

# Extracción, explotación, minería y proceso de tratamiento del yeso

J. CERULLA PARCERISA  
Iberyeso. Grupo BPB

Los últimos doscientos años de extracción y fabricación del yeso (efectuado inicialmente de forma rudimentaria y artesanal), han aportado una profunda evolución, transformando las primitivas formas de explotación hasta llegar a la minería actual.

*Palabras clave: yeso, extracción, explotación a cielo abierto, voladura*

## Extraction, strip mining and gypsum processing

The last hundred years of extraction and production of the gypsum (initially in a rudimentary and artisanal way) have deeply evolved transforming the primitive ways of exploitation until arriving to the present mining.

*Key words: gypsum, open pit, rock blasting*

## 1. INTRODUCCION

Los métodos de extracción, explotación, minería y proceso de tratamiento del yeso se diferencian de los realizados en otros yacimientos minerales, en que el yeso es un mineral blando -ocupa la segunda posición en la escala de dureza de Mohs- y su procedencia sedimentaria puede entrañar la presencia de ciertas impurezas, que aún, en pequeñas cantidades, pueden influir negativamente en el proceso posterior de fabricación.

### 1.1. Tipos de recursos minerales

El yeso, en función de su naturaleza, es un tipo de recurso mineral, que puede ser considerado dentro del apartado *Rocas y minerales industriales* y a su vez, dentro del denominado *Rocas y materiales de construcción*, siguiendo la clasificación que se expone a continuación:

#### • RECURSOS ENERGETICOS

##### A) NO RENOVABLES

- 1) Hidrocarburos
  - Petróleo
  - Gas Natural
  - Arenas asfálticas
  - Pizarras bituminosas
- 2) Carbones
  - Antracita
  - Hulla
  - Lignito
  - Turba
- 3) Uranio

##### B) RENOVABLES

- 1) Geotérmica
- 2) Hidroeléctrica
- 3) Mareomotriz
- 4) Solar
- 5) Eólica
- 6) Biomasa

#### • RECURSOS METALICOS

- a) Hierro y aleaciones del acero
- b) Metales "base" o "usuales"
- c) Metales ligeros
- d) Metales preciosos
- e) Otros

#### • ROCAS Y MINERALES INDUSTRIALES

- a) Rocas y materiales de construcción
- b) Fertilizantes
- c) Materiales para la industria química
- d) Otros

### 1.2. Yacimiento mineral

Diremos que las rocas y materiales de construcción se consideran yacimiento mineral cuando, ajustándose a la definición de éste, se presentan en un sector de la corteza terrestre en el que, a raíz de unos u otros procesos geológicos, se produjo la acumulación de los mismos pudiéndose utilizar industrialmente, dadas su cantidad, calidad y condiciones de yacimiento, para su explotación comercial.

## 2. ALGUNOS CRITERIOS SOBRE LA EXPLOTABILIDAD DE UN YACIMIENTO DE YESO

Después de haber diseñado un programa de desarrollo de un proyecto minero, efectuada la exploración de reconocimiento y las exploraciones pertinentes de detalle, y antes del inicio de cualquier explotación, ésta, debe responder a toda una serie de criterios que garanticen que será económicamente explotable, es decir, que pueda ser explotado de forma segura y económica y que el producto fabricado genere beneficios.

Hay que tomar pues una serie de precauciones, dado que a veces en el desarrollo del proyecto minero mencionado con anterioridad, la información sobre el yacimiento, proviene de sondeos no del todo fiables, aunque se deba a la aplicación de medios geofísicos. La explotación debe responder además, a unas determinadas condiciones cuyos criterios se expresan a continuación:

### 2.1. Calidad

La explotación debe tener un mínimo de sulfato cálcico para la fabricación del producto final deseado, que suele variar entre un 80-85%, cuando el material que se desea obtener es yeso común; cuando se requiere para escayolas especiales, el porcentaje de sulfato debe estar comprendido entre un 92-95% de riqueza.

Algunas impurezas como margas pueden ser interesantes en pequeñas cantidades para ciertos productos, pero las sales solubles como los cloruros, el sulfato de magnesio o el sulfato de sodio y yesos con intercalaciones de carbonatos que alteran el proceso, los moldes cerámicos o los prefabricados, deben evitarse.

### 2.2. Cantidad

El tonelaje que se extraiga del yacimiento debe ser suficiente para justificar las inversiones en la cantera y en la fábrica donde se producirán materiales a base de mineral de yeso.

La capacidad de producción y las reservas de mineral deben equilibrarse; éstas deben ser suficientes para abastecer a la fábrica durante el periodo mínimo calculado en función de su vida prevista. (Fig. 1)

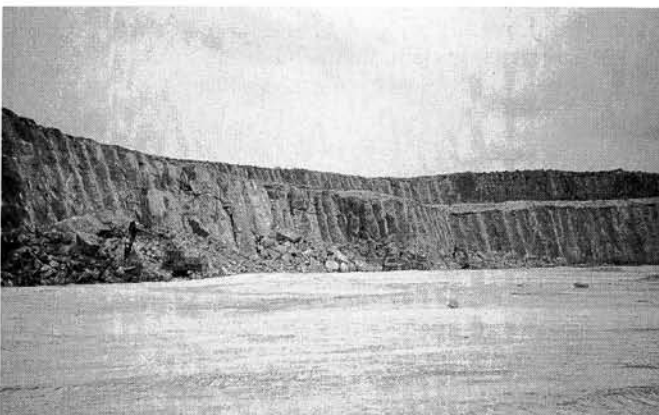


Fig. 1. Cantera de Iberyeso «Los Yesares». Sorbas. Almería.

### 2.3. Estructura geológica del yacimiento

Es muy importante, ya que determina las reservas explotables. Si la cobertura de mineral estéril es pequeña, el yacimiento se puede explotar a cielo abierto, lo cual incide en el abaratamiento de los costos de producción y de los índices de recuperación del yacimiento. (Fig. 2).

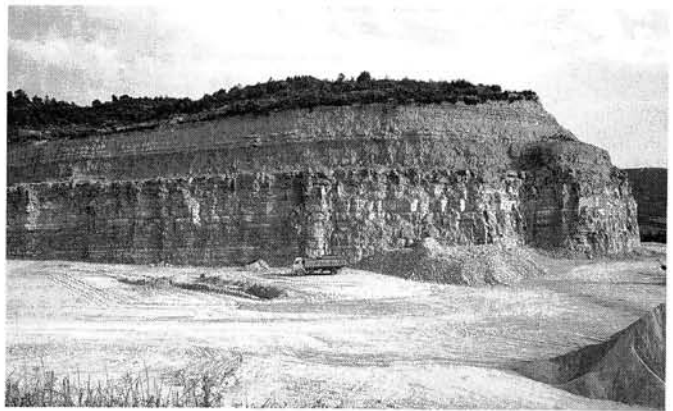


Fig. 2. Cantera de Iberyeso «Idysa». Vista general de los frentes norte y oeste.

Si el yacimiento tiene una pendiente muy fuerte y el espesor de la cobertura aumenta rápidamente, el desmonterado de los materiales estériles es económicamente oneroso.

En algunos lugares de Europa, dado que el espesor de cobertura es importante, se explotan canteras subterráneas, lo cual encarece enormemente el producto, siendo de 1/3 los costos de ese tipo de explotaciones.

La presencia de fallas origina grandes problemas en las canteras porque un frente de avance puede quedar bruscamente interrumpido, originando problemas de producción, seguridad y homogeneidad en la calidad. Una zona donde estén localizadas numerosas fallas no es interesante económicamente.

### 2.4. Características de la capa

La potencia de la capa debe ser lo suficientemente importante porque el área total que deberá adquirirse será tanto más



Fig. 3. Cantera «Idysa». Detalle del frente, recubrimiento de estériles; bermas. Jorba. Barcelona.

reducida cuanto más potente sea ésta. A menos que la capa esté muy cerca de la superficie o bien que los terrenos de cobertura se puedan utilizar para otros usos económicos, la relación yeso/recubrimiento presenta un mínimo (Fig. 3) por debajo del cual el yacimiento no es interesante económicamente.

La capa debe ser lo más continua posible. Las capas discontinuas con zonas estériles son difíciles y peligrosas de explotar.

En la explotación a cielo abierto, los materiales de cobertura no deben ser demasiado resistentes para que puedan ser arrancados y retirados fácilmente. Ha de tenerse en cuenta, que si el material de cobertura debe prevolarse, el precio por m<sup>3</sup> de estéril arrancado, se incrementa además, con la perforación y el costo del explosivo.

### 2.5. Presencia de agua

La presencia de agua es un peligro y un perjuicio para toda la cantera. Durante los trabajos de reconocimiento, hay que tomar medidas para asegurarse de que los niveles de agua no llegarán a inundar la cantera. Deben dejarse suficientes capas contra las capas acuíferas importantes. Tendrán que considerarse también las posibles llegadas de agua a lo largo de los planos de falla. Debe evitarse la explotación de una cantera siguiendo el buzamiento de las capas donde puedan sobrevenir importantes avenidas de agua.

### 2.6 Estabilidad de los taludes

La estabilidad de los taludes es fundamental para una explotación a cielo abierto tanto en el aspecto de seguridad como de rentabilidad, y debe considerarse en los estados iniciales del proyecto. Los estudios previos para realizar el diseño geotécnico deben ser suficientes para poder caracterizar dentro del macizo rocoso, unos taludes estables, pudiendo diseñar a continuación la geometría de los bancos.

### 2.7. Otros criterios

Las reservas españolas de yeso son importantes siendo relativamente fácil su extracción y su precio poco elevado. El yeso es un mineral barato y hay que tener en cuenta esta característica para que al iniciar la apertura de un nuevo yacimiento, éste, sea viable, accesible a las grandes redes de transporte, cercano a la fábrica de yeso y fácilmente explotable sin necesidad de máquinas especiales o de efectivos importantes de personal.

Finalmente, a pesar de que el yeso por sí mismo no poluciona, el ruido, el polvo y los daños causados en el entorno de las industrias extractoras conlleva un recelo entre el gran público. Por ese motivo se deriva una creciente presión ejercida sobre las sociedades explotadoras para que reduzcan o minimicen el impacto ambiental causado por las explotaciones. Este es otro de los puntos con los que hay que contar en la evaluación económica de la explotación y del que haremos mención al final del escrito.

## 3. FORMALIDADES LEGALES

Antes de la apertura de una nueva cantera, hay que atenerse a las formalidades legales que regula la Ley 22/1973 de 21 de

julio, de Minas, relativa a las autorizaciones de explotación de las canteras, renovaciones, suspensiones y renunciaciones a las mismas. En virtud de esta Ley, toda persona física o jurídica debe presentar una solicitud de autorización en la Consejería o Jefatura de Minas correspondiente de cada Comunidad Autónoma, en el Estado Español, acompañada de lo que la mencionada Ley 22/1973 especifique, pudiéndose solicitar:

- A) PERMISOS DE EXPLORACIÓN
- B) PERMISOS DE INVESTIGACIÓN
- C) CONCESIONES DE EXPLOTACIÓN
- D) CANTERAS

En cada solicitud definitiva debe incluirse un Proyecto de Restauración de la zona afectada por la actividad minera, que además de cumplimentar la Legislación Estatal a este respecto, debe contemplar los Decretos que algunas Comunidades Autónomas han promulgado y que aplican con rigor.

## 4. DATOS ESTADÍSTICOS SOBRE RESERVAS, EXPLOTACIÓN Y PRODUCCIÓN

Las reservas españolas de mineral de yeso son geológicamente abundantes, como indica la investigación llevada a cabo por el Instituto Geológico y Minero (Tabla I).

TABLA I  
RESERVAS DE YESO EN ESPAÑA

### PLAN NACIONAL DE INVESTIGACIÓN DE YESOS RESERVAS ESPAÑOLAS

Zonas investigadas	Año
Centro	1968
Cataluña	1969
Sureste	1970
Levante	1971
Duero-Ebro	1973, 74 y 75
Andalucía	1982

### RESERVAS ESTIMADAS

(Contenido en sulfato cálcico dihidrato: 70-96 %)

Zona	Reservas estimadas
Centro	10.946 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Cataluña	728 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Sureste	1.162 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Levante	25 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
Duero-Ebro	<i>Sin cuantificar</i>
Andalucía	500 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>
TOTAL.....	13.361 x 10 <sup>6</sup> m <sup>3</sup>

Fuente: *Instituto Geológico y Minero*

**TABLA II**  
EXPLOTACIONES DE YESO EN ESPAÑA. ESTADÍSTICA DE PRODUCCIÓN Y EMPLEO

	1985	1990	1991	1992	1993	1994
Nº Explot.	191	167	156	142	132	131
Empleo	698	649	601	539	513	484
Prod.10 <sup>6</sup> t.	5,524	7,673	7,460	6,760	6,467	6,497
Valor (Mpta)	1.897	3.335	3.274	2.853	3.611	3.785
Productiv.	7.915	11.823	12.412	12.541	12.608	13.425

Fuente: "La minería en España". Colegio de Ingenieros de Minas.

Año 1.996

En la Tabla II se presentan los datos correspondientes a la extracción de dicho mineral y en la Tabla III se compara la producción de yeso española con la de la Comunidad Europea y mundial.

**TABLA III**  
EXPLOTACIONES DE YESO EN ESPAÑA. ESTADÍSTICA DE PRODUCCIÓN Y EMPLEO (MILES DE TONELADAS. AÑOS 1990 A 1994)

	1990	1991	1992	1993	1994	94/90
MUNDIAL	95.200	91.700	92.700	91.400	95.500	+0,3%
% ESPAÑA	8,1	8,1	7,3	7,1	6,8	-15,3%
PROD. UE	22.985	20.953	19.746	18.865	18.675	-18,4%
% ESPAÑA	33,5	35,6	34,2	34,3	34,8	-15,3%

Fuente: World Mineral Statistics 1990-1994, BGS.

## 5. EXPLOTACIÓN DE CANTERAS DE YESO

Existen dos métodos de explotación de canteras de yeso:

1) Minería subterránea

a) *Explotación por cámaras y pilares*. Utilizada en Inglaterra y Francia.

2) *Explotación a cielo abierto*. Básicamente la minería del yeso en España se realiza mediante cortas o canteras a cielo abierto.

### 5.1. Explotación a cielo abierto

Una explotación a cielo abierto (Fig.4) es una excavación realizada en la superficie del terreno con objeto de extraer un material o mineral beneficiable. Esta operación implica, generalmente mover cantidades variables de estéril según la profundidad del depósito o del espesor de recubrimiento.

La explotación quedará definida por la aplicación de unos parámetros de diseño en la excavación para que permitan alcanzar las producciones programadas de la forma más económica posible, en las mejores condiciones de seguridad.

Los parámetros geométricos principales que configuran el diseño de las excavaciones, corresponden a los términos que se



Fig. 4. Detalle del frente n1 2. Viguera. Logroño.

presentan en la Fig. 5.

### 5.1.1. MORFOLOGÍA DE LAS EXPLOTACIONES

La explotabilidad económica de los yacimientos de yeso, depende del tamaño de las masas yesíferas. En casi todos los casos los yacimientos explotados son capas o paquetes de capas de gran potencia con recubrimientos de mayor o menor espesor o incluso aflorantes.

Es habitual que la topografía del terreno donde se sitúan las explotaciones sea subhorizontal, como las capas de mineral, explotándose toda la corrida de la capa en un único o varios bancos, dependiendo de la potencia de la capa. Existe alguna explotación (Iberyeso- Viguera) (Fig. 6), en la que se explota una gran masa de mineral situada en una topografía accidentada mediante bancos a media ladera, explotándose sólo la zona económica del yacimiento.

### 5.1.2. ALTURA DE BANCO

La altura de banco se establece a partir de las dimensiones de los equipos de excavación y carga, las características del macizo y la exigencia de la selectividad. La experiencia de las explotaciones a cielo abierto más tecnificadas sugieren alturas de entre 10 y 20 metros (Debemos recordar las I.T.C. que condicionan la altura de banco a 20 metros, aunque en casos especiales y siempre que se realice un estudio geotécnico, podrán tener 30 m. La altura de banco reducida nos permite en el yeso unas menores cargas operantes de explosivo, disminuyendo los problemas ocasionados por las vibraciones y la onda aérea, con unas correctas secuencias de encendido, así como un mayor control en la producción de finos.

### 5.1.3. PERFORACIÓN

Habitualmente el diámetro de la perforación empleado se encuentra entre los 64 y 105 mm. de diámetro, utilizando perforadoras neumáticas (Fig.7) o hidráulicas equipadas con martillo en fondo o en cabeza.

La cuadrícula de perforación, depende directamente del diámetro de perforación, y de la dureza particular del mineral. En la cantera de Iberyeso, Idysa, situada en Jorba (Barcelona), la





Fig. 5. Terminología utilizada en una explotación a cielo abierto.



Fig. 6. Detalle del frente n12. Cantera de IBERYESO en Viguera. Logroño.



Fig. 7. Perforadora neumática.



Fig. 8. Resultado de la voladura de una sola fila.

cuadrícula de perforación es de 3 m. x 3,30 m. (9,90 m<sup>3</sup> de mineral arrancado, por cada metro lineal perforado), con un diámetro de perforación de 64 mm.

Una práctica habitual en las explotaciones de yeso es el diseño de las voladuras de una sola fila de barrenos a lo largo de un banco de mayor o menor longitud (Fig.8), debido a la gran importancia que tiene el tamaño del mineral volado respecto a su posterior tratamiento. En casi todos los casos los hornos de fabricación necesitan unos tamaños mínimos de admisión, con lo que la producción en la voladura de tamaños menores a ese mínimo suponen la pérdida de reservas de mineral aprovechable, la creación de escombreras de estériles, a veces de pureza superior al 95%, y un encarecimiento del material aprovechable que no es aconsejable. Este problema se resuelve, en parte, diseñando voladuras de una sola fila, cuya forma de rotura del material en bloques implica una menor producción de finos, aunque ocasiona la obligada tarea de fragmentar los bloques posteriormente mediante explosivos o martillos demoledores (Fig.9). Este tipo de voladuras tiene otras ventajas, como la gran calidad del frente residual de la voladura, que aumenta las condiciones de seguridad del mismo.

En ciertas explotaciones no se realizan voladuras de una sola fila, sino de varias filas, obteniendo buenos resultados de fragmentación. Esto se debe principalmente al tipo de mineralización. Por ejemplo, en una mineralización como la de la cantera de Iberyeso en Gelsa (Zaragoza), consistente en una serie de capas formadas por bloques de yeso muy puro, de forma más bien redondeada, envueltos en una matriz térrea, la producción de finos es prácticamente independiente del número de filas de la voladura, debido fundamentalmente a que la matriz de tierra de las capas impide que los bolos se troceen.

#### 5.1.4. ARRANQUE

El yeso, sin ser un material duro, presenta unas capacidades de resistencia, compacidad, plasticidad, etc. que le hacen difícilmente ripable, al menos con rendimientos comparables a los obtenidos con las voladuras.

En la mayor parte de las explotaciones de yeso se emplean explosivos para el arranque. Básicamente, el método consiste en la perforación de una serie de barrenos de diámetro variable formando una cuadrícula, que se cargan con explosivo de



Fig. 9. Fragmentación secundaria con martillo demoledor.

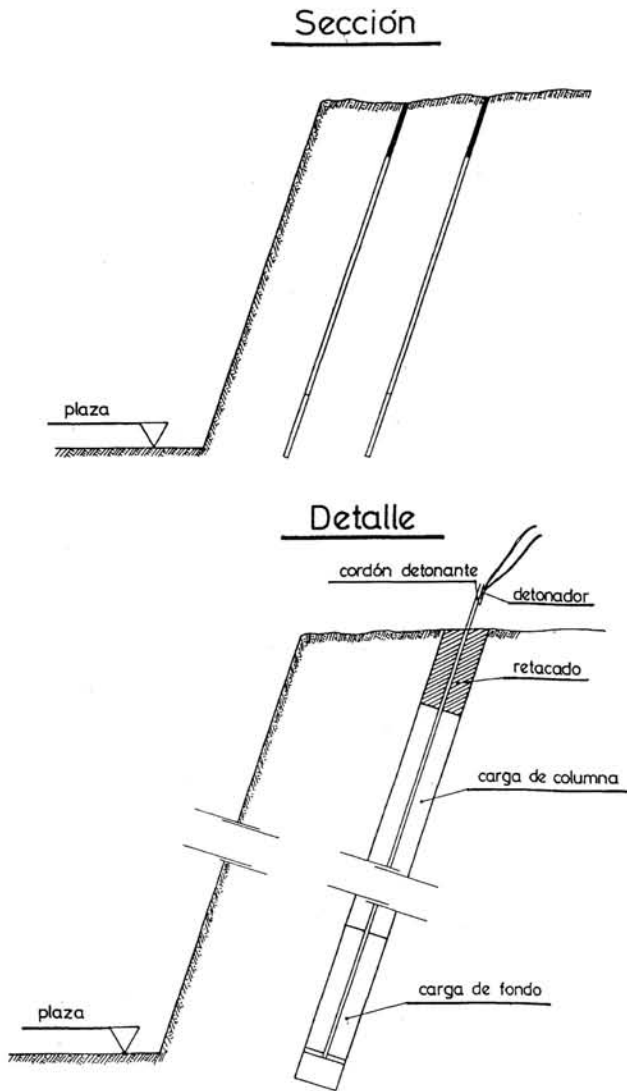


Fig. 10. Cargas y detonadores.



Fig. 11. Carga de mineral y transporte.

distintos tipos y se inician con cordón detonante y detonadores (Fig.10). En el fondo de los barrenos se carga una pequeña cantidad (2,5 kg) de un explosivo potente y rompedor, bien Goma 2 EC o Riogel 2, que favorece el arranque en el pie del banco (la zona de mayores dificultades); este explosivo está encartuchado. El resto del barreno se llena con un explosivo de potencia media y una alta producción de gases llamado Nagolita, que se carga a granel en sacos o con un vehículo cargador; este explosivo efectúa el arranque y la fragmentación del material, así como el desplazamiento del mismo.

Entre ambos explosivos se consigue un efecto doble de arranque y rotura.

La cantidad de explosivo en relación a la cantidad de material arrancado se denomina consumo específico y varía en función de diversos aspectos de la voladura (tipo de material, geometría de la voladura, fragmentación y resultados deseados) y suele ser de unos  $300 \text{ g/m}^3$ .

Este consumo es bajo, comparativamente con otros tipos de roca; en la actualidad se está estudiando su reducción en base al empleo de diámetros de perforación menores, que propicien cargas de explosivo también menores, sin reducción de la cuadrícula de perforación o con reducciones proporcionalmente inferiores. Se considera que con esta medida se obtendrían resultados de fragmentación análogos con reducciones de consumo de explosivo y sin aumentar la perforación específica.

Otro aspecto del arranque es la iniciación del explosivo. Entre las dos posibles opciones: iniciación en fondo con detonadores no eléctricos e iniciación en cabeza; se emplea mayoritariamente el segundo, colocando cordón detonante a lo largo del barreno que atraviesa el explosivo. El cordón se inicia con un detonador eléctrico colocado en el extremo de éste que queda fuera del barreno. La secuencia de la voladura, es decir, la asignación de los tiempos de detonación de los diferentes barrenos, es sencilla empleándola en voladuras de una fila. Se suele iniciar con detonadores eléctricos microrretardo de 30 milisegundos consecutivos. Dada la baja velocidad sísmica del mineral de yeso, se está considerando la posibilidad de aumentar el intervalo de tiempo a 60 milisegundos (detonadores alternos).

En relación con los aspectos medioambientales de las explotaciones y en cuanto al disparo de las voladuras de producción, el yeso, que es una roca plástica, transmite las vibraciones generadas en las voladuras a largas distancias, atenuando las frecuencias superiores y amplificando o produciendo amortiguaciones leves de las frecuencias inferiores; esto provoca en ocasiones una limitación de las cargas operantes de las voladuras.

## 6. CARGA Y TRANSPORTE

La carga del mineral en las explotaciones a cielo abierto se realiza mediante palas cargadoras de ruedas (Fig.11) y también mediante retroexcavadoras. Estas palas cargan el mineral sobre distintos tipos de vehículos, que pueden ser Dumpers o camiones volquete. La carga debe estar dimensionada según el tamaño de los bloques, el medio de transporte hasta la planta de tratamiento y sobre todo de la capacidad de producción de las plantas de machaqueo y clasificación, que nos dan la producción máxima a obtener, que puede encontrarse en la misma cantera, en la planta de fabricación, o bien situadas a distancias variables de las canteras.

La capacidad máxima de producción y la distancia a la planta de machaqueo nos determinará la cantidad de vehículos necesarios para que la productividad sea la óptima (que no





Fig. 12. Descarga del mineral en la tolva de recepción.

estén parados, esperando turno para cargar o descargar mineral o que no haya suficientes vehículos y que la planta de machaqueo y la pala cargadora interrumpan su trabajo).

Si la planta de tratamiento no se encuentra en el recinto minero de explotación, y dependiendo de las posibles impurezas del mineral, debe efectuarse un estrío, para evitar en lo posible el transportar y pagar estéril como si fuera mineral, además de que el estéril ha de volverse a transportar para efectuar minería de transferencia en la propia cantera.

## 7. MOLIENDA Y CLASIFICACIÓN

El mineral transportado, es descargado en la tolva de recepción (Fig.12) de la planta de trituración y clasificación, que en su fondo posee un alimentador (vibrante, de cadenas, etc.), que antes de verterlo a la machacadora (de mandíbulas o molino lanzador), lo precriba mediante separador de discos o barras, eliminando parte de las tierras y también fracciones pequeñas de mineral, que son recuperadas mediante una criba que separa el material fino del mineral grueso y tres cintas transportadoras (Fig.13). La fracción más gruesa del mineral cae a la machacadora o molino que lo moltura, depositándolo en una cinta transportadora, que lo vierte a una criba provista de un número determinado de telas, que clasifica los tamaños adecuados para: fabricación, (250-55 mm) suministro a cementeras, (7-55 mm) y finos para la agricultura, (0-7 mm).

El mineral destinado a fabricación, se transporta en camiones hasta la planta, donde se deposita en «stock» o se vierte directamente a las tolvas de alimentación de la planta de fabricación, el cual será triturado posteriormente por molinos de martillos al tamaño adecuado para su deshidratación que debe encontrarse entre 0 y los 10-12 mm de diámetro

En cuanto a la trituración efectuada por molinos lanzadores, que se utilizan cuando la calidad del mineral es alta y homogénea, el resultado de la molienda es depositado en un silo denominado «de crudo» que pasará a través de un molino lanzador secundario, para que pueda ser reducido al tamaño adecuado y suministrar así los hornos de cocción.

## 8. RESTAURACIÓN DE LAS EXPLOTACIONES

El espectacular aumento de transformación del entorno natural por el hombre ha originado un desequilibrio entre

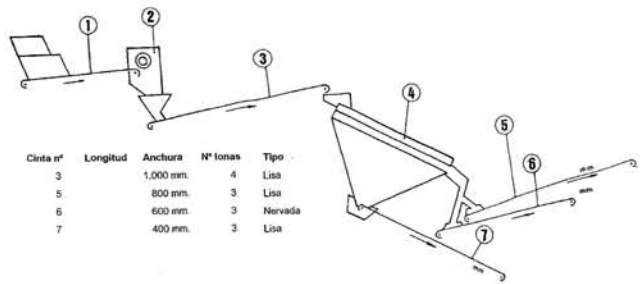


Fig. 13. Flujograma general de la planta de trituración. 1) alimentador, 2) machacadora de mandíbulas, 3), 5) y 7) cintas transportadoras, 4) criba.

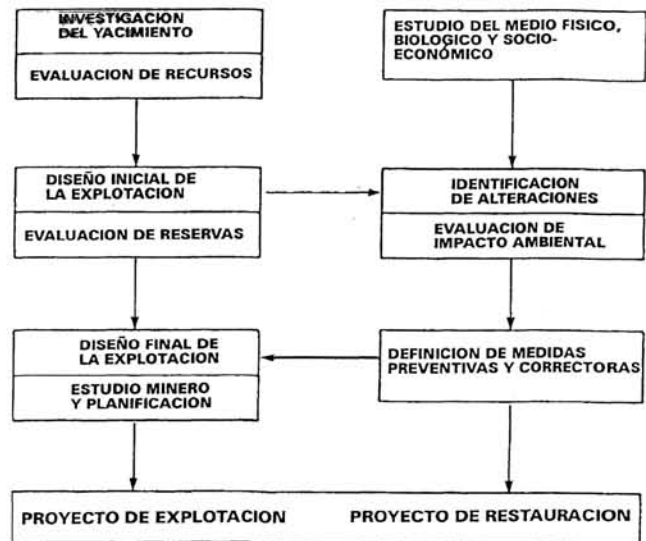


Fig. 14. Elaboración del plan de restauración.

los deterioros ocasionados por las explotaciones mineras y la capacidad de recuperación del medio natural. Esto obliga a los gobiernos a legislar respecto al medio ambiente (Fig.14).

En España ya fue promulgado el Real Decreto Ley 1302/1986 de 28 de Junio de Evaluación de Impacto Ambiental y Real Decreto 1131/1988 de 30 de Septiembre por el que se aprueba el Reglamento de Evaluación de Impacto Ambiental, y obliga a la elaboración de un plan de restauración de la superficie afectada por las actividades mineras, de manera coordinada con el proyecto de explotación, todo ello para utilizar racionalmente los recursos naturales, así como el mantener o mejorar la calidad de vida. ♦

## BIBLIOGRAFIA

- BUSTILLO REVUELTA, M. Y LOPEZ JIMENO, C.: «Recursos minerales»
- SYNDICAT NATIONAL DES INDUSTRIES DU PLÂTRE: «Le plâtre»
- WALTER SHUMANN: «Rocas y minerales»
- LANGFORS Y KIHLSSTRÖM: «Voladura de rocas»
- UNIÓN ESPAÑOLA DE EXPLOSIVOS S.A.: «Manual de seguridad para manejo y utilización de explosivos industriales»
- WORLD MINERAL STATISTICS 1990-1994 B.G.S.: «Producción mundial comunitaria y española de yeso, años 1990-1994»
- PASCUAL DE BLAS, J.A.: «Explotación de canteras»
- COLEGIO DE INGENIEROS DE MINAS: «La minería en España»

## Comité Editorial Internacional del Boletín de la Sociedad Española de Cerámica y Vidrio

**D. ALVAREZ-ESTRADA**

Sociedad Española de Cerámica y Vidrio  
Arganda del Rey, Madrid, España

**J. L. BATISTA**

Departamento de Ingeniería  
Universidad de Aveiro  
Portugal

**R. BROOK**

(Académico de la IAC)  
Max Planck-Institut für  
Metallorschung and Institut für  
Werkstoffwissenschaften Stuttgart República Federal  
Alemana

**S. DE AZA**

Vicepresidente del CSIC  
Madrid, España

**F. CAMBIER**

Centre de Recherches de l'Industrie  
Belge de la Céramique  
Mons, Bélgica

**P. DURÁN**

Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC  
Arganda del Rey, Madrid, España

**A. ESCARDINO**

Departamento de Ingeniería Química  
Universidad de Valencia  
Valencia, España

**G. FANTOZZI**

Institut National des Sciences Appliquées  
de Lyon  
Villeurbanne, Francia

**J. M.<sup>a</sup> FERNÁNDEZ NAVARRO**

Instituto de Cerámica y Vidrio, CSIC  
Arganda del Rey, Madrid, España

**A. GARCÍA VERDUCH**

A.I.C.E.  
Castellón, España

**G. GUILLEMENT**

Saint-Gobain Recherche  
Aubervilliers, Francia

**P.F. JAMES**

Division of Ceramics  
Glasses and Polymers  
School of Materials  
The University of Sheffield  
Reino Unido

**E. MARI**

Instituto Nacional de Tecnología Minera  
Argentina

**F. MARQUES**

Departamento de Ingeniería  
Universidad de Aveiro  
Portugal

**R.E. MOORE**

Ceramic Engineering Department  
University of Missouri-Rolla  
Rolla, Missouri, USA

**J. S. MOYA**

(Académico IAC)  
Instituto de Ciencia de Materiales  
Cantoblanco, Madrid, España

**F. NICOLETTI**

Stazione Sperimentale del Vetro  
Venezia-Murano, Italia

**J.A. PASK**

(Académico IAC)  
Department of Materials Science and Mineral  
Engineering  
University of California  
Berkeley, USA

**T. YAMAMOTO**

Department of Electrical Engineering  
National Defense Academy  
Yokosuka, Japón

**M. YOSHIMURA**

(Académico IAC)  
Research Laboratory of Engineering Materials  
Tokyo Institute of Technology  
Yokohama, Japón