

La gestión de los residuos mineros

3

La minería de rocas y minerales industriales constituye un caso especial en lo que a generación de residuos mineros se refiere pues, tal y como se ha mostrado en el capítulo 2, en su gran mayoría son residuos inertes que se emplean directamente en las labores de restauración. La problemática se deriva más de la necesidad de realizar una gestión integrada con la extracción y la restauración, que por la generación de materiales peligrosos.

En líneas generales, para obtener la materia prima es necesario extraer una cantidad variable de materiales estériles. Adicionalmente, para alcanzar los requisitos de calidad necesarios para la puesta en mercado del producto deseado, se precisa someter la masa mineralizada extraída a una serie de procesos, precibados, lavado, etc., en los que también se generan residuos.

3.1 Marco legal

Las normas jurídicas de carácter específicamente minero relacionadas con los residuos de esta industria y que se encuentran en vigor, hasta la fecha, son:

- La Ley 22/1973, de 21 de julio, de Minas.
- El Real Decreto 2857/1978, de 25 de agosto, por el que se aprueba el Reglamento General para el Régimen de la Minería.
- El Real Decreto 2994/82, de 15 de octubre, sobre la restauración del espacio natural afectado por actividades mineras.
- El Real Decreto 863/1985, de 2 de abril por el que se aprueba el Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera.
- La Orden de 26 de abril de 2000, por la que aprueba la Instrucción Técnica Complementaria (ITC) 08.02.01 del Capítulo XII del Reglamento General de Normas Básicas de Seguridad Minera (Depósitos de lodos en proceso de tratamiento de industrias extractivas).

Los principales contenidos de estas normas son los siguientes:

TABLA 12	PRINCIPALES DISPOSICIONES SOBRE GESTIÓN DE RESIDUOS DE INDUSTRIAS EXTRACTIVAS
Ley 22/1973 y Real Decreto 2857/1978	Exigen autorización para aprovechar los residuos mineros, que clasifica como recursos de la Sección B.
Real Decreto 2994/1982	Exige la elaboración de un Plan de medidas preventivas y correctoras para recuperar el espacio natural afectado y previsiones para el almacenamiento de los residuos mineros generados. El Plan de Restauración ha de contemplar un Proyecto de Almacenamiento de los Residuos Mineros que generen y sistemas previstos para paliar el deterioro ambiental por este concepto.
Real Decreto 863/1985	En su Capítulo VIII se refiere a la estabilidad de escombreras y depósitos de residuos y prescribe la redacción de un Proyecto que la garantice. Asimismo, el Reglamento establece las condiciones de seguridad en los trabajos en escombreras.
Orden de 26 de abril de 2000	Especifica los requisitos constructivos exigibles en los proyectos para depósitos de lodos, por razones de seguridad e impacto ambiental, al tiempo que obliga a disponer de un Plan de Emergencias; también contempla medidas para su posible reutilización o aprovechamiento posterior.



Perfil de los bancos de una explotación a cielo abierto



Escombrera

Más recientemente se ha aprobado y publicado la **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**.

Esta Directiva, que debería haber sido transpuesta al derecho español antes del 1 de mayo de 2008, y que lo será próximamente, contiene prescripciones específicas para la gestión de estos residuos y la recuperación de los depósitos y emplazamientos antiguos abandonados.

El Ministerio de Industria, Turismo y Comercio está finalizando la transposición de dicha Directiva, mediante un Real Decreto sobre protección y rehabilitación del espacio afectado por actividades extractivas que refundirá la normativa antes mencionada, derogándola en lo relacionado con los residuos de industrias extractivas.

Asimismo, se encuentra en tramitación el Plan Nacional de Residuos que integra, en uno de sus Anexos, los residuos de las industrias extractivas.



Balsa de lodos en hueco de explotación



Balsa de lodos en operación



Balsa de lodos rellena y seca

3.2 Aspectos relevantes de la legislación actual y clasificación de depósitos de lodos según la ITC 08.02.01

Hasta la fecha, el titular de una actividad minera a cielo abierto que disponga de un almacenamiento o depósito de residuos mineros, ha de contar en su proyecto aprobado con las indicaciones precisas para su gestión en la explotación, además de tenerlos considerados en el Plan de Restauración del espacio natural afectado.

En el caso de los depósitos de lodos en presas y balsas, la ITC 08.02.01 establece la siguiente clasificación en clases y categorías:

TABLA 13		CLASES DE DEPÓSITOS DE LODOS SEGÚN LA ITC 08.02.01 EN FUNCIÓN DE SUS DIMENSIONES
CLASE	TIPO	DESCRIPCIÓN
1	Presa de lodos grande	Altura de dique superior a 15 metros, medida desde la parte más baja de la superficie general de cimentación hasta la coronación. Altura comprendida entre 10 y 15 metros, siempre que tenga alguna de las siguientes características: <ul style="list-style-type: none"> • Longitud de coronación superior a 500 metros. • Capacidad de embalse superior a 1.000.000 de metros cúbicos. • Capacidad de desagüe superior a 2.000 metros cúbicos por segundo.
2	Presa de lodos mediana	Altura comprendida entre 5 y 15 metros, que no está incluida en la clase 1.
3	Presa de lodos pequeña	Altura inferior a 5 metros.
4	Balsas de lodos	Cualquier dimensión.

TABLA 14		CATEGORÍAS DE DEPÓSITOS DE LODOS SEGÚN LA ITC 08.02.01 EN FUNCIÓN DE SU RIESGO POTENCIAL
Categoría	Descripción	
A	Depósitos de lodos cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede afectar gravemente a núcleos urbanos o servicios esenciales, así como producir daños muy importantes a los elementos en riesgo.	
B	Depósitos de lodos cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede ocasionar daños importantes a los elementos en riesgo o afectar a un determinado número de viviendas.	
C	Depósitos de lodos cuya rotura o funcionamiento incorrecto puede producir daños de moderada importancia a los elementos en riesgo y sólo incidentalmente pérdida de vidas humanas.	
D	Depósitos de lodos cuyo funcionamiento incorrecto puede producir daños materiales de escasa importancia a los elementos en riesgo.	

Así, de acuerdo con lo anterior, en el caso de La Rioja, la mayoría de las balsas se encuadrarían en las categorías C y D y en las clases 3 y 4.

3.3 Tipos de residuos mineros según la Directiva 2006/21/CE

La Directiva 2006/21/CE define los residuos de las industrias extractivas, como aquellos residuos resultantes de la prospección, de la extracción, del tratamiento y del almacenamiento de recursos minerales, así como de la explotación de canteras.

Los residuos mineros **cuantitativamente más importantes** son los inertes, que se almacenan en escombreras o en forma de lodos, en balsas o presas. Habitualmente se emplean directamente para el relleno de los huecos producidos en la extracción del mineral.

Aún así, independientemente del hecho, constatado en esta guía, de que los residuos generados en las actividades extractivas de la Comunidad Autónoma de La Rioja – áridos, roca ornamental y varias rocas y minerales industriales – son principalmente inertes, y en menor medida no peligrosos, cada empresa ha de caracterizar los diferentes tipos de residuos mineros que produce, de forma que pueda asignarlos a cualquiera de los tipos que se indican a continuación:

- **Residuos mineros** son aquellos residuos sólidos o aquellos lodos que quedan tras la investigación y aprovechamiento de un recurso geológico, tales como son los estériles de mina, gangas del todo uno, rechazos y las colas de proceso e incluso la tierra vegetal y cobertera en determinadas condiciones, siempre que constituyan residuos tal y como se definen en la Ley 10/1998, de Residuos.
- **Residuos mineros peligrosos** son aquellos que así están definidos en la legislación vigente de residuos. En su codificación se añade un asterisco (*).
- **Residuo minero inerte** es aquel que no experimenta ninguna transformación física, química o biológica significativa.

Los residuos inertes no son solubles ni combustibles, ni reaccionan física ni químicamente de ninguna otra manera, ni son biodegradables, ni afectan negativamente a otras materias con las cuales entran en contacto, de forma que puedan provocar la contaminación del medio ambiente o perjudicar la salud humana.



Balsa de lodos inertes, con barrera de advertencia perimetral



Balsa de lodos inertes en hueco en fase de restauración. Desarrollo de la vegetación

En los residuos inertes, la lixiviabilidad total, el contenido de contaminantes en ellos y la ecotoxicidad del lixiviado deberán ser insignificantes y, en particular, no deberán suponer riesgo para la calidad de las aguas superficiales ni subterráneas.

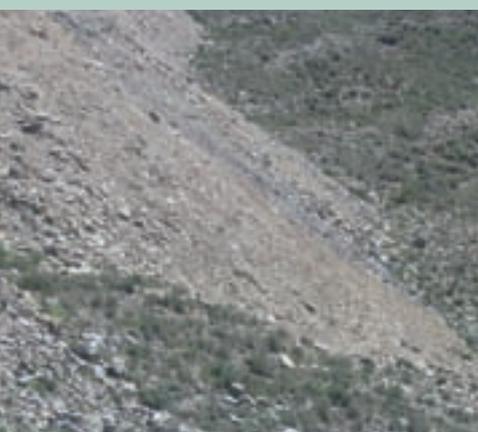
Los criterios básicos para determinar si un residuo minero es inerte son¹:

- No tiene el potencial de experimentar ningún cambio significativo a corto o a largo plazo.
- Su impacto a corto o largo plazo sobre el medio ambiente es insignificante.

Se considera que cumplen con las condiciones anteriores, es decir que son inertes, los residuos mineros procedentes de los mismos tipos de rocas o de suelos que se emplean directamente como materiales para la edificación y la obra civil.



Cordón de estériles



Escombrera de estériles



Pista minera

No será necesario realizar ensayos para corroborar lo anterior siempre que se pueda acreditar satisfactoriamente - por medio de estudios geológicos, sistemas de certificación, normas europeas o nacionales, etc. -, que han sido tenidos en consideración los siguientes criterios:

- **Durabilidad:** los residuos inertes no experimentan procesos de desintegración o disolución significativos.
- **Contenido en sulfuros:** los residuos inertes tendrán un contenido en sulfuros inferior al 0,1 %, o bien, el índice de neutralización potencial será superior a tres con el contenido en sulfuros mayor que 1 %.
- **Materia orgánica:** los residuos inertes no presentan riesgo de autocombustión y no son combustibles.
- **Contenido en sustancias nocivas para el medio ambiente o la salud humana:** en particular As, Cd, Co, Cr, Cu, Hg, Mo, Ni, Pb, V y Zn, en las partículas finas, será lo suficientemente bajo para que el riesgo que se derive, a corto o largo plazo, sea despreciable y, en todo caso, se encontrará por debajo de los límites establecidos por la legislación.
- **Sustancias utilizadas en los procesos de extracción o de tratamiento:** los residuos inertes estarán libres de sustancias empleadas en la extracción o el tratamiento que puedan resultar perjudiciales para el medio ambiente o la salud humana.
- **Suelo no contaminado** es aquel que se retira de la capa superior del terreno durante la investigación y aprovechamiento y que se supone no está contaminado con arreglo a las disposiciones vigentes. Generalmente comprende la tierra vegetal y la cobertera previa al estéril de mina.

En la mayoría de los casos, los residuos de una explotación minera no cumplen la premisa de que “su poseedor se desprenda o del que tenga la intención u obligación de desprenderse”, pues forman parte del proceso de producción, en lo que a restauración de los terrenos se refiere.

La Lista Europea de Residuos – LER -, recogida en la **Orden MAM/304/2002**, dedica el capítulo uno a los residuos de la prospección, extracción de minas y canteras y tratamientos físicos y químicos de minerales, y tiene el siguiente contenido:

Dentro de la Lista Europea de Residuos, que se recoge a continuación, los residuos de la extracción de rocas y minerales industriales a cielo abierto de la Comunidad Autónoma de La Rioja son, en la gran mayoría de los casos, los designados con los códigos 01 01 02; 01 04 08; 01 04 09; 01 04 10; 01 04 12; 01 04 13 y 01 05 04.

¹ Documento del Comité de Adaptación Técnica de la Directiva 2006/21/CE “Interpretation of the definition of inert waste under art. 3(3) of Directive 2006/21/EC”, de fecha 27/11/2007.

TABLA 15		01 RESIDUOS DE LA PROSPECCION, EXTRACCION DE MINAS Y CANTERAS Y TRATAMIENTOS FISICOS Y QUIMICOS DE MINERALES	
CÓDIGO LER		Presencia en las explotaciones mineras activas de La Rioja	
01 01 Residuos de la extracción de minerales			
01 01 01	Residuos de la extracción de minerales metálicos	NO ²	
01 01 02	Residuos de la extracción de minerales no metálicos	SI	
01 03 Residuos de la transformación física y química de minerales metálicos		Estos procesos no tienen incidencia significativa en las explotaciones mineras activas de La Rioja²	
01 03 04*	Estériles que generan ácido procedentes de la transformación de sulfuros	SI ²	
01 03 05*	Otros estériles que contienen sustancias peligrosas	NO	
01 03 06	Estériles distintos de los mencionados en los códigos 01 03 04 y 01 03 05	NO	
01 03 07*	Otros residuos que contienen sustancias peligrosas procedentes de la transformación física y química de minerales metálicos	NO	
01 03 08	Residuos de polvo y arenilla distintos de los mencionados en el código 01 03 07	NO	
01 03 09	Lodos rojos de la producción de alúmina distintos de los mencionados en el código 01 03 07	NO	
01 03 99	Residuos no especificados en otra categoría	NO	
01 04 Residuos de la transformación física y química de minerales no metálicos			
01 04 07*	Residuos que contienen sustancias peligrosas procedentes de la transformación física y química de minerales no metálicos	NO	
01 04 08	Residuos de grava y rocas trituradas distintos de los mencionados en el código 01 04 07	SI	
01 04 09	Residuos de arena y arcillas	SI	
01 04 10	Residuos de polvo y arenilla distintos de los mencionados en el código 01 04 07	SI	
01 04 11	Residuos de la transformación de potasa y sal gema distintos de los mencionados en el código 01 04 07	NO	
01 04 12	Estériles y otros residuos del lavado y limpieza de minerales, distintos de los mencionados en los códigos 01 04 07 y 01 04 11	SI	
01 04 13	Residuos del corte y serrado de piedra distintos de los mencionados en el código 01 04 07	SI	
01 03 99	Residuos no especificados en otra categoría	SI	
01 05 Lodos y otros residuos de perforaciones			
01 05 04	Lodos y residuos de perforaciones que contienen agua dulce	SI	
01 05 05*	Lodos y residuos de perforaciones que contienen hidrocarburos	NO	
01 05 06*	Lodos y otros residuos de perforaciones que contienen sustancias peligrosas	NO	
01 05 07	Lodos y otros residuos de perforaciones que contienen sales de bario distintos de los mencionados en los códigos 01 05 05 y 01 05 06	NO	
01 05 08	Lodos y otros residuos de perforaciones que contienen cloruros distintos de los mencionados en los códigos 01 05 05 y 01 05 06	NO	
01 05 99	Residuos no especificados en otra categoría	NO	

Nota: el asterisco a la derecha del código significa que el residuo es peligroso



² Las explotaciones de pirita de La Rioja tienen fines ornamentales (coleccionismo y decoración) y no concentran el mineral. Además, su pequeño tamaño hace que su incidencia en materia de generación de residuos sea insignificante.

3.4 Clasificación de las instalaciones de residuos mineros según la Directiva 2006/21/CE



Planta de tratamiento en primer plano. Al fondo a la derecha, escóbrera como barrera visual



Acopios de material en el frente de cantera



Cordón de tierra vegetal

La legislación que transponga la Directiva 2006/21/CE derogará el marco legal vigente de gestión de residuos de industrias extractivas.

Uno de los primeros conceptos que deben explicarse de este nuevo marco es el de **instalación de residuos mineros**, que es cualquier zona designada para la acumulación o el depósito de residuos mineros, tanto en estado sólido como líquido o en solución o suspensión, para plazos de las siguientes duraciones:

- **Sin plazo alguno** para las instalaciones de residuos mineros de Categoría A y las instalaciones de residuos mineros caracterizados como peligrosos en el Plan de Gestión de Residuos Mineros.
- **Un plazo de más de seis meses** para instalaciones de residuos mineros peligrosos generados que no estaban previstos.
- **Un plazo superior a un año** para las instalaciones de residuos mineros no inertes no peligrosos.
- **Un plazo superior a tres años** en el caso de las instalaciones destinadas a suelo no contaminado, residuos no peligrosos procedentes de labores de investigación, residuos mineros inertes y residuos mineros resultantes del aprovechamiento de la turba.

Se considera que forman parte de dichas instalaciones cualquier presa u otra estructura que sirva para contener, retener o confinar residuos mineros o tenga otra función en la instalación, así como, entre otras cosas, las escóbreras y las balsas.

Los **huecos de explotación** rellenos con residuos mineros, tras el aprovechamiento del mineral con fines de rehabilitación o de construcción, no tienen la consideración de instalaciones de residuos mineros. Por lo tanto, **únicamente se les aplican parte de los requisitos** exigidos a las instalaciones.

Asimismo, la legislación que transponga la Directiva 2006/21/CE establecerá, para las instalaciones de residuos mineros, una clasificación similar a la actualmente existente para los depósitos de lodos.

Esta nueva clasificación es más sencilla, por cuanto estas instalaciones sólo pueden ser de **Categoría A** cuando se de, al menos, una de estas circunstancias:

- **Que exista riesgo de accidente grave por colapso o fallo debido a pérdida de la integridad estructural** o a una incorrecta operación.
- Que contenga residuos peligrosos.
- Que contenga sustancias peligrosas.

Cuando no se de ninguno de los tres requisitos, la instalación será considerada de **Categoría No A**.

Para las instalaciones de residuos mineros que únicamente contengan residuos inertes o suelo no contaminado, como es el caso de las existentes en la Comunidad Autónoma de La Rioja, solamente aplica, de las condiciones anteriores, la primera parte de la primera condición³, esto es, que pueda existir riesgo de accidente grave por colapso o fallo debido a pérdida de la integridad estructural.

³ Documento del Comité de Adaptación Técnica de la Directiva 2006/21/CE, Classification of mining waste facilities as Category A or not Category A in accordance with Annex III to Directive 2006/21/EC ("The Mining Waste Directive") de fecha 27/11/2007.

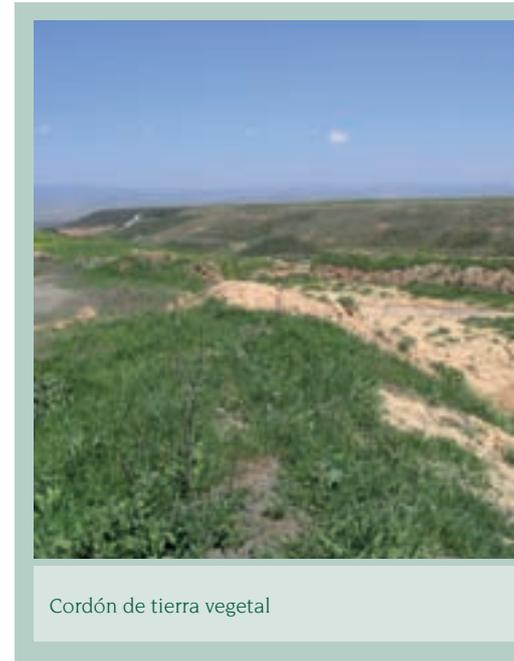
En este sentido, se entiende por accidente grave aquel que se produce en la explotación, en el transcurso de una operación de gestión de residuos de industrias extractivas, y que ocasione un peligro importante para la salud humana o para el medio ambiente, de forma inmediata o a medio o largo plazo y dentro o fuera de la explotación.

Asimismo, integridad estructural es la capacidad de la instalación para contener los residuos dentro de sus límites, de acuerdo con su diseño previsto.

Como colapso o fallo debido a pérdida de la integridad estructural puede entenderse alguno de los siguientes casos:

- Mal funcionamiento del sistema de decantación.
- Desbordamiento.
- Erosión interna.
- Asentamiento.
- Corrimiento.
- Licuefacción.
- Debilidad de la estructura.
- Fallo del subsuelo.
- Actividad sísmica.

El análisis de riesgos de la instalación de residuos mineros permitirá determinar si ha de considerarse como de Categoría A.



Cordón de tierra vegetal

En consecuencia, los **residuos mineros** depositados **en hueco de explotación no podrán nunca ser clasificados como de Categoría A**, pues:

- Los **huecos no son instalaciones de residuos**.
- **No existe** (normalmente) **riesgo de pérdida de la integridad estructural**.

3.5 Actuaciones del empresario según la legislación derivada de la Directiva 2006/21/CE

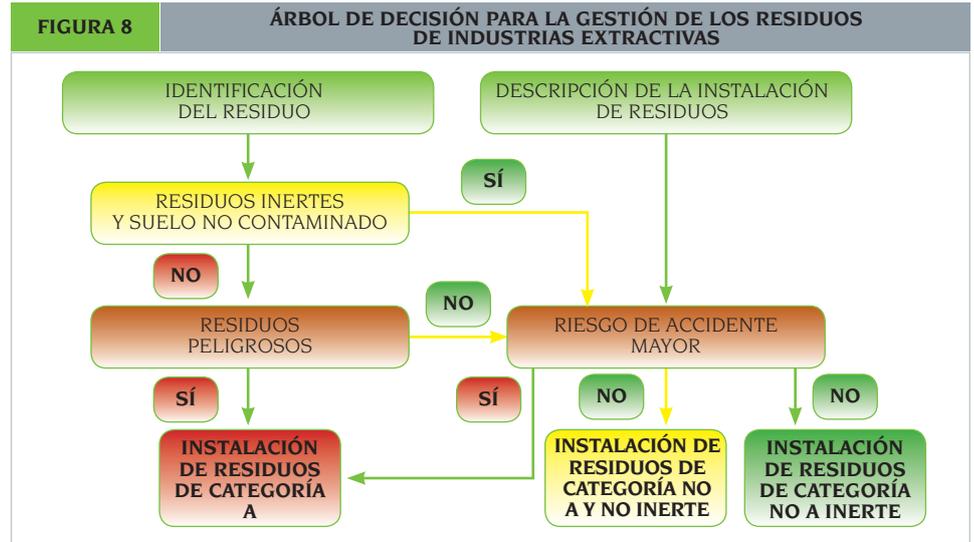
Desde la próxima aprobación de la transposición de la Directiva 2006/21/CE, la citada ITC 08.02.01 quedará derogada y el procedimiento previsto será el que se describe a continuación.

Lo primero que ha de realizar cada entidad explotadora que gestione una explotación minera a cielo abierto es **determinar el tipo de residuos mineros que gestiona** (ver 3.3) y **las características de las instalaciones donde los va a acumular** (ver 3.4.)

Del análisis de las instalaciones de residuos mineros de La Rioja, **cabe pensar que ninguna pertenece a la Categoría A**. Aún así, una vez aprobada la nueva legislación que transponga la Directiva, las empresas con instalaciones de residuos mineros deberán proponer la clasificación de éstas.



Escombreras de inertes



Una vez determinado el tipo de residuo y la clasificación de la instalación donde se almacenan, habrán de realizarse las acciones que se recogen en la siguiente tabla:

TABLA 16 **REQUISITOS DE GESTIÓN DE LOS RESIDUOS DE INDUSTRIAS EXTRACTIVAS EN FUNCIÓN DE LA CATEGORÍA DE LA INSTALACIÓN Y DEL TIPO DE RESIDUOS**

CATEGORÍA A (SEA O NO INERTE)	CATEGORÍA NO A Y NO INERTE	CATEGORÍA NO A E INERTE	HUECOS DE EXPLOTACIÓN
Plan + Autorización	Plan + Autorización	Plan	Plan (simplificado)
Participación del público			
Notificación de cualquier incidencia			
Disposiciones para el abandono y clausura			
Medidas para el agua y la atmósfera	Medidas para el agua y la atmósfera	Medidas para el agua y la atmósfera	Medidas para el agua y la atmósfera
Inspecciones	Inspecciones	Inspecciones	Inspecciones (simplificado)
Garantías financieras			

3.5.1. Plan de Gestión de Residuos Mineros

En cualquiera de los casos, una vez aprobada la nueva legislación, cada entidad explotadora deberá realizar un Plan de Gestión de Residuos Mineros enfocado a su reducción, tratamiento, recuperación y eliminación teniendo en cuenta el principio de desarrollo sostenible.

En el Plan de Gestión de Residuos Mineros la entidad explotadora garantizará que estos residuos se gestionen de un modo que no suponga peligro para la salud de las personas y sin utilizar procesos o métodos que puedan dañar el medio ambiente y, en particular, suponer riesgos para el agua, el aire, el suelo, la fauna o la flora, sin causar molestias debidas al ruido o los malos olores y sin afectar negativamente al paisaje ni a lugares que representen un interés especial.

Los **objetivos** del **Plan de Gestión de Residuos Mineros** serán:

TABLA 17 OBJETIVOS DEL PLAN DE RESIDUOS MINEROS	
OBJETIVOS	ASPECTOS A CONSIDERAR
Prevenir o reducir la producción de residuos mineros y su nocividad	<ul style="list-style-type: none"> • Gestión de los residuos en la fase de proyecto. • Elección del método de explotación y de beneficio del recurso minero. • Las transformaciones de los residuos mineros. • El relleno con residuos mineros del hueco de explotación. • La reutilización de la tierra vegetal procedente de la instalación de residuos. • El uso de sustancias menos peligrosas para el beneficio de los recursos minerales.
Fomentar la recuperación de los residuos mineros mediante su reciclado, reutilización o valorización	<ul style="list-style-type: none"> • Cuando sea respetuoso con el medio ambiente.
Garantizar la eliminación segura a corto y largo plazo de los residuos mineros	Diseño que: <ul style="list-style-type: none"> • Exija un mínimo o ningún control posterior a la clausura. • Prevenga o minimice todo efecto negativo a largo plazo, sobre el aire o el agua, de sustancias contaminantes. • Garantice la estabilidad geotécnica a largo plazo.

El **Plan de Gestión de Residuos Mineros** incluirá, como mínimo, el siguiente contenido:



Escombrera muy visible respecto al paisaje del entorno



Balsa de lodos

- **Caracterización** de los **residuos mineros** que se van a generar durante la investigación y aprovechamiento y que se van a depositar en las instalaciones:
 - Aplicando los criterios establecidos en la normativa.
 - Relacionando las cantidades totales estimadas de residuos mineros que se producirán.
- **Clasificación** propuesta para las **instalaciones** de residuos mineros.
- Información sobre **riesgos de accidentes de las instalaciones de residuos**:
 - Categoría A:
 - Política de prevención de accidentes graves.
 - Sistema de gestión de la seguridad.
 - Plan de emergencia interno.
 - Resto de instalaciones: información suficiente, con indicación de los posibles riesgos de accidente.



Escombreras

- Descripción de la **actividad** que genera los residuos mineros y de cualquier **tratamiento posterior** al que éstos se sometan.
- Posibles **impactos negativos sobre el medio ambiente y la salud humana** y medidas preventivas durante la explotación u operación, cierre y clausura de las instalaciones de residuos.
- Los **procedimientos de control y seguimiento** propuestos, cuando sea aplicable.
- Definición del **proyecto constructivo y de gestión de las instalaciones de residuos mineros**.
- El **Plan de Abandono** de las instalaciones de residuos mineros, con el procedimiento de mantenimiento y control posterior a la clausura.
- Estudio de las **condiciones del terreno** que vaya a verse afectado por las instalaciones de residuos.

Dicho Plan justificará, en particular, la manera en que la opción y el método elegidos respetarán los objetivos establecidos en el mismo.

3.5.2. Proyecto constructivo de las instalaciones de residuos mineros

El proyecto constructivo de una instalación de residuos mineros es el conjunto de estudios y documentos que comprenden:

- La definición y dimensionamiento de la instalación.
- La justificación de su emplazamiento.
- Los materiales de construcción.
- Las posibles obras auxiliares.
- Los estudios técnicos de apoyo.
- Las medidas para la ejecución y control del proyecto.
- Los estudios de afección al medio natural.
- Las medidas correctoras.
- Las medidas a aplicar cuando finalice la vida activa de la instalación.

A la hora de elaborar un proyecto constructivo de una instalación de residuos, han de aplicarse las siguientes indicaciones:

TABLA 18 ASPECTOS A CONSIDERAR EN EL PROYECTO CONSTRUCTIVO DE UNA INSTALACIÓN DE RESIDUOS MINEROS	
CATEGORÍA A	NO INCLUIDA EN LA CATEGORÍA A O MODIFICACIÓN DE UNA EXISTENTE
1. Elección de emplazamiento y planificación. 2. Estudios del área elegida para la ubicación de la instalación. 2.1. Estudio geológico-geotécnico del emplazamiento. 2.2. Estudio hidrogeológico del emplazamiento. 2.3. Estudio hidrológico del emplazamiento. 3. Diseño y construcción de la instalación. 4. Explotación u operación de la instalación. 5. Seguimiento e inspecciones periódicas de la instalación. 6. Cierre y clausura de la instalación. 7. Mantenimiento y control posterior a la clausura. 8. Reutilización o eliminación de los residuos mineros depositados en la instalación.	Se aceptarán proyectos y estudios simplificados respecto a los especificados en el presente apartado 3.5.2., siempre que se garanticen los siguientes puntos: <ul style="list-style-type: none"> • La instalación de residuos está adecuadamente situada teniendo en cuenta, en particular, las obligaciones vigentes en lo que respecta a zonas protegidas y los factores geológicos, hidrológicos, hidrogeológicos, sísmicos y geotécnicos. • Está diseñada de forma que cumpla las condiciones necesarias para prevenir, a corto y largo plazo, la contaminación del suelo, el aire, las aguas subterráneas y superficiales, y reducir la erosión causada por el agua y la abrasión causada por el viento en la medida que ello sea técnicamente posible y económicamente viable. • Lo dispuesto en la tabla 46.3.

En todos los casos el proyecto constructivo ha de incluir los documentos que se recogen en el Anexo II de esta guía, de acuerdo con la tabla 18, en función de la categoría de la instalación de residuos.

3.5.3. Cierre y clausura de una instalación de residuos mineros

Dentro del proyecto constructivo de una instalación de residuos mineros de Categoría No A, se incluirá un Estudio Básico o Anteproyecto de Cierre y Clausura, donde se describirán las medidas necesarias para la rehabilitación del terreno y todos los aspectos técnicos que se prevean de utilidad para dicho cierre.

En el caso de instalaciones de residuos de **Categoría A**, con antelación suficiente a la finalización del periodo de explotación de una instalación de residuos mineros, o cuando por condiciones económicas o de otro tipo se prevea la paralización de sus actividades, la entidad explotadora elaborará y presentará a la autoridad competente, para su autorización, el Proyecto Definitivo de Cierre y Clausura.

Las instalaciones de residuos mineros solamente iniciarán el procedimiento de cierre si se han cumplido las condiciones pertinentes enunciadas en la autorización del Plan de Restauración que incluye la autorización de las instalaciones, si la autoridad competente:

- Autoriza la petición de cierre formulada por la entidad explotadora.
- o
- Emite una resolución a tal efecto.

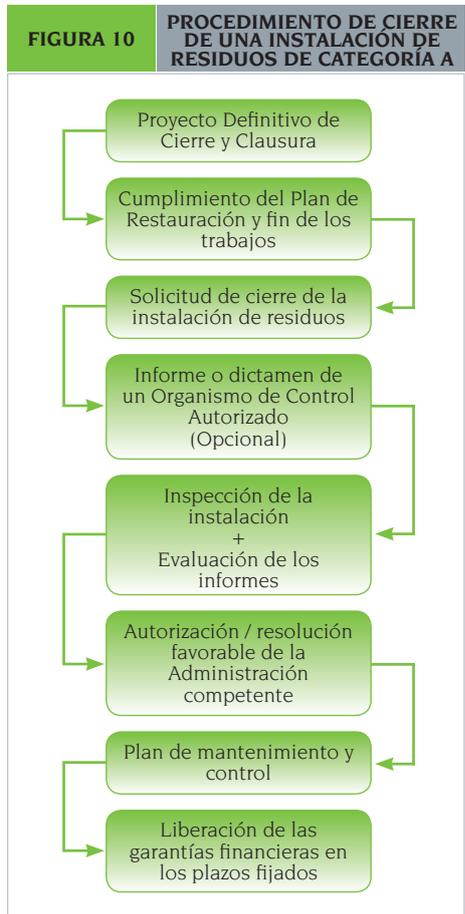
La administración podrá requerir al titular un informe o dictamen de un Organismo de Control Autorizado (OCA).

Una instalación de residuos mineros sólo podrá considerarse clausurada cuando se haya:

- Realizado sin demora indebida una inspección final in situ y se haya evaluado todos los informes presentados por la entidad explotadora.
- Certificado, a través un Organismo de Control Autorizado, que el terreno afectado por la instalación de residuos ha sido rehabilitado.
- Comunicado, a la entidad explotadora, su autorización del cierre.

La autorización del cierre no disminuye en ningún caso las responsabilidades de la entidad explotadora de acuerdo con las condiciones de la autorización u otras obligaciones legales.

Si la entidad explotadora procediese al abandono de una instalación de residuos mineros sin haber obtenido la correspondiente autorización, la administración adoptará posteriormente las medidas de seguridad precisas para salvaguardar la seguridad y los intereses de terceros, sin perjuicio de las sanciones administrativas y responsabilidades.



Balsa de lodos



Planta de tratamiento con trómel lavador



Escurreidores



3.5.4. Seguridad en las instalaciones de residuos mineros

En lo que se refiere a la seguridad para las personas y el medio ambiente, se tendrá en cuenta lo siguiente, para las instalaciones de residuos de **Categoría A**.

Esto sin perjuicio de las medidas de prevención de riesgos laborales que deban aplicarse como parte integrante del lugar de trabajo, en cualquier instalación de residuos mineros, independientemente de su categoría.

3.5.4.1 Política de prevención de accidentes graves

En una instalación de Categoría A, el documento de política de prevención de accidentes graves debe abarcar los objetivos y principios de actuación generales establecidos por la entidad explotadora en relación con el control de los riesgos de accidente grave.

Para ello se deberán determinar los riesgos de accidentes graves e incorporar al diseño, construcción, explotación, mantenimiento, cierre, clausura y control posterior los aspectos necesarios para prevenir dichos accidentes y limitar sus consecuencias negativas para la salud humana o para el medio ambiente.

La política de prevención de accidentes graves y el sistema de gestión de la seguridad de la entidad explotadora deben guardar proporción con los riesgos de accidentes graves que presente la instalación de residuos mineros clasificada como de Categoría A.

3.5.4.2. Sistema de gestión de la seguridad de la instalación de residuos

En las instalaciones de Categoría A, el sistema de gestión de la seguridad debe integrar la parte del sistema de gestión general que incluye la estructura organizativa, las responsabilidades, las prácticas, los procedimientos y los recursos que permiten definir y aplicar la política de prevención de accidentes graves.

El sistema de gestión de la seguridad abordará, como mínimo, los siguientes puntos:

- **Organización y personal:** funciones y responsabilidades del personal asociado a la gestión de riesgos de accidentes graves en todos los niveles de la organización.

La entidad explotadora nombrará a un **gestor de seguridad**, que será responsable de la aplicación y supervisión periódica de la política de prevención de accidentes graves.

Asimismo, la entidad explotadora establecerá las necesidades de formación del personal implicado, incluidas, en su caso, del personal subcontratado.

- **Determinación y evaluación de los riesgos de accidente grave** que puedan producirse en caso de funcionamiento normal o anormal, así como la evaluación de su probabilidad y gravedad.
- **Control de explotación:** procedimientos e instrucciones para el funcionamiento en condiciones seguras, incluyendo el mantenimiento de las instalaciones anejas al aprovechamiento, a los procesos, a los equipos y a las paradas temporales.
- **Gestión de modificaciones:** planificación de las modificaciones que deban efectuarse en las instalaciones de residuos mineros existentes o para el proyecto de una nueva instalación.
- **Planificación de las situaciones de emergencia previsible**, con un análisis sistemático, y elaborar, poner a prueba y revisar los Planes de Emergencia para poder hacerles frente.



Balsas de decantación



Depósito pulmón de aguas claras

- **Seguimiento de los resultados:** adopción y aplicación de procedimientos encaminados a la evaluación permanente del cumplimiento de los objetivos fijados por la entidad explotadora en el marco de la política de prevención de accidentes graves y del sistema de gestión de la seguridad, y la instauración de mecanismos de investigación y de corrección en caso de incumplimiento. Los procedimientos deben comprender el sistema de notificaciones de accidentes graves o de accidentes evitados por escaso margen, en especial cuando se hayan producido fallos en las medidas de protección, la investigación realizada al respecto y la actuación consecutiva, basándose en la experiencia del pasado.
- **Auditoría y revisión:** adopción y aplicación de procedimientos para la evaluación periódica sistemática de la política de prevención de accidentes graves y de la eficacia y adecuación del sistema de gestión de la seguridad. Análisis documentado de los resultados de la política aplicada, del sistema de gestión de la seguridad y de su actualización por parte de los altos directivos de la entidad.

3.5.4.3. Plan de Emergencia Interior

El Plan de Emergencia Interior que deberá elaborar la entidad responsable de una instalación de residuos de Categoría A tendrá los siguientes objetivos:

- **Contener y controlar los accidentes graves y otros incidentes** para reducir al mínimo sus efectos y, en particular, para limitar los daños a la salud de las personas y al medio ambiente.
- **Aplicar las medidas necesarias para proteger la salud de las personas y el medio ambiente** de los efectos de accidentes graves y otros incidentes.
- **Comunicar la información** necesaria al público y a los servicios o autoridades correspondientes de la zona.
- **Tomar medidas para la rehabilitación y limpieza del medio ambiente** tras un accidente grave.

3.5.5. Garantía financiera para la rehabilitación del espacio natural afectado por las instalaciones de residuos mineros

Para las instalaciones de Categoría A, la autoridad competente exige, antes del comienzo de cualquier actividad de acumulación o depósito de residuos mineros, la constitución de una garantía financiera o equivalente de forma que se garantice el cumplimiento de las obligaciones impuestas en la autorización del Plan de Restauración para la rehabilitación del terreno afectado por las instalaciones de residuos mineros. Esta garantía es independiente de la de restauración de espacio natural afectado por la explotación.

Esta garantía financiera no será de aplicación a los siguientes residuos mineros a menos que sean depositados en una instalación de categoría A:

- Residuos mineros inertes, residuos mineros no inertes no peligrosos y suelo no contaminado, procedentes de la investigación y aprovechamiento de recursos minerales.
- Residuos mineros procedentes de la investigación y aprovechamiento de turba.
- Residuos mineros no peligrosos procedentes de la investigación de recursos minerales, excepto cuando se trate de la investigación de evaporitas distintas del yeso y anhídrita.

El cálculo de esta garantía financiera o equivalente se realiza teniendo en cuenta la repercusión ambiental probable de las instalaciones de residuos, en particular la categoría de las instalaciones, las características de los residuos y el uso futuro de



Restauración de escombrera



Vista general de escombrera

los terrenos rehabilitados. Además, en caso de ser necesario, se calcula partiendo del supuesto, de que terceros independientes y debidamente cualificados podrán evaluar y efectuar cualquier trabajo de rehabilitación necesario.

El importe de la garantía se revisará periódicamente de acuerdo con los trabajos de rehabilitación que sea necesario efectuar en los terrenos afectados por las instalaciones de residuos tal y como describa el Plan de Restauración autorizado.

La entidad explotadora, una vez autorizado el cierre y clausura de las instalaciones de residuos mineros, solicitará a la autoridad competente, por escrito, la liberación de las condiciones impuestas por la garantía financiera o equivalente asociada a este concepto a excepción, si procede, de las referentes al mantenimiento y control posterior a la clausura de la instalación de residuos mineros.

3.6 Lugares y procesos donde se producen los residuos de las industrias extractivas

Los residuos mineros se originan en las diferentes etapas del proceso de producción, en áreas muy diseminadas. A continuación se muestran de forma esquemática los residuos producidos en las etapas del proceso productivo. Muchos de estos residuos son una pieza básica dentro del propio proceso, a la hora de poder afrontar con garantías el proceso de restauración.

- En la zona de extracción: Horizonte de tierra vegetal (horizonte A), estériles de la cobertera (horizonte B y C) e inclusiones en el macizo.

En las zonas de descubierta, es importante reflejar que se trabaja conforme a unas fases definidas en el proyecto de explotación:

- Retirada selectiva (de la vegetación, de la cubierta vegetal y de los distintos niveles de estériles).
- Apilamiento por separado.
- Gestión diferenciada para cada elemento.





- En las instalaciones de tratamiento: Rechazos del precibado o de otras fases del proceso, derrames de material, lodos de lavado, materiales procedentes de la aspiración de partículas de polvo, residuos del tratamiento superficial de la roca ornamental.



- En las zonas de almacenamiento: materiales no conformes, lodos de lavado, productos de rechazo, etc.

3.7 Técnicas básicas de gestión de residuos mineros integradas en el proyecto minero



Relleno del hueco con estériles inertes

En general, el proceso de extracción y tratamiento de rocas y minerales industriales, debido a las características de los yacimientos en explotación en La Rioja, tiene rendimientos elevados en cuanto al ratio materia útil / material estéril, siendo poco importantes, en general, los volúmenes de estériles inertes adecuados y de material no apto como producto, lodos, etc., respecto al material aprovechable.

Como ya se ha citado, en general, los residuos de las industrias extractivas de la Comunidad Autónoma de La Rioja son del tipo inerte, procedentes del proceso de extracción y tratamiento de rocas y minerales industriales.

3.7.1. Gestión del suelo vegetal y de los materiales de cobertera

En la primera etapa del proceso, que consiste en la descubierta de las zonas superficiales no explotables, se retiran selectivamente y acopian por separado los materiales reutilizables a posteriori para el reacondicionamiento de los terrenos: cubierta vegetal, estériles y rocas alteradas. La cubierta vegetal, de mayor riqueza orgánica, se almacena en cordones de pequeño volumen (máximo (horizonte A) dos metros de altura), para conservar sus características.

Con este proceso, integrado dentro del proyecto de explotación, estos materiales se destinan para relleno de áreas ya explotadas o se acumula en cordones o escombreras temporales o, de manera poco frecuente, definitivas. Es importante señalar que estos **materiales, en general, son inertes** y no son sometidos a ninguna transformación de importancia - normalmente de tipo geométrico- que afecte a sus características.

Estos materiales no aptos para la venta son reutilizados dentro del propio proceso productivo para las labores de restauración de los terrenos, no generándose apenas residuos mineros. En cualquier caso, todos ellos se gestionan de acuerdo con el proyecto aprobado por la autoridad competente.

La capa de tierra vegetal (horizonte A) y la capa mineral alterada (horizonte B) deben necesariamente retirarse (decaparse) de forma apropiada. Esta reserva temporal de suelos fértiles se deberá emplear en la restauración final. En el caso de que esta reserva no asegure la creación de una capa de, al menos, 15 cm de espesor en la restauración final, deberá preverse una aportación exterior de suelos fértiles.

La correcta manipulación del suelo requiere aplicar, en la medida de lo posible, unas medidas preventivas para conservar sus características iniciales, que se exponen a continuación:

- En caso de duda sobre la capacidad portante de un suelo, se calculará la fuerza de succión para prevenir compactaciones excesivas por el peso de los equipos.
- Evitar trabajar sobre suelos húmedos ya que los suelos secos tienen unas características portantes más adecuadas para el tránsito de equipos móviles, y se previene la compactación.
- Recogida de los vegetales (arbustos, praderas, etc.) del terreno, junto con la capa de tierra vegetal, para que ésta se enriquezca con su materia orgánica.



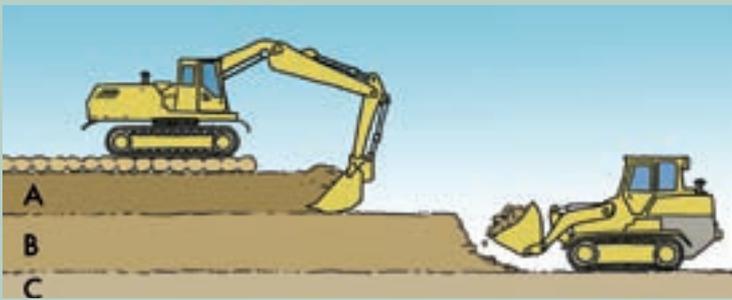
Retirada de la cubierta con buldózer y pala cargadora

- Adopción de métodos de trabajo en avance para el decapado de la tierra vegetal, de forma que los equipos no circulen sobre ella.
- Retirada por capas: tras retirar las primeras paladas, se coloca la retroexcavadora sobre el horizonte C, desde donde puede retirarse por separado la capa de tierra vegetal (horizonte A) y la cobertera o capa mineral alterada (horizonte B). Esta retirada se realiza alternativamente, en tandas marcadas por el alcance del brazo del equipo.

Cada tipo de suelo debe acopiarse por separado para preservar sus características originales. Esta operación es especialmente importante ya que de su éxito dependerá poder disponer de materiales adecuados **para la futura restauración.**



Zonas de descubiertas



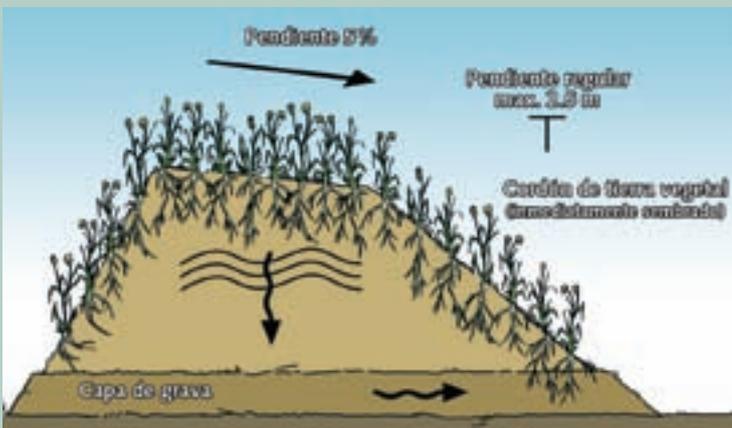
Retirada en paralelo de los horizontes A y B



Retirada de los horizontes A y B consecutivamente

3.7.1.1. Acopio de la tierra vegetal

Lo ideal es que **el tiempo entre la retirada del suelo y su reconstitución sea el mínimo posible** y, si fuera posible, que se recompusiera directamente en las áreas en restauración. Esto evidentemente no es posible en muchas explotaciones.



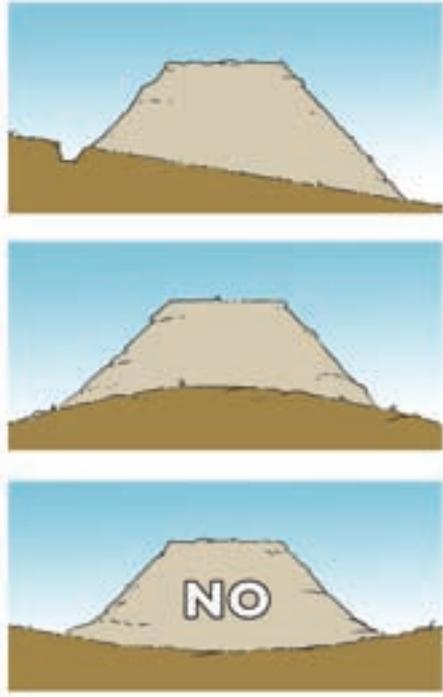
Corte esquemático de un depósito de tierra vegetal colocado sobre un lecho de grava



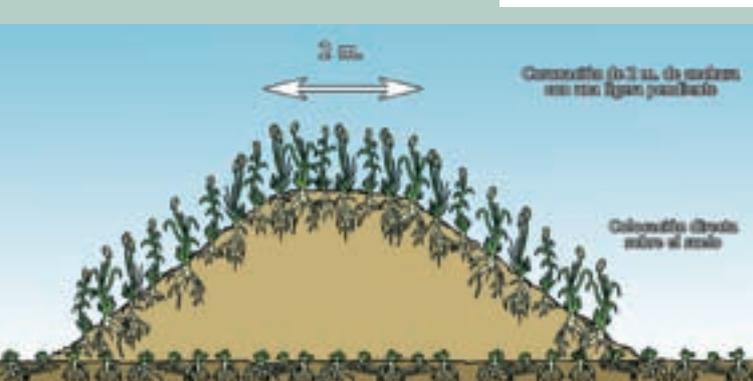
Cordón de tierra vegetal en la parte superior

Por ello, **debe planificarse el acopio en el proyecto de explotación**, considerando el tiempo que habrán de conservarse los suelos antes de su utilización, aplicando los siguientes principios básicos:

- Almacenamiento de cada tipo de suelo (horizonte A, horizonte B y horizonte C) por separado.
- Colocación en un lugar alejado del tránsito de equipos móviles y prohibición de circular sobre ellos, así como en zonas relativamente llanas para garantizar la estabilidad. Se realizará un acopio selectivo teniendo en cuenta las diferentes características del material.
- Deposición de los materiales sin compactación para preservar la actividad biológica y los intercambios gaseosos. Los procedimientos de trabajo y los equipos empleados insistirán en este aspecto, tanto para evitar la compactación en la operación de deposición del suelo como para prevenir que las ruedas o las cadenas de los equipos afecten a las partes inferiores.
- Elección de un emplazamiento que tenga cubierta vegetal ya que reduce en cierta medida la compactación y mejora la composición orgánica del suelo.
- Conformación del depósito de modo que:
 - La pendiente sea de, al menos, el 4 % y que permita la evacuación del agua sobrante en caso de lluvias, por lo que no se realizarán en huecos, sino en zonas de pequeñas pendientes o llanas y, en su caso, se preverá un sistema de drenaje.
 - La altura del depósito no sobrepase la profundidad de enraizado, esto es entre 2- 2,5 metros.
- Si el periodo de almacenamiento es superior a 6 meses, es muy importante la siembra y el abono anual del acopio con especies que permitan mantener las características biológicas y la aireación del suelo vegetal a lo largo del tiempo. Si se acopia por espacio de más de un año, este proceso se repetirá anualmente.



Ubicación del depósito de tierra vegetal



Cordón de tierra vegetal. Depósito trapezoidal de altura máxima 2,5 m (contenido en arcilla < 30 %), colocado directamente sobre el suelo

Estos acopios de tierra vegetal se pueden disponer a modo de cabalones en los límites de la autorización de explotación al objeto de impedir el riesgo de caída de altura y el acceso. En este sentido y por lo que se refiere a La Rioja, hay que mencionar que, en general, se establece un límite o distancia mínima de seguridad para las explotaciones a cielo abierto desde los linderos y tierras colindantes, mínimo de 5 metros.

3.7.1.2. Acopio de la cobertera o capa mineral alterada (horizonte B) y de los rellenos

Para estos elementos del suelo que tienen un menor valor biológico es necesario tomar menos precauciones que en el caso de la tierra vegetal y no requieren necesariamente mantenimiento, ya que son más pobres en humus y elementos minerales.

Aún así deben acopiarse por separado, previniendo el paso de vehículos y su posible mezcla con otros materiales.

Su acopio se realiza, bien en escombrera temporal o permanente, bien directamente como material de relleno del hueco en la fase de restauración.

La ubicación de las escombreras ha de estudiarse cuidadosamente, atendiendo a:

- Su forma y su tamaño previsto, considerando la mínima afección en superficie.
- La prevención de los efectos sobre el medio ambiente.
- Las características geológicas del emplazamiento.
- La capacidad de drenaje.
- La minimización de los costes de transporte y de vertido.
- La integración paisajística y, si fuera una escombrera definitiva, su posterior restauración.

Las escombreras pueden clasificarse en función de la secuencia constructiva en:

- Vertido libre, método para escombreras de pequeñas dimensiones, y siempre que el estudio de riesgos lo permita, pues geotécnicamente es muy desfavorable, pues.
 - Su talud depende del ángulo de reposo de los estériles.
 - Se produce una importante segregación de tamaños.
- Vertido por fases adosadas, tienen una mayor seguridad estructural intrínseca y los taludes medios finales son más bajos.
- Dique de retención en pie, formado por materiales más gruesos, que se emplea cuando los materiales son muy heterogéneos cuando los apoyos no tienen buenas condiciones, pues minimiza el riesgo de deslizamiento.
- Fases ascendentes superpuestas y retranqueadas, que aportan gran estabilidad y mayor compactación de los materiales almacenados.

Los cálculos constructivos de cualquier escombrera tienen que realizarse concienzudamente, para asegurar su estabilidad en todo momento, desde la fase inicial, hasta su abandono, pasando por la fase de operación.

Por otro lado, los residuos en forma de bloque de gran tamaño pueden aplicarse como elemento de seguridad en las pistas de transporte interno, del tipo de barrera de contención, o como elemento para reforzar la estabilidad estructural de determinados taludes.

3.7.2. Gestión de los materiales de rechazo del proceso

En términos generales, el rendimiento del proceso de tratamiento del todo uno en la planta se puede calificar de elevado, rechazándose como estéril inerte una pequeña parte del material extraído.

En la planta de tratamiento, se disponen habitualmente una serie de etapas de separación previa de los estériles que acompañan al material apto para el procesado, como son entre otros, los equipos de precibado, las cribas de malla elástica, etc. Esta separación se realiza en seco o en húmedo, en función de las características de la instalación.

Estos materiales de rechazo pasan, en la mayoría de los casos, a ser utilizados en las etapas de restauración bien directamente, bien tras almacenarlos temporalmente en escombrera.

Además de los lodos que se abordan en un epígrafe posterior, los materiales de rechazo pueden provenir de:

- Etapa de precibado.
- Etapas posteriores.
- Derrames de materiales.
- Materiales procedentes de los sistemas de control del polvo, bien en vía seca (partículas tipo filler), bien en vía húmeda (como lodo o pulpa, en su caso).
- Productos no conformes con las especificaciones técnicas.
- Restos del acabado de los productos finales.



Operación con la tierra vegetal



Acopio de tierra vegetal en cordón



Cordón de tierra vegetal



Acopio del relleno en escombrera



Rechazos del proceso



Extendido de los materiales de rechazo del proceso



Tolva de estériles del primario para carga directa en dumper

Los métodos más habituales de gestión de estos residuos mineros se recogen en la siguiente tabla:

TABLA 19		GESTIÓN DE LOS MATERIALES DE RECHAZO DEL PROCESO	
		ORIGEN	GESTIÓN
Etapas de precribado.			<ul style="list-style-type: none"> • Reprocesado. • Restauración directa de los terrenos (huecos y taludes).
Etapas posteriores.			<ul style="list-style-type: none"> • Restauración de los terrenos (huecos y taludes) tras acumularlo en escombrera. • Materia prima para otro proceso.
Derrames de materiales.			<ul style="list-style-type: none"> • Empleo como subproducto. • Depósito definitivo en escombrera.
Materiales procedentes de los sistemas de control del polvo, bien en vía seca (partículas tipo filler), bien en vía húmeda (como lodo o pulpa, en su caso).			<ul style="list-style-type: none"> • Valorización como producto de valor añadido. • Materia prima para otro proceso. • Empleo como subproducto. • Restauración directa de los terrenos.
Productos no conformes con las especificaciones técnicas.			<ul style="list-style-type: none"> • Reprocesado. • Materia prima para otro proceso. • Empleo como subproducto. • Restauración directa de los terrenos (huecos y taludes). • Depósito definitivo en escombrera.
Restos del acabado de los productos finales.			<ul style="list-style-type: none"> • Materia prima para otro proceso. • Restauración. • Depósito definitivo en escombrera.

3.7.3. Tratamiento de lodos

Un tipo de residuos mineros que habitualmente se vincula con los procesos de tratamiento que incluyen el lavado de los materiales son los lodos. Pero también se producen este tipo de residuos en forma de líquido o de pulpa por otras causas como son la recogida de aguas procedentes de:

- Redes de drenaje y desagüe de las aguas superficiales y subterráneas.
- Sistemas de limpieza de la planta de tratamiento y de los equipos.
- Sistemas de tratamiento y acabado de los productos finales.
- Sistemas de transporte del recurso minero.



Dispositivo para el lavado de camiones con recogida del agua sucia y sistema de separación de hidrocarburos



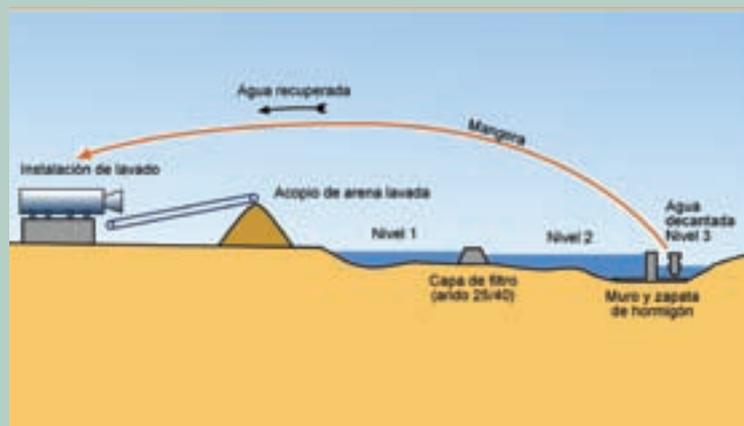
Sistemas de ciclonado



Zona de repostaje con sistema de recogida de derrames de aceites e hidrocarburos. Esta zona debe estar asfaltada para proteger, asimismo, el suelo de la posible contaminación



Lavadero y fosa de mantenimiento de maquinaria, con tratamiento de aguas residuales



Decantación del agua en tres fases: Nivel 1: decantación y filtrado en capa de filtro que se renueva cuando se colma por lodos, sustituyendo el árido sucio por limpio. El árido sucio se reprocesa en la instalación de lavado y se recupera. Nivel 2: segunda decantación y rebose de agua limpia en el muro de hormigón. Nivel 3: fase de depósito de agua limpia y recuperación mediante bomba sumergida. Recuperación de parte del agua utilizada en el proceso de lavado y sobre todo la anulación de los vertidos (objetivo de vertido cero)

Estas aguas se recogen y procesan, habitualmente, mediante los siguientes sistemas, ya sea de forma única o combinando varios de ellos:



Balsa de lodos. Los sólidos se depositan y las aguas claras retornan al circuito de lavado de arenas. El lodo seco se retira con pala cargadora y se lleva, en camiones, a las áreas a restaurar



Balsas de lodos en serie



Sistema compacto de separación de la fase sólida y líquida. Módulos alternativos

TABLA 20		SISTEMAS DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LODOS			
	Balsa o presa de decantación por sedimentación natural	Balsa o presa de decantación por sedimentación forzada	Celda de sedimentación forzada	Sistema de tanque espesador o clarificador	Filtro prensa
Lodos de lavado.	x	x	x	x	x
Redes de drenaje y desagüe de las aguas superficiales y subterráneas.	x				
Sistemas de limpieza de la planta de tratamiento y de los equipos.	x	x	x	x	x
Sistemas de tratamiento y acabado de los productos finales.		x	x	x	x
Sistemas de transporte del recurso minero.	x	x			

TABLA 21		DESCRIPCIÓN DE LOS SISTEMAS DE RECOGIDA Y TRATAMIENTO DE LODOS
		Balsa o presa de decantación por sedimentación natural
		<ul style="list-style-type: none"> • La balsa se realiza habitualmente aprovechando un hueco de la excavación, por lo que no tiene la categoría de instalación de residuos mineros. Los requisitos para su autorización son proporcionales al normalmente escaso riesgo que presentan. • Las presas sí que son instalaciones de residuos mineros y, en función de sus características, pudieran ser de Categoría A por los riesgos para las personas y el medio ambiente que se derivaran de su emplazamiento y de su sistema de construcción. Están sujetas a mayores requisitos que las balsas en hueco. • Retienen mayores volúmenes de agua que otras opciones. • La ubicación de las presas y también, aunque en menor medida, la de las balsas ha de analizarse con detenimiento, tomando en consideración: <ul style="list-style-type: none"> - Su forma y su tamaño previsto, considerando la mínima afección en superficie. - La prevención de los efectos sobre el medio ambiente. - Las características geológicas del emplazamiento. - La capacidad de drenaje. - La minimización de los costes de transporte y de vertido. - La integración paisajística y, si fuera una estructura definitiva, su posterior restauración. • Las características de los lodos y de los efluentes, han de ser tenidas en cuenta a la hora de diseñar la presa de decantación. • Los cálculos constructivos de cualquier instalación de estas características tienen que realizarse cuidadosamente, para asegurar su estabilidad en todo momento, desde la fase inicial, hasta su abandono, pasando por la fase de operación. • Son precisas medidas de seguridad contra accesos o caídas accidentales. • Normalmente, el periodo de sedimentación es muy largo y se tardan años en poder abandonar estas balsas. • Sistema poco eficiente en cuanto a la recuperación de agua, lo que implica mayores consumos específicos y una menor recirculación. • El coste de bombeo será función de la situación relativa de la balsa y el punto donde se genera el lodo, así como de la densidad de la pulpa. • En general es el sistema más barato. • Cuando recoge aguas de escorrentía o procedente del nivel freático, permite reciclar dichas aguas para otras labores dentro del proceso (lavado, riego, limpieza, etc.)
		<i>continúa en página siguiente</i>

Balsa o presa de decantación por sedimentación forzada

- La balsa se realiza habitualmente aprovechando un hueco de la excavación, por lo que no tiene la categoría de instalación de residuos mineros. Los requisitos para su autorización son proporcionales al normalmente escaso riesgo que presentan.
- Las presas sí que son instalaciones de residuos mineros y, en función de sus características, pudieran ser de Categoría A por los riesgos para las personas y el medio ambiente⁴ que se derivarán de su emplazamiento y de su sistema de construcción. Están sujetas a mayores requisitos que las balsas en hueco.
- Requiere de menores superficies.
- Las balsas pueden ser un hueco del terreno a restaurar, un sistema de balsas artificiales conectadas entre sí que precisen de la manipulación del lodo. También pueden ser presas.
- Precisa de menores volúmenes de agua que la opción anterior.
- Son precisas medidas de seguridad contra accesos o caídas accidentales.
- Empleo de floculantes para forzar la sedimentación y reducir el periodo de tiempo necesario para la manipulación de la pulpa resultante.
- La pulpa resultante tiene un contenido en humedad variable.
- El tiempo requerido para la manipulación del material es más corto.
- Coste del floculante y de la maquinaria para la manipulación de la pulpa resultante.
- Empleo de la pulpa para labores de restauración.

Celda de sedimentación forzada

- Variante de la anterior, donde los aditivos tienen una mayor capacidad de separar la fase sólida de la líquida.
- La celda se realiza habitualmente aprovechando un hueco de la excavación o incluso el nivel del terreno, por lo que no tiene la categoría de instalación de residuos mineros. Los requisitos para su autorización son proporcionales al normalmente escaso riesgo que presentan.
- Su diseño permite el acceso de maquinaria para la retirada de la pulpa deshidratada.
- La pulpa resultante puede retirarse con pala cargadora en unas horas.
- Muy eficiente desde el punto de vista de consumos de agua.
- Coste del floculante y de la maquinaria para la manipulación de la pulpa resultante.
- Empleo de la pulpa para labores de restauración.

Sistema de tanque espesador o clarificador

- Es un sistema de tratamiento y no de acumulación y, por lo tanto no es una instalación de residuos, en el sentido de la Directiva 2006/21/CE.
- Normalmente está precedido por un sistema de escurridores.
- Requiere de una pequeña superficie.
- El agua reciclada se recupera directamente para el proceso por el perímetro superior del tanque. Una vez clarificadas las aguas vierten por gravedad al tanque pulmón y desde éste son enviadas nuevamente a la planta para ser reutilizadas en el proceso del lavado de los recursos mineros.
- Una vez terminado el proceso de clarificación de las aguas y, a consecuencia de éste, se forma una pulpa de lodos concentrados en el fondo del espesador que se deshidrata para convertir la pulpa en un producto sólido y transportable.
- Precisa de los menores volúmenes de agua.
- Empleo de floculantes para forzar la sedimentación y reducir el periodo de tiempo necesario para la manipulación de la pulpa resultante.
- Sistemas de fácil monitorización que optimizan el consumo de floculante mediante medición continua o periódica de claridad del agua separada.
- La pulpa resultante tiene un contenido en humedad casi constante.
- El agua recirculada tiene unas características más homogéneas.
- El tiempo requerido para la manipulación de la pulpa es más corto.
- Aguas abajo el tanque puede ir conectado con un filtro prensa, con una balsa de sedimentación natural, o se puede emplear directamente en restauración, según los casos.
- Son precisas medidas de seguridad contra accesos o caídas accidentales.
- Mayor inversión inicial pero mejores rendimientos en cuanto a consumo de agua y de energía.

Filtro prensa

- Generalmente vinculado a un tanque espesador.
- Para el proceso de deshidratación de los lodos se emplea un filtro prensa. En el proceso de deshidratación de la pulpa espesada se consigue reducir su volumen. En consecuencia, el producto que se obtiene son unas tortas con una humedad mínima que son aptas para la restauración de las zonas agotadas de la extracción.
- Actúa por compresión de la pulpa obtenida en una fase previa de separación sólido - líquido.
- Se obtiene una torta sólida de fácil manipulación, con un contenido en agua muy bajo.
- Se logra la recuperación casi total del agua.
- Mayor inversión inicial pero mejores rendimientos en cuanto a consumo de agua y de energía.



Equipo formado por un " clarificador + hidrociclón + filtro prensa" para lodos procedentes del lavado de arenas. Eliminación de los vertidos "vertido cero". Optimización del consumo de agua (reducción del orden del 90 % por tanto, del consumo energético). Mejora de la calidad de la arena lavada (mejora de la curva granulométrica y del porcentaje de finos). Las tortas procedentes del filtro prensa se utilizarán para restauración de los frentes. Posibilidad de optimizar el espacio destinado a las balsas para otros usos: acopios, parque de maquinaria, etc.

⁴ Según la ITC 08.02.01 también sería preciso considerar los núcleos urbanos y los servicios.



Escurreidores

TABLA 22 COMPARACIÓN ENTRE LOS SISTEMAS DE TRATAMIENTO DE LODOS

TÉCNICA	ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	COSTE (10 ³ €)		OBSERVACIONES
		INVERSIÓN*	OPERACIÓN*	
Sistemas de decantación	Los sólidos en suspensión se decantan de forma natural en balsas o pequeñas presas (de menos de 2 m de altura).	Variable	Bajo	Contenido en humedad ≈ 40 % Es el sistema más empleado del sector.
	Los sólidos en suspensión se decantan en tanques de decantación o clarificadores (con floculantes).	100-125	Bajo	Contenido en humedad ≈ 40 %.
Sistemas de circuito cerrado	Circuito cerrado con desplazamiento por gravedad a un depósito espesador desde donde se bombea para su decantación.	Variable	Bajo	Contenido en humedad < 20 %.
Sistemas de deshidratación	Deshidratación de lodos decantados con filtros prensa los cuales forman unas tortas para su eliminación o revalorización.	40-50	Variable	Contenido en humedad < 20 %.
	Filtros banda – prensa.	100-125	Alto	Poco utilizado. Consumo de floculante muy elevado. Mantenimiento elevado.
	Deshidratación de lodos mediante aditivos químicos, en celdas. Se forma una masa sólida de fácil manipulación mecánica para su eliminación o revalorización.	30-50	Medio	Consumo de floculante muy elevado.

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

En cuanto a las formas de valorización de los lodos, destacan las siguientes alternativas:

TABLA 23 VALORIZACIÓN DE LODOS

<ul style="list-style-type: none"> • Lodos de lavado. • Redes de drenaje y desagüe de las aguas superficiales y subterráneas. • Sistemas de limpieza de la planta de tratamiento y de los equipos. • Sistemas de tratamiento y acabado de los productos finales. • Sistemas de transporte del recurso minero. 	<p>Recuperación del agua para su empleo en:</p> <ul style="list-style-type: none"> • El proceso de tratamiento. • Sistemas de control del polvo. • Sistemas de riego de áreas revegetadas. • Lavado de equipos de trabajo. <p>Recuperación de la fase sólida para su utilización como:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Material para la restauración (relleno o mejora del suelo). • Subproducto. • Materia prima para otros procesos (recuperación de arcillas).
--	---

Las aguas resultantes, tienen unas propiedades similares a las originales, por cuanto las características de los procesos mineros que tienen lugar en La Rioja, no producen cambios en su composición química. Únicamente, se busca reducir la cantidad de materia en suspensión para poder, en la mayoría de los casos, reutilizar el agua dentro del proceso.

En este sentido, hoy en día, el grado de eficiencia en una planta moderna puede ser netamente superior al 90 %, lo que permite asegurar una buena gestión de los recursos naturales más preciados: el agua.

Por otro lado, debe señalarse que, cuando exista riesgo derivado del acceso a los depósitos de lodos, deberán adoptarse las medidas preventivas que procedan, tales como señalización, barreras de acceso, vallado, etc.



Depósito pulmón de la planta



Sistema de bombas de recirculación de aguas limpias



Tanque clarificador



Decantador / espesador



Rebose de las aguas clarificadas

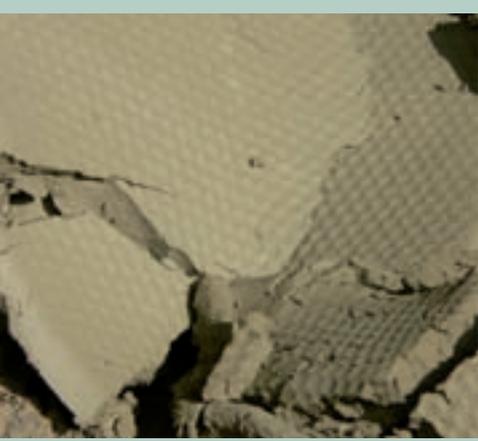


Depósito pulmón de las aguas clarificadas



Filtros prensa





Tortas deshidratadas



Agua recuperada en el filtro



Balsa de lodos. Los sólidos se depositan y las aguas claras retornan al circuito de lavado de arenas



Balsas de lodos en serie



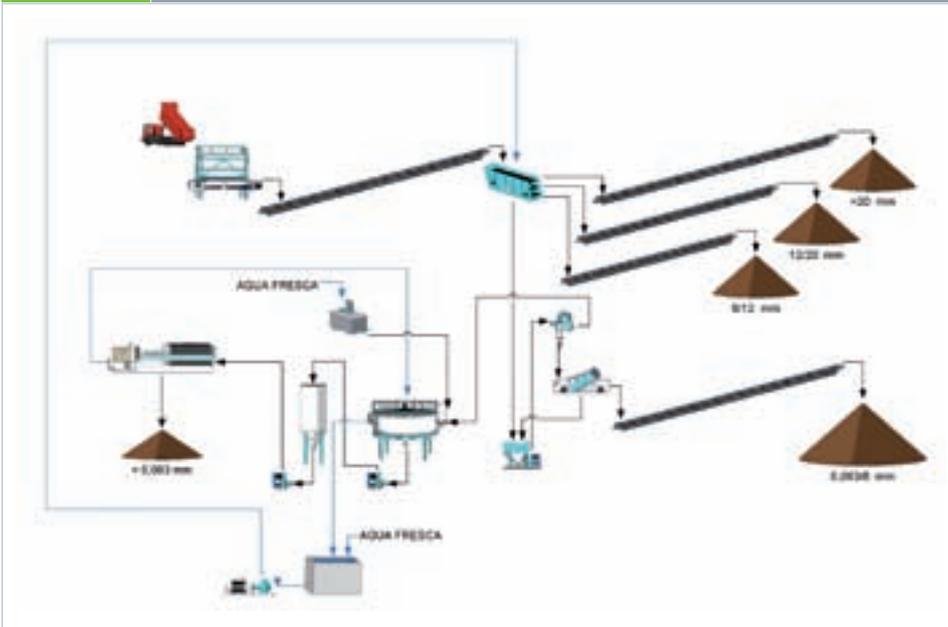
Depuradora para la gestión de las aguas residuales sanitarias mediante un proceso de oxidación



Toma de agua de proceso en balsa de aguas limpias

FIGURA 14

ESQUEMA DE UNA PLANTA DE TRATAMIENTO DE LODOS



En otro orden de cosas, cuando se produzcan aguas ácidas, como es el caso de las explotaciones con pirita, pueden ponerse en práctica dos tipos de medidas:

- Tratamientos activos derivados de la aplicación de los métodos ortodoxos de depuración de aguas residuales y que incluyen, generalmente:
 - Reactivos sintéticos (álcalis y floculantes).
 - Energía eléctrica (para bombeo, para la mezcla de reactivos con agua, etc.).
 - Sedimentación intensificada (en un estanque o en una clarificadora).
- Tratamientos pasivos, en sistemas estáticos que no requieren bombeo, que emplean materias naturales (abono, piedra caliza, etc.), provocando la mejora de la calidad del agua mediante reacciones biogeoquímicas, sin reactivos sintéticos y sin consumo de energía externa.

3.7.4. Relleno de huecos

En las explotaciones mineras resulta generalmente inviable el relleno total de los huecos producidos ya que el volumen de material no apto utilizado para este fin es normalmente pequeño.

En los trabajos de restauración, **cuando sea necesario rellenar los huecos producidos** por la explotación, hasta la cota especificada en el Plan, **pueden emplearse residuos mineros**: estériles, lodos de lavado y rechazos del proceso de tratamiento.

Con este proceso, integrado dentro del proyecto de explotación, estos materiales se destinan para relleno de áreas ya explotadas o se acumula, como se ha visto, en cordones o escombreras temporales o, de manera poco frecuente, definitivas.



Operación de vertido para relleno de hueco



Relleno del hueco con estériles inertes



Acondicionamiento del hueco



Primer plano del talud repoblado

3.7.5. Acondicionamiento de escombreras

Las escombreras tienen su principal problemática en el diseño inicial, puesto que cuando no se ha previsto su integración paisajística, su remodelación resulta compleja.

Debe intentarse reproducir la forma natural de las estructuras geomorfológicas del entorno para **alcanzar la máxima integración de la escombrera en el paisaje**. Al mismo tiempo, la ubicación tiene que haber sido elegida de forma que se eviten los problemas producidos por colapso de la estructura, avenidas de agua, aguas de escorrentía, etc., permitiendo una sencilla manipulación de los materiales, optimizando la distancia de transporte y evitando que pueda incidir en el futuro avance de la explotación.

Puede realizarse la **integración paisajística de escombreras** aplicando las técnicas siguientes:

- **Ocultación**, en depresiones del terreno, tras resaltes, etc., de modo que no pueda ser vista desde zonas pobladas o de tránsito. Normalmente esta posibilidad se aplica en el diseño de nuevas escombreras ya que, en el caso de las ya existentes, resulta costoso puesto que ello implicaría su traslado. Otra alternativa para ocultarla consiste en crear una barrera de vegetación en el perímetro exterior de la escombrera para que actúe de pantalla.
- **Remodelación**, aplicando las siguientes reglas visuales:
 - Una masa alargada y de poca altura produce menos impacto visual que otra estrecha y alta, puesto que el ojo humano percibe más las dimensiones verticales que las horizontales.
 - El material distribuido sobre una ladera en pendiente hace que la parte más alejada se aprecie como de menor masa aparente.
 - Debe evitarse que la altura de la escombrera sobrepase la línea del horizonte.
 - El efecto visual de las superficies redondeadas es menor que el de las líneas y cortes rectos que no hacen sino acentuar formas y volúmenes.
 - Si resulta posible apoyar la escombrera sobre una ladera, el efecto visual se reduce ya que se reproducen, en lo posible, las pendientes, formas y líneas naturales del terreno.

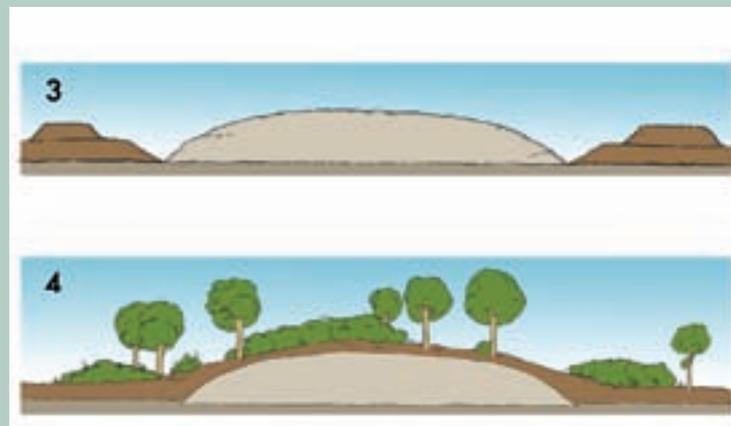
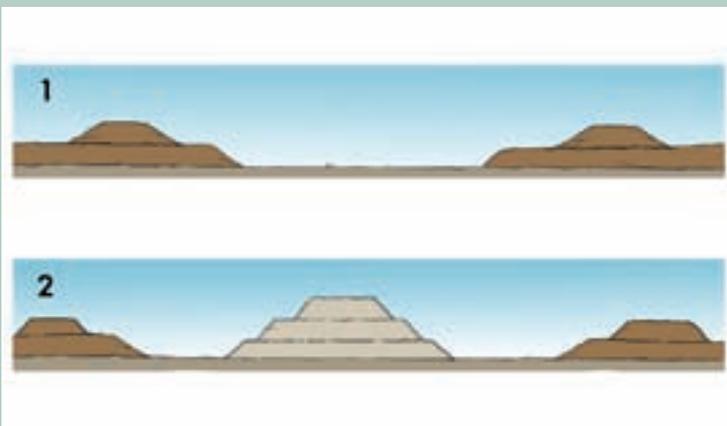
- Las litologías con colores fuertes y llamativos (p. e. limonitas) intensifican y agravan las sensaciones ópticas al contrastar con el colorido suave de los suelos y vegetación natural (p. e. zonas mediterráneas).
- El diseño de bermas o terrazas ayuda a controlar la erosión, la estabilidad y el acceso a las diferentes áreas.
- Una correcta modelación del talud del depósito permite prevenir deslizamientos y evitar la acción erosiva de las aguas de escorrentía.
- **Revegetación**, utilizando las técnicas descritas en el apartado 6.12.2 del Manual de Restauración de Minas a Cielo Abierto de La Rioja.

Por otra parte, habrá que tener en cuenta que **la escombrera debe ser estable geomorfológicamente en todo momento y, por supuesto, una vez finalizadas las labores de explotación durante largo tiempo.**

El agua es el principal agente desestabilizador de una escombrera por lo que habrá que **diseñar sistemas de drenaje** que faciliten la evacuación del agua así como jugar con las pendientes para evitar su almacenamiento en zonas poco estables.



Escombreras restauradas



Restauración de una escombrera: 1: Retirada de la tierra vegetal; 2: Creación de la escombrera; 3: Remodelado de la escombrera; 4: Reconstitución del suelo a partir de la tierra vegetal y plantación y/o siembra



Escombrera restaurada



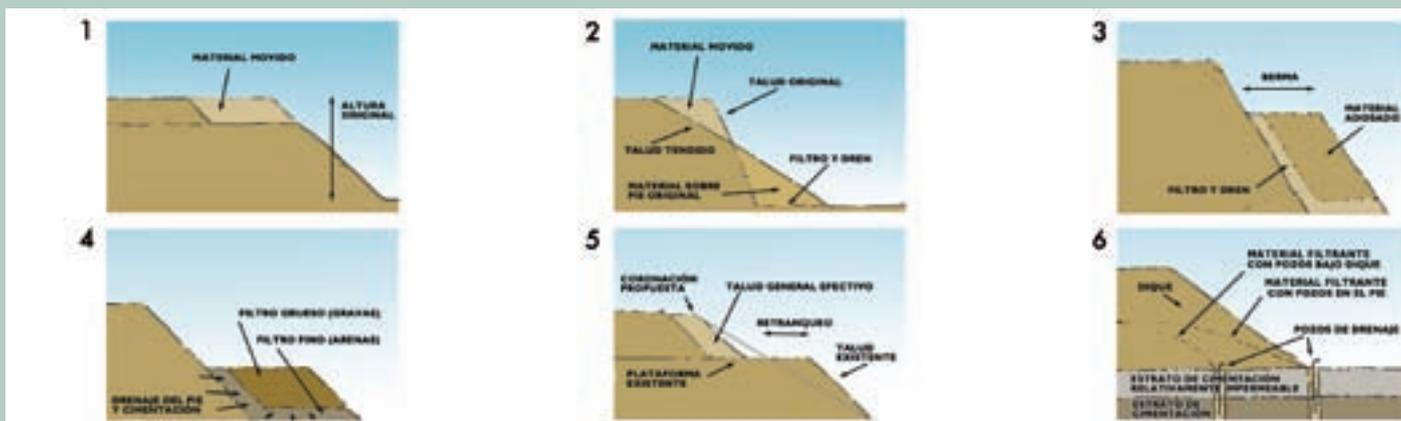
Reforzamiento con escollera



Restauración de una escombrera: a la izquierda situación inicial; a la derecha, situación final



Vista general de taludes reacondicionados. A la derecha, áreas replantadas



Sistemas para reforzar la estabilidad de los diques de las balsas de lodos (Canmet). 1: descarga de la corona del dique; 2: tendido de talud; 3: colocación de espaldón con berma; 4: colocación de filtro invertido; 5: recrecimiento de presa con tendido de talud; 6: pozos de drenaje

3.7.6. Acondicionamiento de balsas y presas

El acondicionamiento de las balsas de lodos y **presas** tiene por objeto que estas estructuras:

- Sean estables a largo plazo.
- No se produzcan infiltraciones.
- **Adoptar las medidas de seguridad correspondientes que impidan riesgos de caída a las balsas y presas.**
- No se produzca transporte de materiales a otras zonas por efectos de la erosión.

3.7.6.1. Estabilización de balsas y presas

Para la estabilización de las balsas y presas existen una serie de procedimientos consistentes en:

- Descargar parte del material de coronación para reducir las tensiones producidas en la base de la balsa.
- Utilizar este material o escombros como refuerzo en la base del pie de la presa creando bermas que reduzcan la pendiente del talud.
- Colocar filtros invertidos para facilitar el drenaje en la base del dique.
- Crear bermas durante la operación, que facilitan el tendido de los taludes y la depresión del nivel freático con drenes horizontales situados a diferentes alturas.

3.7.6.2. Control de la erosión en balsas y presas

Para controlar la erosión de balsas y presas y prevenir que el material se desplace, habrá que desecar y consolidar los lodos mediante evaporación natural o bien por drenaje y bombeo del agua. Una vez secas, las balsas y presas se estabilizarán mediante protección de escollera o revegetación.



Balsa de aguas limpias

3.7.6.3. Protección de accesos a balsas y presas

Cuando exista riesgo de caída y/o de ahogamiento, hay que proteger las balsas y presas del acceso inadvertido de animales y/o personas.

3.7.6.4. Prevención de la contaminación de balsas y presas

Las balsas y presas de lodos presentes en las explotaciones de áridos no suelen estar contaminadas ya que el material a extraer y los materiales de proceso no son contaminantes. En caso de que se produjera alguna contaminación debida al vertido accidental de algún residuo, se procedería a aplicar las medidas previstas contra derrames accidentales.