos de prueba para piedra natural. Determinación de la resistencia a la helada.

UNE-EN 12059:2008+A1:2012: Productos de piedra natural. Piedra enorme. Requisitos.

UNE-EN 14066:2014: Establece el método de prueba para determinar la resistencia de la piedra natural a la meteorización y degradación ambiental.

UNE-EN 14157:2018: Métodos de prueba para piedra natural. Determinación de la resistencia a la abrasión.

UNE-EN 14579:2005: Métodos de prueba para piedra natural: Determinación de la velocidad de propagación del sonido

UNE-EN 1926:2007: Métodos de prueba para piedra natural. Determinación de la resistencia a la compresión uniaxial.

UNE-EN 1936:2007: Métodos de prueba para piedra natural. Determinación de la densidad real y aparente y de porosidad abierta y total.

UNE 22190:2014: Productos de piedra natural. Construcción de tejados inclinados y revestimiento vertical de paredes con pizarra.

3.3. Rumanía: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales

Como Estado miembro de la UE, Rumanía ha adaptado su legislación sobre residuos para cumplir con los requisitos de la UE mediante un conjunto de normativas que regulan la generación, clasificación, trazabilidad y eliminación de residuos.

En la cadena de valor de la piedra ornamental (desde la extracción hasta el corte y el acabado), los flujos regulados típicos incluyen materiales extraídos (residuos de recubrimiento y residuos inertes), cortes en piedra y fracciones finas como lodos o polvo procedentes del procesamiento. Todos estos residuos deben ser correctamente clasificados y registrados en el sistema nacional de gestión de residuos.

El marco general se basa en la Ordonanța de Urgență a Guvernului nr. 92/2021 sobre el régimen de residuos, que establece las obligaciones de los generadores de residuos en materia de prevención, recogida separada y trazabilidad, en línea con la Directiva Marco de Residuos de la UE.

Además de este marco general, existe un régimen específico para los residuos de las industrias extractivas, que afecta directamente al sector de la cantera.

3.3.1. Legislación Nacional

Ordenanza de Emergencia Gubernamental nº 92/2021 — sobre gestión de residuos

Marco general que regula la prevención, separación, trazabilidad y obligaciones de los productores de residuos, en línea con la legislación europea.

pwc.ro

Ley nº 17/2023 — que aprueba la Ordenanza de Emergencia nº 92/2021

Ley que aprueba y complementa la regulación mencionada, reforzando la transposición de directivas europeas sobre la economía circular.

Ordenanza Gubernamental nº 2/2021 — sobre vertederos de residuos

Regula condiciones estrictas y controles para la eliminación de residuos, siendo especialmente relevante para los residuos inertes que no pueden recuperarse.

Decisión Gubernamental nº 856/2008 — gestión de residuos en las industrias extractivas

Transpone la Directiva Europea sobre Residuos Mineros a la legislación rumana, exigiendo planes de gestión extractiva de residuos y estableciendo requisitos de seguridad para las instalaciones de residuos en canteras.

Decisión Gubernamental nº 856/2002 — registros de gestión de residuos

Aprueba la lista nacional de residuos y las normas de codificación; Todos los residuos de piedra deben llevar un código adecuado.

Orden nº 95/2005 — criterios para aceptar residuos en vertederos

Establece criterios técnicos y procedimientos preliminares para aceptar residuos en vertederos, incluyendo límites de prueba para residuos inertes. (Referencia regulatoria)

Ley de Minería nº 85/2003 — Marco para la minería y extracción

Regula las actividades mineras y de cantera, estableciendo obligaciones medioambientales relacionadas con el cierre y rehabilitación del sitio. (Referencia regulatoria)

Ordenanza de Emergencia nº 195/2005 — Protección Ambiental

Ley marco que sustenta los requisitos de permisos y el cumplimiento medioambiental en Rumanía. (Referencia regulatoria)

3.3.2. Normas SR EN / EN relacionadas

Rumanía adopta normas europeas (EN) como normas nacionales bajo la denominación SR EN a través de ASRO (Asociación de Normalización en Rumanía). Estas normas sirven como base técnica para verificar el rendimiento y las propiedades de los productos de piedra natural en el mercado o para su posible reutilización:

[SR EN 1467](#): Piedra natural. Bloques toscos. Requisitos.

[SR EN 1468](#): Piedra natural. Losas tostas. Requisitos.

[SR EN 1469](#): Productos de piedra natural. Losas para revestir. Requisitos.

[SR EN 12057](#): Productos de piedra natural. Azulejos modulares. Requisitos.

[SR EN 12058](#): Productos de piedra natural. Losas para suelos y escaleras. Requisitos.

[SR EN 1341](#): Losas de piedra natural para pavimento exterior. Requisitos y métodos de prueba.

[SR EN 1342](#): Terrenos de piedra natural para pavimento exterior. Requisitos y métodos de prueba.

[SR EN 1343](#): Bordillos de piedra natural para pavimento exterior. Requisitos y métodos de prueba.

[SR EN 771-6](#): Especificación para unidades de mampostería. Parte 6: Unidades de mampostería de piedra natural.

[SR EN 12440](#): Piedra natural. Criterios de denominación.

[SR EN 1936](#): Métodos de ensayo de piedra natural. Densidad y porosidad.

[SR EN 1925](#): Coeficiente de absorción de agua por capilaridad.

[SR EN 1926](#): Resistencia a la compresión.

[SR EN 12371](#): Resistencia a las heladas.

[SR EN 13755](#): Absorción de agua a presión atmosférica.

[SR EN 14157](#): Resistencia a la abrasión.

[SR EN 14231](#): Resistencia al deslizamiento (probador de péndulo).

3.4. Croacia: contexto regulatorio detallado sobre la gestión de residuos ornamentales

En Croacia, la cadena de valor de la piedra ornamental (desde la extracción hasta el procesamiento) genera corrientes de residuos similares a las de otros Estados miembros de la UE: material de limpieza y fracciones minerales inertes de extracción, recortes y bloques de tamaño no comercial, así como lodos y polvo fino procedentes de sistemas de corte, pulido y tratamiento de agua. Como Estado miembro de la UE, Croacia regula estos residuos mediante un marco general de residuos complementado por regulaciones específicas y un régimen especial para los residuos extractivos.

En la práctica, la regulación del sector se centra en varios puntos: la correcta clasificación de los residuos según la Lista Nacional de Residuos, los requisitos de permisos y explotación para almacenamiento, tratamiento y recuperación, las obligaciones específicas que se aplican a los residuos de la industria extractiva (incluida la planificación y control de riesgos en las instalaciones de residuos), y los criterios de aceptación para los vertederos cuando la recuperación no es posible (Narodne novine, 2021; Narodne novine, 2022; Narodne novine, 2023a).

Además, Croacia ha reforzado los sistemas de trazabilidad y reporte a través de registros nacionales y plataformas electrónicas que respaldan las obligaciones establecidas por la Ley de Gestión de Residuos, relevante para futuras digitalizaciones de pruebas de cumplimiento (por ejemplo, trazabilidad de envíos, operaciones de recuperación y resultados de criterios de fin de residuos) (ISGO, s.f.; Narodne novine, 2021).

3.4.1. Normativas principales

Ley de Gestión de Residuos (Zakon o gospodarenju otpadom): Establece la jerarquía nacional de residuos, las responsabilidades de los titulares de residuos, los principios de permisos y los estándares de cumplimiento que afectan a canteras y operadores de plantas de piedra (Narodne novine, 2021).

Ordenanza de Gestión de Residuos (Pravilnik o gospodarenju otpadom): Desarrolla requisitos operativos como documentación, registro y procedimientos específicos, e incluye la Lista de Residuos como referencia para la clasificación, que es clave para los residuos típicos en el sector de la piedra (Narodne novine, 2022; Narodne novine, 2024).

Ordenanza sobre vertederos (Pravilnik o odlagalištima otpada): Establece criterios para la aceptación, operación y cierre de vertederos, así como condiciones de pretratamiento

previas a la eliminación, aplicables cuando no existen vías de recuperación para residuos minerales inertes (Narodne novine, 2023a).

Ordenanza sobre Residuos Extractivos (Pravilnik o gospodarenju otpadom iz rudarske industrije): Esta es la regulación específica para residuos de cantera, que establece requisitos para planes de gestión de residuos extractivos, medidas preventivas, gestión de la seguridad, permisos y supervisión de instalaciones extractivas (Narodne novine, 2023b).

Ordenanza sobre Residuos de Construcción y Residuos que Contienen Amianto (Pravilnik o građevnom otpadu i otpadu koji sadrži azbest): Se aplica a la interfaz entre residuos minerales y áridos reciclados cuando entran en circuitos de recuperación de construcción bajo condiciones controladas (Narodne novine, 2016).

Ordenanza de Fin de Residuos (Pravilnik o ukidanju statusa otpada): Define criterios y procedimientos para determinar cuándo un material deja de ser residuo, incluyendo disposiciones que pueden aplicarse a agregados reciclados, lo cual es útil en escenarios que involucran la recuperación de fracciones minerales procesadas (Narodne novine, 2023c).

Plan de Gestión de Residuos de la República de Croacia 2023–2028 (Plan gospodarenja otpadom RH 2023–2028): Establece prioridades y objetivos nacionales que guían la implementación, inversión y seguimiento, incluyendo la estrategia para reducir la dependencia de los vertederos y aumentar las tasas de recuperación (Narodne novine, 2023c; Narodne novine, 2025).

3.4.2. Normas EN HRN relacionadas

Como en otros Estados miembros de la UE, Croacia adopta normas europeas como normas nacionales bajo la denominación HRN EN, y el sector de la piedra suele emplear estas especificaciones armonizadas y métodos de ensayo para evaluar el rendimiento de los productos de piedra natural en aplicaciones de construcción (HZN, s.f.; CEN-CENELEC, s.f.; Donatello et al., 2018). Entre los más relevantes se encuentran:

HRN EN 1467: Piedra natural. Bloques toscos. Requisitos.

HRN EN 1468: Piedra natural. Losas tostas. Requisitos.

HRN EN 1469: Productos de piedra natural. Losas para revestir. Requisitos.

HRN EN 12057: Productos de piedra natural. Azulejos modulares. Requisitos.

HRN EN 12058: Productos de piedra natural. Losas para suelos y escaleras. Requisitos.

HRN EN 1341 / 1342 / 1343: Unidades de pavimento de piedra natural: losas, adoquines y bordillos. Requisitos y métodos de prueba.



HRN EN 771-6: Especificación para unidades de mampostería. Parte 6: Unidades de piedra natural.

HRN EN 12440: Piedra natural. Criterios de designación.

HRN EN 1936: Métodos de prueba para piedra natural. Densidad real, densidad aparente, porosidad total y abierta.

HRN EN 13755: Métodos de prueba para piedra natural. Absorción de agua a presión atmosférica.

HRN EN 12371: Métodos de prueba para piedra natural. Resistencia a las heladas.

HRN EN 14157: Métodos de prueba para piedra natural. Resistencia a la abrasión.

HRN EN 14231: Métodos de prueba para piedra natural. Resistencia al deslizamiento según la prueba de péndulo.

4. RESULTADOS Y ANÁLISIS COMPARATIVO GENERAL

Esta sección va más allá de lo que dicen las normativas y se limita a lo que realmente significa para las operaciones diarias en el sector de la piedra ornamental. Se centra en tres momentos regulatorios clave que moldean cómo se gestionan los residuos en canteras y plantas de procesamiento:

- **Clasificación:** Cómo se identifican y documentan los residuos.
- **Rutas de recuperación:** Qué opciones legales existen para reutilizar los residuos minerales, especialmente en la construcción.
- **Tareas de extracción:** Cómo se gestionan las normas para residuos de cantera y cierre de obras.

El objetivo no es clasificar los países, sino destacar qué marcos apoyan prácticas circulares y dónde la fragmentación legal o la burocracia aún empujan los residuos de piedra reutilizables hacia los vertederos.

4.1. ALEMANIA

4.1.1. Columna vertebral regulatoria y orientación hacia la economía circular

Alemania destaca por contar con una estructura legal sólida y general que incorpora los principios de economía circular en las operaciones diarias. En lugar de normas específicas por sector para la piedra, la industria sigue leyes medioambientales más amplias, especialmente la **Ley de Economía Circular (KrWG)**, que prioriza la prevención, recuperación y clasificación adecuada de residuos en todos los tipos de residuos, incluidos los residuos minerales

4.1.2. Convertir residuos en producto: El marco EBV

Una de las principales ventajas de Alemania es la existencia de vías claras y legales que permiten la reincorporación de residuos minerales procesados a la economía. La **Ordenanza de Materiales de Construcción Sustitutos (Ersatzbaustoffverordnung - EBV)**, parte del reciente paquete *Mantelverordnung*, establece estándares nacionales sobre cuándo residuos minerales, como recortes de piedra o lodos, pueden utilizarse en la construcción.

Esto incluye criterios estrictos de calidad y medioambientales (por ejemplo, umbrales de contaminantes para proteger las aguas subterráneas), ofrecer seguridad jurídica y reducir el riesgo de que estos materiales sean enviados erróneamente a vertederos.

4.1.3. Énfasis en la documentación y la trazabilidad

Alemania exige un seguimiento detallado de todos los movimientos de residuos. A través de la **Ordenanza sobre Registros de Recuperación y Eliminación de Residuos**

(NachwV), las empresas están acostumbradas a mantener registros digitales que muestran qué tipo de residuos se produjeron, cuán y a dónde se enviaron.

Esto hace que Alemania sea especialmente adecuada para herramientas de trazabilidad digital como blockchain, una de las innovaciones clave de RockChain, ya que las empresas ya están familiarizadas con informes verificables y auditables.

4.1.4. Gestión de residuos extractivos de principio a fin

Para las canteras de piedra, Alemania aplica obligaciones legales específicas vinculadas a la Directiva Europea sobre Residuos Mineros. La **Ordenanza de Residuos Extractivos (GewinnungsAbfV)** y la **Ley Federal de Minería (BBergG)** garantizan que la gestión de residuos y la rehabilitación del sitio se planifiquen desde el principio, no como una ocurrencia tardía. Este enfoque ayuda a evitar riesgos medioambientales y favorece la eficiencia de los recursos a largo plazo.

4.1.5. Puntos clave para Alemania

- **Sistema legal robusto:** Las leyes generales de residuos de Alemania son fuertes, exigibles y ya cubren el sector de la piedra sin necesidad de exenciones especiales.
- **Camino claro hacia la circularidad:** El EBV ofrece una vía nacional para reutilizar residuos de piedra limpia como materiales de construcción, ofreciendo claridad legal y medioambiental.
- **Preparación digital:** La trazabilidad mediante documentación ya es estándar, lo que facilita la transición a sistemas basados en blockchain.
- **Desafío para las pymes:** Aunque existen herramientas legales, las pequeñas empresas a menudo tienen dificultades con las exigencias técnicas (por ejemplo, pruebas de laboratorio, documentación) necesarias para aprovechar al máximo las vías de reutilización.

4.2. ESPAÑA

4.2.1. Marco Nacional con Variabilidad Regional

El sistema regulatorio español combina un sólido marco nacional con la implementación regional, lo que genera diferencias considerables en la aplicación de las normas en todo el país. A nivel nacional, la **Ley 7/2022** aplica la jerarquía de residuos de la UE y aclara los deberes relacionados con la prevención, trazabilidad y clasificación. También define cuándo un material puede perder su estatus de residuo o ser tratado como un subproducto, algo crucial para decidir el destino de los lodos o recortes de piedra.

Sin embargo, la aplicación real recae en las Comunidades Autónomas, que emiten permisos, realizan inspecciones e interpretan los umbrales legales. Esta descentralización crea barreras prácticas, especialmente para las empresas que operan

en múltiples regiones, ya que se enfrentan a documentación, aprobaciones de tratamiento o normas de envío inconsistentes.

4.2.2. ¿Qué cuenta como desperdicio? La clasificación lo es todo

En España, la clasificación adecuada determina si un material se considera recuperable o debe ser eliminado. El país sigue la **Lista Europea de Residuos (LoW)**, y cada código de residuos tiene implicaciones sobre cómo puede ser manipulado el material.

Para los productores de piedra, materiales inertes como grava o recortes son generalmente aceptados en las vías de recuperación (por ejemplo, para rellenos de construcción). Pero los residuos finos y los lodos suelen caer en una zona gris. A menos que se pueda demostrar una calidad constante, estos materiales permanecen en la categoría de "residuos" y requieren disposición formal, incluso cuando son técnicamente reutilizables. La complejidad de alcanzar el estatus de Fin de Residuos desanima a muchas pymes a buscar certificaciones de reutilización.

4.2.3. Traslado de residuos: trazabilidad digital y el sistema eSIR

España está impulsando la digitalización en la gestión de residuos a través **del Real Decreto 553/2020**, que regula cómo se transportan y rastrean los residuos en todo el país. Todos los envíos deben registrarse a través **de eSIR**, la plataforma electrónica nacional que estandariza la documentación entre productores de residuos, transportistas y destinatarios.

Esta trazabilidad digital tiene dos efectos:

- Mejora la transparencia y garantiza que los flujos de residuos se registren formalmente.
- Aumenta la presión sobre la clasificación precisa, ya que los errores aguas arriba pueden provocar rechazos o multas aguas abajo.

Para el sector de la piedra, esto significa que el cumplimiento digital exitoso depende no solo del uso del sistema, sino de introducir datos consistentes y confiables. Esto crea un punto de entrada estratégico para que RockChain ofrezca valor añadido como herramienta de verificación.

4.2.4. Los residuos extractivos están vinculados al permiso minero

Las canteras están sujetas a un régimen jurídico específico regulado por **el Real Decreto 975/2009**, que traslada la Directiva Europea sobre Residuos Extractivos. Aquí, los residuos no son solo un subproducto: forman parte de la licencia para extraer. Los operadores deben presentar **Planes de Gestión de Residuos** Extractivos, realizar evaluaciones de estabilidad y comprometerse a la rehabilitación del sitio como parte de sus obligaciones de permiso. Esto garantiza que los residuos de la cantera se planifiquen y supervisen durante todo el ciclo de vida del lugar, y no se gestionen como una ocurrencia secundaria.

4.2.5. Puntos clave para España

- **Estructura legislativa sólida:** España se alinea bien con el derecho de la UE, con una clara separación entre residuos generales (Ley 7/2022) y residuos extractivos (RD 975/2009).
- **Principal cuello de botella:** El desafío radica en la inconsistencia regional, especialmente en las autorizaciones de fin de residuos y la interpretación procedimental.
- **Fortalezas y carencias digitales:** El sistema eSIR de España muestra cómo la trazabilidad digital puede agilizar las operaciones, pero solo si los datos subyacentes son fiables. Esto abre la puerta para que RockChain actúe como una capa digital de confianza, reduciendo la incertidumbre y armonizando la clasificación entre operadores y regiones.

4.3. RUMANIA

4.3.1. Estructura regulatoria y alineación con los objetivos circulares de la UE

Rumanía ha renovado su legislación sobre residuos en los últimos años para alinearla con los principios de economía circular de la UE. La base legal principal es la **Ordenanza de Emergencia Gubernamental (GEO) nº 92/2021**, modificada por la **Ley nº 17/2023**, que integra la jerarquía de residuos en las funciones operativas estándar. Establece responsabilidades claras en la prevención, clasificación y trazabilidad de residuos.

Sin embargo, a pesar de esta estructura legal moderna, los resultados en la gestión de residuos siguen siendo inconsistentes. Los informes de la UE destacan que Rumanía sigue dependiendo en gran medida de los vertederos y tiene dificultades para desarrollar sistemas de recuperación escalables. Para el sector de la piedra, esto significa que, aunque existen las normas, las vías prácticas de reutilización siguen limitadas por las lagunas en infraestructuras y en la aplicación.

4.3.2. Residuos minerales: La brecha entre la posibilidad legal y la práctica

La recuperación de residuos de piedra está legalmente permitida bajo el marco general de residuos de Rumanía, pero no existe un camino unificado de recuperación, a diferencia del EBV claramente definido en Alemania. En su lugar, cada caso de recuperación depende de:

- Demanda local de áridos reciclados.
- Condiciones de permiso en cada lugar receptor.
- Capacidad del operador para documentar la calidad y el cumplimiento.

Al mismo tiempo, el vertedero sigue siendo un respaldo. **La OG nº 2/2021 y la Orden nº 95/2005** establecen criterios estrictos para la aceptación de vertederos, lo que hace que la eliminación sea más onerosa, pero no necesariamente facilita la reutilización. Sin un sistema armonizado para declarar el estado de fin de residuos, muchos operadores carecen de la capacidad técnica o administrativa para validar sus materiales para su reutilización.

4.3.3. Cumplimiento basado en documentación

Rumanía hace cumplir el cumplimiento mediante un enfoque basado en la documentación. La **Lista Nacional de Residuos (HG No. 856/2002)** exige que cada flujo de material debe ser correctamente clasificado y registrado. Sin documentación, no hay reconocimiento legal del tratamiento o del transporte.

Las enmiendas de 2023 (Ley 17/2023) refuerzan este enfoque, añadiendo nuevas obligaciones para el seguimiento y la verificación de envíos. Este cambio de política apoya la transparencia y comienza a alejar el sistema de las prácticas informales. Sin embargo, las altas tasas de vertederos sugieren que la aplicación de la ley aún está alcanzando la ambición regulatoria.

Para el Proyecto RockChain, este entorno presenta una oportunidad: herramientas digitales que simplifiquen y automatizan la gestión de registros podrían responder directamente al impulso de Rumanía por la trazabilidad.

4.3.4. Planificación de residuos y ciclo de vida de canteras

Cuando se trata de extracción de piedra, Rumanía aplica normas específicas alineadas con la **Directiva Europea sobre Residuos Extractivos**. La **HG nº 856/2008** regula los residuos extractivos, requiriendo planes detallados de gestión de residuos y un seguimiento de la seguridad. Combinadas con la **Ley de Minería nº 85/2003**, estas normativas garantizan que los residuos de cantera se traten como parte estructurada de la planificación y cierre del sitio, no como material sobrante que se abordará más adelante.

4.3.5. Puntos clave para Rumanía

- **La alineación legal es fuerte:** GEO 92/2021 alinea a Rumanía con los estándares de la UE, pero la aplicación en el mundo real sigue rezagada.
- **La recuperación sigue fragmentada:** no existe un sistema nacional para la reutilización de minerales, cada caso depende de los permisos y de las condiciones del mercado local.
- **La trazabilidad está emergiendo como una prioridad:** las nuevas normas están cambiando el enfoque hacia la transparencia y el control de envíos, ofreciendo una buena opción para soluciones basadas en blockchain.

- **Gobernanza clara para los residuos de cantera:** La estructura legal de Rumanía distingue entre residuos extractivos y de procesamiento, con funciones claras para la planificación y rehabilitación a nivel de sitio.

4.4. CROACIA

4.4.1. Estructura regulatoria y supervisión

Croacia gestiona el sector de las piedras ornamentales mediante un marco moderno de residuos alineado con la legislación de la UE. La **Ley de Gestión de Residuos** constituye el núcleo legal, estableciendo la jerarquía de residuos y asignando responsabilidades claras a los productores y poseedores de residuos.

En la práctica, el cumplimiento se define por tres requisitos principales:

- **Clasificación precisa**, usando la versión croata de la Lista Europea de Residuos.
- **Permisos estrictos**, que cubren todas las actividades de almacenamiento, tratamiento y recuperación.
- **Eliminación controlada**, donde el vertedero se limita a residuos que no pueden ser reutilizados de forma segura o factible.

Para los productores de piedra, esto significa que las obligaciones administrativas son elevadas y se requiere disciplina regulatoria en todas las etapas del flujo de materiales.

4.4.2. Opciones de recuperación para residuos de piedra

Croacia ofrece un camino estructurado para que los residuos minerales se reutilicen como material secundario. Esto está regulado por la **Ordenanza de Fin de Residuos**, que establece condiciones claras bajo las cuales residuos, como la piedra triturada o los lodos, pueden salir del régimen de residuos y entrar en el mercado de la construcción.

Para calificar, los operadores deben:

- Demuestra la consistencia del producto mediante pruebas.
- Cumple los criterios de seguridad ambiental.
- Sigue la **Ordenanza sobre Residuos de Construcción**, que regula cómo estos materiales pueden utilizarse de forma segura en obras de construcción nueva.

Esta claridad legal es un punto fuerte: en lugar de depender de aprobaciones discrecionales, Croacia proporciona criterios fijos que los operadores pueden planificar.

4.4.3. Documentación y trazabilidad digital

Una de las características más destacadas de Croacia es su énfasis en la información digital. Dos sistemas sustentan esto:

- **e-ONTO:** El Registro Nacional de Formación y Flujo de Residuos.

- **ISGO:** Una plataforma más amplia para la gobernanza de la gestión de residuos.

Estos sistemas son obligatorios para los operadores y ya recogen datos detallados sobre clasificación, movimiento y recuperación de residuos.

Para el RockChain Project, esto es una ventaja clave. Las empresas croatas están acostumbradas al cumplimiento digital, lo que facilita la introducción de herramientas de trazabilidad basadas en blockchain. Las bases culturales y técnicas ya están establecidas.

4.4.4. Residuos de cantera y tareas a nivel de sitio

La extracción de piedra está sujeta a un régimen legal específico a través de la **Ordenanza de Residuos** Extractivos, que refleja los requisitos de la UE. Los operadores de cantera deben:

- Preparar planes formales **de gestión extractiva de residuos**.
- Realizar evaluaciones de riesgos para almacenamiento y seguridad.
- Integrar la planificación de residuos en las operaciones del sitio y en las estrategias de cierre.

Este sistema garantiza que los residuos extractivos se traten por separado de los residuos aguas abajo y siga procedimientos adaptados a su volumen y riesgo ambiental.

4.4.5. Puntos clave para Croacia

- **Fuerte alineación con la UE:** El marco legal de Croacia es actual, integral y totalmente alineado con la política europea.
- **Reglas claras para la recuperación:** La Ordenanza de Fin de Residuos ofrece transparencia y previsibilidad para los operadores que buscan valorar los residuos de piedra.
- **Avanzada digitalmente:** Las plataformas nacionales existentes como e-ONTO e ISGO significan que los sistemas de trazabilidad ya forman parte del negocio habitual para la mayoría de los operadores.
- **Separación efectiva de regímenes:** Los residuos de cantera y los residuos de procesamiento están regulados por normas distintas pero complementarias, mejorando la claridad regulatoria.

5. OPORTUNIDADES PARA LA ARMONIZACIÓN Y ESTANDARIZACIÓN REGULATORIA

El análisis comparativo de Alemania, España, Rumanía y Croacia confirma que la arquitectura jurídica es coherente a nivel europeo, estructurada principalmente en torno a la Directiva Marco de Residuos (2008/98/CE). Sin embargo, la aplicación práctica de estas normas muestra divergencias significativas, especialmente en la forma en que los países interpretan, clasifican y gestionan los residuos de piedra ornamental.

En lugar de carecer de reglas, el desafío radica en *cómo se aplican de forma diferente esas mismas reglas*. Esta fragmentación genera incertidumbre legal para los operadores y dificulta la circulación transfronteriza de materiales secundarios.

Del estudio emergen cuatro prioridades de armonización, que son las siguientes.

5.1. Armonización de los criterios de "fin de residuos" para los residuos de piedra

Actualmente no existe un referente a nivel de la UE sobre cuándo los residuos de piedra se convierten en un producto utilizable. Algunos países (como Alemania y Croacia) ofrecen vías regulatorias claras, mientras que otros dependen de aprobaciones lentas y específicas de cada caso.

Oportunidad: Definir un paquete compartido de evidencia técnica y medioambiental para cuándo residuos minerales, como lodos de sierra o recortes, pueden ser reconocidos como productos reciclados.

Impacto: Esto generaría confianza entre los Estados miembros y reduciría la dependencia de los vertederos, desbloqueando mercados para los áridos reciclados en la construcción.

5.2. Uso coherente de códigos de residuos (LoW)

Aunque todos los Estados miembros utilizan la Lista Europea de Residuos, la aplicación inconsistente sigue siendo una barrera. Materiales idénticos pueden recibir códigos diferentes (por ejemplo, lodo inerte vs. residuos contaminados), lo que conduce a una documentación, normas de transporte y opciones de recuperación diferentes.

Oportunidad: Desarrollar guías de codificación específicas por sector para piedras ornamentales, idealmente apoyadas por umbrales basados en pruebas para distinguir lodos "limpios" de "peligrosos".

Impacto: Reduce la ambigüedad legal y favorece una logística nacional y transfronteriza más fluida.

5.3. Interoperabilidad de los datos de envío de residuos

La trazabilidad digital avanza de forma desigual. Alemania y Croacia tienen sistemas maduros; España y Rumanía están en plena transición. Sin embargo, estos sistemas a menudo requieren diferentes campos de datos, formatos o flujos de documentos.

Oportunidad: Armoniza la estructura de datos para los envíos de residuos de piedra — estableciendo una línea base compartida (por ejemplo, ID de lote, origen, composición, clasificación) entre todas las plataformas.

Impacto: Mejora la trazabilidad, reduce la fricción administrativa y prepara el terreno para futuras herramientas digitales y el comercio transfronterizo de materiales secundarios.

5.4. Aclaración del límite entre residuos extractivos y generales

Los residuos de piedra se mueven frecuentemente entre las fases extractiva (cantera) e industrial (procesamiento). Pero las normas de transición poco claras provocan solapamientos en las obligaciones de cumplimiento.

Oportunidad: Define un "punto de traspaso" común a nivel de la UE: ¿cuándo deja de ser un subproducto mineral de extracción y se convierte en producto o residuo general?

Impacto: Simplifica el cumplimiento, especialmente para pymes verticalmente integradas que operan tanto en las fases de extracción como de transformación.

6. CONCLUSIONES GENERALES

Este estudio comparativo confirma que, aunque la Unión Europea proporciona una base jurídica común para la gestión de residuos, a través de instrumentos como la Directiva Marco de Residuos, la aplicación de estas normas al sector de las piedras ornamentales sigue siendo fragmentada. Aunque los Estados miembros comparten las mismas definiciones legales para conceptos como residuos, recuperación y eliminación, el tratamiento real de los residuos de piedra sigue dependiendo en gran medida de cómo las autoridades nacionales clasifiquen los materiales, interpreten los criterios de recuperación y gestionen la trazabilidad.

Alemania ilustra cómo un sistema regulatorio claro y maduro puede permitir prácticas circulares, ofreciendo vías estructuradas para que los residuos minerales vuelvan a entrar en la economía. España, a pesar de contar con un marco legislativo bien desarrollado, se enfrenta a obstáculos en su implementación debido a diferencias administrativas entre sus regiones. Rumanía y Croacia, por su parte, se encuentran en una fase de transición: sus leyes reflejan los estándares de la UE, pero la aplicación constante y la adopción de materiales secundarios en el mercado siguen siendo un trabajo en progreso.

Lo que queda claro de este análisis es que el desafío central no es la ausencia de regulación, sino la incertidumbre en torno a su aplicación práctica. Cuando los operadores no pueden predecir cómo se clasificará un residuo, si califica como producto o qué pruebas se necesitan para la recuperación, tienden a incumplir con los vertederos, incluso cuando existen opciones más sostenibles.

Esta incertidumbre crea barreras evitables para la circularidad. Si el sector quiere ampliar la reutilización de subproductos de piedra a través de las fronteras, lo que se necesita no es más legislación, sino interpretaciones más claras y armonizadas de las normas ya vigentes. Establecer puntos técnicos compartidos para clasificación, pruebas de calidad y estatus de fin de residuos daría a las empresas la confianza legal para invertir en operaciones de recuperación, sabiendo que los mismos criterios se aplicarán independientemente de la ubicación.

A medida que la UE avanza hacia la digitalización total de la trazabilidad de residuos, alinear los requisitos subyacentes de datos es igual de importante. Sistemas como NachwV de Alemania, eSIR de España y e-ONTO de Croacia son pasos valiosos hacia adelante, pero solo si la información que gestionan es compatible con otras fronteras.

En este contexto, el proyecto RockChain tiene un papel estratégico, no como proveedor de tecnología, sino como puente entre la regulación y la implementación. Su contribución debe residir en ayudar a los profesionales a traducir las obligaciones legales en prácticas documentales fiables. El enfoque debe pasar del conocimiento regulatorio abstracto a la capacidad práctica de generar evidencia verificable (clasificación clara,



identificación por lotes y validación en laboratorio) que cumpla con estándares armonizados. En este contexto, herramientas como blockchain pueden servir como una capa útil de confianza y trazabilidad, pero solo en la medida en que apoyen este objetivo central: hacer que el cumplimiento sea transparente, transferible y auditable a lo largo de la cadena de valor europea de la piedra.

7. REFERENCIAS

- Decisión de la Comisión 2014/955/UE de 18 de diciembre de 2014 que modifica la Decisión 2000/532/CE sobre la lista de residuos conforme a la Directiva 2008/98/CE (2014). *Diario Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2014/955/oj/eng>
- Reglamento de Ejecución (UE) 2025/1290 de la Comisión de 26 de junio de 2025 que establece normas para la interoperabilidad de sistemas de presentación y intercambio electrónico de información y documentos según el Reglamento (UE) 2024/1157. (2025). *Revista Oficial de la Unión Europea*. https://eur-lex.europa.eu/eli/reg_impl/2025/1290/oj
- Decisión del Consejo 2003/33/CE de 19 de diciembre de 2002 que establece criterios y procedimientos para la aceptación de residuos en vertederos conforme a la Directiva 1999/31/CE (2003). *Diario Oficial de la Unión Europea*. [https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2003/33\(1\)/oj/eng](https://eur-lex.europa.eu/eli/dec/2003/33(1)/oj/eng)
- Consejo de la Unión Europea. (1999). Directiva del Consejo 1999/31/CE sobre el vertedero de residuos. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/1999/31/oj/eng>
- Delgado, L., Catarino, A. S., Eder, P., Litten, D., Luo, Z., & Villanueva, A. (2009). *Criterios para el fin de los residuos: Informe final* (Informes Científicos y Técnicos del JRC). Oficina de Publicaciones de la Unión Europea. <https://publications.jrc.ec.europa.eu/repository/handle/JRC53238>
- Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de marzo de 2006 sobre la gestión de residuos procedentes de industrias extractivas. (2006). *Revista Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2006/21/oj/eng>
- Directiva 2008/98/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 19 de noviembre de 2008 sobre residuos y derogación de ciertas Directivas. (2008). *Revista Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2008/98/oj/eng>
- Directiva (UE) 2018/850 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 que modifica la Directiva 1999/31/CE sobre el vertedero de residuos. (2018). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:32018L0850>
- Directiva (UE) 2018/851 del Parlamento Europeo y del Consejo de 30 de mayo de 2018 que modifica la Directiva 2008/98/CE sobre residuos. (2018). <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2018/851/oj/eng>
- Observatorio y Foro de Blockchain de la UE. (2024). *Pasaportes de productos digitales: una perspectiva basada en blockchain* (Informe). Comisión Europea. https://blockchain-observatory.ec.europa.eu/document/download/b6e3c85c-43c1-405b-aba8-e49a71249ef7_en

- Comisión Europea. (2012). *Orientación sobre la interpretación de disposiciones clave de la Directiva 2008/98/CE sobre residuos*. https://ec.europa.eu/environment/waste/framework/pdf/guidance_doc.pdf
- Comisión Europea. (2018). *Aviso de la Comisión sobre la orientación técnica sobre la clasificación de residuos* (2018/C 124/01). *Journal Oficial de la Unión Europea*, C 124. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/HTML/?uri=OJ:C:2018:124:FULL>
- Comisión Europea. (2019). *El Pacto Verde Europeo* (COM(2019) 640 final). <https://www.consilium.europa.eu/media/39516/european-green-deal-st15051-en19.pdf>
- Comisión Europea. (2020). *Un nuevo Plan de Acción para la Economía Circular: Por una Europa más limpia y competitiva* (final de COM(2020) 98). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/PDF/?uri=CELEX:52020DC0098>
- Comisión Europea. (2020). *Estudio sobre las prácticas de los Estados Miembros respecto a subproductos y fin de residuos: Informe final*. <https://images.chemycal.com/Media/Files/KH0420276ENN.en.pdf>
- Comisión Europea. (2021). *Decisión de la Comisión (UE) 2021/476 que establece los criterios de Ecoetiqueta de la UE para productos de recubrimiento duro*. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32021D0476>
- Comisión Europea. (2022). *EBSI — Caso de uso de trazabilidad de documentos (visión general)*. <https://ec.europa.eu/digital-building-blocks/sites/display/EBSI/Use+Cases>
- Comisión Europea. (2024). *Legislación de la Unión Europea sobre gestión de residuos* (Resúmenes de la legislación de la UE). <https://eur-lex.europa.eu/ES/legal-content/summary/eu-waste-management-law.html>
- Comisión Europea. (2 de julio de 2025). *La Comisión adopta una ley legal clave para digitalizar los envíos de residuos de la UE*. https://environment.ec.europa.eu/news/commission-adopts-key-legal-act-digitalise-eu-waste-shipments-2025-07-02_en
- Comisión Europea. (s.f.). *Implementación del Reglamento de Envío de Residuos (digitalización / DIWASS)*. https://environment.ec.europa.eu/topics/waste-and-recycling/waste-shipments/implementation-waste-shipment-regulation_en
- Agencia Europea de Medio Ambiente (EEE). (s.f.). *Eficiencia de recursos y desperdicio*. <https://www.eea.europa.eu/es/themes/waste/intro>
- Agencia Europea de Medio Ambiente (EEE). (2022). *Alemania – hoja informativa del país / perfil de gestión de residuos*. <https://www.eea.europa.eu/publications/many-eu-member-states/germany>



Reglamento (UE) nº 305/2011 del Parlamento Europeo y del Consejo de 9 de marzo de 2011 establece condiciones armonizadas para la comercialización de productos de construcción. (2011). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2011/305/oj/eng>

Reglamento (UE) 2020/1056 del Parlamento Europeo y del Consejo de 15 de julio de 2020 sobre la información electrónica del transporte de mercancías. (2020). *Revista Oficial de la Unión Europea*. <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2020/1056/oj/eng>

Reglamento (UE) 2024/1157 del Parlamento Europeo y del Consejo de 11 de abril de 2024 sobre envíos de residuos. (2024). *Revista Oficial de la Unión Europea*. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=OJ:L_202401157&format=PDF

Reglamento (UE) 2024/1781 del Parlamento Europeo y del Consejo de 13 de junio de 2024 que establece un marco para la fijación de requisitos de ecodiseño para productos sostenibles. (2024). <https://eur-lex.europa.eu/eli/reg/2024/1781/oj/eng>