



GESTIÓN DEL AGUA

**BUENAS PRÁCTICAS EN
EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS**

Gestión eficiente del agua para la sostenibilidad

AGGREGATES EUROPE
GRUPO DE TRABAJO
DE GESTIÓN DEL AGUA

	MENSAJE DEL PRESIDENTE.....	5		GESTIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.....	49
01	RESUMEN EJECUTIVO.....	6	08	8.1 Medición de los efluentes en la industria de los áridos.....	49
	INTRODUCCIÓN.....	9		8.2 Red de piezómetros.....	50
	2.1 General.....	9		8.3 Digitalización e inteligencia artificial para la gestión del agua	50
	2.1.1 Un impacto limitado sobre la cantidad de agua	10	09	BUENAS PRÁCTICAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA EN EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS	52
	2.1.2 Un impacto limitado sobre la calidad del agua	10			
	2.1.3 Una industria responsable	11	10	BUENAS PRÁCTICAS DE GESTIÓN DEL AGUA EN PLANTAS EN EL TRATAMIENTO DE ÁRIDOS	60
02	2.2 Contribución positiva de la industria de los áridos al agua	12		10.1 Descripción general.....	60
	2.2.1 Prevención y protección frente a inundaciones	13		10.2 Estimación del uso de las buenas prácticas.....	62
	2.2.2 Abastecimiento de agua, capacidad de almacenamiento y reinyección al acuífero ..	14			
	2.2.3 Gestión de cuencas y diálogo.....	14	11	TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES	71
	2.2.4 Rehabilitación, creación de humedales y conservación de la biodiversidad	14		11.1 Descripción de los equipos de lavado y clasificación	73
	2.2.5 Mejora de la calidad del agua	15		11.2 Descripción de los sistemas de recogida y tratamiento de aguas residuales.....	77
	2.2.6 Contribución a la economía circular	16		11.2.1 Balsa de decantación.....	77
	2.2.7 Compromiso permanente de minimizar los impactos.....	16		11.2.2 Tanque de espesamiento o clarificación ..	79
	2.2.8 Ocio	17		11.2.3 Filtro presa.....	83
				11.2.4 Floculantes	86
	MARCO DE LA POLÍTICA EUROPEA DEL AGUA.....	18		11.3 Seguridad y estabilidad de las balsas.....	87
	3.1 Pacto Europeo por una Industria Limpia	18		11.4 Gestión del agua en balsas	88
	3.2 Pacto Verde Europeo, Plan de Acción de Contaminación Cero y Estrategia de Biodiversidad de la UE	18		11.5 Diseño de balsas de lodos e instalaciones de estériles para prevenir impactos en la calidad del agua	90
03	3.3 Directiva Marco del Agua y Directiva sobre Aguas Subterráneas	19	12	PLANES DE GESTIÓN DEL AGUA EN CANTERAS Y GRAVERAS	92
	3.4 Economía circular.....	20		12.1 Conocimiento	92
	3.5 Estrategia de adaptación al cambio climático: inundaciones y sequías	20		12.2 Gestión.....	94
	3.6 Pacto Azul Europeo	20		12.3 Anticipación	97
	3.7 El agua & los Objetivos de Desarrollo Sostenible	21	13	REFERENCIAS TÉCNICAS.....	99
	3.8 Documento de referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la gestión de residuos de las industrias extractivas.....	21	14	REFERENCIAS LEGISLATIVAS	99
04	DEFINICIONES	22			
	4.1 Aguas subterráneas.....	22			
	4.2 Aguas superficiales.....	24			
05	EL AGUA EN LAS EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS	26			
	5.1 Captación de agua	29			
	5.2 Consumo del agua	31			
	5.3 Usos del agua.....	39			
	5.4 Vertidos de agua	41			
06	DECLARACIÓN SOBRE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LA INDUSTRIA DE LOS ÁRIDOS	44			
07	PRINCIPIOS CLAVE DE LA GESTIÓN DEL AGUA EN LAS EXPLOTACIONES DE ÁRIDOS	46			

2025



Copyright: Aggregates Europe
Comité de Medio Ambiente
Grupo de Trabajo sobre la Gestión del Agua (Water Management Task Force)
Presidente y coordinador del documento: Dr. César Luaces Frades

Aggregates Europe, como miembro del Consejo Asesor Internacional del Proyecto ROTATE (GA #101003750), ha contribuido a la traducción, preparación y difusión de este documento, respaldándolo ante su Junta Directiva y lanzándolo bajo su patrocinio.



Horizon Europe research and innovation programme
(N° 101058651)

Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte Europa de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención n.º 101003750.

00 Mensaje del Presidente



Antonis Antoniou Latouros
Presidente de Aggregates
Europe

El agua es como los áridos: la sociedad los necesita de forma vital.

Sin agua no existiría la vida, y sin áridos, literalmente no se habría construido nada a nuestro alrededor. De hecho, los áridos son el segundo material más consumido del planeta... ¡después del agua! A medida que el agua se convierte en un recurso estratégico, su gestión adquiere una importancia creciente para las industrias, incluida la nuestra. La extracción de áridos requiere agua de diversas formas, motivo por el cual la gestión del agua se consolidará como un tema crucial en las próximas décadas.

La presente Guía sobre las Buenas Prácticas del Agua en Explotaciones de Áridos en español es la traducción de la Guía original Water Mana-

gement – *Good Practices in Aggregates Sites* publicada por Aggregates Europe en 2025.

Dicho documento recoge los resultados e indicadores de dos estudios de investigación sobre el agua realizados por entre 2016 y 2019, que abarcan 232 explotaciones europeas distribuidas en 11 países.

En primer lugar, esta guía recuerda algunos aspectos fundamentales que conviene tener presentes al abordar la gestión del agua en graveras y canteras: el impacto de la industria extractiva de áridos sobre la cantidad y la calidad del agua es muy limitado. Asimismo, se enumeran las contribuciones positivas que nuestro sector puede aportar a las necesidades de la sociedad, ya sea en materia de prevención o protección frente a inundaciones, creación de humedales que favorecen la biodiversidad, mejora de la calidad del agua, entre otros. En tercer lugar, se ilustran dichos valores añadidos mediante ejemplos concretos y el intercambio de buenas prácticas.

En lo que respecta al agua — como en otros ámbitos—, la extracción de áridos y la sostenibilidad pueden y deben ir de la mano, especialmente en el marco de la Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030 y del Convenio sobre la Diversidad Biológica de Montreal de 2022. Aggregates Europe está firmemente comprometida a contribuir de forma significativa a la mejora de la calidad del agua en toda Europa y a garantizar que todas las actividades humanas que requieren agua puedan seguir utilizándola de manera responsable.

El agua es como los áridos: la sociedad los necesita de forma vital

Esta guía representa nuestra aportación a los objetivos del Pacto por una Industria Limpia de la Comisión Europea. Reafirmamos la importancia de la resiliencia hídrica y de una gestión sostenible del agua como elementos esenciales para la transformación industrial de Europa hacia la sostenibilidad.

01 Resumen ejecutivo

El agua es un recurso fundamental para la vida y para la industria, incluido el sector de los áridos, que resulta esencial para la construcción y las infraestructuras. El documento de orientación sobre Buenas prácticas en la Gestión del Agua en Explotaciones de Áridos proporciona un marco integral para optimizar el uso del agua, minimizar el impacto ambiental y reforzar la sostenibilidad en la industria de los áridos.

La Guía pone de manifiesto que el impacto del sector sobre la cantidad y la calidad del agua es limitado, y que la aplicación de prácticas de gestión responsable puede traducirse en contribuciones ambientales positivas.

Este documento refleja el compromiso del sector con los objetivos del Pacto por una Industria Limpia de la Comisión Europea, subrayando el papel crucial de la resiliencia hídrica y de la gestión sostenible del agua en la transición industrial de Europa hacia la sostenibilidad.

Asimismo, recopila los resultados e indicadores de dos estudios de investigación sobre el agua llevados a cabo por Aggregates Europe - entre 2016 y 2019, que abarcaron 232 explotaciones europeas distribuidas en 11 países.

Principales contribuciones del sector de los áridos a la gestión del agua

La industria de los áridos desempeña un papel fundamental en la gestión del agua mediante:

- Prevención & protección frente a inundaciones – Contribuyendo a la gestión de cuencas hidrográficas mediante el ensanchamiento de cauces, la creación de canales complementarios y la construcción de infraestructuras de defensa frente a inundaciones.
- Abastecimiento de agua – Extrayendo y gestionando de forma responsable las aguas subterráneas para preservar la calidad y disponibilidad del recurso.

- Gestión de cuencas & diálogo multilateral – Participando en iniciativas colaborativas para la gestión eficaz y sostenible de los recursos hídricos.
- Rehabilitación y conservación de la biodiversidad – Restaurando explotaciones de áridos transformándolas en humedales y otros ecosistemas que favorecen la biodiversidad.
- Mejora de la calidad del agua – Aprovechando los procesos naturales de filtración en los depósitos de arena y grava para mejorar la calidad del agua.
- Contribución a la economía circular – Aumentando la eficiencia hídrica mediante la reutilización y el reciclaje del agua en las operaciones extractivas.
- Compromiso con la minimización del impacto – Aplicando normativas estrictas, buenas prácticas y tecnologías innovadoras para reducir los efectos ambientales.
- Ocio & integración comunitaria – Dando nuevos usos a explotaciones rehabilitadas como espacios recreativos, incluidos lagos y áreas de vida silvestre.

Política europea del agua & marco regulatorio

La industria de los áridos opera dentro de un sólido marco normativo europeo, que incluye:

- El Pacto por una Industria Limpia de la UE, el Pacto Verde Europeo y el Plan de Acción para la Contaminación Cero, cuyo objetivo es lograr procesos industriales eficientes, limpios y sostenibles.
- La Directiva Marco del Agua y la Directiva sobre Aguas Subterráneas, que garantizan que todas las masas de agua alcancen un “buen estado”.
- La Estrategia de Economía Circular y el Pacto Azul Europeo, que fomentan un uso sostenible del agua y el tratamiento adecuado de las aguas residuales.
- El Documento de Referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles (MTD), que proporciona directrices para la gestión de residuos y la minimización de emisiones.

Uso del agua en las explotaciones de áridos

La industria de los áridos utiliza principalmente el agua para actividades de procesamiento, como el lavado de áridos, la mitigación del polvo, el mantenimiento de las instalaciones y necesidades domésticas. En promedio, se consumen 92 litros de agua por tonelada de áridos.

Aproximadamente el 81,4 % del consumo total de agua se destina al lavado de áridos. Las instalaciones de lavado están presentes en el 48 % de las explotaciones, principalmente de arena y grava, donde el consumo medio de agua alcanza los 169 litros por tonelada cuando existen sistemas de reciclado, y se eleva a 235 litros por tonelada en ausencia de estos sistemas. En cambio, el 52 % de las explotaciones no lavan su producción, sobre todo en canteras de roca dura, donde el uso de agua es considerablemente menor, con tan solo 26 litros por tonelada.

La principal fuente de agua en las explotaciones de áridos es el agua superficial (47 %), seguida por el agua subterránea (33 %). Es relevante destacar que el 53 % de las explotaciones no realiza vertidos de agua.

Solo el 39 % de la producción de áridos implica procesos de lavado, lo que exige estrategias de gestión hídrica eficientes. Del total de agua captada, el 81 % se clarifica y se vierte, mientras que solo el 19 % se consume. Además, el 50 % de las explotaciones ha implementado sistemas de reciclaje de agua, alcanzando una tasa media de reciclado del 87,6 %.

Buenas prácticas en la gestión del agua

1. Explotaciones de áridos:

- Planificación de la explotación & evaluación de riesgos – Integración de la gestión del agua en el diseño y desarrollo de las explotaciones.
- Seguimiento & recogida de datos – Uso de piezómetros y sensores en tiempo real para monitorizar el consumo de agua y su calidad.
- Minimización del consumo & de la contaminación del agua – Implementación de sistemas de reciclaje en circuito cerrado, reducción de la erosión y prevención de vertidos accidentales.
- Técnicas de extracción sostenibles – Limitación del agotamiento de acuíferos y rehabilitación efectiva de las explotaciones.

2. Tratamiento y reciclaje del agua en explotaciones de áridos:

- Balsas de decantación & depósitos – Empleo de procesos de sedimentación natural o acelerada para la separación de lodos.
- Tanques de espesamiento & clarificación – Mejora de la sedimentación mediante el uso de floculantes químicos.

- Filtros prensa – Maximización de la recuperación de agua y reducción del volumen de lodos.
- Tratamiento de aguas residuales y gestión de lodos – Aplicación de buenas prácticas para la reutilización de lodos en la restauración de suelos.

3. Digitalización & inteligencia artificial en la gestión del agua:

- Monitorización en tiempo real – Uso de dispositivos IoT para el seguimiento del consumo de agua y la detección de riesgos de contaminación.
- Modelos predictivos – Empleo de modelos basados en inteligencia artificial para optimizar la asignación del agua y mejorar la eficiencia en su uso.

Planes de gestión del agua en explotaciones de áridos

Se recomienda un enfoque estructurado en tres etapas para la gestión del agua:

1. Conocer – Identificar las necesidades hídricas específicas de la explotación, las fuentes de agua disponibles y las posibles limitaciones.
2. Gestionar – Aplicar estrategias de uso eficiente del agua, sistemas de monitorización y medidas de control de la contaminación.
3. Anticipar – Abordar proactivamente los riesgos potenciales, mejorar la formación del personal e integrar planes de gestión frente a episodios de sequía.

Conclusión

La industria de los áridos genera un impacto negativo limitado sobre los recursos hídricos, pero presenta un gran potencial de contribución positiva a través de una gestión responsable del agua. Este documento de orientación actúa como una hoja de ruta para un uso sostenible del agua en el sector, alineado con los objetivos europeos de resiliencia hídrica y sostenibilidad, así como con los compromisos ambientales globales.

Mediante la aplicación de Mejores Técnicas Disponibles (MTD), el cumplimiento normativo y la adopción de prácticas innovadoras de gestión del agua, el sector puede mejorar la eficiencia, proteger los ecosistemas y contribuir a la resiliencia frente al cambio climático.

02 Introducción

El agua es un recurso natural, un sustento y un indicador esencial que se ve afectado por las alteraciones derivadas del cambio climático.

Por ello, resulta fundamental mejorar de forma continua y responsable la gestión del agua.

Compartir las mejores prácticas de gestión hídrica que las empresas europeas de áridos han aplicado sobre el terreno, en la diversidad de contextos europeos, demuestra la capacidad del sector para contribuir a la adaptación y mitigación del cambio climático.

Se trata de un primer paso esencial hacia la adaptación por parte de una industria que, además de valorizar los recursos minerales necesarios para la construcción, contribuye al desarrollo sostenible de los territorios.

2.1 General

Las explotaciones de áridos suelen estar sujetas a una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA) exhaustiva y a un complejo procedimiento administrativo que analiza los posibles efectos de la actividad tanto en aguas superficiales como subterráneas. Este proceso establece condiciones mediante la correspondiente autorización con el fin de mitigar dichos impactos negativos potenciales.

Deben considerarse aspectos como los equilibrios hidrológicos e hidrogeológicos, los ecosistemas acuáticos, los recursos hídricos, el espacio para la movilidad natural de los cauces y otros factores relevantes. Posteriormente, se aplican generalmente buenas prácticas y Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para gestionar adecuadamente dichos elementos.

Por su propia naturaleza, la extracción de áridos puede generar impactos ambientales si no se



Extracción de Áridos mediante draga. Holcim – Italia

aplican las prácticas adecuadas durante el desarrollo de la actividad. Estas prácticas deben definirse en función de las características específicas del entorno y del tipo de operación de la explotación.

En la actualidad, la extracción de áridos puede integrarse en los planes de cuenca hidrográfica vigentes (en algunos países), y muchos Estados miembros cuentan con procedimientos específicos para autorizarla en cauces fluviales.

Una vez finalizada la fase extractiva, el titular de la explotación está obligado, conforme a las condiciones establecidas en los permisos, a llevar a cabo la restauración del emplazamiento. Esta rehabilitación, garantizada ante la autoridad administrativa, revierte en beneficios para la comunidad local, la conservación de la naturaleza y el estado de la biodiversidad, normalmente superando las condiciones previas a la extracción.

En numerosos países europeos, el agua —tanto superficial como subterránea— se incorpora a la planificación general de la explotación, estableciendo los principios para el control del recurso y la preservación de su calidad.

2.1.1 Un impacto limitado sobre la cantidad de agua

El sector extractivo de los áridos utiliza muy poca cantidad de agua. De hecho, en las explotaciones de áridos se adoptan ampliamente buenas prácticas destinadas a proteger la calidad del agua y minimizar su consumo, mediante la eficiencia hídrica y el reciclaje.

2.1.2 Un impacto limitado sobre la calidad del agua

Las materias primas utilizadas para la producción de áridos no contienen sustancias peligrosas. Es importante señalar que los materiales extraídos y procesados (piedra triturada, arena y grava) son inertes, según lo definido por la legislación de la UE (Directiva 2006/21/CE), en la mayoría de los casos.

Además, todas las explotaciones de áridos están sujetas a una autorización técnica basada en una Evaluación de Impacto Ambiental (EIA), lo que garantiza que la industria aplique buenas prácticas tanto durante la fase de extracción como en la producción de áridos.



Gravera – Explotación de Millery - Lafarge - Francia

Todo ello se traduce en un riesgo muy bajo de contaminación del agua procedente de explotaciones de áridos en comparación con otras industrias. En la práctica, existe un riesgo mínimo de que el agua se contamine con sustancias peligrosas.

Según lo establecido en la legislación, además de poder requerirse una autorización especial de la cuenca hidrográfica, será obligatorio constituir las garantías financieras necesarias para asegurar la rehabilitación del medio ambiente tras la finalización de las actividades, en lo que respecta a los aspectos hidráulicos, ecológicos y paisajísticos.

La producción de áridos es un proceso mecánico y, en algunos casos, una fase crucial del proceso consiste en el lavado del material extraído con agua, la cual se clarifica, se recicla y se reutiliza para minimizar el consumo.

No obstante, pueden producirse episodios de contaminación hídrica en distintas fases de la gestión de lodos. Por ejemplo, el fallo del sistema de vertido puede provocar derrames y dañar el entorno circundante.

Los efectos de la contaminación del agua en explotaciones de áridos solo pueden estar relacionados con parámetros como el pH, Total de Sólidos en Suspensión (TSS), la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO), la temperatura y el color. Estos impactos son claramente temporales y reversibles, pero, sobre todo, pueden preverse y se gestionan técnicamente con eficacia.



Zonas rehabilitadas en una gravera – Explotación de Millery - Lafarge - Francia

2.1.3 Una industria responsable

La industria de los áridos interactúa positivamente con los planes de gestión de cuencas hidrográficas, garantizando que cualquier impacto sobre el medio hídrico derivado de su actividad sea limitado. De hecho, la industria de los áridos

puede aportar capacidad de almacenamiento de agua en episodios de crecidas y, gracias a una buena gestión de las explotaciones, puede ser en la mayoría de los casos un agente positivo en la mejora de la calidad del agua y en la conservación de la biodiversidad.

Tal como se ha señalado anteriormente, en la actualidad existen numerosas medidas preventivas que permiten controlar las distintas formas de impacto ambiental.

La aplicación de dichas medidas dependerá de las circunstancias específicas de cada explotación, y muchas de ellas requieren que la empresa realice un estudio técnico preliminar para evaluar su eficacia en las condiciones concretas del emplazamiento.

Al ejecutar el proyecto y valorar el impacto ambiental que la actividad extractiva puede tener sobre el entorno, junto con la propia extracción de áridos, deben tenerse en cuenta factores como la limpieza del cauce mediante la retirada de sedimentos acumulados y la restauración ambiental de la zona, de forma que se disponga de garantías suficientes de control y de recuperación del área una vez finalizada la actividad.



Gravera – Explotación La Loggia – Zucca e Pasta - Italia

El aspecto más significativo en lo relativo al impacto ambiental se refiere a la alteración o modificación del hábitat durante la fase de operación. Esto se debe principalmente al impacto visual y a la pérdida de la cobertura vegetal en las riberas de las zonas próximas a los cauces, y, en menor medida, a la afectación sobre la fauna. En cuanto a los cursos de agua, debe estudiarse el impacto de la actividad sobre los elementos biológicos presentes en la zona, y, en general, sobre todos los hábitats fluviales localizados en el área operativa.

No obstante, una gestión adecuada y la aplicación de medidas preventivas y correctoras permiten mantener el impacto bajo control durante el funcionamiento de la explotación. Estas mismas medidas asegurarán que los impactos residuales se corrijan durante la fase de restauración del terreno y de acondicionamiento del cauce. La implantación de dichas medidas deberá basarse en la naturaleza de la actividad desarrollada y en las características específicas del entorno.

La gestión adecuada de la zona de actuación resulta clave, complementada con las medidas preventivas y correctoras mencionadas, así como con una planificación ordenada de la actividad extractiva, delimitando correctamente las zonas en las que no debe permitirse la extracción y aquellas en las que sí puede autorizarse, especificando las condiciones aplicables.

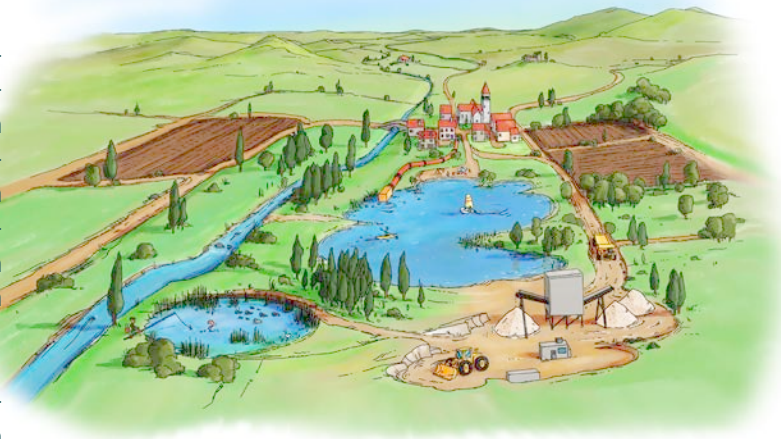
Las alteraciones del terreno asociadas al avance de los trabajos extractivos favorecen, por sí mismas, la aparición de hábitats nuevos y diversificados, en los que tanto especies animales como vegetales pueden encontrar refugio, siempre que su gestión posterior sea adecuada. Además, una explotación correctamente ejecutada y conforme a los criterios técnicos establecidos puede contribuir al control y regulación del cauce fluvial.

2.2 Contribución positiva de la industria de los áridos al agua

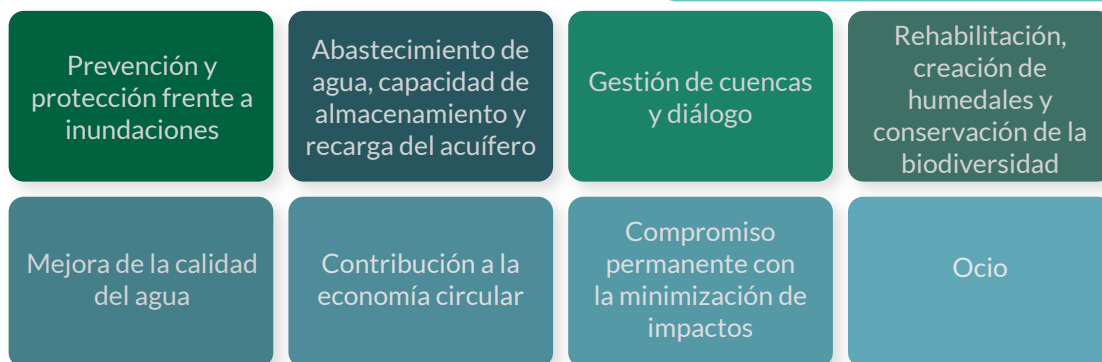


Aggregates Europe ha identificado varios ejemplos que demuestran que, con una gestión adecuada, la industria de los áridos tiene un gran potencial para contribuir positivamente al recurso hídrico, en consonancia con las políticas de la Comisión Europea.

Estas contribuciones constituyen acciones esenciales para la mitigación y la adaptación al cambio climático.



Contribución positiva de la industria de los áridos al recurso hídrico



2.2.1 Prevención y protección frente a inundaciones

Nuestra industria es un firme aliado de las administraciones responsables de la gestión de las cuencas hidrográficas, en lo que respecta a garantizar que los cauces fluviales conserven su capacidad para permitir el paso de aguas en situaciones de crecida. Para ello, se aplican técnicas como el ensanchamiento del cauce, la creación de cursos de agua complementarios, la limpieza del lecho y la construcción de infraestructuras de defensa frente a inundaciones, con el fin de proteger a la población y las infraestructuras.

En esta misma línea, las explotaciones de áridos también pueden representar una excelente localización para que los servicios de extinción de incendios puedan extraer agua en caso de emergencia (mediante camiones, helicópteros, etc.), o bien como escenario de entrenamiento para buceo de rescate humano.

2.2.2 Abastecimiento de agua, capacidad de almacenamiento y reinyección al acuífero

El drenaje mediante bombeo de agua subterránea pura, a través de sondeos de extracción perforados en lugares estratégicos alrededor de una cantera, o mediante el bombeo de agua desde el sumidero en el fondo del área de extracción, no solo facilita la explotación, sino que además preserva los recursos hídricos y permite su uso racional, incrementando así la eficiencia en el aprovechamiento de los recursos.

En varios países, la gestión rigurosa por parte de los trabajadores de canteras ha propiciado una estrecha cooperación con los proveedores de agua potable, cumpliendo con todos los requisitos de calidad para la salud humana. Esta práctica también contribuye a la racionalización de las captaciones de agua por parte de dichos proveedores.

Gracias a su capacidad de almacenamiento, la industria de los áridos puede actuar como un embalse temporal en períodos de sequía, no solo para cubrir las necesidades humanas, sino también para alimentar cursos de agua en riesgo.

La recogida de agua de diferentes fuentes convierte a las canteras de áridos en candidatas para la reinyección en el acuífero, siempre que la calidad del agua sea alta y las condiciones hidrogeológicas lo permitan.

2.2.3 Gestión de cuencas y diálogo

En muchos países, el sector de los áridos actúa como una industria proactiva, participando activamente en la gestión de las cuencas hidrográficas.

2.2.4 Rehabilitación, creación de humedales y conservación de la biodiversidad

Las canteras y graveras pueden ser restauradas para crear entornos naturales orientados a conservar y fomentar tanto la flora como la fauna propias de los ecosistemas vinculados al agua. Los planes de restauración deben estar definidos antes del inicio de las operaciones, de modo que se facilite la ejecución de los trabajos de recuperación y se optimicen los costes del proceso.

Un indicador de buenas prácticas ambientales en muchas explotaciones activas de áridos es la presencia de biodiversidad, lo cual demuestra que la extracción de roca triturada y minerales no resulta perjudicial para el medio ambiente, sino que incluso puede ser beneficiosa. Es muy frecuente encontrar numerosas especies que permanecen desde el inicio de la actividad o que han colonizado el entorno, conviviendo normalmente con los equipos y trabajadores de la explotación.

Además, las explotaciones de áridos favorecen la conexión hidrológica entre zonas, cursos de agua y hábitats, de forma dirigida, facilitando el movimiento del agua y la promoción de especies de interés para la biodiversidad.



Garza real (Ardea cinerea) observando una balsa de decantación durante las operaciones extractivas - Francia.

La gestión del agua representa una oportunidad para la biodiversidad.

Las técnicas empleadas para proteger la biodiversidad deben adaptarse a cada situación específica y al tipo de hábitat existente, en función del inventario de especies presentes. Corresponde a la empresa determinar qué procedimientos aplicar en cada caso.



Balsa de decantación - Gravera - Explotación El tomillar - Hormisoria, S.A. - España

Las canteras y graveras son lugares idóneos para garantizar una ganancia neta de biodiversidad a largo plazo, gracias al entorno que generan. En tan solo unos pocos años tras la finalización de la actividad extractiva, puede desarrollarse una gran variedad de hábitats acuáticos y terrestres.

2.2.5 Mejora de la calidad del agua

Los áridos (arenas y gravas) actúan como un filtro natural y se utilizan ampliamente en procesos de filtración de agua para mejorar su calidad y alcanzar un buen estado químico.

Además, la contribución de las explotaciones de áridos al buen estado químico del agua queda demostrada en actividades de abastecimiento. Varios estudios científicos independientes han documentado que la calidad química del agua puede mejorar gracias a una explotación de áridos bien gestionada.

2.2.6 Contribución a la economía circular

La eficiencia en el uso de los recursos es una prioridad en la gestión del agua en las explotaciones de áridos, y muchas empresas están aplicando buenas prácticas para minimizar el consumo. Por ejemplo, la recirculación del agua usada reciclada es una práctica comúnmente adoptada.

2.2.7 Compromiso permanente de minimizar los impactos

Las actividades extractivas inevitablemente generan un impacto sobre las aguas del entorno; si no se aplican medidas de mitigación adecuadas, pueden derivarse problemas ambientales.

Con los avances en la legislación ambiental y la creciente necesidad de cumplimiento normativo, los posibles efectos ambientales de la actividad extractiva deben ser comprendidos y gestionados dentro de este marco.

Entre 2016-2017 y 2019-2020, el Grupo de Trabajo sobre Gestión del Agua de Aggregates Europe – llevó a cabo encuestas en 232 explotaciones de áridos en Europa, con la participación de 11 países, con el objetivo de analizar el uso del agua en dichas explotaciones.

Los resultados de estos estudios están integrados en esta Guía, a fin de ofrecer una referencia práctica sobre la situación real del sector y reforzar así las recomendaciones que aquí se presentan.

Por supuesto, a pesar del alto nivel de participación, los resultados de estas encuestas se utilizan únicamente para ilustrar buenas prácticas aplicadas en Europa, ya que los distintos contextos territoriales, normativos, etc., impiden una aplicación universal directa de los casos analizados.

Este documento de orientación de Aggregates Europe ofrece soluciones a los problemas ambientales a los que se enfrenta la industria extractiva de los áridos, con especial atención a las aguas superficiales y subterráneas.

Países, empresas y explotaciones participantes en la encuesta de Aggregates Europe

	2016		2019		Total	
	Compañías	Explotaciones	Compañías	Explotaciones	Compañías	Explotaciones
Bélgica	3	3	1	9	4	12
Chipre	1	1	1	1	1	2 (1)
Francia	3	18	1	4	4	22
Alemania	13	13	9	17	17	30 (5)
Italia	-	-	1	8	1	8
Malta	-	-	1	1	1	1
Rumanía	2	2	-	-	2	2
Eslovaquia	-	-	1	1	1	1
España	40	60	32	43	59	103 (10)
Suecia	3	3	-	-	3	3
Reino Unido	2	3	2	45	2	48 (3)
Total	67	103	49	129	95	232 (19)

Se encuentra disponible una base de datos online con estudios de caso sobre gestión del agua en explotaciones de áridos de toda Europa, accesible para su consulta en la web de Aggregates Europe –¹.

Aunque el drenaje y el desagüe de las explotaciones son dos actividades fundamentales que forman parte del proceso productivo de cualquier cantera de áridos, el presente documento de orientación de Aggregates Europe – se centra únicamente en la gestión del agua empleada en los procesos de tratamiento de las materias primas para la obtención de áridos.

2.2.8 Ocio

Las antiguas canteras y graveras pueden ser restauradas con fines recreativos, como la navegación a vela, el baño, la observación de la naturaleza, entre otros, contribuyendo así a la gestión del agua.



Gravera rehabilitada para uso recreativo – VICAT – Francia

¹ <https://www.aggregates-europe.eu>

03 Marco de la política europea del agua

3.1 Pacto Europeo por una Industria Limpia

El Pacto por una Industria Limpia de la Comisión Europea destaca la importancia de la resiliencia hídrica y la gestión sostenible del agua como componentes esenciales de la transformación industrial de Europa hacia la sostenibilidad. Las principales iniciativas relacionadas con el agua en el marco de este pacto incluyen:

- Estrategia de resiliencia hídrica: publicada en junio del 2025, esta estrategia tiene como objetivo reforzar la capacidad de Europa para gestionar la escasez de agua y hacer frente a los desafíos relacionados con el cambio climático. Subraya la necesidad de que los Estados miembros mejoren sus prácticas de gestión del agua, aumenten la eficiencia en su uso, prevengan la contaminación y promuevan un uso sostenible que garantice un suministro resiliente.
- Integración con el Pacto Verde Europeo: El Pacto por una Industria Limpia se apoya en los objetivos del Pacto Verde Europeo, que constituye el marco principal de la política hídrica en Europa. Este incluye la protección de los recursos hídricos, el aseguramiento del agua potable y de baño en condiciones seguras, y el mantenimiento de ecosistemas de agua dulce y salada en buen estado. La Directiva Marco del Agua desempeña un papel fundamental en la consecución de estos objetivos.
- Economía circular y resiliente: Uno de los objetivos clave del Pacto por una Industria Limpia es fomentar una economía circular y resiliente que respalde una producción y un consumo sostenibles. Esto implica promover la reutilización del agua, mejorar su eficiencia e integrar los aspectos relacionados con el agua en distintas políticas y mecanismos de financiación.

Al incorporar estas iniciativas centradas en el agua, el Pacto por una Industria Limpia busca ga-

rantizar que los sectores industriales europeos no solo avancen hacia la descarbonización, sino que también contribuyan activamente a la gestión sostenible y a la resiliencia de los recursos hídricos.

3.2 Pacto Verde Europeo, Plan de Acción de Contaminación Cero y Estrategia de Biodiversidad de la UE

El Pacto Verde Europeo (PVE) establece ambiciosos objetivos de cero contaminación con el fin de proteger nuestro entorno natural, apoyando el objetivo general de lograr una Unión Europea sostenible para 2050. El PVE describe una serie de acciones para avanzar hacia una economía limpia y circular, restaurar la biodiversidad y reducir la contaminación. Para lograrlo, el PVE contempla unas ambiciosas iniciativas políticas, entre ellas: la Estrategia sobre Productos Químicos para la Sostenibilidad, el Plan de Acción para la Contaminación Cero, la Estrategia “De la Granja a la Mesa”, la Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030 y el Enfoque Estratégico de la UE sobre los Productos Farmacéuticos en el Medio Ambiente.

La Estrategia de Biodiversidad de la UE para 2030 prevé objetivos legalmente vinculantes de restauración de la naturaleza, por los cuales las pequeñas masas de agua, humedales, ríos, lagos y hábitats aluviales deberán ser restaurados a un buen estado ecológico. Las medidas deberán haberse completado en un 30 % para 2030, un 60 % para 2040 y un 90 % para 2050. La industria europea de los áridos puede contribuir a la restauración de 25 000 km de ríos, a la recreación de lagos y pequeñas masas de agua (como en el Proyecto europeo Life Ribermine).

3.3 Directiva Marco del Agua y Directiva sobre Aguas Subterráneas

La población, la economía y la naturaleza necesitan agua “no contaminada”, con concentraciones mínimas de sustancias nocivas en ríos, lagos, aguas costeras y subterráneas. A pesar de los avances en legislación, gobernanza e importantes inversiones, las aguas europeas siguen enfrentándose a una amplia variedad de presiones significativas, entre ellas la contaminación, la alteración del paisaje físico circundante, la escasez de agua y las inundaciones.

Para hacer frente a estas presiones, las directivas y reglamentos sobre aguas de la UE actualmente vigentes supervisan los contaminantes y establecen normas obligatorias para proteger las aguas europeas.

La Directiva Marco del Agua (DMA) tiene como objetivo garantizar que todas las masas de agua superficial y subterránea (incluidas las zonas de transición y zonas costeras) alcancen un “buen estado”.

Una masa de agua se clasifica como de buen estado global únicamente si tanto su estado químico como su estado ecológico (o estado cuantitativo, en el caso de aguas subterráneas) son calificados como al menos en “buen estado”.

En relación con el estado químico, el artículo 16(2) de la DMA exige el establecimiento de una lista de Sustancias Prioritarias (SP) para las aguas superficiales. Estas SP son aquellas que representan un riesgo significativo a escala de la UE para el medio ambiente y requieren medidas adicionales. La lista propuesta de SP también debe identificar las Sustancias Peligrosas Prioritarias (SPP). Se consideran peligrosas aquellas sustancias que son tóxicas, persistentes, bioacumulables o que generan un nivel de preocupación equivalente.

Se alcanza un buen estado químico si las concentraciones de todas las sustancias incluidas en la lista de SP se encuentran por debajo de las Normas de Calidad Ambiental (NCA) en aguas superficiales, establecidas conforme a la Directiva sobre Normas de Calidad Ambiental (NCA

– Environmental Quality Standards Directive (EQSD)). La contaminación por SP debe ser reducida progresivamente, mientras que las emisiones, vertidos y pérdidas de SPP deben cesar completamente.

La Directiva NCA tiene como objetivo proteger las aguas superficiales frente a la contaminación química mediante el establecimiento de normas específicas para las SP, complementando así los requisitos de la DMA. Esta directiva fija las NCA a un nivel diseñado para proteger el medio acuático y la salud humana frente a la exposición prolongada (expresada como concentración media anual) y la exposición de corta duración (expresada como concentración máxima admisible). La Directiva abarca 45 sustancias prioritarias, incluidas metales (pesados), productos químicos industriales, pesticidas y sustancias formadas de forma no intencionada.

La DMA establece que la lista de SP debe revisarse cada seis años. Asimismo, exige que los Estados miembros elaboren un inventario de emisiones, vertidos y pérdidas para determinadas sustancias.

La Directiva sobre Aguas Subterráneas (DAS – Groundwater Directive (GWD)), adoptada en 2006, amplía los requisitos de la DMA a la calidad y protección de las aguas subterráneas. Esta directiva proporciona la lista de contaminantes relevantes y las normas de calidad aplicables, así como las sustancias que los Estados miembros deben considerar al fijar valores umbral para los contaminantes que pongan en riesgo las masas de agua subterránea. La GWD incluye disposiciones para la evaluación del estado químico del agua subterránea, la evaluación de las tendencias de concentración de contaminantes, la identificación del punto de inversión de tendencia, y el establecimiento de medidas para prevenir o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas.

Para las aguas superficiales y subterráneas, se ha desarrollado un mecanismo de lista de observación (Watch List) que permite identificar sustancias (incluidos contaminantes emergentes) que pueden suponer un riesgo a escala de la UE. Si estas sustancias se consideran de riesgo significativo, se fijan NCA para las aguas superficiales y normas de calidad (incluidos valores umbral) para las aguas subterráneas. Para las

aguas superficiales, la lista de observación es obligatoria y se actualiza cada dos años. En el caso de las aguas subterráneas, el proceso es voluntario y permite identificar nuevas sustancias que podrían incluirse en los Anexos I y II de la GWD dentro del ciclo de revisión de seis años de dichos anexos.

3.4 Economía circular

La Comisión Europea afirma que la mitad de las emisiones totales de gases de efecto invernadero y más del 90 % de la pérdida de biodiversidad y del estrés hídrico provienen de la extracción y el procesamiento de recursos. Para abordar esta situación, el Pacto Verde Europeo puso en marcha una estrategia coordinada hacia una economía climáticamente neutra, eficiente en el uso de los recursos y competitiva. Generalizar la economía circular, extendiéndola desde los pioneros hacia el conjunto de los agentes económicos, contribuirá decisivamente a alcanzar la neutralidad climática en 2050, desvinculando el crecimiento económico del consumo de recursos y garantizando al mismo tiempo la competitividad a largo plazo de la UE sin dejar a nadie atrás.

Para cumplir esta ambición, la UE debe acelerar la transición hacia un modelo de crecimiento regenerativo, que devuelva al planeta más de lo que consume, avanzar hacia el mantenimiento del consumo de recursos dentro de los límites planetarios y, por tanto, esforzarse por reducir su huella de consumo y duplicar su tasa de uso circular de materiales durante la próxima década.

El Plan de Acción para la Economía Circular proporciona una agenda orientada al futuro para lograr una Europa más limpia y competitiva, en colaboración con los agentes económicos, los consumidores, los ciudadanos y las organizaciones de la sociedad civil.

Esta transición progresiva pero irreversible hacia un sistema económico sostenible constituye una parte indispensable de la nueva estrategia industrial de la UE.

El nuevo Reglamento sobre la Reutilización del Agua fomentará enfoques circulares para el aprovechamiento del recurso. La Comisión pro-

moverá la reutilización y eficiencia del agua, incluida en los procesos industriales.

Es en este contexto donde esta Guía aporta valor, contribuyendo a un uso del agua eficiente, mínimo y circular.

3.5 Estrategia de adaptación al cambio climático: inundaciones y sequías

El objetivo de la Directiva sobre Inundaciones (2007/60/CE) es establecer un marco para la evaluación y gestión del riesgo de inundaciones, a fin de reducir las consecuencias negativas que las mismas pueden tener sobre la salud humana, el medio ambiente, el patrimonio cultural y la actividad económica en la Unión Europea.

Aunque no existe una directiva específica sobre sequías, el marco normativo vigente establecido por la Directiva Marco del Agua (DMA), complementado por comunicaciones estratégicas y directrices técnicas, ofrece una base sólida para abordar los retos vinculados a la sequía dentro de la UE. Para apoyar estos esfuerzos, la UE ha desarrollado Guías para la Elaboración de Planes de Gestión de la Sequía, que ayudan a los Estados miembros a integrar estrategias de preparación y respuesta frente a la sequía en sus planes hidrológicos de cuenca, promoviendo un enfoque armonizado de evaluación y gestión del riesgo de sequía en toda la Unión.

3.6 Pacto Azul Europeo

El Pacto Azul Europeo es una iniciativa estratégica lanzada por el Comité Económico y Social Europeo (CESE) con el fin de establecer una política hídrica integral y sostenible en toda Europa. Al reconocer el agua como un derecho humano fundamental y un recurso público vital, el Pacto Azul tiene como objetivo abordar desafíos urgentes como la escasez de agua, la contaminación y las deficiencias en infraestructuras.

Los elementos clave de esta iniciativa incluyen el fomento de tecnologías eficientes en el uso del

agua, la mejora de las infraestructuras hídricas, la garantía del acceso equitativo al agua limpia y la integración de los aspectos hídricos en todas las políticas de la UE.

Al priorizar la resiliencia y sostenibilidad del recurso hídrico, el Pacto Azul Europeo pretende proteger los recursos hídricos para las generaciones presentes y futuras, en coherencia con los objetivos medioambientales y económicos más amplios de la Unión.

3.7 El Agua y los Objetivos de Desarrollo Sostenible

El agua desempeña un papel crucial en la consecución de los Objetivos de Desarrollo Sostenible (ODS) establecidos por la Agenda 2030 de las Naciones Unidas.

El ODS 6 (Agua limpia y saneamiento) tiene como finalidad garantizar el acceso universal al agua potable segura y asequible, a un saneamiento adecuado y a una gestión sostenible del recurso.

No obstante, el agua también está interconectada con otros ODS, como el ODS 2 (Hambre cero), en el que el riego y el uso sostenible del agua son esenciales para la seguridad alimentaria, y el ODS 3 (Salud y bienestar), ya que el agua limpia reduce la propagación de enfermedades transmitidas por el agua.

Asimismo, el ODS 13 (Acción por el clima) pone de relieve la necesidad de una gestión resiliente del agua para mitigar los efectos del cambio climático, como las sequías y las inundaciones.

Para alcanzar la sostenibilidad hídrica, se requiere una gobernanza eficiente, inversión en infraestructuras, control de la contaminación y tecnologías innovadoras, a fin de garantizar que los recursos hídricos sean preservados y distribuidos equitativamente para las generaciones futuras.

3.8 Documento de Referencia sobre Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la gestión de residuos de las industrias extractivas

Durante la elaboración de la presente Guía, se ha utilizado como documento de referencia el Documento de Mejores Técnicas Disponibles (MTD) para la gestión de residuos de las industrias extractivas, a fin de verificar que las técnicas propuestas son adecuadas para garantizar la prevención de emisiones al agua (tanto superficial como subterránea) y la prevención del deterioro del estado del agua, así como para fomentar el uso adecuado y racional del recurso.



04 Definiciones

Las definiciones oficiales de aguas superficiales y subterráneas, recogidas en la Directiva 2000/60/CE, son las siguientes:

1. “Agua superficial”: se entiende por tales las aguas continentales, excluidas las aguas subterráneas, así como las aguas de transición y las aguas costeras, salvo en lo que respecta al estado químico, en cuyo caso también se incluirán las aguas territoriales.
2. “Agua subterránea”: se entiende por tales todas las aguas que se encuentran bajo la superficie del terreno en la zona de saturación, y en contacto directo con el suelo o el subsuelo.

4.1 Aguas subterráneas

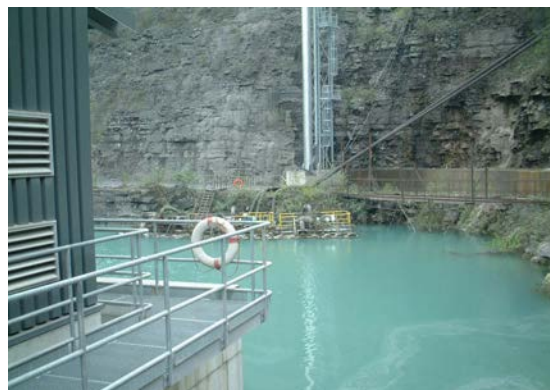
Contrariamente a lo que podría creerse, el agua subterránea no se encuentra almacenada en cavidades o cavernas subterráneas. Se trata, en realidad, principalmente de agua intersticial contenida en determinadas rocas porosas, de forma semejante a una esponja.

En la medida de lo posible, cuando se realiza la extracción del material, los profesionales intentan mantener el nivel más bajo de extracción por encima del nivel freático. Sin embargo, las condiciones hidrogeológicas o la naturaleza del recurso mineral a extraer no siempre permiten



Extracción de áridos bajo el nivel freático – UNICEM

que esto sea así, y en ocasiones la extracción por debajo del nivel del agua subterránea resulta inevitable.



Cantera de caliza – Explotación de Antoing – Bélgica

El bombeo de agua subterránea pura a través de sondeos de extracción estratégicamente ubicados alrededor de una cantera no solo facilita la extracción del recurso mineral, sino que también contribuye a la conservación de los recursos hídricos y promueve su uso eficiente. Este enfoque mejora la eficiencia en el uso de los recursos y, en algunos países como Bélgica, ha favorecido una estrecha colaboración entre los profesionales de canteras y los proveedores de agua potable.

La gestión de las aguas subterráneas, así como su influencia sobre las autorizaciones de explotación, sigue siendo una preocupación cons-

tante para las canteras. Como ocurre con frecuencia, el agua subterránea bombeada en la cantera puede verse poco afectada por la propia actividad extractiva y, en la medida de lo posible, esta agua —conocida como agua de bombeo— se devuelve al acuífero bajo un estricto control de calidad.

Dado que las aguas subterráneas constituyen un recurso natural de gran valor, están protegidas por diversas normativas a escala europea, nacional, regional y local, que limitan el vertido de determinadas sustancias (Directiva 2006/118/CE).

Muchos países disponen de planes de protección de aguas subterráneas, que clasifican los acuíferos y su grado de vulnerabilidad.

El desarrollo de una cantera implica, por su propia naturaleza, la retirada del suelo vegetal y del material de recubrimiento en la zona de extracción. Estas actividades pueden alterar las características de recarga del acuífero e incrementar su vulnerabilidad, si no se aplican medidas preventivas técnicas.



Gravera – Explotación de Bellegarde – Lafarge – Francia

En función de la profundidad de la cantera con respecto al régimen de aguas subterráneas del entorno, puede ser necesario incorporar medidas de control o desagüe en las operaciones extractivas. El impacto de estas actividades sobre

los recursos hídricos subterráneos, si lo hubiera, puede mitigarse mediante una adecuada planificación y diseño de la cantera, así como mediante buenas prácticas operativas.

Los principales cambios que pueden producirse en el régimen de aguas subterráneas son los siguientes:

- La retirada del suelo vegetal, del recubrimiento y del mineral, así como su posterior reposición, posiblemente combinada con materiales importados, lo que puede modificar:
 - La calidad del agua infiltrada que recarga el acuífero.
 - El ritmo y el momento de la recarga del acuífero y de los flujos de agua superficial.
- El desagüe de la explotación o la desviación de cursos de agua superficial, que, al transportar el agua de un punto a otro, pueden:
 - Alterar el suministro de agua a captaciones y cursos de agua alimentados por manantiales y zonas húmedas.
 - Provocar el asentamiento del terreno, de edificaciones, etc.
 - Modificar la calidad del agua antes de ser vertida.
- Los vertidos pueden causar contaminación física y química.

Muchos de estos cambios están implícitos en una autorización de extracción de minerales, pero en la mayoría de los casos pueden mitigarse mediante prácticas operativas adecuadas. A continuación, se exponen orientaciones sobre las mejores prácticas.

4.2 Aguas superficiales

El agua superficial es crucial para el procesamiento de minerales. El agua de proceso se obtiene normalmente de fuentes superficiales y los vertidos fluyen de manera natural hacia este mismo compartimento. Además, algunas explotaciones se desarrollan bajo el agua mediante dragado. En toda Europa se aplican normas estrictas en lo relativo a vertidos de agua.

Cabe señalar que la extracción de áridos no libera sustancias o lo hace en cantidades mínimas; las preocupaciones se centran más en las características físicas del agua que en su composición química. En las explotaciones de áridos, la medición estándar de la calidad del agua se basa

generalmente en tres parámetros: pH, Total de Sólidos en Suspensión (TSS) y Demanda Biológica de Oxígeno (DBO).

En relación con este último parámetro, puede afirmarse que la contaminación orgánica inducida por la extracción mineral es extremadamente baja, pero que, por el contrario, el contenido de sólidos en suspensión puede ser significativo debido a los procesos que implican agua, como el corte, lavado y separación de piedras y arcillas.

Respecto al Potencial de hidrógeno (pH), su valor está estrechamente relacionado con el tipo de materia prima (petrografía de los niveles geológicos explotados), por lo que resulta difícil proporcionar valores de referencia. La extracción de rocas eruptivas y metamórficas que contienen sulfuros podría provocar, en ausencia de medidas preventivas, drenajes ácidos que afecten a la calidad del agua.

Dependiendo de las características de las masas de agua, los umbrales aplicables a los vertidos varían según el país, la región e incluso según las circunstancias locales. Los valores máximos y mínimos para los tres parámetros principales se sitúan entre 20 y 100 mg/l para TSS, 40 y 125 mg/l para DBO, y entre 5 y 11 para el pH.

Los derrames accidentales también pueden constituir un riesgo para las aguas superficiales, especialmente en lo que respecta a los hidrocarburos utilizados en canteras o plantas. Para evitar estos incidentes, los fabricantes e ingenieros han impulsado avances tecnológicos. Por ejemplo, los aceites estándar utilizados en los circuitos hidráulicos de palas y cargadoras están siendo reemplazados progresivamente por aceites biodegradables, con el fin de evitar la contaminación a largo plazo en caso de vertido.

Asimismo, se están habilitando zonas estancas para el almacenamiento de combustibles, aceites y residuos asociados.

El tratamiento previo al vertido de aguas residuales es una norma comúnmente aplicada, e incluso se dan situaciones en las que la calidad del agua vertida es superior a la del agua captada.

En cuanto al agua de proceso, su uso en la industria extractiva es esencial y diverso. En muchos

casos, la producción de áridos no es posible sin agua. La mayoría de las explotaciones actuales emplean sistemas en circuito cerrado: el agua usada pasa por balsas de sedimentación, se clarifica y se reutiliza en el proceso. Esto se traduce en un consumo neto de agua extremadamente bajo y en una gestión muy eficaz del recurso. El lodo resultante suele reintroducirse en el proceso o reciclarse como subproducto secundario (por ejemplo, polvo de caliza para usos agrícolas o cerámicos).

Las inversiones relacionadas con el agua constituyen, sin duda, una de las partidas más relevantes de la contabilidad ambiental en la extracción de áridos. Estas inversiones presentan normalmente un perfil escalonado, relacionado con la adquisición y mantenimiento de equipos de tratamiento y reciclaje del agua. La construcción de unidades de tratamiento representa, en conjunto, una inversión de gran magnitud.

Los principales efectos potenciales de una explotación de áridos sobre el régimen de aguas superficiales son los siguientes:

- Alteración de la superficie sobre la que fluye el agua.
- Modificación del patrón de escorrentía.
- Reducción del régimen superficial debido a la falta de recarga desde el acuífero o por filtración desde el lecho del cauce o disminución de la cuenca.
- Aumento de escorrentía por vertido o incremento de la captación, que puede generar erosión e impactos en puntos de capacidad limitada aguas abajo.
- Cambio en la cantidad y en la calidad física y química de los flujos.

El número y la gravedad de los problemas varían significativamente según la profundidad de la explotación respecto al nivel freático, el grado de desagüe, la naturaleza de la roca y del recubrimiento, así como el método de trabajo empleado. Los problemas más habituales son los cambios en los flujos de aguas superficiales y su contaminación por materiales particulados.

En esta Guía, se exponen ejemplos de buenas prácticas actuales para prevenir estos efectos.

El agua en las explotaciones de áridos

En las canteras de áridos, graveras y plantas de tratamiento de materiales, existen otros flujos de agua además de los empleados en el proceso productivo. Entre ellos, pueden enumerarse las aguas utilizadas para el mantenimiento de las instalaciones, las destinadas al uso del personal (agua de consumo doméstico), así como las aguas de origen natural, como el agua de lluvia y el agua de drenaje.

Todas estas aguas deben ser registradas y monitorizadas adecuadamente.

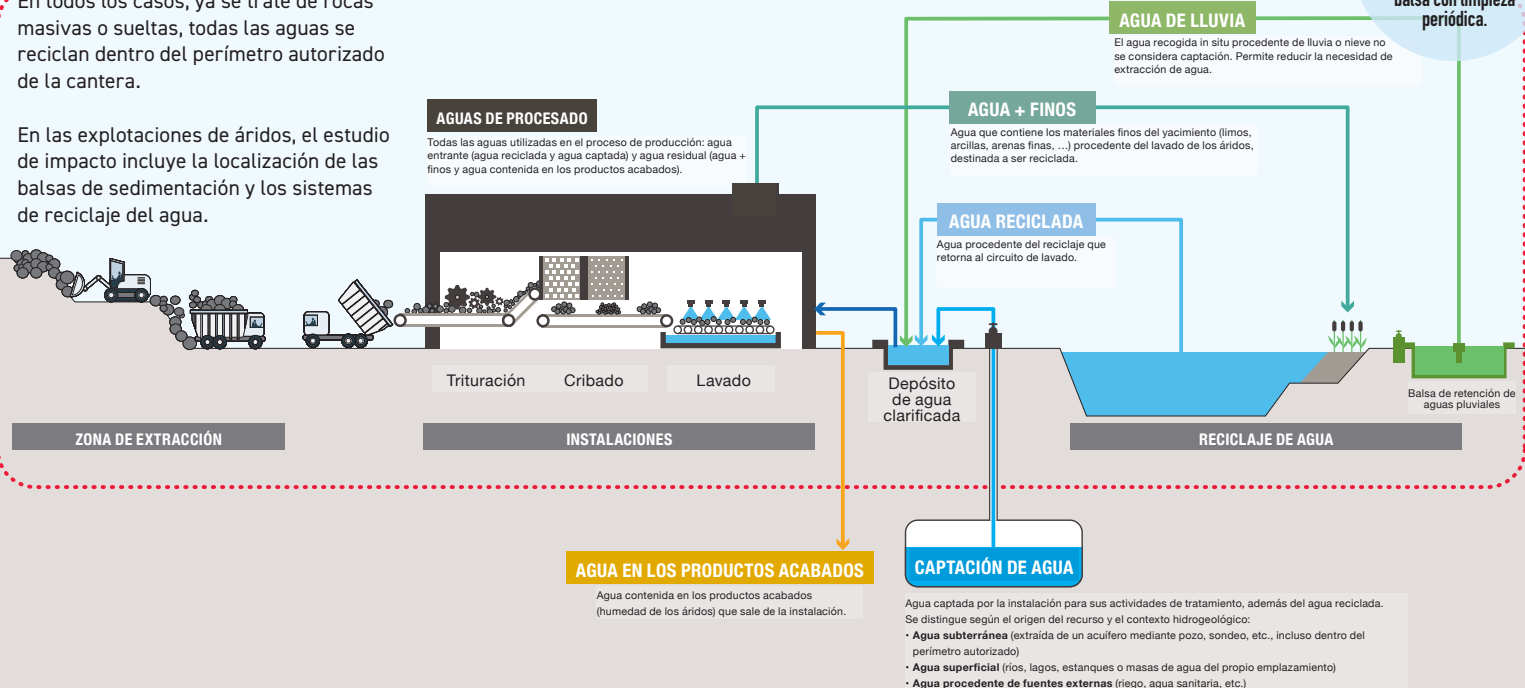


Gravera – FdA – España

PERÍMETRO AUTORIZADO

En todos los casos, ya se trate de rocas masivas o sueltas, todas las aguas se reciclan dentro del perímetro autorizado de la cantera.

En las explotaciones de áridos, el estudio de impacto incluye la localización de las balsas de sedimentación y los sistemas de reciclaje del agua.



El agua puede reciclarse mediante diferentes métodos: sedimentación natural, clarificación, balsa con limpieza periódica.

5.1 Captación de agua

La fuente de agua disponible en las explotaciones de áridos —ya sean canteras o graveras— varía considerablemente, en función de múltiples factores. Entre las principales fuentes se incluyen:

- Aguas de drenaje de la cantera (aguas subterráneas y agua de lluvia recogida), dependiendo

de las características del emplazamiento (clima, naturaleza de los acuíferos, geología, morfología de la zona de extracción, etc.).

- Captación de aguas subterráneas mediante sondeos.
- Captación de aguas superficiales (ríos y otros cursos de agua).
- Red de suministro público o privado.
- Reciclaje de agua en circuito cerrado tras pro-

cesos de decantación (balsas de sedimentación, tanques de decantación / espesadores, etc.). En este caso, se requiere una entrada de agua al circuito, cuyo volumen disminuye a medida que mejora la eficiencia del proceso.

Según la encuesta realizada por Aggregate Europe – y en términos de porcentaje de explotaciones, las principales fuentes de agua son las siguientes: 40 % suministro público o privado, 36 % aguas subterráneas, 30 % aguas superficiales, 11 % agua de lluvia recogida, 9 % agua de drenaje de cantera utilizada y 5 % ninguna fuente declarada.

La mayoría de las explotaciones cuenta con más de una fuente de agua. Cabe destacar que el suministro público o privado se destina principalmente a usos domésticos.

No obstante, al analizar el volumen de agua por fuente, se observa claramente que la principal fuente es el agua superficial (47 %). Resulta especialmente relevante señalar que el volumen de agua captado desde aguas subterráneas representa

5.2 Consumo del agua

El consumo de agua en las explotaciones de áridos puede variar significativamente en función de diversos factores, dependiendo si el proceso de tratamiento es en húmedo o en seco, las condiciones climáticas locales, entre otros.

Las principales actividades que pueden requerir agua incluyen:

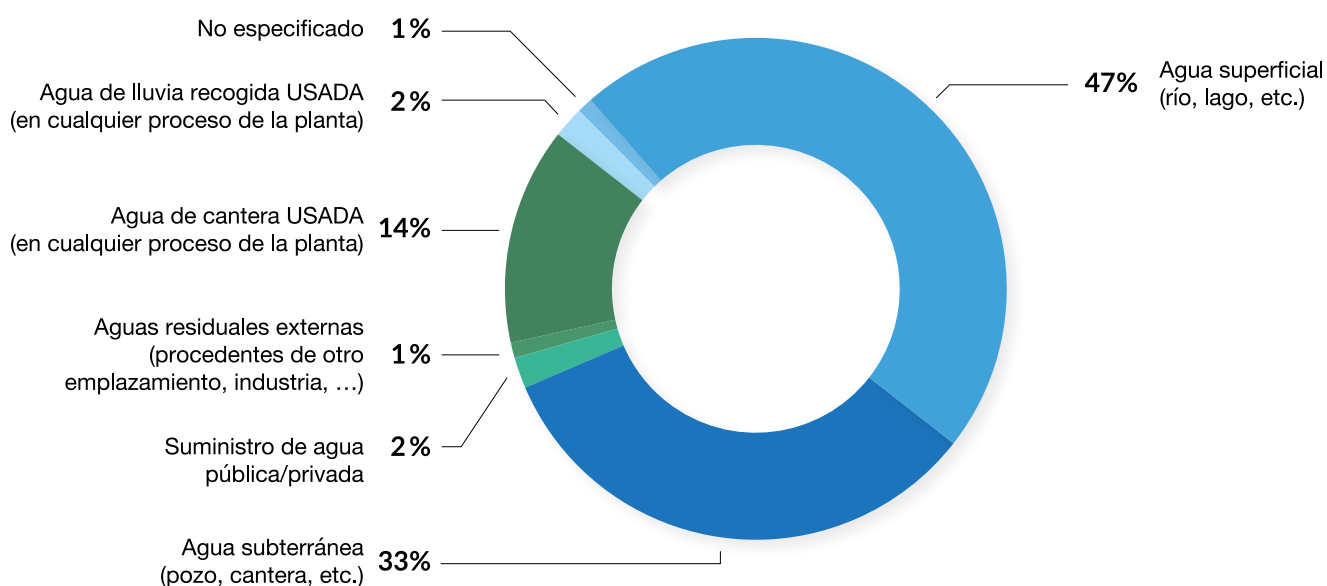
- Lavado de áridos (proceso húmedo).



Captación de agua por Fuente según porcentaje de volumen – Aggregate Europe

- Prevención del polvo (aspersión de las instalaciones, limpieza de las pistas de circulación –automática o mediante cisterna móvil–, riego de la carga en los camiones, limpieza de instalaciones, vehículos, etc.)

Captación de agua por fuente en porcentaje de volumen – AE





Riego de vías para la prevención del polvo - UNICEM

- Instalaciones auxiliares (laboratorio, talleres, vestuarios).

La producción de áridos mediante tratamiento en húmedo se realiza normalmente en circuito cerrado, lo que significa que la forma más habitual de utilizar el agua de proceso es reutilizándola. Esta operación suele combinarse con la restauración del emplazamiento, rellenando las zonas de extracción con los lodos generados durante el proceso.

Según la encuesta de Aggregates Europe -, el balance hídrico neto por tipo de fuente indica que las explotaciones de áridos transfieren agua desde fuentes subterráneas y desde la red pública/privada de abastecimiento hacia los cursos de agua superficiales (ríos, lagos, etc.).

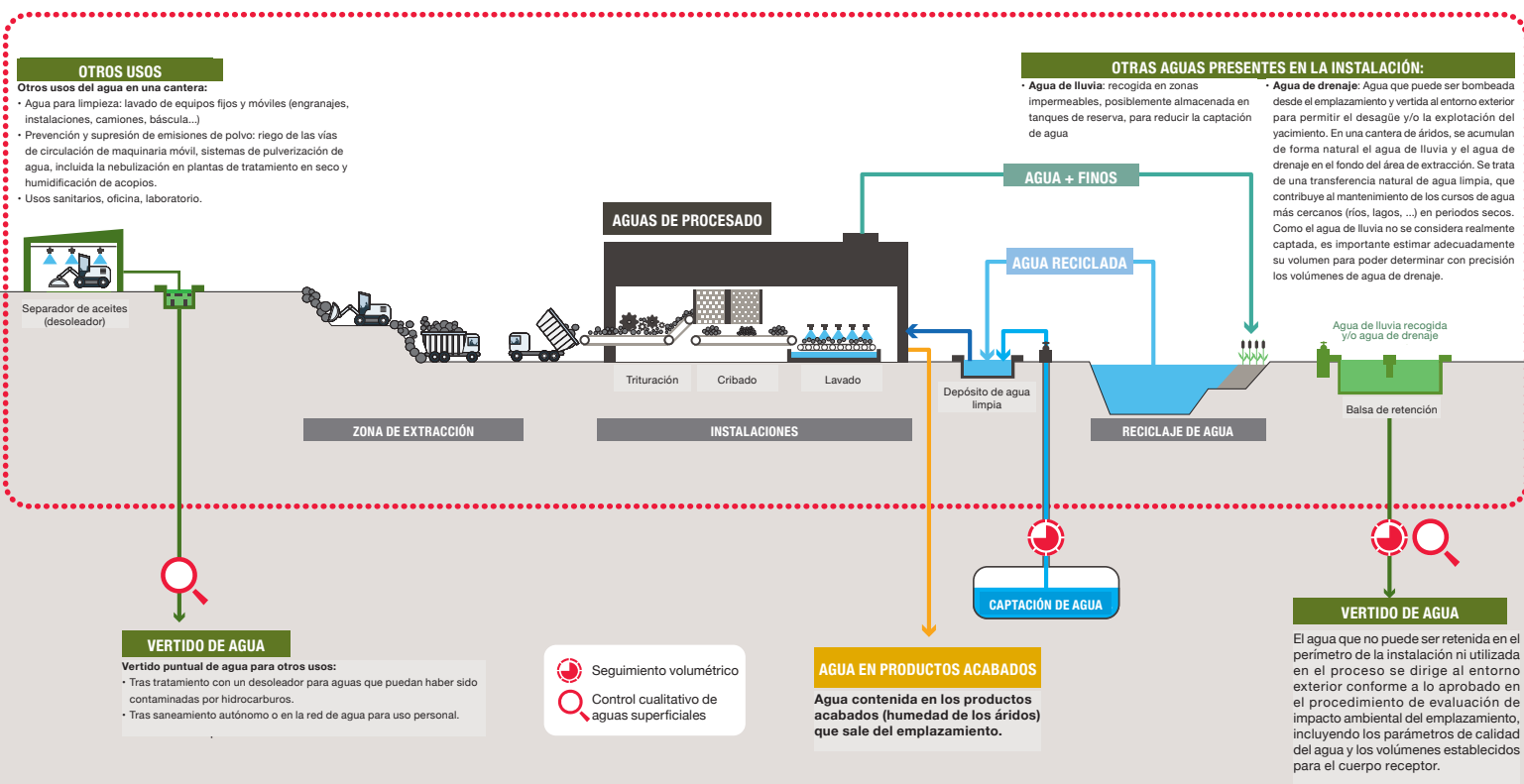
En términos de consumo de agua, solo el 19 % del agua captada se consume en los distintos usos en la explotación, mientras que el 81 % se clarifica y se vierte.

En cuanto al consumo específico de agua por tonelada de áridos, es evidente que es mucho más elevado cuando los áridos son lavados. En ausencia de instalación de lavado (52 % de las explotaciones), el consumo medio es de 26 litros por tonelada.

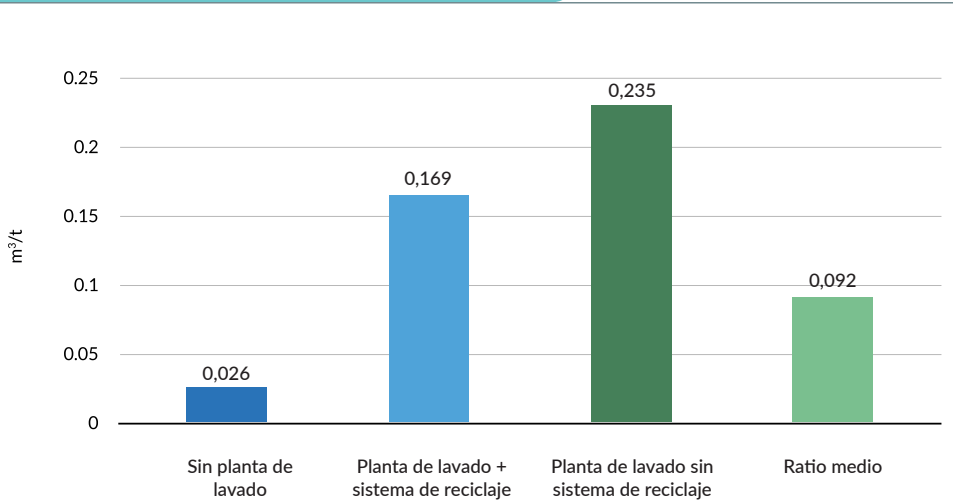
Con instalación de lavado, el consumo medio de agua asciende a 169 litros por tonelada de áridos.

Ciclo del agua en la explotación - UNPG

PERÍMETRO AUTORIZADO



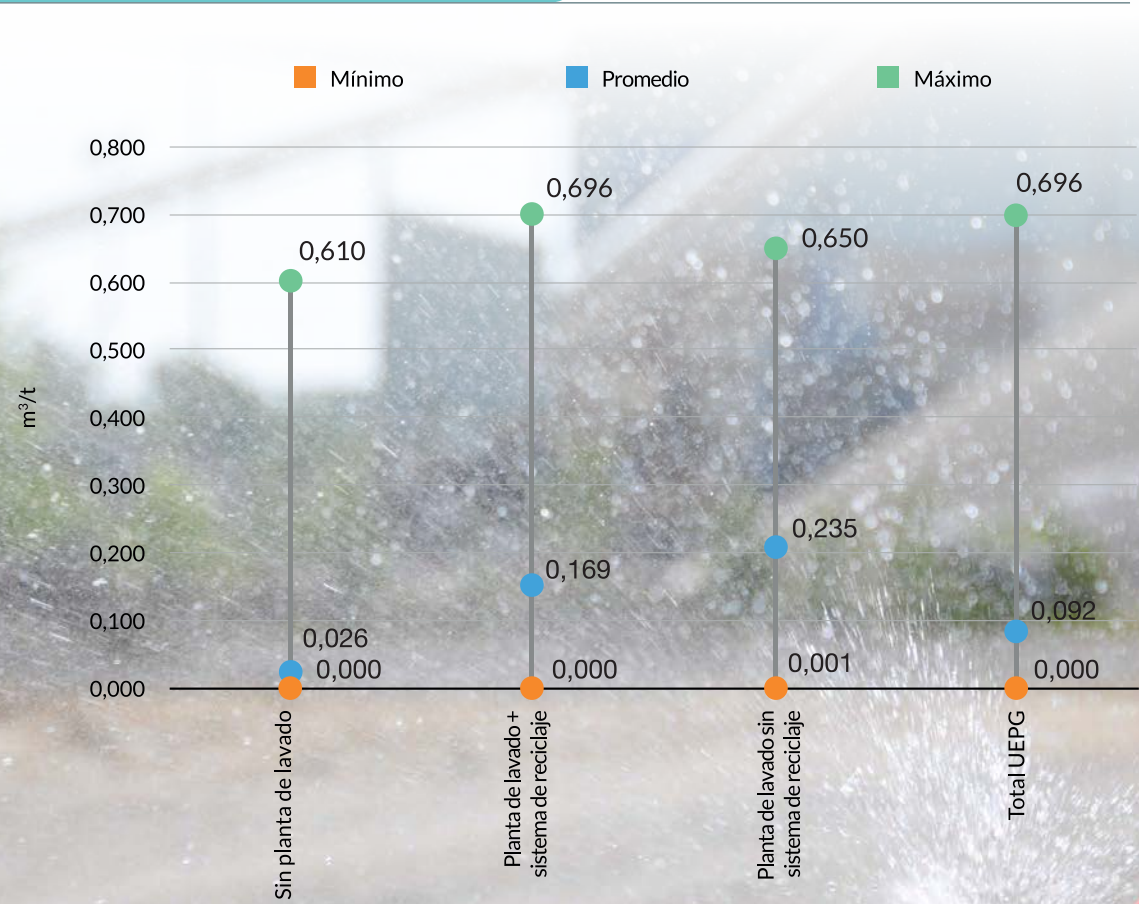
Consumo de agua en m³ por tonelada de áridos producida. Relación con la planta de lavado – AE



Si la planta de lavado no dispone de un sistema de reciclaje, el consumo de agua es considerablemente mayor: 235 litros por tonelada de áridos.

El promedio global, según este estudio, es de 92 litros de agua consumidos por tonelada de áridos (0,092 litros por kilogramo).

Consumo de agua en m³ por tonelada de áridos producida. Relación con la planta de lavado – AE



Cuando se llevan a cabo operaciones de lavado, existe una importante variabilidad en el consumo de agua por tonelada, que puede oscilar desde valores cercanos a cero hasta los 700 litros por tonelada.

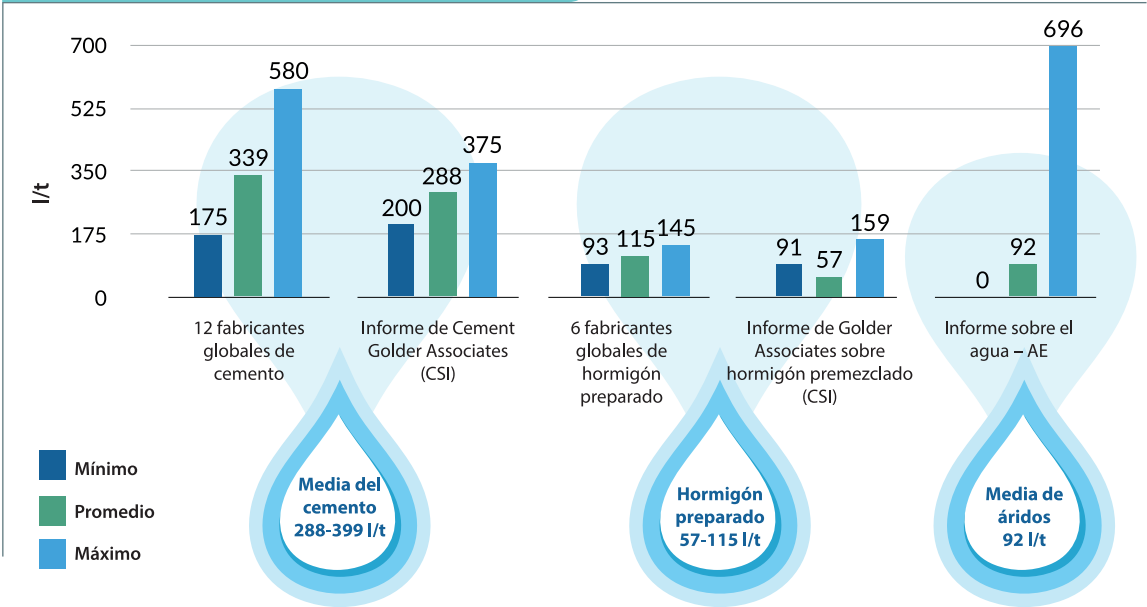
Consumo de agua para la fábrica de productos – Distintas procedencias



En comparación con el agua consumida para la producción de otros bienes comunes, los valores correspondientes a los áridos son bastante razonables, tal como se muestra en el gráfico.

No obstante, la eficiencia en la gestión del agua debe seguir mejorándose de forma continua.

Consumo de agua en litros por tonelada de producto para cemento, hormigón preparado y áridos – Diferentes fuentes



5.3 Usos del agua

Según la encuesta de Aggregates Europe, los usos del agua están sujetos a muchos factores diferentes que son específicos de cada explotación:

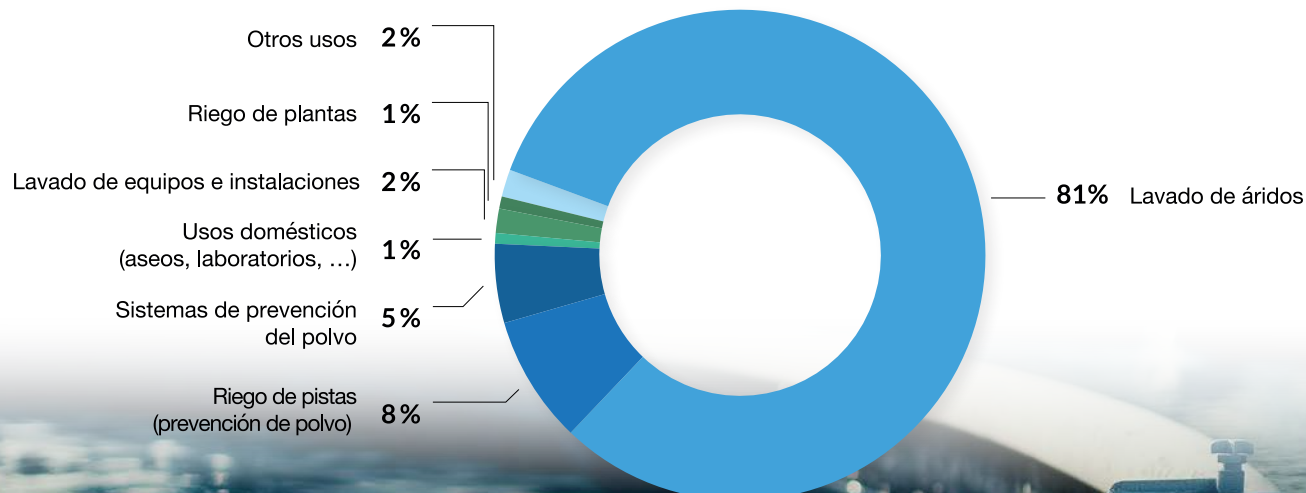
- Tipo de explotación: gravera frente a cantera de roca dura;
- Tipo de proceso: con o sin planta de lavado;
- Influencias nacionales: clima seco / húmedo (control del polvo e irrigación).

Los usos más relevantes en términos del porcentaje de explotaciones que utilizan agua para estos fines son: 47 % riego de pistas (prevención del polvo); 46 % lavado de áridos; 40 % usos domésticos; 37 % sistemas de prevención del polvo; 29 % lavado de maquinaria; 21 % riego de plantas.

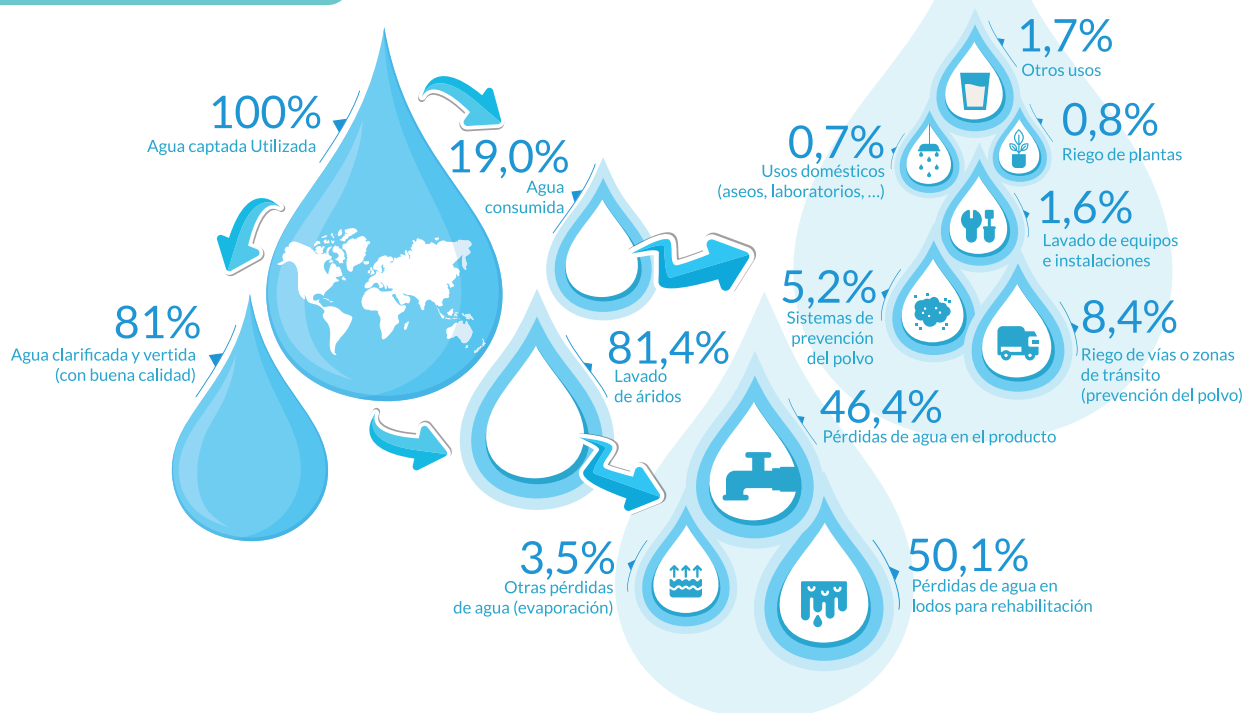
Pero en términos de volumen de agua consumido por tipo de uso, el lavado de áridos es, con diferencia, el principal, con alrededor del 81,4 %. Este consumo específico de agua está relacionado con las pérdidas de agua en los productos (productos húmedos), que representan el 46,4 % de esta cantidad, y con las pérdidas de agua en los lodos para la rehabilitación (procedentes de los sistemas de reciclaje de agua), que representan el 50,1 % de esta cantidad concreta. La evaporación se estima en un 3,5 %.

La prevención del polvo representa el 14 % (riego de pistas 8,4 % y otros sistemas de prevención del polvo 5,2 %). El lavado de equipos e instalaciones (1,6 %), el riego de plantas (0,8 %) y los usos domésticos (0,7 %) son otros usos poco relevantes en términos de volumen de agua.

Distribución porcentual del consumo de agua por uso – AE



Distribución porcentual del consumo de agua por uso – AE



En términos de consumo de agua, solo el 19,0% del agua captada se consume y el 81,0% se clarifica y se vierte.

La figura anterior explica el ciclo del agua y los usos en el sector de los áridos.

términos de porcentaje de explotaciones, son los siguientes: 24% a aguas superficiales y 9% a aguas subterráneas. Un 53% de las explotaciones no realiza ningún vertido de agua.

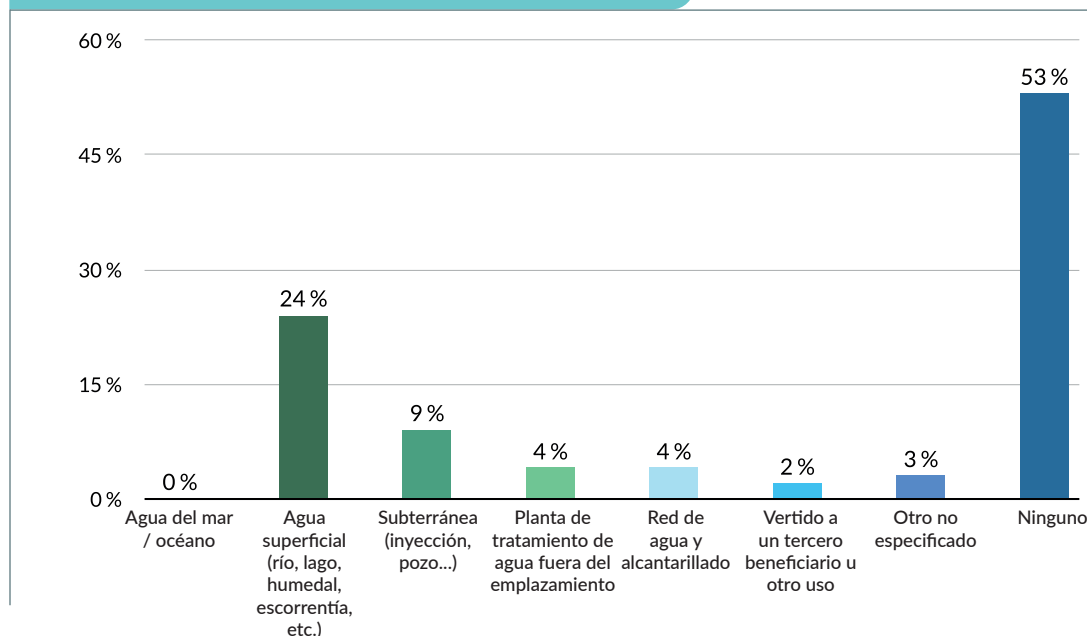
Los vertidos de agua, cuando existen, están sujetos a estrictos requisitos en cuanto a su origen, volumen y parámetros de calidad.

5.4 Vertidos de agua

Según la encuesta de Aggregates Europe, los principales destinos de los vertidos de agua, en

Dependiendo de la legislación nacional y de las circunstancias específicas de cada explotación, los vertidos procedentes de explotaciones de áridos pueden estar limitados.

Vertido de agua según destino (porcentaje de emplazamientos) – AE



Al observar el volumen de agua vertida según su destino, queda claro que la gran mayoría se vierte a aguas superficiales (92 %).

Es importante destacar que solo el 4,3 % del volumen de agua vertida se dirige a aguas subterráneas. Las porciones restantes se destinan a la red de agua y alcantarillado (2,3 %) y a terceros para usos beneficiosos (0,8 %).

El vertido a redes públicas es prácticamente inexistente² y, en un pequeño porcentaje de los casos, se realiza vertido a cursos de agua³, ríos o arroyos, siempre con la autorización correspondiente y con la aplicación de las medidas necesarias para cumplir con los límites de emisión de vertidos líquidos. Las aguas de escorrentía siguen un procedimiento similar, mientras que las aguas residuales domésticas se dirigen a depósitos cerrados, que se vacían periódicamente,

o cuentan con sistemas de saneamiento autónomo mediante microestaciones.

De este modo, los vertidos de agua, especialmente en canteras de roca, suelen representar un aporte de caudal base bajo para los ríos. En algunos casos, estos vertidos pueden ser recogidos para el suministro de agua bruta a las redes públicas, como sucede en las canteras francesas de la cuenca Avesnois-Boulonnais.

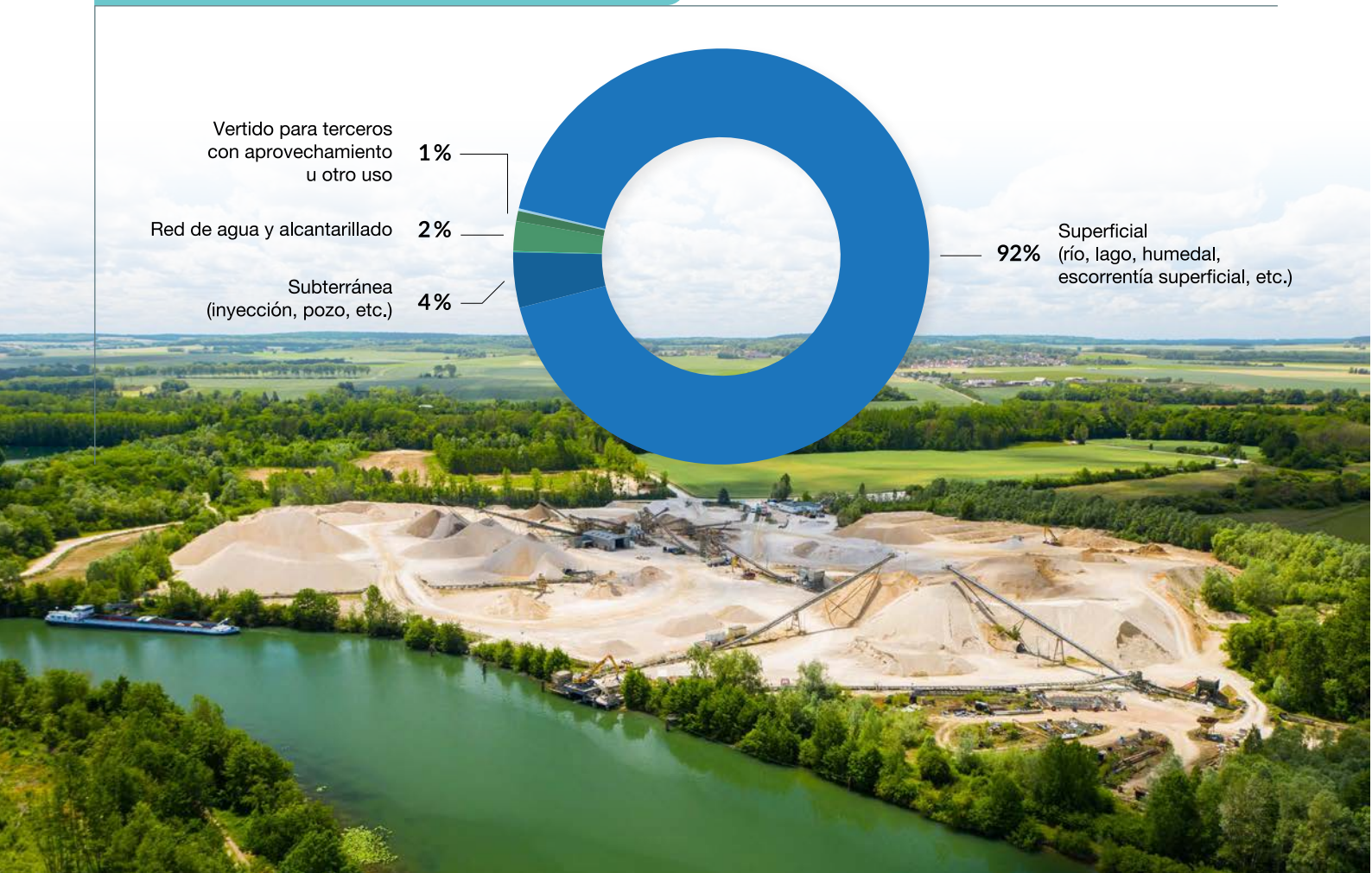
Cabe destacar que la extracción de áridos no implica la liberación de sustancias peligrosas. Más bien, se trata de modificaciones temporales de las características físicas del agua (que deben evitarse y pueden prevenirse), más que de cambios en su composición química.

Este tipo de efluente no contiene contaminantes como cianuros o metales pesados ni sus compuestos.

² Debido a la ubicación de las explotaciones.

³ Se requiere permiso específico en la mayoría de los países de la UE.

Vertido de agua por destino (porcentaje del volumen) – AE



06 Declaración sobre la gestión del agua en la industria de los áridos

La industria de los áridos está mejorando de forma responsable y activa la gestión del agua en las canteras y en los procesos de tratamiento, dentro del marco establecido por la Directiva 2000/60/CE.

- En la actualidad, la extracción de áridos se contempla en los planes hidrológicos de cuenca vigentes (en varios países de la UE) y, en el caso de actividades extractivas en cauces fluviales, muchos países disponen de procedimientos específicos para su autorización.
- La actividad extractiva está fuertemente regulada y requiere autorización administrativa, en cuyo otorgamiento se consideran los posibles efectos ecológicos desfavorables y se exigen garantías adecuadas para la recuperación del medio ambiente.
- Nuestra industria es un firme aliado de los organismos de la administración encargados de la gestión de las cuencas hidrográficas, en lo que respecta a garantizar que los cauces fluviales conserven la capacidad necesaria para permitir el paso de avenidas de agua, cuando proceda y previa autorización correspondiente, mediante técnicas como el ensanchamiento del cauce, la creación de canales auxiliares, la limpieza del lecho fluvial y la construcción de defensas.
- Las explotaciones de áridos están normalmente sujetas a estudios de impacto ambiental y a una tramitación administrativa compleja, que considera los posibles efectos sobre las aguas superficiales y subterráneas. Generalmente, se aplican buenas prácticas y las mejores

técnicas disponibles para su gestión, siendo posible citar como ejemplo la recirculación del agua de proceso, optimizando el consumo hasta niveles muy elevados y, en la mayoría de los casos, sin necesidad de realizar vertidos. Desde hace años, las distintas asociaciones del sector vienen realizando un gran esfuerzo para incorporar estos conceptos en la práctica empresarial.

- En la extracción de áridos, las rocas implicadas son casi siempre inertes y, en la práctica, con una gestión adecuada, no existe riesgo de contaminación del agua por sustancias peligrosas.
- Cabe destacar que, al igual que sucede con todos los recursos naturales, la ubicación de los áridos está determinada por la propia naturaleza. Esto implica que el lugar donde se encuentran los áridos es, por definición, donde pueden extraerse y, por tanto, donde puede localizarse la industria extractiva. Por esta razón, y en el contexto de la elaboración de los nuevos Planes de Gestión de Cuenca, debe garantizarse el acceso a un recurso natural como los áridos sin imponer nuevas restricciones.

Los objetivos clave son proteger los cauces de agua superficial existentes y optimizar las necesidades de captación de agua mediante una adecuada gestión del recurso. La normativa nacional establece estándares de calidad del agua, con los cuales los operadores están obligados a cumplir.



Gravera – Explotación La Rinconada site – Hanson Heidelberg Cement – España

07 Principios clave de la gestión del agua en las explotaciones de áridos

La aplicación de los siguientes principios de gestión hídrica puede permitir a la explotación la prevención de los impactos de la actividad sobre las aguas superficiales y subterráneas.



Agua reutilizada – Cantera de mármol – Explotación de Cehegín – Varias empresas – España

Principios clave de la gestión del agua en las explotaciones de áridos

Prevención de la contaminación del agua

Se debe prevenir y minimizar, siempre que sea posible, el deterioro del agua

Medidas para controlar posibles vertidos de combustible, aceite, etc.

No verter lodos de lavado a los ríos

Aplicar una estrategia de eficiencia en el uso del agua de forma racional

Reciclaje del agua

Abastecer con agua de la calidad mínima necesaria según el uso

Se debe minimizar las pérdidas de agua y el uso consuntivo

Detectar y compensar fugas

El plan de extracción debe de ser sostenible a lo largo de distintos ciclos hidrológicos

Una vez finalizada la actividad, garantizar el flujo libre de las aguas a lo largo de su cauce, en condiciones similares a las originales

Controlar los niveles freáticos, así como la cantidad y flujo de recarga de los acuíferos

Evitar alteraciones en el curso del agua en los acuíferos y eliminar puntos de fuga

Establecer una red de drenaje para el agua

Aplicar medidas estructurales de consolidación

Mantener adecuadamente las balsas o depósitos de lodos

Proteger y mantener el estado de las márgenes de los cauces y limitar la erosión

Garantizar la protección de los cauces y limitar la erosión

Controlar la estabilidad de los residuos de extracción y del material de relleno

- Garantizar que se han identificado y aplicado todas las opciones posibles para prevenir la contaminación del agua.
 - El deterioro de la calidad del agua debe prevenirse siempre que sea posible y minimizarse cuando no sea posible su prevención total.
 - Establecer medidas para controlar posibles derrames de combustibles, aceites, etc., utilizando siempre bandejas de recogida durante su manipulación y disponiendo de kits anticontaminación en cantidad suficiente (absorbentes, barreras flotantes, etc.) en zonas sensibles cercanas a cursos de agua y zonas controladas.
 - No verter lodos procedentes del lavado en los ríos, sino almacenarlos exclusivamente en balsas de decantación previamente acondicionadas, de forma que los sólidos se depositen y el agua quede en superficie.
- Aplicar una estrategia de eficiencia hídrica, utilizando el agua de forma racional y evitando su uso inadecuado o innecesario, lo cual además contribuye al ahorro operativo, especialmente en materia de energía:
 - Fomentar el reciclaje del agua para tareas como el riego de pistas y vegetación, la limpieza de la planta, etc.
 - El suministro de agua dentro de la explotación debe realizarse con agua de la menor calidad posible, siempre que esta sea adecuada para el uso previsto y no implique riesgos significativos para el proceso, la calidad del producto o del propio recurso hídrico.
 - Minimizar las pérdidas de agua y el uso consuntivo.
 - Mantener adecuadamente las instalaciones para detectar y compensar fugas.

- El Plan de extracción debe ser sostenible a lo largo de toda la vida útil de la cantera o gravera, y adaptarse a los distintos ciclos hidrológicos:
 - Una vez finalizada la actividad, garantizar el libre flujo de las aguas a lo largo de su cauce en condiciones similares a las originalmente existentes.
 - Controlar los niveles de agua subterránea, así como la cantidad y calidad de los flujos de recarga de los acuíferos, en los casos en que puedan verse afectados por la actividad extractiva.
 - Evitar alteraciones en el curso del agua en los acuíferos y eliminar los puntos de fuga o infiltración.
 - Establecer una red de drenaje del agua, cualquiera que sea su origen, en la explotación y en la planta de tratamiento, en las vías de circulación y en las zonas de acopio de áridos; la excavación de zanjas perimetrales permite recuperar el agua de lluvia y al mismo tiempo mejorar las condiciones de seguridad del tráfico interno.
- Aplicar medidas estructurales de consolidación:
 - Mantener en buen estado las balsas o depósitos de lodos.
 - Proteger y conservar adecuadamente las márgenes de los cursos de agua que lindan con la explotación.
 - Garantizar la protección de los cauces y limitar los procesos de erosión.
 - Controlar la estabilidad de los residuos de extracción y del material de relleno de la cantera.

Además de las medidas enumeradas anteriormente, para garantizar una gestión adecuada del agua utilizada en el proceso, deben establecerse garantías de un sistema de recirculación, con el fin de lograr mejores resultados en términos de consumo y captación de agua.

Uno de los sistemas utilizados para la recogida y tratamiento de los lodos generados consiste en el uso de balsas o embalses de decantación, que pueden adoptar diferentes configuraciones. Este sistema aprovecha el propio hueco de la explotación, de manera que el agua utilizada se filtra y, posteriormente, mediante sistemas de recogida, vuelve a emerger limpia para ser reutilizada.

Los lodos generados pueden permanecer in situ formando zonas húmedas, ser retirados para su tratamiento y reutilización durante la fase de restauración, o incluso ser comercializados como subproducto.

Para mejorar la eficiencia en el reciclaje del agua de proceso, existen otras opciones basadas en sistemas de tratamiento con floculantes, que aceleran el proceso de sedimentación, concentrando las partículas finas en suspensión y obteniendo agua clarificada.

Estas instalaciones permiten, por lo general, alcanzar tasas de reciclaje del agua de proceso en torno al 80 %, especialmente en función del tipo de arcillas presentes en el yacimiento.

Cada vez es más habitual que, tras el clarificador, el espesamiento de los lodos se lleve a cabo mediante filtros prensa o centrífugas (cuando los finos no son abrasivos). El objetivo es secar los lodos generados en el proceso, logrando así reducir su volumen y, al mismo tiempo, recuperar prácticamente toda el agua utilizada en el proceso (eficiencia de reciclaje superior al 90 %).

Las condiciones específicas de cada explotación (tipo de yacimiento, naturaleza de las rocas extraídas, química del agua, hidrogeología, etc.) serán, en cualquier caso, las que determinen qué medidas de las anteriormente descritas deben aplicarse, ya que no todas son complementarias ni pueden implantarse simultáneamente. En cualquier caso, el productor de áridos debe seleccionar las mejores prácticas disponibles para garantizar el cumplimiento de los objetivos establecidos.



Instalación de dosificación de floculantes - Gravera - Varias empresas - España

08 Gestión de la calidad del agua



8.1 Medición de los efluentes en la industria de los áridos

El control de los parámetros de calidad del agua vertida no siempre es necesario ni obligatorio.

Tanto la normativa nacional como la europea han establecido valores límite de emisión para los vertidos de agua.

Cabe destacar que los valores límite específicos de emisión estarán determinados por la naturaleza del efluente tratado que vaya a ser vertido y por las características de las aguas superficiales receptoras. Estos límites suelen establecerse en las condiciones asociadas a la correspondiente autorización del vertido.

Cuando existe autorización para verter, deben controlarse tanto los caudales como el volumen del efluente, de conformidad con las condiciones estipuladas en dicha autorización, a fin de verificar si se respetan los valores máximos fijados en la normativa aplicable.

Según la encuesta de Aggregates Europe, el 41 % de las explotaciones incluidas en este estudio no realiza ningún vertido de agua. En otros casos, los vertidos se dirigen al subsuelo o a las instalaciones externas de tratamiento de aguas residuales.

Esto explica que solo el 18 % del total de explotaciones mida los parámetros de calidad en sus vertidos. Si se consideran únicamente las explotaciones que sí realizan vertidos, el 28 % realiza controles sobre los mismos. En el caso específico de las explotaciones que vierten a cursos de agua superficiales, dos tercios (66 %) controlan los parámetros de calidad del agua vertida.

El Total de Sólidos en Suspensión (TSS) son el elemento más común presente en los efluentes procedentes de plantas de tratamiento de áridos, tanto en canteras como en graveras.

Con mayor frecuencia, deben considerarse los siguientes parámetros (tanto en captaciones como en vertidos):

- pH.
- Total de Sólidos en Suspensión (TSS – Total Suspended Solids).
- DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).
- DQO (Demanda Química de Oxígeno).
- Temperatura.
- Color.
- Hidrocarburos.

En muy pocos casos se miden otras sustancias como amonio, metales o conductividad. En el sector de los áridos, el riesgo de contaminación del agua por contaminantes persistentes como las sustancias perfluoroalquiladas (PFAs) es muy limitado, dado que su uso es mínimo y está disminuyendo progresivamente.

La siguiente tabla muestra un ejemplo del estado químico del agua vertida.

La conclusión del estudio se interpreta que, con una buena gestión del agua, esto no debería representar un problema para las explotaciones de áridos.

Parámetros de Calidad del agua –
Aggregates Europe

	PARÁMETROS DE LA CALIDAD DEL AGUA					
	pH	Total de Sólidos en Suspensión (TSS)	Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)	Demanda Química de Oxígeno(DQO)	Otros (Amonio)	Otros (Conductividad)
Mínimo	7,0	<2	<5	5	1,0	-
Máximo	11,1	310,0	35,0	340,0	<5	-
Promedio	7,9	42,0	11,8	65,5	1,3	627,1

8.2 Red de piezómetros

Otra metodología para garantizar que las canteras funcionen de la manera más segura y productiva posible es la monitorización continua y permanente de los cuerpos de agua situados dentro del emplazamiento y en sus alrededores, especialmente en lo que respecta a su nivel, dirección del flujo y calidad. El principal instrumento utilizado para este propósito es el piezómetro.

Los piezómetros determinan el estado de los cuerpos de agua midiendo la altura a la que se eleva una columna de agua contra la gravedad. También permiten realizar bombeos para recoger agua con fines analíticos. Estos instrumentos recopilan datos esenciales sobre el estado del agua acumulada en el emplazamiento y, en particular, sobre cualquier posible cambio que pueda aumentar los riesgos operativos.

Los datos recopilados por una red de piezómetros distribuidos por todo el emplazamiento permiten establecer mapas de flujo subterráneo que pueden orientar a los ingenieros, ayudándoles a detectar posibles riesgos en desarrollo y a gestionarlos de forma eficaz mientras aún son fácilmente manejables.

Los puntos de control pueden establecerse en lugares estratégicos del entorno del emplazamiento para vigilar, si es necesario, la incidencia de la actividad de la explotación sobre las aguas subterráneas.

8.3 Digitalización e inteligencia artificial para la gestión del agua

El uso de herramientas digitales e Inteligencia Artificial (IA) está transformando la gestión del agua en las explotaciones de áridos, mejorando la eficiencia, la sostenibilidad y el cumplimiento normativo. Sensores avanzados, dispositivos IoT (Internet of Things) y sistemas analíticos basados en IA permiten el seguimiento en tiempo real

de los niveles de agua, su calidad y los caudales en los emplazamientos de extracción.

Estas tecnologías permiten a los operadores de cantera detectar fugas, optimizar el uso del agua y prever posibles riesgos relacionados con ella, como inundaciones o contaminaciones. Los modelos impulsados por IA pueden analizar datos históricos y en tiempo real para prever la demanda de agua, garantizando así una asignación óptima y reduciendo extracciones innecesarias de fuentes naturales.

Además, los sistemas basados en IA facilitan la toma de decisiones automatizada, ayudando a los responsables de las explotaciones a cumplir con la normativa ambiental mediante un uso sostenible del recurso hídrico. La teledetección y las imágenes satélite proporcionan información detallada sobre los cuerpos de agua, ayudando a evitar su sobreexplotación y a minimizar los impactos ecológicos. Por su parte, los algoritmos de aprendizaje automático pueden mejorar la eficiencia del reciclaje de agua optimizando los procesos de tratamiento, lo que reduce la dependencia de fuentes de agua dulce.

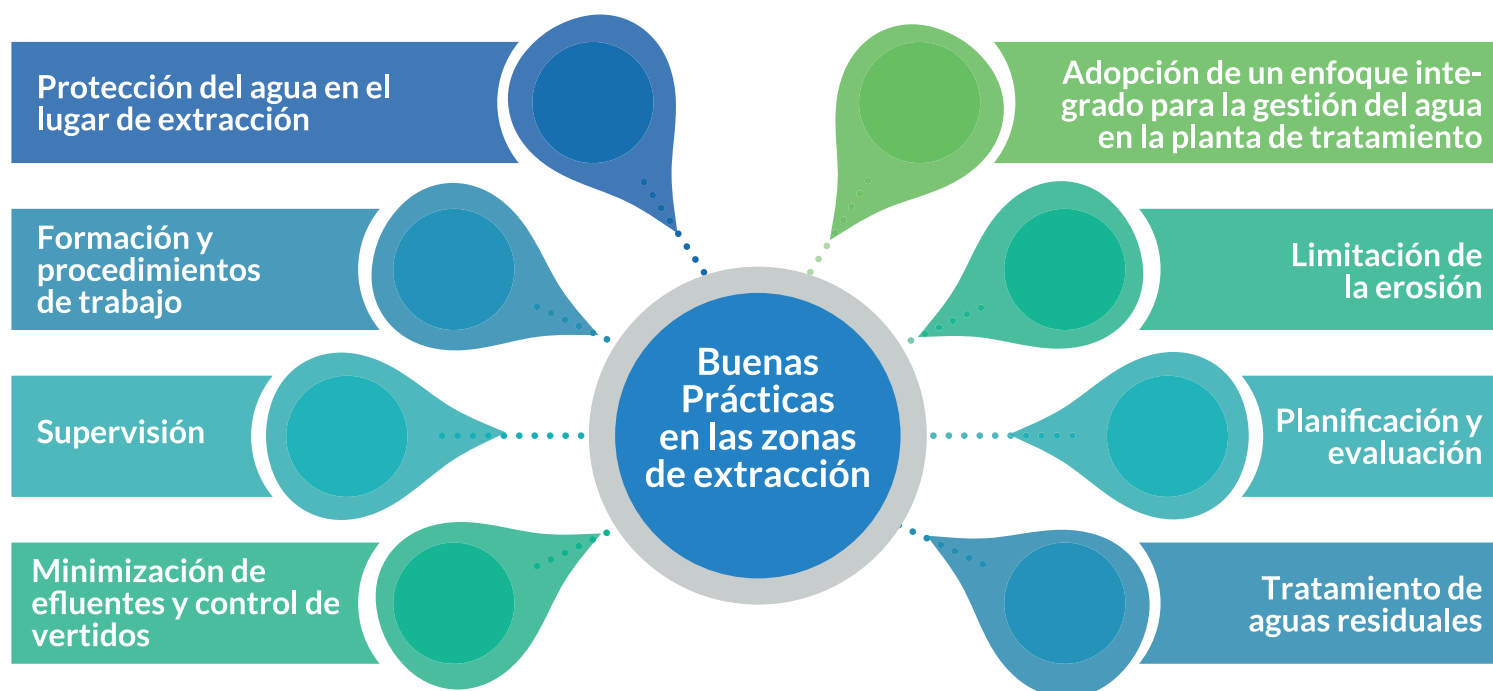
Mediante la integración de estas soluciones digitales, los operadores de explotaciones de áridos pueden lograr ahorros de costes, una mayor seguridad operativa y una reducción de su huella ambiental, contribuyendo así a una industria extractiva más sostenible y responsable.

09 Buenas prácticas en la gestión del agua en explotaciones de áridos

Los circuitos de agua de proceso de las instalaciones de tratamiento y lavado de áridos están diseñados para su reciclaje. El agua procedente del proceso de lavado de los materiales contiene partículas minerales finas e inertes. Estas aguas se reciclan mediante decantación natural, o cualquier otro método adecuado descrito en la evaluación de impacto, de conformidad con la legislación vigente.

En coherencia con los principios clave mencionados en el capítulo 7, los operadores de explotaciones de áridos podrían implementar las siguientes Buenas Prácticas (BP) en el lugar de extracción, con el fin de prevenir o minimizar los efectos de la actividad sobre las aguas subterráneas y superficiales.

Buenas prácticas en la gestión del agua en explotaciones de áridos





Las circunstancias específicas del lugar de extracción —tamaño, ubicación, geología, etc.— determinarán la selección de las buenas prácticas más útiles y adecuadas para aplicar en cada caso:

- Planificación y evaluación:

- Planificar para minimizar los posibles problemas, así como para cumplir con las condiciones establecidas por las autoridades competentes..
- * Los sistemas de tratamiento de efluentes deben ser diseñados, construidos y mantenidos conforme a la normativa vigente en el país.
- Optimizar la ubicación y la extensión (superficie y profundidad) de los trabajos para asegurar que no se generen impactos significativos sobre los recursos de aguas subterráneas.
- Cuando proceda, definir y evaluar el régimen hidrogeológico en torno a la explotación y su entorno.
- Proporcionar suministros de agua alternativos cuando se demuestre que la actividad extractiva afecta negativamente a los recursos hídricos locales.
- Diseñar el sistema de gestión del agua, incluidas las extracciones por bombeo de forma integrada, incluyendo:
 - * Regulación de caudales mediante sumideros y bombeo.

- * Control de partículas en suspensión mediante decantación en sumideros y balsas.
- * Control de la calidad química del agua.
- * Eliminación de aceites y espumas.
- * Uso del agua en la planta de procesamiento y tratamiento de efluentes, incluyendo el agua empleada para el lavado de vehículos.
- * Contención de derrames procedentes de zonas de almacenamiento y procesamiento.
- * Uso del agua para el control del polvo.
- * Empleo de agua adecuada para contrarrestar el descenso del nivel freático, por ejemplo, en estanques cercanos.
- * Limpieza y mantenimiento regular del sistema hidráulico.

- Monitoreo:

- Realizar un seguimiento del estado inicial antes del diseño y la solicitud de permisos. Llevar a cabo un estudio de referencia y establecer un sistema de monitoreo.
- Monitorear durante las operaciones:
 - * Niveles de aguas subterráneas.
 - * Captaciones o extracciones en terrenos vecinos.
 - * Cantidad y calidad de los flujos de recarga.
 - * Estado de las tierras colindantes, cultivos y ecosistemas cercanos, en busca de posibles problemas incipientes.

- Establecer estaciones de monitoreo de aguas superficiales tanto aguas arriba como aguas abajo del emplazamiento, si fuera necesario.
- Formación y procedimientos de trabajo:
 - Formar al personal en las mejores técnicas operativas es una forma muy eficaz de prevenir la contaminación del agua.
 - Deben implementarse procedimientos de trabajo claros.
- Protección del agua en las explotaciones:
 - Controlar la escorrentía de aguas superficiales:
 - * Minimizar la obstrucción de los flujos de crecida evitando la colocación inadecuada de acopios de estériles o residuos.
 - * Si se prevé almacenar estériles o residuos inertes sólidos con fines de restauración, estos no deben almacenarse cerca de cursos de agua.
 - Proporcionar un sistema de drenaje adecuado para minimizar la escorrentía de aguas superficiales hacia las actividades de la cantera.
 - * Este sistema de drenaje debe estar diseñado de acuerdo con la extensión de la explotación sitio y sus condiciones específicas.
 - * En función de las condiciones, puede que no sea necesario disponer de un sistema de drenaje.
- * Mantener capas de filtración eficaces entre acuíferos.
- * Establecer una zona de protección adecuada para los hábitats ecológicos que podrían verse afectados por cualquier cambio significativo en el régimen de aguas subterráneas.
- Utilizar recarga hídrica adecuada u otras medidas prácticas, cuando se demuestre que las actividades extractivas tienen el potencial de afectar los niveles de agua superficial en arroyos, ríos o lagos cercanos.
- Aplicar códigos de buenas prácticas para montones estériles temporales y estabilidad de taludes.
- Prever la recarga de acuíferos y regímenes de aguas superficiales, cuando sea necesario.
- Encapsular el relleno contaminante en material impermeable o diluirlo con material de relleno inerte.
- Asegurar que las voladuras se realicen de forma que se minimice el riesgo de aparición de residuos de nitrato / amoníaco mediante un diseño e implementación adecuados de la voladura, la eliminación apropiada de explosivos sobrantes y la selección del tipo de explosivo más adecuado.
- Limitar la erosión mediante:
 - Vegetación rápida de las zonas expuestas.
 - Vegetación en las superficies de los montones de estériles y capa vegetal.
 - Restauración progresiva de las zonas agotadas, cuando sea posible.
 - Limitación de las áreas de retirada de capa vegetal / estériles expuestas en un mismo lugar.
- Adopción de un enfoque integrado para la gestión del agua en la planta de tratamiento, incluyendo:
 - Aplicación de buenas prácticas para la gestión del agua de limpieza.
 - Garantizar la limpieza y el mantenimiento regular del sistema de gestión del agua.
 - Proporcionar medidas de control de la contaminación relacionadas con el almacenamiento de combustibles y productos químicos.
 - * Contenedores de seguridad para todas las zonas de almacenamiento de combustible / productos químicos. Uso de cubetas de retención para el almacenamiento de bidones de productos químicos y aceites (incluidos los aceites usados).



Sistema de drenaje – FdA – España

- Dejar márgenes / zonas de amortiguamiento adecuadas alrededor de los cursos de agua y otras áreas sensibles.

- * Suelos impermeables en las zonas de almacenamiento de aceites / productos químicos y en plantas de proceso en húmedo.
- * Equipos de control de vertidos en el emplazamiento (barreras flotantes, materiales absorbentes adecuados, etc.) para contener cualquier derrame accidental.



Kit anticontaminación para maquinaria – UNICEM (D. Collonge)

- * Asegurar que toda la escorrentía superficial de las zonas utilizadas para el repostaje se dirija a un separador de hidrocarburos de tamaño adecuado antes de su vertido.
- * Siempre que sea posible, establecer sistemas cerrados de agua para reutilizar el agua de proceso y de los equipos móviles o del lavado de ruedas, conservando los recursos hídricos al captar agua únicamente para el “relleno” o reposición.

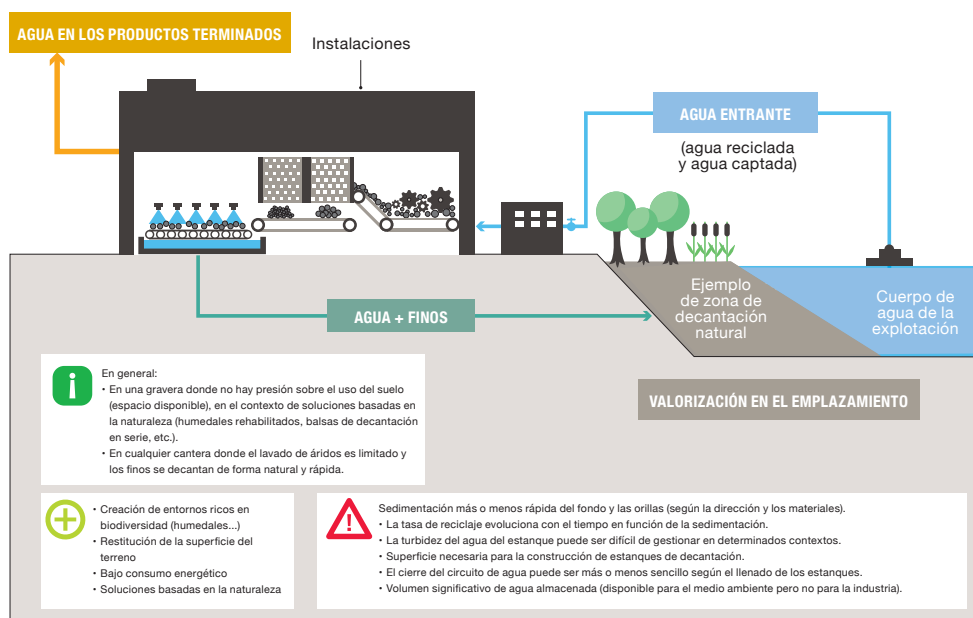
- Optimizar el consumo de agua en los sistemas de control del polvo.
- Tratamiento de aguas residuales mediante:
 - En explotaciones con altas concentraciones de sólidos en suspensión y espacio limitado para la instalación de lagunas de decantación, deben emplearse métodos forzados de separación de sólidos utilizando tanques espesadores..



Tanque espesador y filtro de presa – Gravera – Instalación de Terrassa – Haymsa – España

DECANTACIÓN NATURAL POR GRAVEDAD

Decantación natural por gravedad
- UNPG



- Diseñar los huecos de excavación y las balsas para la clarificación de aguas residuales y la decantación de sólidos en suspensión, de modo que puedan hacer frente a todas las condiciones razonablemente previsibles, asegurando que:
 - * Tengan un tamaño adecuado.
 - * El tiempo de retención sea suficiente, y si es necesario, se mejore la sedimentación mediante el uso de floculantes o medios mecánicos.
 - * Los huecos de excavación estén debidamente sellados con un material impermeable.
 - * Se pueda realizar una limpieza y mantenimiento regular.
- Controlar los sólidos en suspensión mediante decantación en fosas y lagunas
- Minimizar los efluentes y controlar los vertidos:
 - Obtener una autorización de vertido para cualquier descarga de efluente tratado a aguas subterráneas o a cursos de agua superficiales.
 - Cuando se requiera una autorización de vertido, realizar un estudio de referencia de la calidad del agua superficial para evaluar la calidad del agua en las masas de agua receptoras.
 - * Realizar un estudio de fauna acuática cuando el vertido de efluentes se realice en aguas superficiales.
 - Considerar la opción de no realizar un drenaje o, si es inevitable, llevarlo a cabo de forma progresiva por celdas y reducir la entrada de agua mediante sellado.
 - Establecer una ubicación adecuada para el vertido del agua subterránea (cuando esta no se reutilice y se deseche).



10 Buenas prácticas de gestión del agua en el tratamiento de áridos

10.1 Descripción general

La gestión del agua en el proceso de producción de áridos puede llevarse a cabo mediante uno de los siguientes sistemas:

- Optimizar el uso del agua en la planta de tratamiento y el tratamiento de los efluentes, incluida el agua de lavado de vehículos.

Buenas prácticas de gestión del agua en el tratamiento de áridos



TÉCNICA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	OBSERVACIONES
SISTEMA DE DECANTACIÓN	Los sólidos en suspensión se decantan en balsas o pequeños depósitos (menos de 2m de altura).	El sistema más utilizado en el sector. Requiere un estudio cuidadoso de volúmenes para el dimensionamiento
	Los sólidos en suspensión se decantan en tanques de decantación (con floculantes).	Requiere un estudio cuidadoso de volúmenes para el dimensionamiento.
SISTEMA DE RECICLADO	Circuito cerrado con transferencia a tanques desde donde se realiza el bombeo.	Reciclado de agua. Disminución del consumo específico de agua nueva por tonelada.
SISTEMA DE SECADO	Secado de lodos decantados mediante filtros presa o centrifugadoras que se compactan y pueden retirarse o reutilizarse.	Contenido de agua < 25%.
	Filtros banda.	Poco utilizado. Alto consumo de floculantes. Mayor coste de mantenimiento.
SISTEMA DE PREVENCIÓN DE DERRAMES	Depósitos protegidos para hidrocarburos y otros materiales lubricantes, etc.	Bandejas de recogida de vertidos.
	Zona protegida para trabajos de mantenimiento, lavado y suministro de combustible.	Separador de hidrocarburos.
TRATAMIENTO	Tratamiento químico de agua si hay un cambio en su calidad (drenaje ácido de mina, etc.)	No es habitual ya que normalmente no representa un problema.
SUSTITUCIÓN DE SUSTANCIAS	Sustitución de sustancias lubricantes peligrosas tradicionales.	Cada vez es más habitual. Recomendado por los fabricantes de equipos.



Sistema de bombeo para agua clarificada – Explotación El Porcal – Aripresa – España



Tanque de espesamiento – Gravera – Explotación de Valdocarros – Tramsa – España

Otros aspectos a tener en cuenta son los que se describen a continuación:

- Realizar un estudio del punto de vertido, en caso de que exista.
- Supervisión periódica de la calidad del agua (de proceso y de vertido).
- Si se prevé el almacenamiento o suministro de aceites, deberán presentarse los detalles sobre la gestión del combustible, aceites, lubricantes y fluidos hidráulicos, incluyendo el transporte y suministro de combustible, uso de bombas móviles, almacenamiento, cubetas de retención para los depósitos de combustible, mantenimiento de vehículos fuera del emplazamiento y disposiciones de emergencia. El tipo de instalación de almacenamiento de combustible deberá diseñarse de forma que esté auto-cubetada, incluyendo las mangueras, y almacenada en un recinto seguro para evitar actos vandálicos. Los depósitos móviles de combustible deberán contar con doble pared y tener todas las bombas y mangueras contenidas. Todos los vehículos y equipos deberán ser inspeccionados regularmente, prestando especial atención a las mangueras hidráulicas, para detectar posibles fugas de combustible y aceite. En el emplazamiento deberá mantenerse un kit de control de derrames de aceite (absorbentes, barreras flotantes, etc.) en cantidad suficiente.
- Minimizar el efecto contaminante del emplazamiento y, por tanto, su impacto sobre el entorno.
- Minimizar las pérdidas de agua en el sistema de distribución interna y maximizar las oportunidades de reutilización.
- Ahorrar costes (el precio del agua y las tasas por vertido de residuos suelen ser factores decisivos).

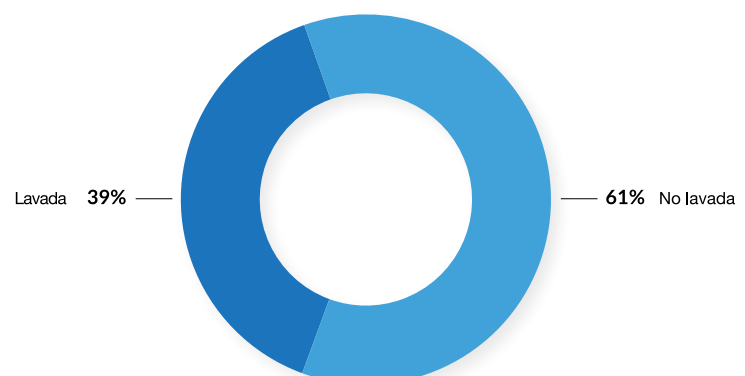
Un plan de reutilización del agua es una muy buena práctica que contribuye significativamente a una mejor gestión hídrica. El desarrollo de planes de reutilización y recuperación del agua suele llevarse a cabo por una o más de las siguientes razones:

- Minimizar el consumo (o la compra) de agua de buena calidad procedente del exterior (de un proveedor de servicios de agua o de un recurso hídrico).

10.2 Estimación del uso de las buenas prácticas

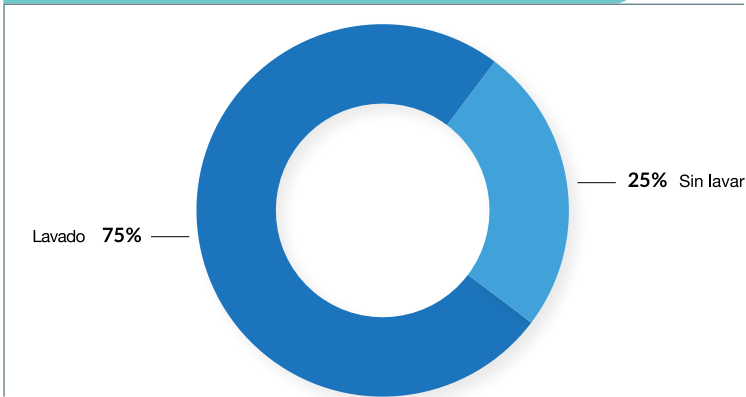
Según la encuesta de Aggregates Europe, el 39% de la producción de áridos se somete a lavado para separar las fracciones finas inertes y las arcillas, con el fin de obtener productos de alta calidad que cumplan los requisitos técnicos legales para los distintos usos finales.

Porcentaje de producción lavada con respecto a la producción total – AE

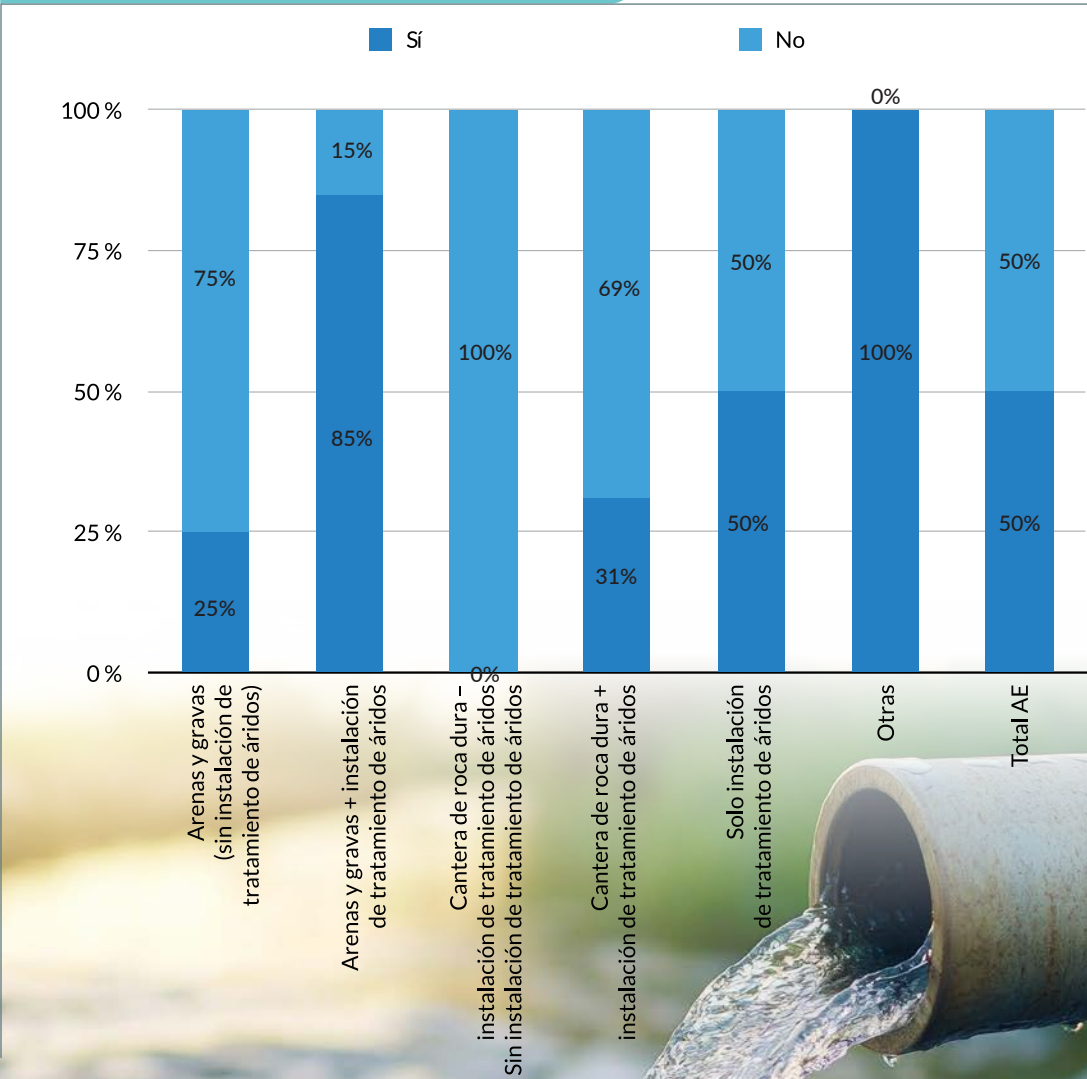


Para aquellos sitios con instalaciones de lavado, la mayoría (75 %) de la producción es lavada, mientras que el 25 % no necesita ser lavada.

Porcentaje de explotaciones con plantas de lavado, categorizadas por tipo de explotación – AE

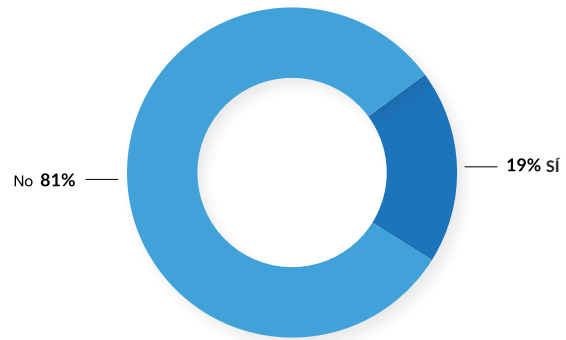


Porcentaje de explotaciones con plantas de lavado, categorizadas por tipo de emplazamiento – AE

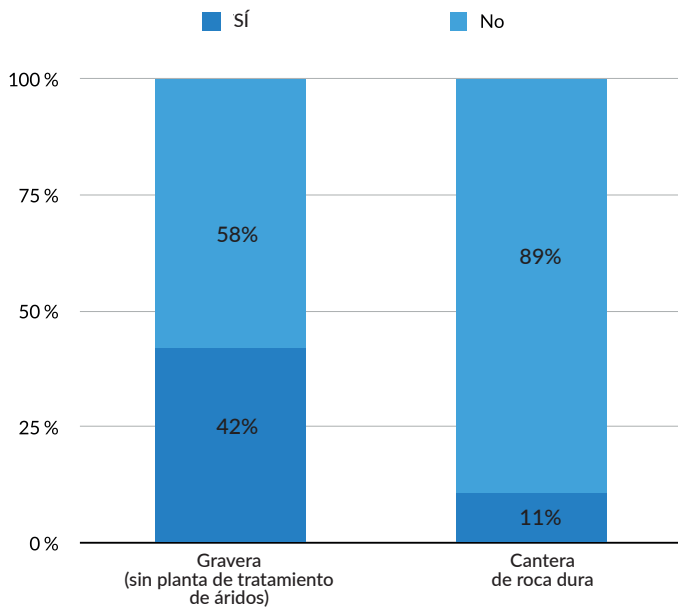


La gran mayoría (98 %) de las graveras tienen instalaciones de lavado, mientras que aproximadamente una quinta parte (21 %) de las canteras de roca dura dispone de ellas. Existen ligeras diferencias entre países.

Porcentaje de centros con planes de gestión del agua – AE –



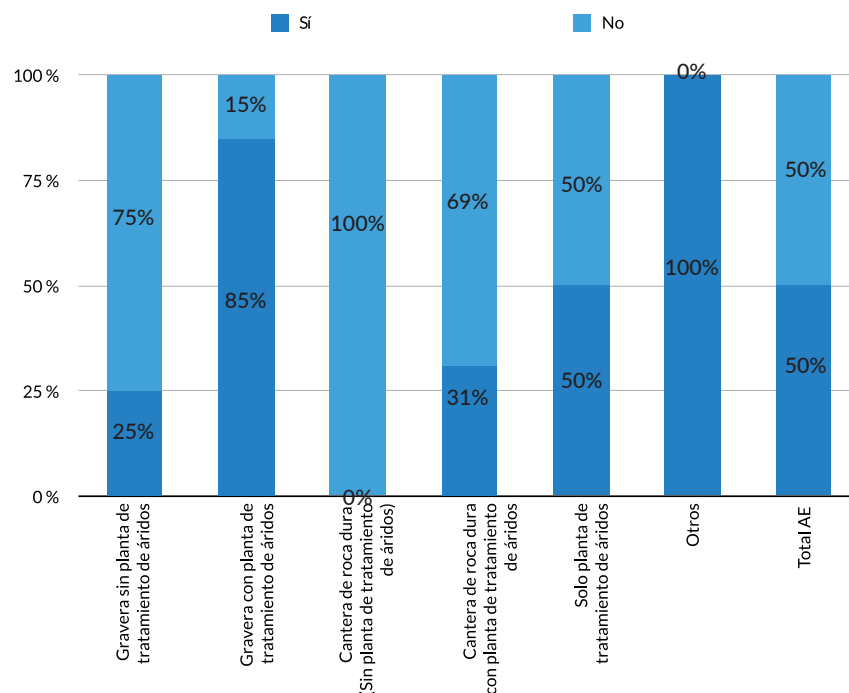
Porcentaje de emplazamientos con planes de gestión del agua, clasificados por tipo de emplazamiento – AE –



El 19 % de las explotaciones ha desarrollado planes de gestión del agua de forma voluntaria, con el objetivo de mejorar incluso la eficiencia del proceso. Estas cifras aumentan hasta el 32 % cuando existen sistemas de lavado. El 42,4 % de las graveras dispone de planes de gestión del agua, mientras que esto ocurre en el 11,3 % de las canteras de roca dura. Una vez más, no se observan diferencias relevantes entre países.

Esto pone de manifiesto claramente que las cuestiones relacionadas con el agua son mucho más relevantes para las graveras que para las canteras de roca dura.

Porcentaje de explotaciones con sistemas de reciclaje de agua – AE –



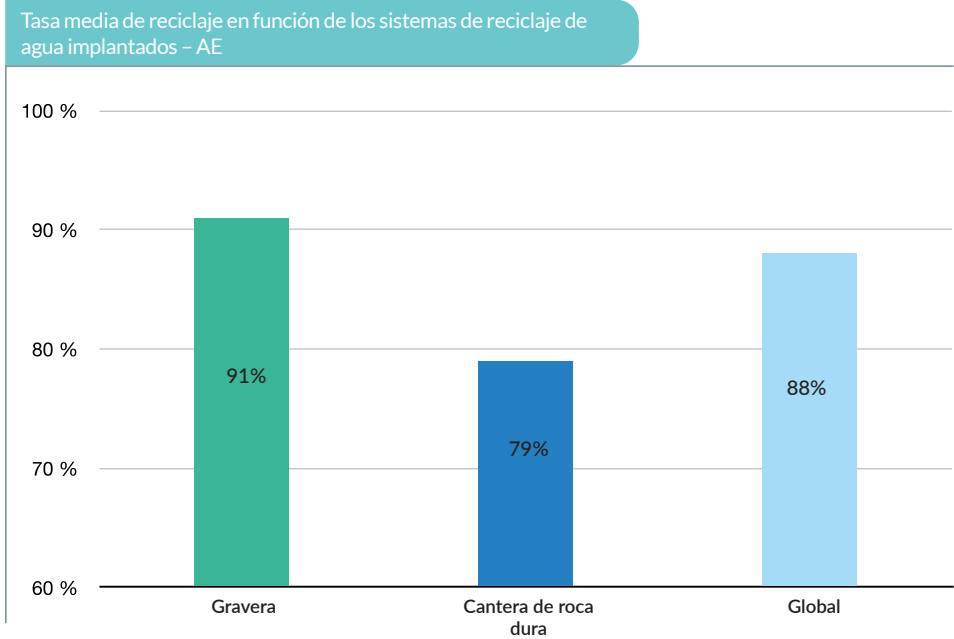
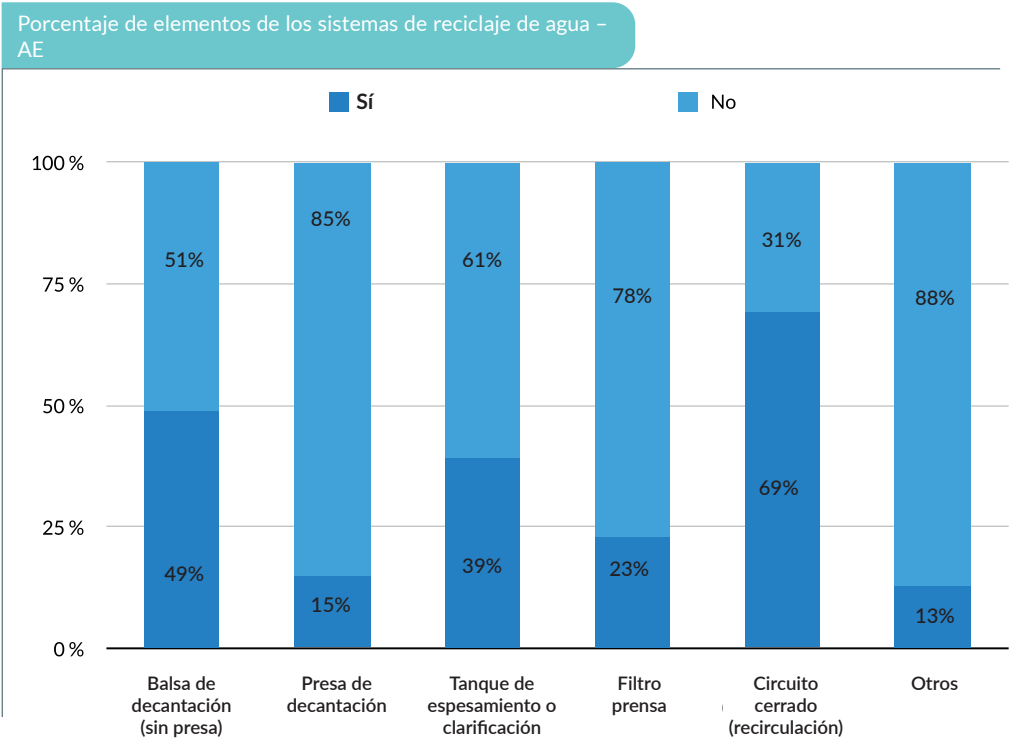
Aproximadamente el 50 % de las explotaciones de áridos disponen de sistemas de reciclaje de agua: en torno al 85 % de las graveras y un tercio (31 %) de las canteras de roca masiva.

En las explotaciones con sistemas de reciclaje, los elementos más comunes son el circuito cerrado (recirculación) (69 %) y las balsas de decantación (49 %).

La tasa media de reciclaje (87,6 %) es elevada. Los sistemas instalados en graveras son más eficientes (90,7 %) que los de las canteras de roca masiva (79,2 %).

La tasa de reciclaje entre países es bastante similar (93,8 % - 82,5 %).

No existen grandes diferencias de eficiencia entre los sistemas de reciclaje existentes (92 % - 82 %).



Tratamiento de aguas residuales

Un tipo de residuo que suele estar asociado a los procesos de tratamiento en explotaciones de áridos que incluyen el lavado de materiales inertes y arcillas es el agua residual con partículas inertes en suspensión como arcilla, lodo o fango.

Este tipo de residuo también se produce en forma líquida, pastosa o de pulpa como resultado de otras operaciones, tales como la recogida de agua procedente de:

- Redes de drenaje y evacuación de aguas superficiales y subterráneas.

- Sistemas de limpieza de instalaciones y equipos de tratamiento.
- Sistemas de tratamiento y acabado de los productos finales.
- Sistemas de transporte del recurso mineral.

Dicha agua se recoge y se trata, normalmente mediante los siguientes sistemas, ya sea de forma independiente o combinada entre varios de ellos:



TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES

- Balsa o depósito de decantación mediante sedimentación natural
- Balsa o depósito de decantación mediante sedimentación forzada
- Módulo o celda de sedimentación acelerada
- Tanque espesador o de clarificación
- Filtro prensa
- Floculantes

SISTEMA DE TRATAMIENTO Y RECOGIDA DE AGUAS RESIDUALES					
Lodos de lavado Redes de drenaje y evacuación de aguas superficiales y subterráneas Sistemas de limpieza de la planta de tratamiento y equipos Sistema de tratamiento y acabado de productos finales Sistema de transporte del recurso mineral	Balsa o depósito de decantación por sedimentación natural	Balsa o depósito de decantación por sedimentación forzada	Celda de sedimentación forzada	Tanque espesador o clarificador	Filtro prensa
	x	x	x	x	x
	x				
	x	x	x	x	x
		x	x	x	x
	x	x			

11.1 Descripción de los equipos de lavado y clasificación

En la planta de tratamiento se utilizan distintos equipos para el lavado y la clasificación con el fin de separar la arena y la grava lavadas de la fracción de pulpa (agua residual con lodos y fangos). La combinación de estos equipos depende de la composición específica del árido, del contenido de arcillas y finos presentes en la pulpa, así como del diseño del circuito de aguas residuales. Entre estos equipos se encuentran:

- Tambores de lavado (*scrubbers*): se emplean habitualmente para el lavado intensivo de rocas, gravas y minerales con una distribución granulométrica gruesa, así como para la preparación, homogeneización y disgregación de los materiales que posteriormente serán tratados mediante procesos en vía húmeda.



Tambores de lavado

- Las espirales de lavado están indicadas para liberar arcillas plásticas duras, suelos friables y materiales blandos de los áridos gruesos y rocas que no superen los 75/100 mm de tamaño. La característica principal de este equipo es el eje doble equipado con palas reemplazables resistentes a la abrasión para afrontar los trabajos más exigentes.



Espirales de lavado en la explotación

- Pantallas de alta frecuencia y convencionales. Este tipo de equipo está indicado para la clasificación fina de materiales mediante cribas vibratorias inclinadas y cribas de alta frecuencia disponibles en varios modelos.



Modelos diversos de cribas de alta frecuencia para un proceso de clasificación preciso

- Las cribas de deshidratación son equipos similares a las cribas convencionales, aunque el fondo del panel de cribado está dispuesto con una ligera pendiente ascendente hacia el extremo de descarga. Se aplican para la deshidratación de arena, con el fin de obtener una humedad final constante en la arena deshidratada y para filtrar productos de granulometría muy fina.



Criba de deshidratación – Deshidratación de grava y filtración de materiales finos – Montpouillan – Francia

- Los hidrociclones han sido diseñados para el funcionamiento eficiente del lavado y la clasificación de arenas, así como para otros tratamientos de proceso, como la recuperación de finos y ultra-finos, y la obtención de dos fracciones de arena. Su diseño compacto aporta notables ventajas al usuario final, tales como: montaje rápido, operación sencilla, bajo coste de mantenimiento y reducción del espacio ocupado.



Integración de dos hidrociclones para los procesos de lavado y clasificación en una explotación

- Hidrociclones diseñados para la recuperación de finos y ultrafinos, ya sea en estructuras autoportantes de poliuretano o polímeros, o en estructuras de acero pintado con revestimientos interiores de distintos tipos de caucho natural según la aplicación. Su sistema modular permite el intercambio de piezas entre distintos tipos y tamaños de hidrociclones, lo que facilita una sustitución rápida y sencilla.



Hidrociclones – Recuperación de finos y ultrafinos – Módulos fácilmente reemplazables

- Cribas curvas: pueden ser del tipo sin movimiento o de alta frecuencia de vibración, especialmente diseñadas para lograr clasificaciones finas entre 0,25 y 2 mm. Principales aplicaciones: clasificación de arenas silíceas y arenas para hormigón, dimensionamiento de minerales industriales y equipos de predeshidratación en diversas aplicaciones.



Criba curva operativa: Clasificación eficaz de materiales finos

- Clasificadores hidráulicos. Existen dos tipos comunes: El equipo monocelda se utiliza para la clasificación ascendente de materiales en el rango de 0,2/2 mm, en el que las partículas de arena siguen una trayectoria vertical. El equipo multicelda se aplica para obtener materiales con distintas granulometrías, los cuales decantan siguiendo un flujo parabólico.



Clasificador hidráulico - proceso para áridos

- Otros equipos en las plantas de áridos:
 - Las norias hidráulicas utilizadas para el lavado de arena y presentan una baja eficiencia. Aunque fueron empleadas con frecuencia en el pasado, actualmente han sido sustituidas por sistemas más eficientes.



Norias hidráulicas. Largamente reemplazadas por sistemas más eficientes debido a sus limitaciones de rendimiento.

- Los clasificadores en espiral, poco comunes en las plantas de tratamiento de áridos, son adecuados para la separación de partículas finas y líquido de las partículas gruesas.



Clasificador en espiral - Rara vez utilizado en la industria de los áridos.

11.2 Descripción de los sistemas de recogida y tratamiento de aguas residuales

11.2.1 Balsa de decantación

- Las balsas se construyen habitualmente aprovechando una excavación, por lo que no se clasifica como una instalación de residuos mineros. Los requisitos para su autorización son proporcionales al riesgo, normalmente bajo, que presentan.
- Las balsas de decantación se consideran instalaciones de residuos mineros. En función de

sus características, pueden clasificarse como de Categoría A debido a los riesgos que su localización y forma de construcción suponen para las personas y el medio ambiente. Están sujetos a requisitos más estrictos que las balsas en excavaciones.

11.2.1.1 Con sedimentación natural

- Poseen volúmenes de agua mayores que otras opciones.
- La ubicación de los embalses y también, aunque en menor medida, de las balsas, debe estudiarse cuidadosamente, prestando atención a:
 - Su forma y tamaño estimado, considerando el mínimo impacto superficial.
 - La prevención de impactos ambientales.
 - Las características geológicas del emplazamiento.
 - La capacidad de drenaje.
 - La minimización de los costes de transporte y vertido.
 - La integración paisajística y, en caso de tratarse de una estructura permanente, su posterior restauración.
- Las características de los lodos y del efluente deben tenerse en cuenta al diseñar el embalse de decantación.
- Los cálculos constructivos de cualquier instalación de este tipo deben realizarse de forma rigurosa para garantizar su estabilidad en todo momento, desde la fase inicial hasta su abandono, incluyendo su fase operativa.
- Se deben establecer medidas de seguridad y protección para evitar accesos no autorizados o caídas accidentales.
- Normalmente, el período de sedimentación es muy largo y transcurren años antes de que las balsas se abandonen.
- Se trata de un sistema poco eficiente en cuanto a la recuperación del agua, lo que implica un mayor consumo específico y una menor recirculación.
- El coste de bombeo dependerá de la ubicación relativa entre la balsa y el punto de generación del lodo, así como de la densidad del mismo.
- En general, es el sistema más económico.
- Cuando se recoge agua de escorrentía o del nivel freático, esta puede reciclarse para otras tareas del proceso (lavado, riego, limpieza, etc.).

11.2.1.2 Con sedimentación forzada

- Requiere una menor superficie.



Balsas de hormigón para lodos – Explotación de arena y grava – FdA – España

- Las balsas pueden consistir en un hueco de terreno destinado a su restauración, un sistema de balsas artificiales interconectadas que requiere la gestión de los lodos, o bien pueden tratarse de embalses.
- Requieren volúmenes de agua inferiores en comparación con la opción anterior.
- Se deben implementar medidas de seguridad y protección para evitar accesos no autorizados o caídas accidentales.
- Se utilizan floclulantes para forzar la sedimentación y reducir el tiempo necesario para la gestión del lodo resultante.
- El lodo resultante presenta un contenido variable de agua.
- El tiempo necesario para su gestión es menor.
- Debe considerarse el coste de los floclulantes y de la maquinaria necesaria para la manipulación del lodo resultante.
- El lodo puede utilizarse en trabajos de restauración.



Compartimentos de decantación de lodos en hormigón forzada con floclulantes – FdA – España

11.2.1.3 Célula de sedimentación forzada

- Una variante del tipo anterior, en la que los aditivos tienen una mayor capacidad para separar la fase sólida de la líquida.
- El compartimento suele construirse aprovechando un hueco de excavación o incluso a nivel del suelo, por lo que no se clasifica como una instalación de residuos mineros. Los requisitos para su autorización son proporcionales al bajo riesgo que normalmente presentan.
- Su diseño permite el acceso de maquinaria para la retirada del lodo seco.
- El lodo resultante puede retirarse con una pala cargadora en tan solo unas horas.
- Muy eficiente desde el punto de vista del consumo de agua.

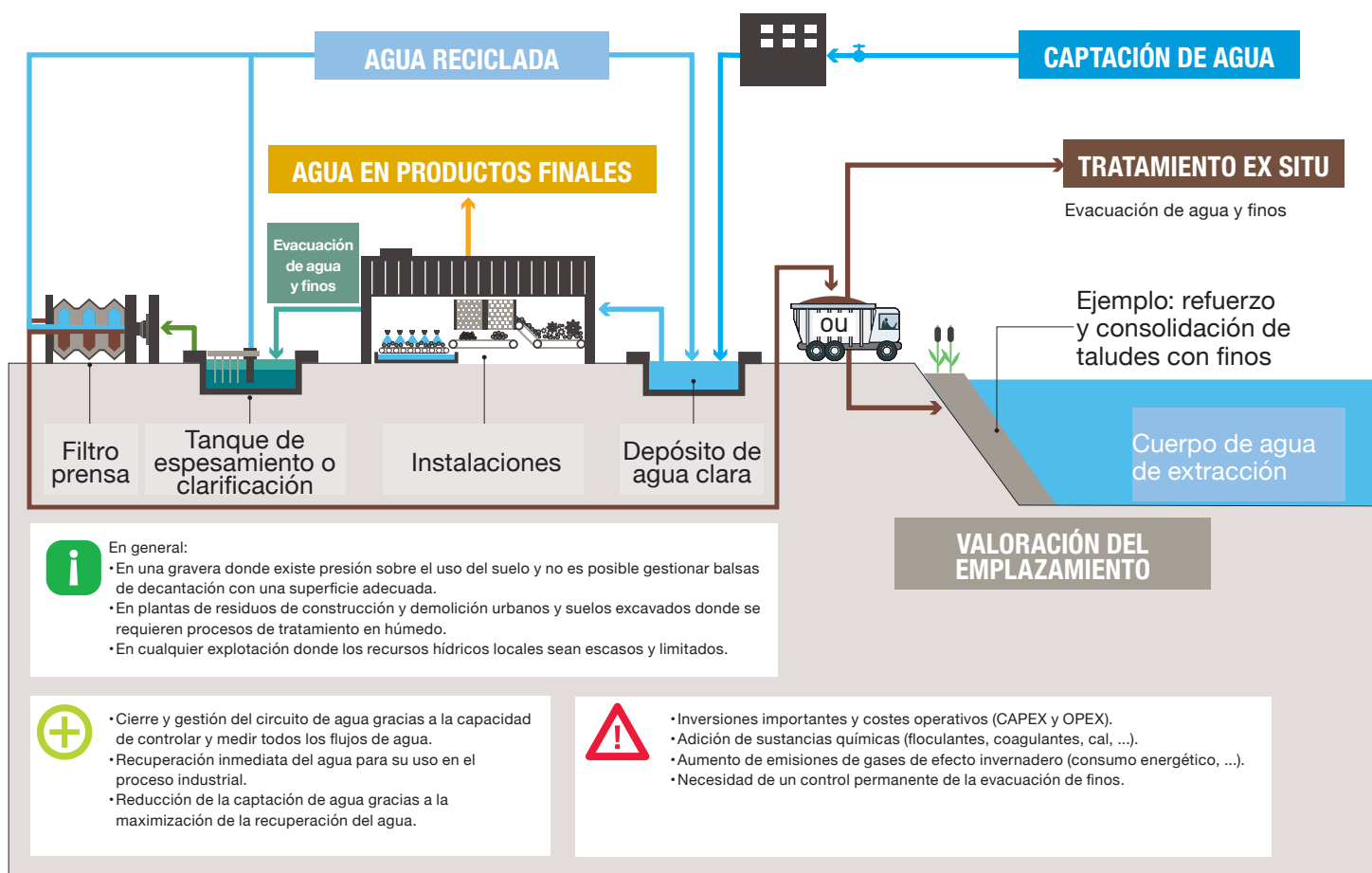
- El coste del floculante y de la maquinaria necesaria para gestionar el lodo resultante es elevado.
- El lodo se utiliza en trabajos de restauración.

11.2.2 Tanque de espesamiento o clarificación

- Los espesadores / clarificadores son altamente eficaces para la separación sólido/líquido a tasas muy elevadas y se emplean en el tratamiento de las aguas residuales generadas durante el proceso de lavado de arenas y minerales. Los lodos, arcillas y partículas finas se acumulan en el fondo de la unidad, en forma de lodo concentrado, hasta su descarga, mientras que el efluente clarificado fluye de forma continua a través de un canal perimetral situado en la parte superior del tanque.

Procesos industriales. Clarificación /
filtro-prensa de lodos – UNPG

PROCESOS INDUSTRIALES CLARIFICACIÓN / FILTRO-PRESA DE LODOS



- El agua reciclada se recupera directamente para el proceso a través del perímetro superior del tanque. Una vez clarificada, el agua se vierte por gravedad en el tanque pulmón y desde allí se envía a la planta para ser reutilizada en el proceso de lavado de los recursos minerales.
- Tras finalizar el proceso de clarificación del agua, y como consecuencia del mismo, se forma un lodo concentrado en el fondo del espesador, que se seca para convertirlo en un producto sólido y transportable.
- Se trata de un sistema de tratamiento y no de acumulación, por lo que no se considera una instalación de residuos según la definición de la Directiva 2006/21/CE.
- Normalmente, este sistema va precedido de un equipo de drenaje.
- Requiere una superficie reducida.
- Necesita menores volúmenes de agua.
- Utiliza floculantes para forzar la sedimentación y reducir el tiempo necesario para la gestión del lodo resultante.
- Los sistemas son fáciles de monitorizar y permiten optimizar el consumo de floculante mediante la medición continua o periódica de la claridad del agua separada.
- El lodo residual presenta un contenido de agua prácticamente constante.
- El agua recirculada tiene características más homogéneas.
- El tiempo requerido para la manipulación del lodo es menor.
- Aguas abajo, el tanque puede conectarse a un filtro prensa, a una balsa de sedimentación natural o puede utilizarse directamente en trabajos de restauración, según las circunstancias.
- Se deben implementar medidas de seguridad y protección para evitar accesos no autorizados o caídas accidentales.
- Requiere una mayor inversión inicial, pero ofrece un mejor rendimiento en términos de consumo de agua y energía.



11.2.3 Filtro prensa

- Generalmente asociado a un tanque espesador.
- Los filtros prensa automáticos se utilizan para el deshidratado de los lodos generados en el tratamiento de lavado de arenas. El lodo procedente del rebose del espesador se somete a un proceso de separación sólido/líquido a alta presión con el fin de obtener una torta con bajo contenido en humedad y recuperar el agua residual. El filtro prensa se emplea en el proceso de secado del lodo. Este proceso se aplica al lodo espesado para reducir su volumen. Como resultado, el material se compacta en forma de tortas, y estos productos presentan un contenido mínimo de agua, lo que los hace adecuados para su uso en la restauración que han finalizado la extracción.



Filtro prensa – Proceso de deshidratación de lodos y recuperación de aguas residuales.



Introducción de distintos equipos nuevos en los procesos de lavado de áridos: ciclones, escurridores vibrantes y tanque espesador – Explotación de arena y grava – Eral – España

- Actúa mediante la compresión del lodo obtenido en una fase previa de separación de sólidos y agua.
- Se obtiene un producto compactado fácil de manipular.
- Se recupera prácticamente la totalidad del agua.
- Mayor inversión inicial, pero con mejores resultados en términos de consumo de agua y energía.



COMPARACIÓN DE SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES				
TÉCNICA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE (10³ €)		OBSERVACIONES
		INVERSIÓN*	OPERACIÓN*	
Sistemas de decantación	Los sólidos en suspensión se sedimentan de forma natural en balsas o pequeños embalses (menos de 2 m de altura).	Variable	Bajo	Contenido en agua ≈ 40 % Es el sistema más utilizado en la industria.
	Los sólidos en suspensión se sedimentan en tanques de decantación o clarificación (usando floculantes).	100-125	Bajo	Contenido en agua ≈ 40%
Sistemas de circuito cerrado	Circuito cerrado con transferencia por gravedad a un tanque espesador, desde donde se bombea para su decantación.	Variable	Bajo	Contenido en agua < 20 %
	Secado del lodo mediante filtros prensa, que generan tortas para su retirada o reutilización.	40-50	Variable	Contenido en agua < 20 %
Sistemas de secado	Filtros prensa.	100-125	Alto	Poco utilizado. Consumo muy elevado de floculantes. Mantenimiento elevado.
	Secado del lodo mediante aditivos químicos en cámaras. Se forma una masa sólida fácilmente manipulable mecánicamente para su retirada o reutilización.	30-50	Medio	Consumo muy elevado de floculantes.

(*) Los costes de inversión y operación dependen del caudal a tratar y de las características del lodo.

En lo que respecta a la reutilización rentable de los lodos, cabe destacar las siguientes alternativas:

El agua restante conserva propiedades similares a las del agua original, en la medida en que los procesos desarrollados en las explotaciones de áridos no producen alteraciones en su composición química. El único objetivo es reducir la cantidad de materia en suspensión para poder, en la mayoría de los casos, reutilizar el agua dentro del propio proceso.

En este sentido, el nivel de eficiencia alcanzado en una planta moderna puede superar ampliamente el 90 %, lo que permite garantizar una gestión responsable de uno de los recursos más valiosos: el agua.

REUTILIZACIÓN RENTABLE

- Lodos de lavado
 - Redes de drenaje de aguas superficiales y subterráneas, y redes de saneamiento.
 - Sistemas de limpieza de la planta de tratamiento y de los equipos.
 - Sistemas de tratamiento y acabado de productos finales.
 - Sistemas de transporte de recursos minerales.
- Recuperación del agua para su uso en:**

 - Procesos de tratamiento.
 - Sistemas de control del polvo.
 - Sistemas de riego para zonas revegetadas.
 - Limpieza de equipos de trabajo.

Recuperación de la fase sólida para su uso como:

 - Material para restauración (relleno o mejora del terreno).
 - Subproducto.
 - Materia prima para otros procesos (recuperación de arcillas)

11.2.4 Floculantes

Los floculantes son compuestos químicos (inorgánicos y orgánicos), solubles en agua, que actúan uniendo entre sí las partículas, como si fueran un adhesivo, formando así partículas de mayor tamaño con una velocidad de sedimentación superior, lo que permite que decanten más rápidamente. Esto reduce el tiempo de sedimentación, lo que a su vez implica una disminución de la superficie necesaria para los procesos de clarificación o espesamiento.



Fin del ciclo de control del agua mediante floculante, provocando la floculación del lodo y su sedimentación en el fondo.

En la actualidad, los agentes del tipo poliacrilamida de base orgánica, compuestos por una doble cadena polimérica reforzada y la correspondiente amida para obtener un compuesto soluble en agua, son los más comunes. Existen tres tipos: no iónicos, aniónicos y catiónicos.

Se han llevado a cabo estudios recientes sobre algunos tipos de floculantes utilizados en el tratamiento de aguas (incluidas las destinadas al consumo humano), basados en poliacrilamida (polímero de acrilamida) y que pueden contener trazas de acrilamida, con el objetivo de determinar la posible toxicidad derivada de esta última sustancia. Dichos estudios concluyen que las concentraciones residuales de acrilamida en el agua y en los lodos se sitúan generalmente por

debajo de los límites de detección y que estas trazas se degradan siempre muy rápidamente en presencia de oxígeno, eliminando cualquier riesgo para la salud o el medio ambiente (UNPG, 2016).

En la clarificación de los efluentes procedentes del lavado de áridos, los más utilizados son los floculantes aniónicos de alto peso molecular.

La concentración óptima en el efluente a tratar debe situarse en el orden del 5-10 % de sólidos en peso, ya que, si es superior, el consumo de floculante aumentaría, y este incremento es exponencial con la concentración de sólidos en el efluente. El rendimiento de la floculación también depende de la naturaleza de los finos (algunos coloides pueden requerir la adición de otras sustancias como coagulantes).

Para establecer el tipo de floculante que debe utilizarse en cada caso, es necesario realizar ensayos de sedimentación en laboratorio, a fin de determinar cuál proporciona mejores resultados en cuanto a velocidad de sedimentación, consistencia del flóculo y mayor concentración de sólidos espesados. Generalmente, se prueban simultáneamente varios tipos de floculantes, entre tres y cuatro, para seleccionar rápidamente los de mejor rendimiento.

11.3 Seguridad y estabilidad de las balsas

Las balsas de aguas residuales deben ser diseñadas para abarcar toda la vida útil del emplazamiento y su forma debe definirse desde la fase inicial. Esto permite reducir la necesidad de remodelaciones posteriores y evita movimientos de tierras costosos y operaciones de manejo duplicadas.

Debe evitarse, en la medida de lo posible, la disposición de residuos sobre pendientes pronunciadas, con el fin de minimizar el riesgo de deslizamientos de terreno y fallos estructurales de las balsas, especialmente en zonas con elevadas precipitaciones o propensas a deslizamientos, terremotos o temblores.



Pequeña balsa de lodos

Los taludes de una balsa se configuran durante la fase de construcción de manera que presentan pendientes suaves (de 15 a 20 grados, o del 27 % al 36 %) con el fin de reducir la erosión y permitir el establecimiento de vegetación, contribuyendo así a minimizar el impacto visual negativo de los estériles visibles.

Un factor clave en el diseño de los taludes de una balsa es su estabilidad, desde el punto de vista geotécnico. Entre los factores que influyen en dicha estabilidad geotécnica se incluyen:

- Altura del talud.
- Pendientes del talud.
- Resistencia del material del talud y grado de compactación.
- Permeabilidad del talud y posición del nivel freático con respecto a este.
- Resistencia y compresibilidad del terreno de cimentación del talud.

El tipo de talud influye, en cierta medida, en el sistema de descarga de lodos que debe adoptarse. Por ejemplo, los taludes diseñados como estructuras de retención de agua se construyen con materiales de baja permeabilidad, y los lodos deben descargarse a una distancia considerable aguas arriba del talud.

11.4 Gestión del agua en balsas

Diferentes aspectos que deben controlarse en una balsa de lodos:

- Evitar la contaminación de las aguas subterráneas y superficiales.
- Recoger y tratar el agua contaminada y los lixiviados.
- Minimizar el volumen de agua que requiere tratamiento.

Medidas empleadas para controlar la infiltración en balsas de aguas residuales:

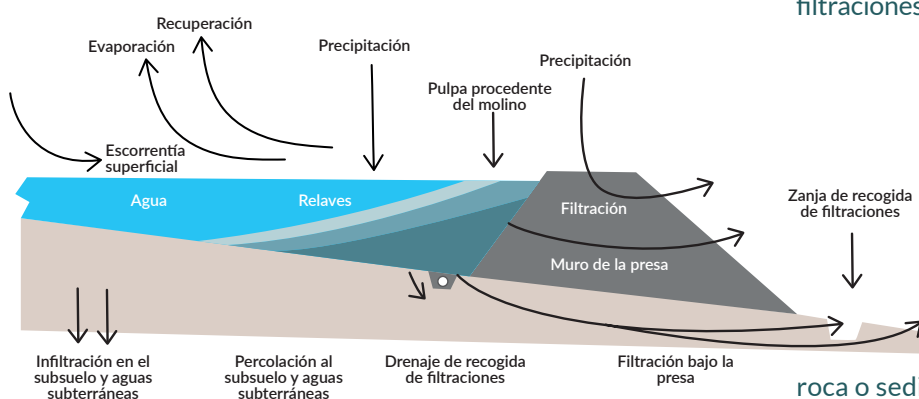
1. La disposición controlada de los lodos es el método más rentable para el control de filtraciones.
2. Las inyecciones en la cimentación (grouting) consiste en inyectar material fluidificado y solo es eficaz si existe roca altamente permeable bajo el vaso de la balsa o en zonas localizadas con alta permeabilidad.
3. Las pantallas de corte en la cimentación son necesarias cuando las cimentaciones del terreno son de arena o arena con grava. Se puede lograr una reducción significativa de las filtraciones mediante la construcción de una pantalla de tierra compactada o de una trinchera de lodos bentoníticos. También pueden aplicarse a rocas extremadamente meteorizadas, como lateritas, o rocas muy permeables.
4. Los revestimientos de arcilla sobre geomembranas pueden ser eficaces cuando el almacenamiento se ubica en zonas de alta permeabilidad, especialmente en rocas kársticas. Sin embargo, son susceptibles a agrietarse por exposición al calor (solar), lo cual incrementa su permeabilidad.
5. Los drenajes bajo los lodos (underdrains) deben instalarse para captar el agua de filtración y derivarla a un sistema colector, preferentemente para su recirculación en la planta de proceso.

Algunos métodos para recoger y tratar esta agua de infiltración incluyen:

- Drenajes de pie de talud
 - Pozos de bombeo.
 - Humedales artificiales.
6. Los revestimientos artificiales se utilizan para impermeabilizar instalaciones de eliminación de residuos, a menudo con capas de drenaje situadas bajo la membrana para recoger cualquier lixiviado que la atraviese. No obstante, estos revestimientos no siempre resultan adecuados para todas las situaciones de eliminación de lodos (por ejemplo, si el acuífero subterráneo es confinado y aflora a presión)

El control del balance hídrico del sistema debe contemplar: agua de proceso, aguas residuales, escorrentía pluvial, precipitación, infiltraciones desde el vaso de la balsa hacia el subsuelo y evaporación.

Balance hídrico de un embalse terrestre.



- Minimizar la percolación hacia el subsuelo y las aguas subterráneas, mediante un sustrato de baja permeabilidad y una cubierta poco permeable.
- Minimizar la filtración a través del muro del depósito.
- Recoger las filtraciones mediante un sistema de recogida y tratamiento.
- Reducir al mínimo el aporte de escorrentía superficial mediante zanjas y derivación del depósito de lodos.
- Maximizar la circulación del agua de proceso.
- Minimizar la infiltración de agua en la balsa de lodos.

11.5 Diseño de balsas de lodos e instalaciones de estériles para prevenir impactos en la calidad del agua

La ubicación de las balsas de lodos y de las instalaciones de residuos de estériles constituye una medida eficaz para prevenir impactos sobre la calidad del agua.

La determinación del emplazamiento del vertedero depende de la topografía, los sistemas de drenaje, los cuerpos de agua, etc., y tiene como objetivo minimizar la inestabilidad del vertido y la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas.

Una superficie suficiente alrededor de los vertederos, especialmente en el caso de instalaciones de residuos rocosos, permite disponer de espacio para diques o zanjas destinados a recoger, en caso de producirse, escorrentías ácidas, así como para la colocación de presas que recojan filtraciones (lixiviados), escorrentía y sedimentos, y para albergar las instalaciones necesarias de monitorización y tratamiento.

Los diques terrestres (presas) ubicados en zonas sometidas a terremotos o deslizamientos de tierra son particularmente vulnerables. Las condiciones del terreno de cimentación (tipo de roca o sedimento, grado de compactación, etc.) son determinantes en términos de seguridad, protección ambiental y reducción de los riesgos de filtración y contaminación de acuíferos.

Es fundamental que el depósito esté diseñado pensando en su clausura futura, de forma que permanezca estable, seguro y prácticamente libre de contaminación, con un mantenimiento mínimo requerido. La ubicación de las balsas de lodos y de las instalaciones de residuos de estériles constituye una medida eficaz para prevenir impactos sobre la calidad del agua.

12 Planes de gestión del agua en canteras y graveras

En muchos países europeos, el plan de gestión del agua (superficial y subterránea) se incluye en la planificación general de la explotación, estableciendo los principios sobre cómo se controlará el agua y cómo se preservará su calidad.

La estructuración de un enfoque de gestión del agua puede resumirse en tres etapas: conocer, gestionar y anticipar.

Un enfoque en tres etapas

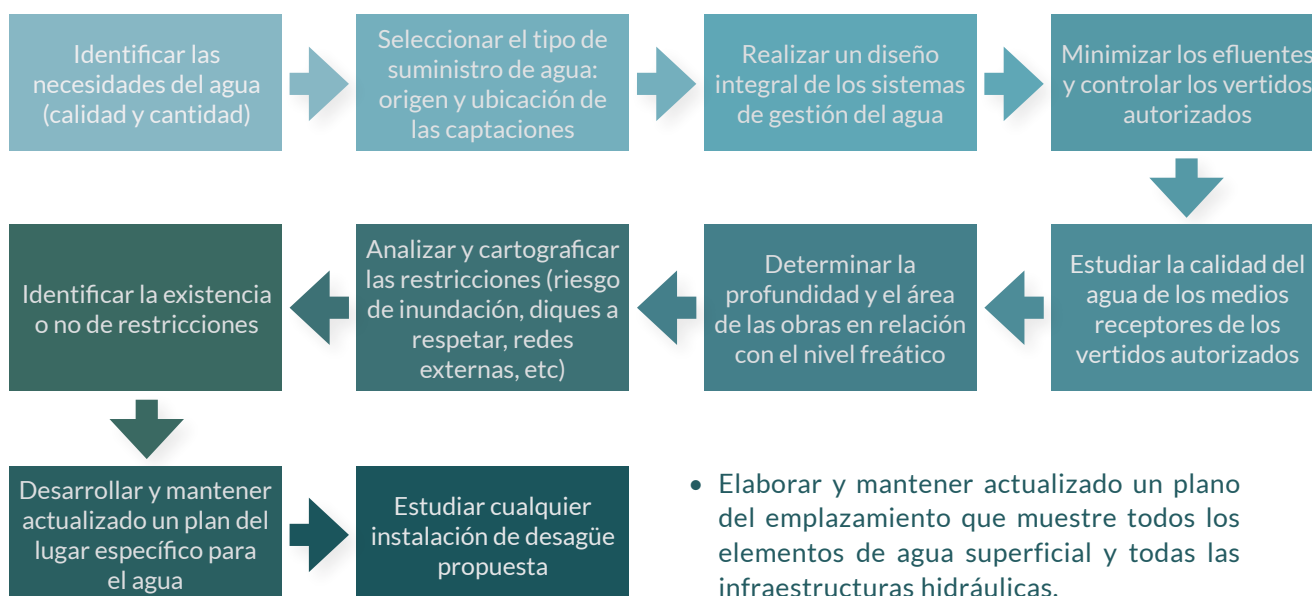


12.1 Conocimiento

El operador debe evaluar los elementos relacionados con el marco hídrico del emplazamiento. En particular:

- Identificar las necesidades (calidad y cantidad) de agua para la operación durante toda la vida útil de la explotación.
- Seleccionar el tipo de suministro de agua: origen y ubicación de las captaciones.
- Realizar un diseño integral de los sistemas de gestión del agua.
- Minimizar los efluentes y controlar los vertidos autorizados.
- Estudiar la calidad del agua de los medios receptores de los vertidos autorizados, con el fin de conocer su estado inicial y la evolución de su calidad a lo largo del ciclo de vida del emplazamiento.
- Precisar la profundidad y el área de las obras en relación con el nivel freático.
- Analizar y cartografiar las restricciones (riesgo de inundación, diques a respetar, redes externas, etc.).
- Identificar la existencia o no de restricciones (normativas u otras) y la presencia de otros usuarios sobre los recursos captados.

1^{er} paso: conocer



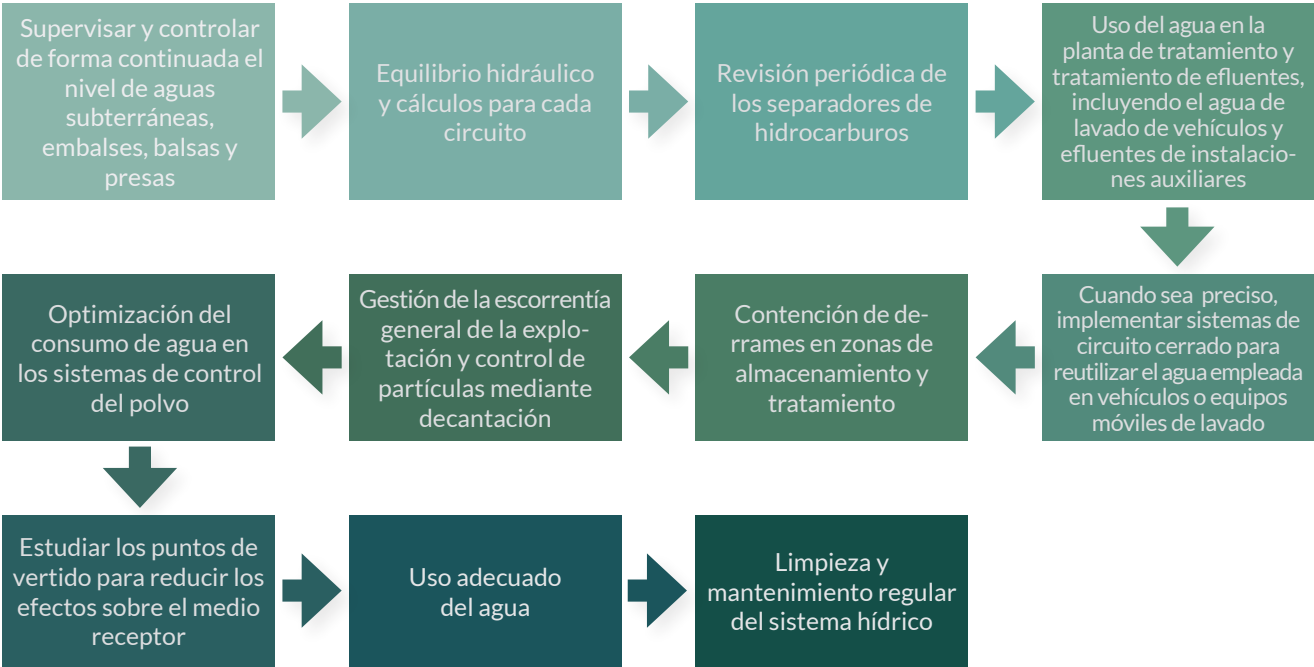
- Elaborar y mantener actualizado un plano del emplazamiento que muestre todos los elementos de agua superficial y todas las infraestructuras hidráulicas.
- Estudiar cualquier instalación de desagüe propuesta.

12.2 Gestión

Es fundamental realizar un inventario de todos los elementos hídricos existentes en el emplazamiento. Todos los elementos naturales de agua existentes deben ser protegidos y conservados siempre que sea posible y cuando se prevean obras de ingeniería.

- Uso de agua adecuada para contrarrestar el descenso del nivel freático, por ejemplo, en balsas cercanas.
- Control de la composición de los efluentes: caudal de agua y parámetros de calidad.
- Equilibrado de caudales y cálculos en cada circuito.
- Revisión periódica de los separadores de aceites y retirada de aceites e impurezas.
- Uso de agua en la planta de proceso y tratamiento de efluentes, incluyendo el agua de lavado de vehículos y los efluentes de servicios auxiliares. Implementación, cuando corresponda, de sistemas de circuito cerrado para reutilizar el agua usada en el lavado de ruedas o equipos móviles.

2° paso: gestionar



- Contención de derrames en las zonas de almacenamiento y procesamiento.
- Gestión de la escorrentía superficial general del emplazamiento para reducir al mínimo los volúmenes captados del medio ambiente, así como control de partículas mediante sedimentación en sumideros y balsas.
- Optimización del consumo de agua en los sistemas de control de polvo.
- Estudio de los puntos de vertido con el fin de minimizar, en la medida de lo posible, los efectos sobre el medio receptor.
- Monitorización y control continuo del nivel de las aguas subterráneas, embalses, estanques y presas, e implementación, cuando corresponda, de sistemas de circuito cerrado para reutilizar el agua empleada en el lavado de ruedas o de equipos móviles.

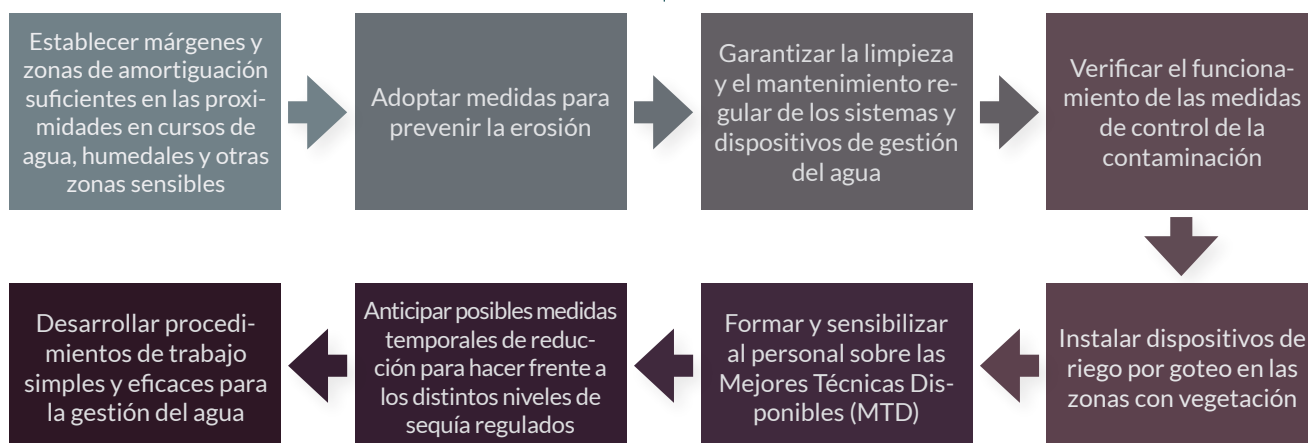
- Empleo de agua apropiada para compensar la bajada del nivel de aguas subterráneas, por ejemplo, en estanques próximos.
- Limpieza y mantenimiento periódicos del sistema de aguas.



12.3 Anticipación

Otras buenas prácticas complementarias que pueden integrarse en el plan de gestión del agua para prevenir o minimizar los efectos de la actividad sobre las aguas subterráneas y superficiales son las siguientes:

3^{er} paso: anticipar



- Verificar el funcionamiento de las medidas de control de la contaminación en las zonas de almacenamiento de combustibles y productos químicos.
- Instalar sistemas de riego por goteo en las zonas con vegetación.
- Formar y sensibilizar al personal sobre las mejores prácticas operativas para prevenir la contaminación del agua, reducir las captaciones en caso de sequía y mejorar la gestión general.

- Establecer márgenes y zonas de amortiguación suficientes en las proximidades de cursos de agua, humedales y otras áreas sensibles.
- Adoptar medidas para prevenir la erosión.
- Garantizar la limpieza y el mantenimiento regular de los sistemas y dispositivos de gestión del agua.

- Anticipación de posibles medidas temporales de reducción para hacer frente a los distintos niveles de sequía regulados; identificación de recursos alternativos, incluso tratamientos alternativos (cal, etc.) y viabilidad de su uso, incluso parcial.
- Desarrollar procedimientos de trabajo simples y eficaces para la gestión del agua.



13

Referencias técnicas

1. Management of mining, quarrying, and ore-processing waste in the European Union - Study made for DG Environment, European Commission; Co-ordination by P. Charbonnier; December 2001; BRGM/RP-50319-FR
2. www.scotland.gov.uk
3. www.sepa.org.uk
4. Brodtkom – Good Environmental Practice in the European Extractive Industry - Centre Terre & Pierre - 2000
5. www.irishconcrete.ie
6. UNEP (1996) Guide to Tailings Dams and Impoundment. Bulletin 106
7. Eral equipos y procesos. www.eralgroup.com
8. Metso www.metso.com
9. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Management of Waste from Extractive Industries in accordance with Directive 2006/21/EC. Joint Research Centre. Garbarino, E. et al. 2018
10. Water Management in the European Aggregates Sector. Aggregates Europe – UEPG report on water use in the aggregates sites 2016-2017 & 2019-2020. Testing Water Indicators. UEPG. 2021
11. Aggregates sites and water management. Aggregates Europe – UEPG. 2011
12. Water Management in Quarries. OSSGA. 2016
13. Aggregates for XXI century Handbook. C. López Jimeno, C. Luaces Frades et al. ANEFA. 2020
14. Water management in aggregates quarries and sand and gravel sites. UNPG. 2024
15. Preservation and valorisation of water resources. UNPG – UNICEM. 2025

14

Referencias legislativas

1. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
2. Directiva 2006/21/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 15 de marzo de 2006, sobre la gestión de los residuos de industrias extractivas y por la que se modifica la Directiva 2004/35/CE.
3. Directiva 2006/118/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 12 de diciembre de 2006, relativa a la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro.
4. Directiva 2007/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2007, relativa a la evaluación y gestión de los riesgos de inundación.
5. Directiva 2008/105/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 16 de diciembre de 2008, relativa a las normas de calidad ambiental en el ámbito de la política de aguas.
6. COM(2019) 640 final. El Pacto Verde Europeo.
7. COM(2025) 85 final. El Pacto por una Industria Limpia: Una hoja de ruta conjunta para la competitividad y la descarbonización.





2025



Copyright: Aggregates Europe
Comité de Medio Ambiente
Grupo de Trabajo sobre la Gestión del Agua (Water Management Task Force)
Presidente y coordinador del documento: Dr. César Luaces Frades

Aggregates Europe, como miembro del Consejo Asesor Internacional del Proyecto ROTATE (GA #101003750), ha contribuido a la traducción, preparación y difusión de este documento, respaldándolo ante su Junta Directiva y lanzándolo bajo su patrocinio.



Este proyecto ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte Europa de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención n° 101003750.



Aggregates Europe aisbl
General Secretariat
Square de Meeûs 40
1000 Brussels
Belgium

secretariat@aggregates-europe.eu
www.aggregates-europe.eu

EU Transparency Register: [15340821653-49](#)

RESUMEN EJECUTIVO



GUÍA GESTIÓN DEL AGUA



-
-  [Aggregates Europe](#)
 -  [UEPG_Aggregates](#)
 -  [UEPG European Aggregates Association](#)
 -  [UEPG uepg_agg/](#)