

LOS
MINERALES
industriales



AINDEX

Asociación Nacional de Industrias
Extractivas y Afines

CRÉDITOS

LOS MINERALES INDUSTRIALES

EDITA

AINDEX

Asociación Nacional de Industrias Extractivas y Afines

www.aindex.es

AUTORA

AINDEX

www.aindex.es

DISEÑO Y MAQUETACIÓN

Mar González

IMPRIME

MEDIAPYME, S.L.

Impreso en Madrid enero 2019

AGRADECIMIENTOS

Se agradece la participación de los asociados en la elaboración de esta Guía y, muy especialmente, a los asesores de AINDEX: D. Javier Alonso y D. Jaime Gonzalo.



AINDEX

Asociación Nacional de Industrias
Extractivas y Afines

PRÓLOGO

AINDEX (Asociación Nacional de Industrias Extractivas y Afines), es la Asociación Nacional Empresarial, sin ánimo de lucro, de los Productores Españoles de Minerales Industriales creada en 1977. Agrupa a empresas y entidades (individuales o colectivas) españolas cuyo objeto social y/o fines abarcan la explotación y/o comercialización de rocas y minerales no metálicos ni energéticos, (minerales industriales), o actividades afines o auxiliares a éstas. Las empresas asociadas producen: arcillas rojas y blancas, arcillas especiales (Bentonita, Atapulgita, Sepiolita), arenas silíceas y feldespáticas industriales, Caolín, carbonato cálcico, Celestita, Dunita, Feldespato, Fluorita, sulfato sódico natural (Glauberita-Thenardita), Leonardita, Magnesita, Mica, Monacita gris, óxidos de hierro naturales, Potasa, Sal, Turba, Wollastonita y Yeso.

La presente Guía tiene como objeto proporcionar una información general de aquellos minerales producidos por los socios de AINDEX.

Emma M^a López Salamanqués
Directora General



AINDEX
Asociación Nacional de Industrias
Extractivas y Afines

Rafael González Gil-García
Presidente

ÍNDICE

- 1. Introducción
- 2. Rasgos y peculiaridades del Sector de los Minerales Industriales
- 3. Minerales y rocas industriales

 - 3.1 Arcillas especiales: Atapulgita (Palygorskita),
Bentonita y Sepiolita
 - 3.2 Arcillas rojas y blancas
 - 3.3 Arenas silíceas y cuarzo (sílice industrial).....
 - 3.4 Caolín
 - 3.5 Carbonato cálcico.....
 - 3.6 Celestita
 - 3.7 Dunita.....
 - 3.8 Feldespato y arenas feldespáticas
 - 3.9 Fluorita.....
 - 3.10 Glauberita-Thenardita (sulfato sódico natural).....
 - 3.11 Leonardita
 - 3.12 Magnesita
 - 3.13 Mica
 - 3.14 Monacita gris.....
 - 3.15 Ocre (óxidos de hierro naturales).....
 - 3.16 Potasa.....
 - 3.17 Sal Gema
 - 3.18 Turba.....
 - 3.19 Wollastonita
 - 3.20 Yeso

- 4. Proceso productivo
- 5. Los minerales industriales y el medio ambiente

 - 5.1 Aspectos ambientales
 - 5.2 Problemática de la restauración
 - 5.3 Ejemplos de restauración.....
 - 5.4 Ejemplos de buenas prácticas
para la gestión del impacto medioambiental
 - 5.5 Ejemplos de economía circular

1. INTRODUCCIÓN

El presente documento es una guía de minerales industriales no exhaustiva. Existen más minerales que no aparecen en la misma por estar representados por otras asociaciones empresariales.

Los productos de la minería se clasifican, según la Dirección General de Política Energética y Minas del Ministerio, en los siguientes subsectores: productos energéticos, minerales metálicos, minerales industriales, rocas ornamentales y productos de cantera. Los minerales industriales son aquellas sustancias minerales utilizadas en procesos industriales, directamente o mediante su preparación adecuada, en función de sus propiedades físicas y químicas, y no por la energía generada o por los metales extraídos (IGME).

Hay que aclarar que algunos productos pueden clasificarse en varios subsectores en función de sus usos, por ejemplo, Caliza como mineral industrial, roca ornamental y producto de cantera; y arcilla, arena silícea, Dunita y Yeso como minerales industriales y productos de cantera.

Cabe destacar que el consumo de los minerales industriales se incrementa en función del nivel de vida y que su uso es un índice del desarrollo económico de un país.

2. RASGOS Y PECULIARIDADES DEL SECTOR DE LOS MINERALES INDUSTRIALES

Se trata de un sector con una gran diversidad de productos en el que la exportación tiene gran importancia. Está compuesto mayoritariamente por PYMES (más del 50% de las explotaciones tienen una plantilla entre 1 y 9 trabajadores).

DATOS SIGNIFICATIVOS

Respecto al total de la industria extractiva española, su producción representa un tercio del valor y emplea en torno al 14% de los trabajadores.

En muchos minerales, tales como las arcillas especiales (Sepiolita, Atapulgita y Bentonita), la Glauberita - Thenardita (sulfato sódico natural) y la Magnesita, las empresas de AINDEX representan el 100% respecto al total nacional:

Dentro de la UE nuestras empresas suponen:

- Único productor de Sepiolita.
- 1^{er} productor de Espato-flúor.
- 2^o de Magnesita y de sales potásicas.
- 6^o de Bentonita.

El mercado es muy disperso y presenta aplicaciones muy variadas. Respecto al destino de los productos, en torno al 10% se dirige a la construcción, más del 50% a usos industriales y a otros usos (agricultura, alimentación, medio ambiente...).

3. MINERALES Y ROCAS INDUSTRIALES

3.1 Arcillas especiales (Atapulgita, Bentonita, Sepiolita)

DEFINICIONES

Atapulgita: es un aluminio-filosilicato de magnesio, hidroxilado e hidratado, que suele llevar como impurezas hierro y potasio. Tiene un origen sedimentario.

Bentonita: es una arcilla compuesta principalmente por minerales del grupo de las esmectitas. Tiene un origen volcánico sedimentario.

Sepiolita: es un silicato de magnesio hidratado con fórmula $Mg_8Si_{12}O_{30}(OH)_4(OH_2)_4 \cdot 8H_2O$. Tiene un origen sedimentario.



Figura 2. Bentonita.



Figura 1. Atapulgita granulada.



Figura 3. Sepiolita.

TIPOS

Atapulgita.

Bentonita.

Naturales:

- Bentonitas sódicas. Suelen incluir las de Li.
- Bentonitas cálcico-magnésicas. Suelen incluir las de Mg, K y Fe.

Activadas:

- Alcalina.
- Ácida.
- Bentonita organofílica.

Sepiolita.

APLICACIONES

Atapulgita

Absorbentes domésticos; absorbentes industriales; restauración arquitectónica; filtración; tratamiento de residuos; construcción; ingeniería civil y lodos de sondeo; farmacia y agricultura.

Bentonita

Absorbentes domésticos; tratamiento de aguas y efluentes; ingeniería civil y lodos de sondeo; pinturas (estabilizador y extendedor) y recubrimientos; fundición (componente en arenas para moldeo); industria petrolera (agente tixotrópico); industria alimentaria (refinado del azúcar; clarificación de vinos y jugos y refinado, decoloración y purificación del aceite o de la grasa comestible); industria química (carga para caucho y plástico y catalizadores); cerámica (pastas y esmaltes);

construcción (plastificante para hormigón, sellador, y lubricante); industria farmacéutica (materia prima para tierras medicinales, ungüentos y cosméticos), minería (peletización de minerales) y limpieza (aditivo en jabones).

Sepiolita

Absorbentes (domésticos e industriales); alimentación animal; restauración arquitectónica; filtración; tratamiento de residuos; construcción; ingeniería civil y lodos de sondeo; pinturas y recubrimientos; asfaltos y bitúmenes (estabilizante) y agricultura.

PRODUCTORES ESPAÑOLES MIEMBROS DE AINDEX

Atapulgita

MYTA, S.A. (Grupo SAMCA)
SEPIOLSA (Grupo MINERSA)
Tolsa, S.A.

Bentonita

Clariant Ibérica Producción, S.A.
MYTA, S.A. (Grupo SAMCA)
SEPIOLSA (Grupo MINERSA)
Tolsa, S.A.

Sepiolita

MYTA, S.A. (Grupo SAMCA)
SEPIOLSA (Grupo MINERSA)
Tolsa, S.A.

3.2 Arcillas rojas y blancas

DEFINICIONES

Arcillas rojas o comunes: son aquellas que tienen una alta proporción de óxidos de hierro (>3%).

Arcillas blancas: son aquellas que tienen una baja proporción de óxidos de hierro (<3%) y alto contenido en caolinita.

TIPOS

Arcillas rojas: según su capacidad fundente, se clasifican en:

- fundentes: varían según su contenido en carbonatos, y
- refractarias.

Arcillas blancas: se suelen clasificar según sus características físico-químicas, mineralógicas y genéticas.

- *Arcillas plásticas o "Ball Clays"*: presentan un gran contenido en materia orgánica y están compuestas fundamentalmente por caolinita, montmorillonita e illitas y cuarzo. Son muy plásticas.
- *Arcillas refractarias o "Fire Clays"*: contienen bajos contenidos en óxidos e hidróxidos de hierro, magnesio y álcalis. Pueden soportar temperaturas superiores a 1.500°C.

- *Caolines pétreos o "Flint clays"*: se componen, fundamentalmente, de caolinita muy cristalina con bajos contenidos en hierro y otros materiales fundentes. Son arcillas muy abrasivas.

APLICACIONES

Arcilla roja

La aplicación fundamental se encuentra en la cerámica industrial (pavimentos, revestimientos y cerámica estructural: ladrillería y tejas) y la alfarería.

Arcilla blanca

Se emplea en el sector cerámico: para la fabricación de pavimentos y revestimientos cerámicos, en la cerámica sanitaria y la de mesa (loza y porcelana); en ladrillos y tejas; en refractarios y fritas; en crisoles de fundición y en colores y esmaltes.

PRODUCTORES ESPAÑOLES MIEMBROS DE AINDEX

Arcilla roja

BMI España

Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA)
Casocipa, S.L. (SIKAMAR).

Arcilla blanca

Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA).



Figura 4. Mina de La Dehesa en Estercuel (Teruel).
Fuente: Euroarce Minería, S.A.(Grupo SAMCA).



Figura 5. Cantera de Villaluenga de la Sagra (BMI España).

3.3 Arenas silíceas y Cuarzo (sílice industrial)

DEFINICIONES

Las arenas silíceas son arenas con un elevado contenido en SiO_2 (>98%).

El Cuarzo es un mineral compuesto por SiO_2 .

MÉTODOS DE OBTENCIÓN

Las arenas silíceas se obtienen a partir de areniscas, cuarcitas y, más frecuentemente, en yacimientos de arenas no agregadas o cementadas.

Su obtención depende del yacimiento origen y el destino de los productos vendibles, el objetivo es obtener un alto contenido en SiO_2 , eliminar las impurezas como son los óxidos de hierro, titanio y otros que dan color a las arenas, los minerales refractarios y obtener la distribución granulométrica requerida por la aplicación final.

Normalmente se somete el todo uno extraído a un lavado y atricionado para limpiar el grano, posteriormente, y dependiendo de la aplicación final, se eliminan las impurezas, bien por flotación diferencial o mediante procesos gravimétricos y finalmente se clasifica hidráulicamente o por medio de cribas. El tratamiento de las aguas empleadas y su recirculación es una parte muy importante del proceso.

En algunos casos se obtienen en el proceso de flotación de feldespatos.

Se venden en húmedo, en seco o molido.

El cuarzo se suele obtener de cuarcitas que son rocas metamórficas con un alto contenido en cuarzo (>90%).

Figura 6. Explotación de arenas silíceas.

Fuente: Industrias del Cuarzo, S.A.



APLICACIONES

El interés de las arenas silíceas se basa en su alta dureza, su estabilidad química y su alto punto de fusión como consecuencia de los fuertes enlaces de sus átomos en la red cristalina.

Cada aplicación de las arenas silíceas exige unos tamaños de grano muy específicos.

- **Vidrio:** las arenas silíceas constituyen más del 70% de su composición tanto en vidrio plano como contenedores, bombillas, vidrio óptico y fibra de vidrio.
- **Moldes de fundición:** debido a su punto de fusión superior al del hierro.
- **Filtración,** por su alta estabilidad química.

- **Otras:** pinturas; plásticos; gomas y adhesivos; en forma de harina de sílice; cerámica en vajillas; revestimientos; azulejos; cementos cola, morteros y hormigones y construcción de campos deportivos (césped artificial para fútbol, pádel, rugby y golf, hípica, vóley playa...).

Las aplicaciones del cuarzo están incluidas en las de las arenas silíceas.

PRODUCTORES ESPAÑOLES

MIEMBROS DE AINDEX

CAOBAR, S.A.

Casocipa, S.L. (SIKAMAR)

Cumíner, S.A. (Insertec)

Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA)

Eusebio Echave, S.A. (Grupo Sainsa)

Industrias del Cuarzo, S.A.

Minas de Valdecastillo, S.A.U.

3.4 Caolín

DEFINICIÓN

El Caolín es una arcilla blanca, blanda y plástica compuesta principalmente por partículas laminares de grano fino. Se forma cuando los silicatos de aluminio anhidros que se encuentran en las rocas feldespáticas, como el granito, se alteran por la intemperie o por procesos hidrotermales.



Figura 7. Caolín mineral.



APLICACIONES

Se usa en agricultura (como fitosanitario, acompañante de insecticidas o bien para aplicaciones directas en agricultura ecológica); cosmética y farmacia (como excipiente en productos farmacéuticos y de belleza); la industria del papel (como elemento blanqueador); la industria cerámica (sub-sectores: porcelana sanitaria, vajillas, esmaltes y engobes y pastas blancas para pavimentos y revestimientos); la industria del vidrio; pinturas y cauchos (actúa como carga y como pigmento); plásticos; aislantes y construcción.

PRODUCTORES ESPAÑOLES MIEMBROS DE AINDEX

CAOBAR, S.A.

Caolines de Vimianzo, S.A.U.

Casocipa, S.L. (SIKAMAR).

Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA).

Figura 8. Caolín producto. Fuente: Caolines de Vimianzo, S.A.U.

3.5 Carbonato cálcico

DEFINICIÓN

Producto obtenido por molienda fina o micronización de calizas con un alto contenido en CaCO_3 . (> 98,5%).



Figura 9. Carbonato cálcico. Fuente: Omya Clariana, S.A..

APLICACIONES

Se emplea en la industria del papel; pinturas; plásticos y polímeros; sellantes y adhesivos; tintas de impresión; la industria cerámica; agricultura y ganadería; construcción (morteros de cemento, yeso, cemento blanco, ladrillo blanco y hormigón); mármol sintético; alimentación (humana y animal); cosmética y farmacia); protección del medio ambiente (desfluorización, desulfuración de gases, remineralización de los lagos y tratamiento de agua potable); la industria química (óxido de calcio, biofosfato cálcico, nitrato cálcico, detergentes industriales, abrasivos y fundente para la metalurgia) e industria del vidrio.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Omya Clariana, S.A.

3.6 Celestita

También conocida como Celestina, es una variedad mineral del Sulfato de Estroncio.



Figura 10. Celestita.

APLICACIONES

Se utiliza en electrónica, la industria del vidrio, imanes, la industria de la cerámica, metalurgia, productos químicos, pinturas, lodos de perforación, medicina, alimentación y la industria textil.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Canteras Industriales, S.L.



Figura 12. Zona en explotación. Fuente: Canteras Industriales, S.L.



Figura 11. Cantera.
Fuente: Canteras Industriales, S.L.

3.7 Dunita

DEFINICIÓN

Es una roca plutónica compuesta fundamentalmente por el mineral olivino.



Figura 13. Dunita. Fuente: Pasek Minerales, S.A.

APLICACIONES

Se utiliza principalmente en siderurgia (horno alto, horno eléctrico y refractario), aislamiento, fertilizantes, lecho fluido y la industria cerámica.

Otras aplicaciones son: filtro cerámico; abrasivo; en el tratamiento de agua y en ingeniería.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Pasek Minerales, S.A.

3.8 Feldespato y arenas feldespáticas

DEFINICIONES

Los feldespatos son el grupo de minerales más abundante en la corteza terrestre y forman parte importante de las rocas ígneas, metamórficas y sedimentarias.

Químicamente, son silicatos de aluminio, con diferentes contenidos en sodio, potasio, calcio y otros. Mineralógicamente hablando su composición se puede expresar en el sistema ternario Ortosa ($KAlSi_3O_8$) – Albita ($NaAlSi_3O_8$) – Anortita ($CaAlSi_2O_8$).



Figura 14. Feldespato.

Las arenas feldespáticas son arenas que combinan un importante contenido en sílice (> 89%) con un elevado porcentaje de alúmina (> 6%).

TIPOS

Comercialmente se distinguen tres tipos de feldespatos fundamentalmente: potásicos, sódicos y mixtos.

Los potásicos (K Feld) con relación en $K/Na > 3$. Normalmente se obtienen a partir de flotación diferencial de arenas feldespáticas.

Los sódicos, con relación $K/Na < 1/3$. Se presentan en masas pegmatíticas o arenas feldespáticas.

Los mixtos ($K+Na$ Feld), $3 > K/Na > 1/3$. Se obtienen a partir de yacimientos de diques

pegmatíticos, aplíticos o cuarzo-feldespáticos. Existe también un feldespato mixto, que además de potasio y sodio en proporciones similares, contiene óxido de litio en porcentajes próximos al 1%.

APLICACIONES

El interés industrial de los feldespatos se basa en su contenido en óxidos alcalinos, como fundentes para facilitar la fase vítrea a bajas temperaturas, y alúmina como estabilizantes de dicha fase vítrea.

En la cerámica, el feldespato es el segundo compuesto en volumen después de la arcilla, facilita la fusión del cuarzo y las arcillas y da estabilidad a las pastas, tanto en el sector de los azulejos, como en el de vajillas y cerámica sanitaria. En esta industria es un componente mayoritario en la producción de esmaltes y fritas.

En el vidrio, es una materia prima muy importante al reducir la temperatura de fusión (ahorro de energía), ayuda al control de la viscosidad del vidrio y aporta a la calidad, dureza, durabilidad y resistencia a la corrosión química.

Otros usos: Debido a su estabilidad, se encuentra en pinturas, gomas, abrasivos, electrodos de soldadura, espumas, asfaltos, etc.

Las aplicaciones de las arenas feldespáticas son la construcción y la cerámica (pastas).

PRODUCTORES ESPAÑOLES

MIEMBROS DE AINDEX

Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA)

Industrias del Cuarzo, S.A.

Llansá, S.A.

3.9 Fluorita (Espato flúor)

DEFINICIÓN

La Fluorita es un mineral cuyo componente económico principal es F_2Ca . El mineral y los productos vendibles tienen el mismo nombre. Su nombre industrial es Espato Flúor. Las impurezas y la granulometría de los concentrados condicionan los posibles usos.



Figura 15. Fluorita.

TIPOS

Según el contenido de F_2Ca del concentrado, se fija la denominación del producto minero:

- **Grado ácido:** contenido superior al 97% de F_2Ca .
- **Grado metalúrgico:** contenido superior al 70% de F_2Ca .
- **Grado cerámico:** contenido inferior al 70% de F_2Ca .

APLICACIONES

La Fluorita se usa por sus propiedades químicas (es un fluoruro de calcio y, como consecuencia, es una fuente del elemento químico "flúor") y por sus propiedades físicas (por ejemplo, como fundente).

- Grado ácido

Industria química

Ácido fluorhídrico / Productos inorgánicos Fluorados: a partir del ácido fluorhídrico se obtienen productos utilizados en numerosas aplicaciones indispensables para la vida diaria: refrigeración, aire acondicionado, polímeros especiales para la industria química, fabricación de tejidos impermeables y transpirables (Teflon®, Gore-Tex®), aluminio, mateado de vidrio, paneles solares, semiconductores, vidrio, cerámica, industria nuclear, refinado de petróleo, acero inoxidable, suelos autonivelantes, etc.

- Grado metalúrgico

Si el tamaño de los granos es suficientemente grueso, se utiliza como fundente en la siderurgia. Los productos más finos se utilizan en la industria del cemento y la cerámica.

- Grado cerámico

Se utiliza en la industria del cemento y la cerámica.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
MPD Fluorspar, S.L. (Grupo MINERSA).

3.10 Glauberita-Thenardita (sulfato sódico natural)

DEFINICIONES

La Glauberita es un sulfato sódico natural de fórmula química $\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$.

La Thenardita es un sulfato sódico natural de fórmula química Na_2SO_4 .



Figura 16. Glauberita.



Figura 17. Thenardita.

APLICACIONES

Glauberita: el sulfato sódico se utiliza en los detergentes en polvo; la pasta de papel; la industria textil; la fabricación del vidrio; la síntesis de enzimas (elaboración de vinos), la alimentación humana y animal; productos de farmacia; la química de base en general y los procesos siderúrgicos.

Thenardita: mismas aplicaciones que la Glauberita.

PRODUCTORES ESPAÑOLES

MIEMBROS DE AINDEX

Glauberita

Compañía Minera Río Tirón, S.A.
(Grupo industrial Crimidesa).

Minera de Santa Marta, S.A. (Grupo SAMCA).
S.A.U Sulquiza (Grupo MINERSA).

Thenardita

Minera de Santa Marta, S.A. (Grupo SAMCA).

3.11 Leonardita

DEFINICIÓN

Es una sustancia vegetal humificada, muy rica en materia orgánica y ácidos húmicos.



Figura 18. Explotación minera del Grupo SAMCA.

Fuente: Grupo SAMCA.



Figura 19. Leonardita en forma granulada. Fuente:

Desarrollo Agrícola y Minero S.A. (Grupo SAMCA).

APLICACIONES

Se emplea en agricultura (agricultura ecológica, fisioestimulantes, activadores metabólicos, optimizadores de cosecha, mejoradores de suelo, inductores de defensas, micronutrición, agrohigiene y fitoprotectores).

Otras aplicaciones se encuentran en campos como la extracción de petróleo (lodos de perforación a base de agua y medio ambiente (filtros en depuradoras y para la rehabilitación de suelos en mal estado por contaminaciones).

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Desarrollo Agrícola y Minero S.A. (Grupo SAMCA).

3.12 Magnesita

DEFINICIONES

Hay que diferenciar entre Magnesita y Magnesia. La Magnesita (magnesita cruda) tiene como fórmula química $MgCO_3$ y la Magnesia (magnesita calcinada) tiene como fórmula química MgO .

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LA MAGNESIA

Existen diferentes métodos de obtención de la Magnesia. El proceso seco (calcinación de la magnesita mineral extraída) es el método utilizado en España.

La reacción química que tiene lugar al calentar la Magnesita (carbonato de magnesio natural) es la siguiente:

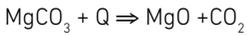


Figura 20. Vista general de la explotación "El Quinto" en Eugui. Fuente: Magnesitas Navarras, S.A.

TIPOS DE MAGNESIA

En función de la materia prima y de las aplicaciones, la calcinación de la Magnesita se realiza entre $700-1.800^{\circ}C$ (ligeramente calcinada, cáustica y sinterizada).



Figura 21. Explotación. Fuente: Magnesitas de Rubián, S.A.



Figura 22. Magnesia.



Figura 23. Magnesita..

APLICACIONES

Magnesita

La obtención de Magnesita de grado químico o de calidad refractaria.

Para uso directo en la neutralización de suelos.

Magnesia

Calidad refractaria: sector de refractarios (sinter).

Cáustica: alimentación animal y humana (refino de azúcar); agricultura (fertilizantes, corrector de suelos ácidos y aporte de magnesio) y aplicaciones ambientales (tratamiento de aguas residuales, remediación de suelos contaminados por metales pesados e hidrocarburos y desulfuración de gases).

PRODUCTORES ESPAÑOLES
MIEMBROS DE AINDEX
Magnesitas Navarras, S.A.
Magnesitas de Rubián, S.A.

3.13 Mica

DEFINICIÓN

Las Micas son minerales pertenecientes a un grupo numeroso de silicatos de alúmina, hierro, calcio, magnesio y minerales alcalinos, dentro del subgrupo de los filosilicatos. Generalmente se encuentran en rocas ígneas tales como el Granito y se presentan en forma de estructura laminar.

TIPOS

Los tres tipos de Mica más abundantes son la Flogopita, Biotita y Moscovita, siendo esta última la más interesante desde el punto de vista industrial. La Moscovita es un aluminosilicato potásico, transparente e inerte.

APLICACIONES

Las principales aplicaciones de la Mica moscovita son: las pinturas arquitectónicas y barnices (como carga o relleno), sector de la automoción (pinturas, materiales de fricción), plásticos, electrodos de soldadura, pinturas de fundición, polvos de extintores (como retardante), cosmética, joint-compound y otros.

PRODUCTORES ESPAÑOLES

MIEMBROS DE AINDEX

Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA)

Caolines de Vimianzo, S.A.U.



Figura 24. Mica moscovita. Fuente: Caolines de Vimianzo, S.A.U.

3.14 Monacita gris

DEFINICIÓN

La Monacita gris es un fosfato de tierras raras que se caracteriza por su alto contenido en neodimio y europio y sus bajas concentraciones en torio y uranio. Las tierras raras son los elementos del bloque 'f' de la tabla periódica correspondiente al grupo de los lantánidos, además del ytrio y el escandio.



Figura 25. Monacita gris. Fuente: Quantum Minería, S.L.

APLICACIONES

Las aplicaciones principales de las tierras raras son las siguientes:

- Imanes permanentes (de neodimio-hierro-boro), que se emplean en la fabricación de herramientas inalámbricas y motores, principalmente para vehículos eléctricos y aerogeneradores.

- Industria aeroespacial y defensa.
- Productos de alta tecnología tales como móviles, ordenadores, tablets, altavoces, discos duros, fibra óptica, etc.
- Medicina.
- Aleaciones metálicas.
- Luminiscencia (materiales fosforescentes y fluorescentes).
- Catalizadores y procesos químicos.
- Cerámicas y cristales.
- Otras aplicaciones: fabricación de fertilizantes, para el tratamiento de aguas, como aditivos para los pigmentos, en joyería, etc.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
CON PROYECTO MINERO DE TIERRAS RARAS
Quantum Minería, S.L.

3.15 Ogres (óxidos de hierro naturales)

DEFINICIÓN

Son rocas ferruginosas formadas mayoritariamente por minerales de hierro (óxidos, carbonatos...). Aunque el término "ocre" se refiere técnicamente a rocas ferruginosas con tonos de colores amarillos, marrón, marrón-amarillento, en alguna bibliografía se engloba en la categoría "ogres" a toda roca ferruginosa que puede generar un color como pigmento. Los pigmentos naturales más habituales provienen de los siguientes minerales: hematites, goethita y magnetita. Dichos pigmentos son amplia e históricamente utilizados en muchas y variadas aplicaciones, compitiendo también con pigmentos de origen sintético.

APLICACIONES

Algunas de las aplicaciones de los mencionados pigmentos naturales son: pinturas y recubrimientos; construcción (asfalto, cementos, morteros, etc.); vidrio; esmaltes y fritas cerámicas; electrodos de soldadura; etc.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Productos Minerales para la Industria,
S.A.

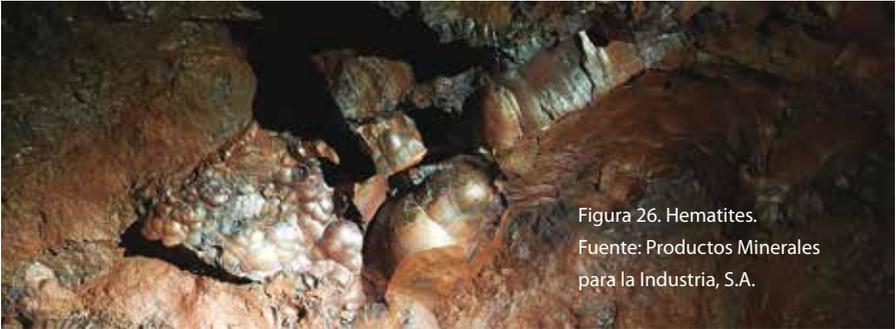


Figura 26. Hematites.
Fuente: Productos Minerales
para la Industria, S.A.

3.16 Potasa

DEFINICIÓN

El término Potasa o Potasas tienen carácter genérico; se refieren tanto a las menas minerales de interés industrial (Silvinita y Carnalita), como a los productos refinados (cloruro de potasio, sulfato de potasio).

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LA POTASA

En España la obtención de Potasa se realiza mediante minería subterránea tradicional, con excavación de galerías y extracción del mineral para su posterior procesado.

APLICACIONES

Se emplea en fertilizantes.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
CON PROYECTO MINERO DE POTASA
Geoalcali, S.L.



Figura 27. Potasa.

3.17 Sal Gema

DEFINICIÓN

La Sal Gema o Sal mineral también recibe el nombre de halita (cloruro sódico o Sal común – NaCl).

MÉTODOS DE OBTENCIÓN DE LA SAL COMÚN

Existen dos vías para su obtención:

- Beneficio de salmueras naturales (salinas marinas y salinas de interior) .
- Laboreo minero (explotaciones de halita, sal gema o sal de roca).

En esta guía nos centraremos en la Sal Gema que es la propiamente minera.

APLICACIONES

Se utiliza en alimentación humana o animal, vialidad invernal, descalcificación y aplicaciones industriales.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Ibérica de Sales, S.A. (Grupo MINERSA).



Figura 28. Sal gema. Fuente: Ibérica de Sales, S.A. (Grupo MINERSA).

3.18 Turba

DEFINICIÓN

La Turba es un material orgánico, de color pardo oscuro y rico en carbono. Está formado por una masa esponjosa y ligera en la que aún se aprecian los componentes vegetales que la originaron.

TIPOS

Se pueden clasificar en dos grupos:

- Las Turbas rubias tienen un mayor contenido en materia orgánica y están menos descompuestas.
- Las Turbas negras tienen un menor contenido en materia orgánica y están más mineralizadas.

APLICACIONES

Se emplea en agricultura (sustrato agrícola, mejorador de suelos, fertilizantes, base captadora y aportadora de nutrientes y absorbente de humedad de riego y natural), jardinería (sustratos) y otros usos industriales (absorbente de aceites, filtración de aguas y drenaje de agua de escorrentía).

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Turberas de Buyo y Gistral, S.A. (Tolsa).



Figura 29. Turbera. Fuente: Turberas de Buyo y Gistral, S.A. (Tolsa).

3.19 Wollastonita

DEFINICIÓN

La Wollastonita es un silicato cálcico natural (CaSiO_3).



Figura 30. Wollastonita. Fuente: Grupo industrial Crimidesa.

APLICACIONES

Se utiliza en la cerámica refractaria; pinturas (aditivo); el sector del vidrio; cemento; la industria del papel; medicina (su característica como mineral bioactivo le confiere una nueva aplicación en los implantes de huesos sintéticos) y medio ambiente (su cualidad de “adsorción química” lo constituye como un mineral -utilizable junto con los carbonatos- que lo acompañan en los yacimientos- en los procesos de corrección y restauración ambiental, ya que hace que precipiten los metales pesados originados por el Drenaje Ácido de Minas y los fija de forma permanente a su estructura, impidiendo su redisolución posterior, aunque perduren las condiciones ácidas de las aguas afectadas). Gracias a su estructura en forma de aguja, se ha convertido en uno de los aditivos más importantes de alto desempeño en el mundo de los materiales plásticos reforzados con fibras, para los plásticos de ingeniería y de desempeño mejorado.

PRODUCTOR ESPAÑOL MIEMBRO DE AINDEX
Grupo industrial Crimidesa.

3.20 Yeso

DEFINICIÓN

El Yeso o Aljez, es un mineral compuesto de sulfato de calcio dihidratado ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) así como una roca sedimentaria evaporítica.



Figura 31. Yeso.



Figura 32. Cantera de Yeso. Fuente: Yesos Juárez, S.L.



Figura 33. Planta. Fuente: Yesos San Martín, S.A.

APLICACIONES

Construcción: hay diferentes productos:

- Productos en polvo: Yesos, escayolas, adhesivos a base de Yeso, etc.
- Productos prefabricados de Yeso y escayola: paneles, placas para techos, molduras, etc.
- Placa de Yeso laminado.

Otros usos: cerámica, agricultura, medicina, farmacia y cosmética, industria química, alimentación, medio ambiente, pinturas y fabricación de tizas para escritura.

PRODUCTORES ESPAÑOLES

MIEMBROS DE AINDEX

Pladur Gypsum, S.A.U. (Etex)

Yesos Juárez, S.L.

Yesos San Martín, S.A.

4. PROCESO PRODUCTIVO

FASES

De manera general, las fases del proceso minero son las siguientes:

Exploración e investigación

La exploración y la investigación se llevan a cabo para determinar las reservas y las características de los minerales de los yacimientos.

Explotación

La explotación de los minerales industriales se realiza por minería a cielo abierto, minería subterránea o minería por disolución.

- *Minería a cielo abierto*

En la minería a cielo abierto, se pueden considerar las siguientes etapas:

- Arranque: el arranque del estéril o del mineral se puede realizar bien con medios autopropulsados o bien con explosivos.

- Carga y transporte: para llevar el mineral a la planta de tratamiento y los estériles hasta las escombreras para su posterior restauración.

- Restauración: considera las actuaciones complementarias para restaurar el terreno explotado.

En la mayoría de los minerales industriales, predomina la explotación a cielo abierto.

- *Minería subterránea*

En la minería subterránea, se pueden considerar las siguientes etapas:

- Perforación: para preparar las voladuras de arranque con explosivos. Se utilizan, para ello, perforadoras.



Figura 34. Voladura. Fuente: MOVITEX, S.L.



Figura 35. Perforación. Fuente: MOVITEX, S.L.

- Arranque: para excavar el mineral. Los equipos utilizados son rozadoras, para materiales blandos y semiduros, o minadores continuos, para galerías y cámaras.

- Transporte: para el traslado de los minerales desde la mina hasta la planta de tratamiento.



Figura 36. Minería subterránea. Fuente: Magnesitas de Rubián, S.A.

- **Minería por disolución**

Consiste en la disolución del mineral con o sin reactivos en condiciones determinadas de presión y temperatura. Puede ser por disolución en piscinas o por disolución mediante sondeos profundos. Un ejemplo de disolución lo encontramos en la explotación del sulfato sódico natural (Glauberita o Thenardita) y otro en la extracción de halita en domos de sal.

Plantas de tratamiento

Las operaciones más destacables en el tratamiento de minerales industriales son las siguientes:

- **Trituración y molienda**

El objetivo es reducir el tamaño del mineral hasta alcanzar las granulometrías apropiadas.

- Trituración: puede ser primaria, secundaria o terciaria. En la primaria se utilizan machacadoras y en la secundaria y terciaria trituradoras.

- Molienda: se utilizan molinos. Existen molindas especiales o micronizado cuyo objetivo es la reducción de tamaños hasta 1 micra (una milésima de milímetro).



- **Clasificación**

La clasificación por tamaños se realiza mediante cribado, ciclonado, hidrociclonado o separación mecánica.

- **Concentración**

La concentración del mineral puede ser gravimétrica, electrostática o magnética.

- **Filtración**

Se utilizan filtros de mangas (para separación aire/sólido) o filtros prensa (para separación líquido/sólido).

- **Secado**

Los productos vendibles se someten a un proceso de secado empleando, para ello, secadores rotativos, estáticos o de lecho fluidizado.

- **Otras operaciones**

Otras operaciones auxiliares son: alimentación, transporte, bombeo y tratamiento de residuos.

- **Procesos especiales**

Para obtener productos de mayor valor añadido, algunos minerales industriales se someten a procesos especiales. Destacan los siguientes:

- Procesos de activación: ácida, básica, orgánica, mediante los que se altera la estructura o la composición química del mineral.

- Empleo de aditivos.

- Laminación: con trenes de laminación.

- Envasado y /paletizado: con envasadoras y paletizadores.

Figura 37. Minería de disolución. Explotación de sulfato sódico de S.A.U Sulquisa (Grupo MINERSA).



Figura 38. Planta Orera. Fuente: MYTA, S.A. (Grupo SAMCA).

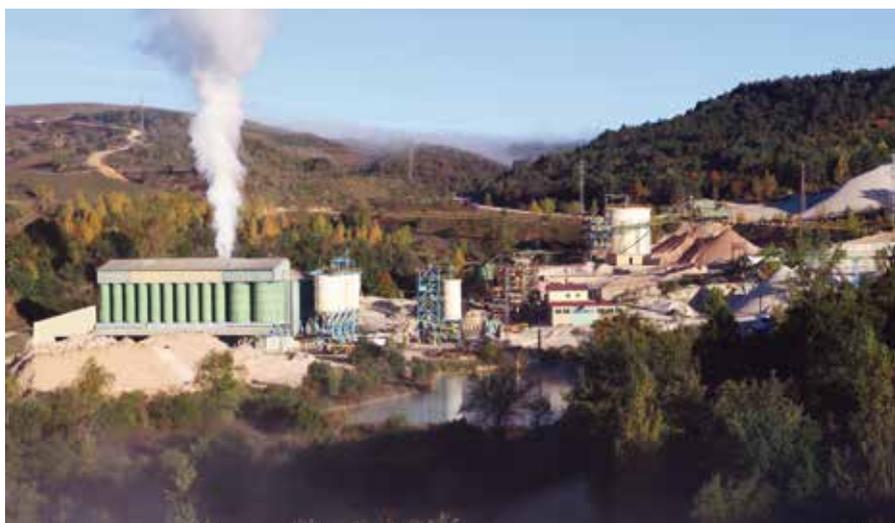


Figura 39. Planta. Fuente: Eusebio Echave, S.A. (Grupo Sainsa).



Figura 40. Planta. Fuente: Yesos Juárez, S.L.

Restauración

Aunque en general se emplean indistintamente, hay que diferenciar entre restauración y rehabilitación (o recuperación). La restauración es el conjunto de técnicas y procedimientos para reponer exactamente las condiciones originales de los terrenos alterados y con la rehabilitación o recuperación se pretende conseguir un uso diferente.

Para restaurar un espacio minero, hay que decidir previamente el uso posterior a la operación que se puede desarrollar en dicho espacio. La selección del uso final es compleja porque depende de las alteraciones previstas; del entorno natural (suelos, clima, disponibilidad de agua); del entorno social, ecológico y paisajístico y de los condicionantes económicos de la empresa explotadora.



Figura 41. Cantera durante la explotación. Fuente: Clariant Ibérica Producción, S.A.



Figura 42. Cantera después de la restauración. Fuente: Clariant Ibérica Producción, S.A.

El uso final seleccionado debe ser elegido al inicio del proyecto y modificable por cambios de éste, debe haber soluciones diferenciadas por zonas de explotación y dicho uso debe ser sostenible técnica y económicamente sin tutela empresa explotadora. Los usos posibles son los siguientes:

- Agropecuario.
- Depósito de agua.
- Depósito de residuos.
- Forestal.
- Industrial.
- Recreativo.
- Reserva natural, conservación y creación de hábitats.
- Urbanístico.

5. LOS MINERALES INDUSTRIALES Y EL MEDIO AMBIENTE

5.1 Aspectos ambientales

Normalmente los impactos ambientales producidos son temporales y localizados, de modo que no pueden considerarse como riesgos ecológicos importantes.

En esta industria, el impacto de los residuos es pequeño. Además, los residuos producidos son estériles inertes, es decir, no tienen potencial contaminante (no son agresivos para el medio ambiente). Se depositan en escombreras, o se emplean posteriormente para rellenar los huecos excavados, en la restauración de los terrenos.

Las empresas deben ser especialmente cuidadosas en la protección del aire (control del polvo, del ruido y de la emisión de gases a la atmósfera); del agua (reciclado y depuración); del suelo y de la vegetación (aplicación de medidas que minimicen su pérdida) y del paisaje (aplicación de prácticas orientadas a ocultar las superficies y estructuras que pueden causar impacto paisajístico).

Un ejemplo de la explotación cuidadosa con el medio ambiente es la minería de transferencia en la que los huecos se van rellenando progresivamente, a medida que avanza la excavación, con los estériles generados, de manera que se logra una recuperación casi inmediata de los terrenos afectados. Permite la restauración por fases sin tener que esperar a restaurar al final de la vida útil de la explotación.



Todos los socios de AINDEX tienen constituidos avales suficientes para devolver al medio ambiente su estado inicial o mejorado.

Nuestras empresas se preocupan por el ahorro de recursos y energía (reducción del consumo de agua, disminución del consumo de materias primas, ahorro de energía eléctrica, y reducción del consumo de combustible) realizando diferentes actuaciones para ello.

Cada vez más explotaciones cuentan con un sistema de gestión ambiental. (series ISO 14000, EMAS, etc.)

La industria extractiva es cada vez más transparente: las jornadas de puertas abiertas y las visitas guiadas son cada vez más frecuentes y contribuyen, de manera significativa, al aumento de la confianza recíproca que debe establecerse entre los habitantes de la zona y las entidades explotadoras de los yacimientos.

Una adecuada restauración de las canteras, puede contribuir al bienestar de los habitantes de la zona cuando son rehabilitadas como espacios naturales o como lugares para actividades de ocio.

Una cantera es, generalmente, un elemento de vital importancia para muchas economías locales, especialmente en algunas regiones rurales donde prácticamente todos los habitantes están ligados a la actividad de la cantera, en forma de empleo directo o indirecto (empresas proveedoras o consumidoras de productos de la explotación).

Figura 43. Minería de transferencia. Operaciones.

5.2 Problemática de la restauración

La minería produce una serie de impactos en el medio ambiente: paisaje, suelo, vegetación y sistemas hídricos (superficiales y subterráneos). La restauración es un conjunto de técnicas y procedimientos para aminorar dichos impactos, pero hay que ampliar el concepto de restauración teniendo en cuenta la sostenibilidad, lo que significa que los terrenos restaurados tienen que ser autosuficientes en el largo plazo (técnica y económicamente), sin concurso de la empresa explotadora y aportar un beneficio al entorno social (paisajístico, cultural, ocio, económico...).

El desarrollo sostenible es el que satisface las necesidades actuales sin poner en peligro la capacidad de las futuras generaciones de satisfacer sus propias necesidades.

CRITERIOS DE SOSTENIBILIDAD EN EL SECTOR MINERO

Antes de la explotación:

- Estudio de viabilidad económica, social y ambiental.
- Evaluación de impacto ambiental.
- Compatible con los usos del territorio.

Durante la explotación:

- Aplicación de las mejores tecnologías disponibles.
- Buenas prácticas industriales.

Después de la explotación:

- Restauración paisajística: reforestaciones, etc.
- Promover otros usos y actividades en los edificios e instalaciones.

5.3 Ejemplos de restauración

A continuación, se exponen casos reales de restauración en explotaciones de empresas asociadas a AINDEX.

5.3.1 Restauración y apantallamiento visual en la explotación de yesos "Llano del Olivar" (Madrid).

En la explotación de yesos "Llano del olivar", gestionada por la empresa Yesos San Martín, S.A., se pusieron en práctica diversas medidas integradas en las labores para reducir el impacto visual (sembrando árboles en el perímetro de la cantera e instalando una malla de ocultación en torno a la fábrica) y para restaurar progresivamente las áreas ya explotadas.

5.3.2 Trabajos de restauración simultáneos a la explotación en la cantera de yesos en Valdemoro (Madrid).

En la explotación de yesos perteneciente a la empresa Pladur Gypsum, S.A.U. (Etex) situada en Valdemoro, se aplica el esquema de trabajo explotar-restaurando, restaurar-explotando. Partiendo de un riguroso diseño de la explotación donde se encuentran integrados los trabajos de restauración y que ha previsto todo lo relativo a accesos, pistas, drenajes, etc., antes del inicio de la actividad. Tras las labores de extracción y de acondicionamiento topográfico, se procede a la revegetación con especies variadas y adecuadas de las superficies rellenadas, para finalmente realizar el mantenimiento de zonas revegetadas.

Figura 44. Vista general de las áreas restauradas de la explotación de yesos "Llano del Olivar".





Figura 45. Zona restaurada de la cantera de yesos en Valdemoro.

5.3.3 Utilización de minería de transferencia y dimensionado de huecos en la cantera de arcillas especiales en Yuncos (Toledo).

En esta cantera, el método de explotación utilizado por Clariant Ibérica Producción, S.A. es el de minería de transferencia y el área visiblemente afectada por el hueco minero es pequeña, facilitando así la minimización del impacto visual y agilizando el relleno de los huecos producidos.

Los trabajos se desarrollan en tres fases: arranque y acopio de tierra vegetal, extracción de estéril y mineral y restauración de las zonas explotadas.



Figura 46. Situación durante la explotación de la cantera de arcillas especiales en Yuncos.



Figura 47. Situación final tras la restauración.

5.3.4 Restauración de las escombreras de la Mina Esther en Arraia – Maetzu (Álava).

La empresa Eusebio Echave, S.A. (Grupo Sainsa), tiene otorgada en origen, 1977, la concesión de la explotación minera denominada "Esther" que ocupa una superficie total de 26.685 pertenencias mineras, repartidas entre los municipios de Arraia-Maetzu, Elburgo, Alegría, Iruraiz-Gauna, San Millán, Arlucea-Marquínez, Parzonería de Encía, Valle de Harana, Campezo, Bernedo, Zambrana, Peñacerrada, Comunidad de Laño, Pipaón y Peñacerrada y Lagrán, en el territorio histórico de Álava y Condado de Treviño, de la provincia de Burgos.

En las siguientes fotografías se presenta la evolución de la restauración de la escombrera exterior de dicha explotación minera.



Figura 49. Estado de la escombrera (2007).



Figura 50. Estado de la escombrera (2008).



Figura 48. Estado de la escombrera exterior (2004).



Figura 51. Estado de la escombrera (2009).



Figura 52. Escombrera exterior (mayo de 2018).

5.3.5 Restitución de los espacios mineros en el entorno Parque Natural del Alto Tajo

La empresa CAOBAR, S.A., junto con un grupo multidisciplinar de investigadores englobados bajo el nombre de Restauración Geomorfológica (RG), realizó este trabajo sobre una Zona Periférica de Protección del Parque Natural del Alto Tajo, donde dicha empresa tiene dos explotaciones de caolín sobre terrenos de elevada pendiente en los valles del río Tajo y sus afluentes. Dicho trabajo tuvo como objetivo el control y la vigilancia del estado de las aguas de los cursos fluviales del Alto Tajo, así como de las emisiones desde las minas previa retención de sedimentos en unos sistemas de balsas construidas al efecto, restituyendo ecosistemas y paisajes mediante restauración geomorfológica (centrada en el diseño y reconstrucción de geoformas similares a las 'naturales' en lugares transformados por la minería a cielo abierto), con el objetivo de que su resultado fuera estable y autosostenible en el tiempo.

Este trabajo fue ganador del II Premio Minería y Metalurgia Sostenibles entregado dentro II Foro de Desarrollo Minero – Metalúrgico Sostenible, que tuvo lugar el 12 y 13 de mayo 2015.

Los modelos de restauración geomorfológica desarrollados por CAOBAR, S.A. han sido escogidos como BAT (Best Available Techniques) dentro del documento Reference Document for the Management of Waste from the Extractive Industries del Joint Research Centre de la Comisión Europea.

5.3.6 Rehabilitación integral de terrenos en la concesión de explotación "MARA II" en Orera (Zaragoza).

La empresa MYTA, S.A. (Grupo SAMCA) viene explotando en Orera (Zaragoza) un yacimiento de arcillas sepiolíticas absorbentes desde el año 1986, a través de varias minas, que se han ido simultaneando y sucediendo en el tiempo.



Figura 53. Restauración geomorfológica previa a la fase revegetativa en la explotación Machorro (CAOBAR, S.A.).

En el tiempo transcurrido desde entonces, en la primera de dichas minas se ha podido completar el ciclo de una explotación minera desde el inicio de los trabajos de extracción a la restauración completa de los terrenos afectados por la explotación minera y el cierre de la misma, continuando la explotación en las demás.

También se ha llevado a cabo lo que podríamos llamar "restauración jurídica" ya que gran parte de los terrenos adquiridos en su día para desarrollar la explotación han retornado a sus propietarios iniciales, con base en un convenio suscrito con el Ayuntamiento de Orera. Este Ayuntamiento adquirió los terrenos de los propietarios de los terrenos que no estuvieron interesados en su readquisición.

En las siguientes imágenes se muestra el resultado de la rehabilitación de los terrenos afectados por la explotación minera.



Figura 55. Vista general de los taludes restaurados.



Figura 56. Detalles de los taludes restaurados.



Figura 54. Vista de las plataformas superiores restauradas, al fondo la planta.



Figura 57. Detalles de los taludes restaurados.



Figura 58. Detalles de los taludes restaurados.

En el año 2010 MYTA, S.A. finalizó la explotación y restauración de una superficie total de 16,3 ha en dicha explotación minera.

El Servicio Provincial de Industria de Zaragoza del Gobierno de Aragón revisó la restauración de dichos terrenos y emitió informe favorable a la misma, que consideró concluida.

La rehabilitación de dichos terrenos les devolvía su aptitud para el uso agrícola que inicialmente tuvieron, por lo que MYTA, S.A., en colaboración con el Ayuntamiento de Orera, procedió a ofrecer a los antiguos propietarios de dichos terrenos o sus herederos la posibilidad de recuperar una superficie en el suelo restaurado equivalente a la de los terrenos que en su día les fueron adquiridos.

La respuesta de los antiguos propietarios o sus herederos a dicha oferta fue altamente positiva, de modo que más de la mitad de la superficie de uso agrícola resultante de la rehabilitación de los terrenos fue adquirida por ellos, haciéndose el Ayuntamiento de Orera propietario del resto de la superficie.

De este modo, se consiguió cerrar de una manera integral el ciclo de explotación y restauración, procediendo no sólo a devolver a los terrenos afectados por la explotación minera su uso agrícola previo, sino facilitando además la vuelta de la propiedad de los mismos a los propietarios que en su día los vendieron a la empresa minera.

5.3.7 Rehabilitación integral de terrenos en la concesión de explotación "NAVAS" en Navas de Oro (Segovia).

La empresa Euroarce Minería, S.A. (Grupo SAMCA), anteriormente denominada Arcillas y Feldespatos Río Pirón, S.A., al amparo de la Concesión de Explotación "NAVAS" nº 896, viene desarrollando desde el año 1986 su actividad extractiva de arenas fel-



Figura 59. Vista de las parcelas de cultivo sobre las plataformas.



Figura 60. Vista de las parcelas de cultivo sobre las plataformas.

despáticas en un Monte de Utilidad Pública en la provincia de Segovia, propiedad del Ayuntamiento de Navas de Oro.

En líneas generales, el proceso de restauración en dicha explotación consiste en la regeneración de las superficies afectadas por la explotación con su propio mineral estéril. Posteriormente se extiende una capa de tierra vegetal sobre la superficie previamente regenerada y se siembran pinos en una malla real de 4 x 4 metros tal como requiere el órgano gestor del monte. (Véanse las figuras 61, 62 y 63).



Figura 61.



Figura 62.



Figura 63.

El proceso implica la realización de hoyos, colocación de la planta, aditivación de nutrientes y colocación de cortezas de pino en el alcorque donde se ha plantado para evitar la formación de hierbas que impiden el crecimiento del pino. También se siembran especies herbáceas en el resto de la superficie regenerada para fijar perfectamente el suelo de tierra vegetal extendida. Por último, se instala una red de riego por goteo con control automático, que se mantiene activa hasta que el pino alcanza el porte necesario para ser autosuficiente. (Véase la figura 64).



Figura 64.

En 2010, las labores de restauración en dicha explotación permitieron contar con terrenos restaurados en los que la madurez de los árboles plantados y la superficie ocupada por los mismos tenían la suficiente entidad como para poner fin a la ocupación de los mismos por parte de la empresa minera y proceder a su entrega al municipio. Para ello se contó con el visto bueno del Servicio Territorial de Medio Ambiente de la Junta de Castilla y León en Segovia, que se encargó de comprobar que la madurez de los árboles plantados y la superficie ocupada por los mismos tenía la suficiente entidad como para poner fin a su ocupación. (Véase la figura 65).



Figura 65.

Así, en abril de 2010, representantes municipales y de la explotación minera suscribieron el acta de entrega de los primeros terrenos que la empresa devolvía al Ayuntamiento tras su explotación y total restauración.

Sin duda, supone una buena muestra de cómo la explotación minera en una zona forestal puede cubrir el ciclo completo de la rehabilitación de los terrenos, hasta devolverlos al mismo uso inicial.

5.3.8 Restauración del frente activo: “Laminoria” de la Mina Esther Arraia – Maetzu (Álava).

La empresa Eusebio Echave, S.A. (Grupo Sainsa) inicia su actividad empresarial a finales de los años 50, con el objeto de explotar la arena silíceica que afloraba en el Paraje de Laminoria, en el municipio alavés de Arraia-Maetzu. En la siguiente serie de fotografías se pueden observar las zonas restauradas en el Frente sureste.



Figura 66. Frente sureste, preparando terreno para la siembra (noviembre de 2006).



Figura 67. Frente sureste, en restauración (mayo de 2008).



Figura 68. Frente sureste, en siembras (octubre de 2009).



Figura 69. Frente sureste, nascencias (abril de 2010).



Figura 70. Frente sureste, plantación (2011).



Figura 71. Estado del frente sureste (mayo de 2014).



Figura 72. Estado del frente sureste (mayo de 2018).

5.3.9 Consolidación, rehabilitación y racionalización de escombrera de estériles en la concesión de explotación "PLATAS" en Villarrubia de Santiago (Toledo).

La empresa Minera de Santa Marta, S.A., dedicada a la explotación de sulfato sódico, adquirió en el año 2008 la explotación de Glauberita y Thenardita denominada históricamente como Mina El Castellar, en el término municipal de Villarrubia de Santiago (Toledo). Dicho complejo minero cuenta con una mina subterránea, su establecimiento de beneficio y una escom-

brera en la que se depositan los estériles resultantes del proceso minero.

Dicha escombrera se encontraba en el momento de su adquisición en una situación irregular, por haberse iniciado sin contar con todas las autorizaciones necesarias. Al convertirse Minera de Santa Marta, S.A. en titular de la misma, se inician los trabajos necesarios para, en primer lugar, proceder a su completa

legalización y, en segundo lugar, acometer las actuaciones necesarias para mejorar su estabilidad y reducir su afección paisajística, por cuanto en ese momento suponía una amplia superficie de estériles muy visible desde diversos puntos circundantes por su característico color blanco.

En las siguientes imágenes (figuras 73, 74 y 75) se muestra la evolución del proceso de restauración una vez conformada la topografía final de la escombrera adaptada a las características morfológicas del paisaje en el que se integra.



Figura 73.



Figura 74.



Figura 75.

En el desarrollo del proyecto está participando la Universidad de Castilla-La Mancha tanto en la adecuación morfológica como en relación con las especies que se utilizan en la revegetación con el objetivo de conseguir la mejor integración de esta en el entorno por su proximidad al L.I.C. "Yesares del Valle de Tajo". (Véanse las figuras 76, 77 y 78).



Figura 76.



Figura 77.



Figura 78.



Figura 79. Detalle del circuito de motocross.

Adicionalmente, los residuos mineros de la planta de beneficio se están utilizando en rellenar el hueco de una explotación de áridos abandonada por su titular, en concurso de acreedores, lo que contribuye a un menor volumen de la escombrera. Todas estas actuaciones se están llevando a cabo al amparo de la constitución de un coto minero de restauración, novedosa figura introducida por el Real Decreto 975/2009, promovido y aprobado por la Administración minera.

5.3.10 Utilización de una escombrera de estériles para circuito de motocross en Belorado (Burgos).

La empresa Minera de Santa Marta, S.A. posee otra explotación de sulfato sódico ubicada en Belorado (Burgos) en este caso la explotación es a cielo abierto y en las escombreras se depositan los estériles resultantes de la extracción del mineral. En el desarrollo de la explotación ha sido necesario construir varias escom-

breras que, en general, una vez rehabilitadas son puestas de nuevo en cultivo. En la primera de las escombreras construidas, totalmente restaurada, se cedió uno de los taludes al Ayuntamiento de Belorado para el trazado en el mismo de un circuito de motocross.

En la imagen (figura 79) se muestra una panorámica general de la planta y la explotación en la que se aprecia el circuito de motocross en la escombrera que se localiza en la esquina superior derecha de la imagen. Asimismo, puede verse también la integración morfológica y cromática de la escombrera en el paisaje. (Véase la figura 80).



Figura 80.

Las superficies de escombrera de baja pendiente se utilizan para cultivo como se aprecia en la siguiente imagen (figura 81), al fondo puede verse la explotación.



Figura 81.

En aquellos casos en los que no es factible el aprovechamiento agrícola se siembran de herbáceas para su aprovechamiento mediante pastoreo. (Véase la figura 82).



Figura 82.



Figura 83. Preparación del humedal (2011).

5.3.11 Creación de un humedal en la Mina Esther Arraia – Maetzu (Álava).

Entre 2012 y 2015, la restauración minera, realizada por la empresa Eusebio Echave S.A. (Grupo SAINSA), incluyó la creación de un humedal dentro de la explotación. En él y en las balsas mineras transformadas en humedales, se ha logrado la presencia de la fauna y flora propia, así como la recuperación de su función ecológica de refugio y alimentación para la fauna.

Las siguientes fotografías muestran la creación y evolución de un humedal.



Figura 84. Humedal (2011).



Figura 85. Humedal (2012).



Figura 86. Humedal (2018).



Figura 87. Balsa de regulación compatible con función de humedal lleno de vida (2011).



Figura 88. Cormoranes, Garzas, Azulones, Fochas, Porrón común europeo...

5.4 Ejemplos de buenas prácticas para la gestión del impacto medioambiental

Presentamos diferentes ejemplos de gestión medioambiental eficaz en explotaciones de minerales industriales.

5.4.1 Instalación de eliminación de polvo en la mina de feldespato potásico para cerámicas y vidrios en Carrascal del Río (Segovia).

Actualmente, la empresa Industrias del Cuarzo, S.A. (INCUSA) explota el mayor yacimiento europeo de arenas feldespáticas al Norte de la provincia de Segovia, en Carrascal del Río. Está certificada en Gestión Ambiental según la norma ISO 14.001, desde 2010.

La explotación está situada en un entorno de alto valor ecológico en los límites de un parque natural. Para mejorar la calidad de las emisiones atmosféricas de la instalación de secado, ésta consta de un sistema de ciclonado de alta eficiencia previo a la instalación de filtros manga.

Figura 89. Vista general de la explotación y planta.



5.4.2 Minería de transferencia y restauración en yacimientos de Sepiolita y Bentonita en Madrid y Toledo.

La empresa Tolsa, S.A. practica una minería por transferencia de estériles al hueco, evitando en lo posible la creación de acopios intermedios y su impacto visual.



Figura 90. Área general de la explotación.



Figura 91. Avance de la restauración.



Figura 92. Terreno restaurado.

5.4.3 Utilización de las escombreras para ocultar los frentes activos de las explotaciones mineras de caolín y sílices de la sociedad CAOBAR, S.A. en Poveda de la Sierra (Guadalajara).

La recuperación medioambiental de las áreas afectadas por las explotaciones mineras de la empresa CAOBAR, S.A. se basa en el desarrollo de las labores de restauración de forma progresiva con el avance extractivo y el consecuente abandono de las diferentes zonas que integran el ámbito territorial de las operaciones mineras (huecos, viales, infraestructuras, etc.). En sus dos explotaciones, María José y Machorro, se construyen las escombreras para ocultar los frentes activos de la vista, desde el pueblo de Poveda de la Sierra y desde el espacio protegido del Parque Natural del Alto Tajo, minimizando así el impacto visual de dichas explotaciones. La ocultación de la actividad minera se completa con la siembra y reforestación de las escombreras con especies adecuadas.



Figura 93. Restauración de escombrera en explotación María José (CAOBAR, S.A.)



Figura 94. Restauración de escombrera de la explotación Machorro (CAOBAR, S.A.).

5.4.4 Gestión del agua de proceso en la mina de feldespato potásico en Carrascal del Río (Segovia).

En el proceso de flotación de Industrias del Cuarzo, S.A. el porcentaje de recuperación o recirculación de aguas es del 95%. El 5% de pérdidas se debe a la humedad de los productos (evaporada posteriormente en los secaderos) y por la renovación necesaria en el circuito de aguas de flotación.

La depuración de las aguas antes de su vertido, se realiza en una instalación que consta de siete clarificadores, permite el control de pH y de varios parámetros en continuo, y los precipitados obtenidos se desecan mediante filtros prensa.



Figura 95. Celdas de flotación de feldespato.

5.4.5 Gestión de estériles de la planta de tratamiento en la explotación de yesos en Valdemoro (Madrid).

En la explotación de yeso propiedad de la empresa Pladur Gypsum, S.A.U. (Etex), el relleno empleado para el hueco minero es el estéril de la planta de tratamiento.

Cuando se realizan las voladuras, el material volado se selecciona en la planta de tratamiento. En dicha planta se obtienen el mineral válido que se utiliza en

las fábricas de yeso y el estéril que se retorna al hueco minero para la restauración. Previamente a la voladura, se retira la tierra vegetal y se conserva. Dicha tierra vegetal se extiende por encima del estéril con el que se ha rellenado el hueco minero. A continuación, se plantan las especies en la citada tierra vegetal.

Figura 96. Área restaurada.



5.5 Ejemplos de economía circular

La economía circular es un modelo económico cuyo objetivo es que los recursos materiales y energéticos se mantengan en el ciclo productivo durante el mayor tiempo posible, se minimice la generación de residuos y se maximice al aprovechamiento de aquellos cuya generación no se pueda evitar.

El modelo actual es lineal: extracción de materias primas, fabricación de productos, consumo de productos y eliminación de residuos. El modelo circular consiste en la extracción, fabricación y recuperación de materiales y sustancias de los residuos para posteriormente reincorporarlos, de forma segura, de nuevo al proceso productivo.

En diciembre de 2017, AINDEX firmó el Pacto por una Economía Circular 2018-2020. Dicho Pacto fue impulsado por los Ministerios de Agricultura y Pesca, Alimentación y Medio Ambiente y de Economía, Industria y Competitividad con el objetivo de implicar a los agentes económicos y sociales españoles en la transición hacia dicho modelo económico. A continuación, se muestran algunos ejemplos de nuestros asociados que promueven la economía circular.

5.5.1 *Los estériles de ayer futura materia prima en la mina de caolín en Vimianzo (A Coruña).*

Caolines de Vimianzo S.A.U. (CAVISA) es una empresa minera establecida en Galicia que explota y beneficia yacimientos de minerales industriales, en especial caolín, mica, y arenas silíceas en la Costa da Morte.

Durante los años 80, se explotaban los yacimientos caolíferos de la Costa da Morte exclusivamente para el abastecimiento al sector papelero, considerando estériles el resto de minerales y caolines que, por ejemplo, debido a su abrasión, no podían ser comercializados en dicho sector.

En los 90, con el comienzo del empleo de carbonatos en la industria papelera, se produce una gran crisis en la minería del caolín, pasando a abastecer otros sectores como el cerámico, caucho o pinturas, en los que sí eran válidos aquellos caolines considerados estériles.

Con el nuevo siglo se consideran relevantes otros minerales presentes (micas y arenas) con lo que comienza a desarrollarse fuertemente el interés por otros sectores y nuevamente se recuperan antiguos depósitos de estériles.

En la actualidad, los estériles finos generados se componen de mezclas de caolines, micas y arenas en proporción y granulometrías adecuadas para formulaciones en sectores estratégicos.

Como el consumo es inferior a la producción, la empresa deposita cuidadosamente los excedentes en la restauración de antiguas cortas para que puedan ser recuperados en el futuro.

Un conocido lema resume esta actividad: *“Entulleira de hoxe, mina de mañán”* (Escombrera de hoy, mina de mañana).

5.5.2 Explotación simultánea a la restauración en una cantera de sepiolita en Madrid.

La empresa Tolsa, S.A. productora de arcillas especiales, realiza la explotación por el método de transferencia de estéril que consiste en la combinación de explotación y restauración de las áreas, eliminando la instalación de vertederos permanentes. Se devuelve la tierra a los

agricultores y propietarios con un mejor rendimiento de los cultivos. Otro beneficio es la reducción de la huella de carbono por reducción del transporte.

Para la restauración y el cultivo agrícola se utilizan drones.

Figura 97. Terreno restaurado y en cultivo.



5.5.3 Los lagos creados en las antiguas cortas de caolín como reservas para el suministro de agua. Los terrenos recuperados con semillas y razas autóctonas.

Galicia no suele tener problemas de agua por sus abundantes precipitaciones a lo largo del año, pero debido al cambio climático esta situación está cambiando, lo que supone que los habitantes de la Costa da Morte en ocasiones cada vez más frecuentes sufran restricciones en el suministro de agua durante los veranos secos.

Los terrenos propiedad de la empresa se utilizan para plantar semillas autóctonas como el trigo, castaños... (Véase la figura 100) o para criar vacas de raza rubia gallega (Véase la figura 99).

Estas antiguas cortas de caolín restauradas como lagos proporcionan también reservas de agua dulce para los equipos de extinción de incendios y helicópteros para combatir los incendios forestales que azotan Galicia cada verano.



Figura 98. Lago.

En los lagos creados en las áreas restauradas de la explotación de caolín (véase la figura 98) se almacena una gran cantidad de agua, lo que ha hecho que el Ayuntamiento y Caolines de Vimianzo S.A.U. (CAVISA) firmaran un convenio para el suministro de agua desde dichos lagos hace años.



Figura 99. Vaquería de raza rubia gallega sobre una antigua mina restaurada.



5.5.4 Redimensionamiento de los envases y reducción de los residuos plásticos.

Tolsa, S.A. es una empresa productora de arcillas especiales situada en Madrid. Presenta el mayor yacimiento de Sepiolita del mundo y tiene grandes depósitos de atapulgita y yacimientos de Bentonita de alta calidad.

Figura 100. Siembra de Trigo del país sobre antiguas escombreras restauradas.

La empresa decidió redimensionar el formato de sus big-bag de Bentonita y Sepiolita para ajustar mejor los volúmenes en el transporte, consiguiendo así una reducción del peso unitario superior al 10%.

Tolsa



Grupo
SAMCA

MSM
MINERA DE SANTA MARTA, S.A.



DA Dolomías
de Aragón



Daymsa
Europe's leading producer of Leonardite



MINERSA
group



SEPIOLSA
Minersa Group



SULQUISA
Minersa Group



ibérica
de sales s.a.
Minersa Group



MAGNA
MAGNESITAS NAVARRAS



MGR
Magnesitas
de Rubián, S.A.



Geoalcali
a Highfield Resources
Company

incusa

Promindsa
FUNCTIONAL IRON OXIDES

PLADUR
ALGISS

Pasek

CANTERAS INDUSTRIALES, S.L.
Montevideo

BMI

CLARIANT

**Minas de
Valdecastillo, S.A.U.**

LLANSÀ

CASOCIPA
Silices y coqueles

Caobar, S.A.
CAOLINES Y SILICES
GUNDALAZARA

YESAMSA
YESOS SAN MARTIN, S.A.

CALyMAC
Calidad y Medio Ambiente Consultoría S.L.

Movitex
Operador Minero - Movimientos de Tierra - Perforación y Voladuras

CUMINER, S.A.
Cuarcitas y Minerales

LOS

MINERALES
industriales



AINDEX

Asociación Nacional de Industrias
Extractivas y Afines

www.aindex.es