



Control de la erosión y contaminación de las aguas en la explotación de Lignitos de Meirama

The erosion control and contamination of the water in the exploitation of Meirama Lignite

LOPEZ JIMENO, E.

La necesidad de restaurar los terrenos afectados por la minería de carbón a cielo abierto conduce con frecuencia a la creación de taludes y suelos que pueden ser rápidamente erosionados produciendo una gran cantidad de sedimentos. Existen dos grupos de métodos para prevenir o controlar la erosión producida por las precipitaciones y escorrentías. Estos dos métodos son básicamente la construcción de estructuras mecánicas y la protección de los suelos con la revegetación. Este artículo trata de los métodos de control del agua, el diseño del drenaje y la planta de tratamiento de aguas ácidas de Lignitos de Meirama.

Palabras clave: Minería cielo abierto, Lignito, control aguas ácidas, Erosión.

The required reclamation of land disturbed by surface coal mining often results in the creation of some slopes and soils that are prone to rapid erosion and sediment production.

There are two general methods of preventing or controlling soil erosion from rainfall and water running. These two methods are the building of mechanical structures and covering the soil with live vegetation.

This paper discusses the water control methods, the design of the drainage and acid water treatment plant of Lignitos de Meirama.

Key words: Open pit mining, Lignite, acid water control, Erosion.

La nécessité de la restauration des terrains affectés par l'exploitation de charbon à ciel ouvert conduit à la création des taluds et sols qui peuvent être érosionés en produisant une grande quantité de sédiments. Il y a deux groupes de méthodes qui peuvent prévenir et contrôler l'érosion produite par les précipitations et les écoulements. La construction des structures mécaniques et la protection des sols avec la revegetation.

Cet article donne des méthodes de contrôle de l'eau, les systèmes de drainage et la plante d'épuration d'eaux acides de Lignitos de Meirama.

INTRODUCCION

Las actividades mineras a cielo abierto se encuentran estrechamente ligadas a la presencia de agua, teniendo ésta en general los siguientes efectos negativos:

- Afecta a la inestabilidad de los taludes de la explotación y de los vertederos.
- Las superficies embarradas reducen los rendimientos de los equipos de carga y transporte.
- Aumenta los costes de mantenimiento de los equipos y la aparición de averías.
- Obliga en las voladuras al empleo de explosivos de mayor coste.
- Aumenta el peso de los materiales rocosos que se manipulan y hace variar las características físicas de éstos.
- Conduce a un elevado coste de desague por el bombeo necesario para eliminar el agua del interior de la explotación.
- El agua contaminada precisa un tratamiento antes de su vertido a los cauces públicos.
- En zonas recuperadas pueden producir la erosión y arrastre de los suelos o un lavado de los nutrientes de éstos.

Por todo ello, en las minas como la que nos ocupa, situadas en zonas húmedas, debe prestarse especial atención a los sistemas de control de las aguas y depuración de las mismas antes de su vertido.

LA EXPLOTACION DE LIGNITOS DE MEIRAMA

El yacimiento está situado al S. O. de la ciudad de I a Coruña, a unos 25 Km de ésta, en el valle de Meirama, término municipal de Cerceda.

La mina se encuentra en operación desde 1980 por la empresa Lignitos de Meirama, S. A. (LIMEISA), abasteciendo con su producción a la Central Térmica de Meirama propiedad de Unión-Fenosa que posee un grupo de 550 Mw de potencia instalada.

Geología

El valle donde se halla enclavado el yacimiento tiene unas dimensiones de 3,5 Km de longitud y 1 Km de anchura, a una cota aproximada de 200 m sobre el nivel del mar y rodeado por montes con una altitud de 520 m en la margen izquierda y 400 m en la margen derecha.

La cuenca de Meirama se incluye dentro del grupo de las depresiones occidentales gallegas, que se caracterizan por un rígido control tectónico a través de su asociación con una falla de dirección N-120-E que pone en contacto las granodioritas Unidad Xallo con los esquistos paleozoicos Serie de Ordenes.

La influencia tectónica ha sido pre, sin y post sedimentaria dentro de las fácies, iniciándose la génesis tectónica según un modelo «pull apart» (Fig. 1).

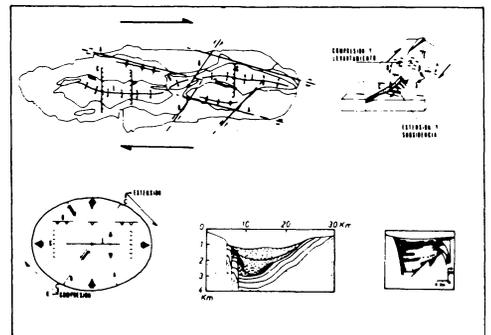


Fig. 1. Elementos estructurales de la cuenca de Meirama.

Se distinguen en la cuenca cinco tramos de sedimentación: lutítico, lignitífero, lutítico arenoso, lutítico conglomerático y conglomerático (Fig. 2).

Método de explotación

La excavación de los materiales terciarios (lignito y arcilla) se lleva a cabo con tres excavadoras de rodete, dos eléctricas con canchales de 700 l y una electrohidráulica con

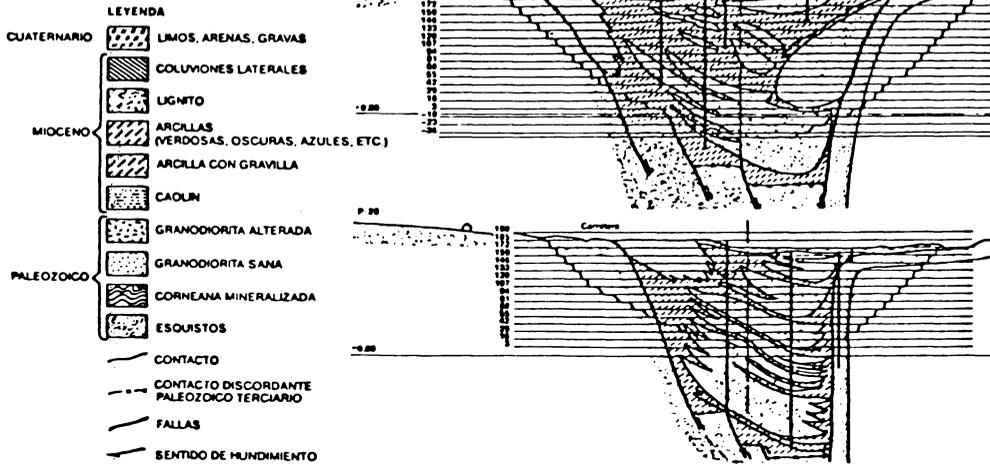


Fig. 2. Perfiles transversales Meirama.

630 l. Cada unidad dispone de un carro-cinta de 50 m de longitud que permite efectuar dos pasadas de rotopala en cada posición de cinta transportadora antes de ser ripada.

El transporte se realiza dentro de la corta con cintas ripables de 1200 mm de ancho y 4,2 m/seg de velocidad. Desde el nudo de transferencia, las cintas fijas de 1600 mm y 5,1 m/seg transportan el estéril hasta la escombrera general donde se dispone de un apilador de 60 m de brazo y el carbón a un parque de homogeneización con una capacidad equivalente a 20 días de consumo de Térmica y en que existen dos puentes recogedores, que alimentan la planta trituradora donde se reduce la granulometría del mineral antes de su entrega a la Central Térmica.

El conjunto de producción de los materiales rocosos está constituido por los siguientes equipos:

- 2 Perforadoras rotativas con un diámetro de perforación de 229 mm.
- 1 Excavadora de cables con 11,5 m³ de cazo.

- 1 Excavadora hidráulica de 11 m³ de cazo.
- 6 Volquetes diesel-eléctricos de 154 t.
- 2 Tractores de orugas de 335 Hp.
- 1 Tractor de ruedas de 450 Hp.
- 2 Motoniveladoras de 250 Hp.

Como elemento de enlace entre la flota de volquetes y el circuito general de cintas de transporte al vertedero exterior, se dispone de una trituradora semimóvil con capacidad de 1000 t/h.

Los ritmos medios de explotación de los distintos materiales han sido:

Lignito	4.200.000 t/año
Arcilla	4.700.000 m ³ /año
Granito	1.600.000 m ³ /año
Esquisto	1.300.000 m ³ /año

MEDIDAS PARA EL CONTROL DE LA EROSION Y SEDIMENTACION

Canales de cintura

Los canales de cintura rodean al hueco de explotación recogiendo el agua de esco-

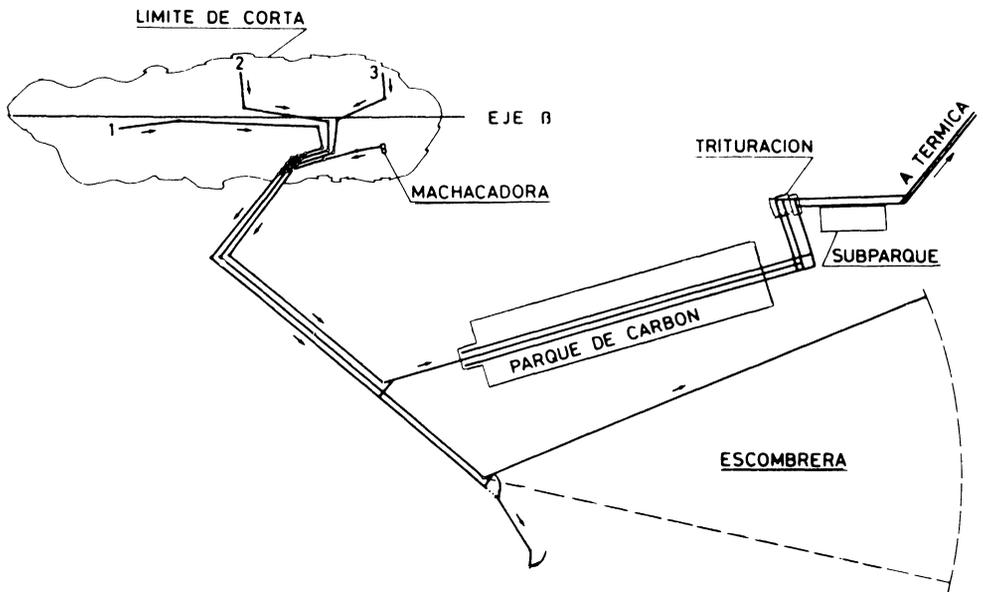


Fig. 3. Esquema de la operación, parque de homogeneización y escombrera.

rentía de las cuencas adyacentes interceptadas.

Los efectos que se consiguen con estas estructuras son:

— Disminuir la capacidad y la potencia del sistema de bombeo, y por consiguiente del consumo de energía.

— Evitar la contaminación física y química de las aguas y por tanto reducir el volumen de agua a depurar.

La superficie que ocupa la cuenca hidrográfica de Meirama es de 33 Km², teniendo una precipitación anual que oscila entre 1062 mm y 1977 mm con un valor medio de 1512 mm/año y una distribución mensual que puede verse en la Fig. 4.

Las precipitaciones de los distintos meses pueden clasificarse de la siguiente forma:

ELEVADAS > 150 mm Enero, Febrero, Octubre, Noviembre y Diciembre.

MEDIAS 100-150 mm Marzo, Abril y Septiembre.

BAJAS < 100 mm Mayo, Junio, Julio y Agosto.

Antes de iniciarse la explotación, se construyeron dos canales de cintura Fig. 5

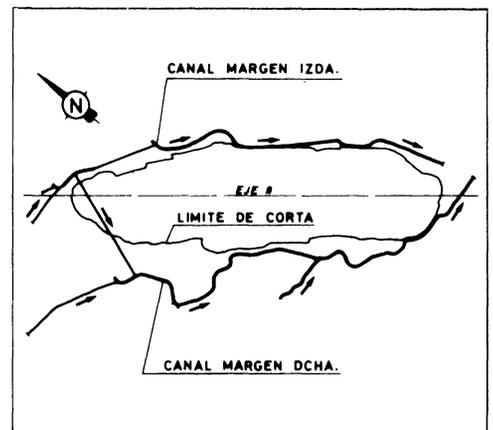


Fig. 5. Canales de cintura.

de sección trapezoidal hormigonada y con las características que se indican a continuación:

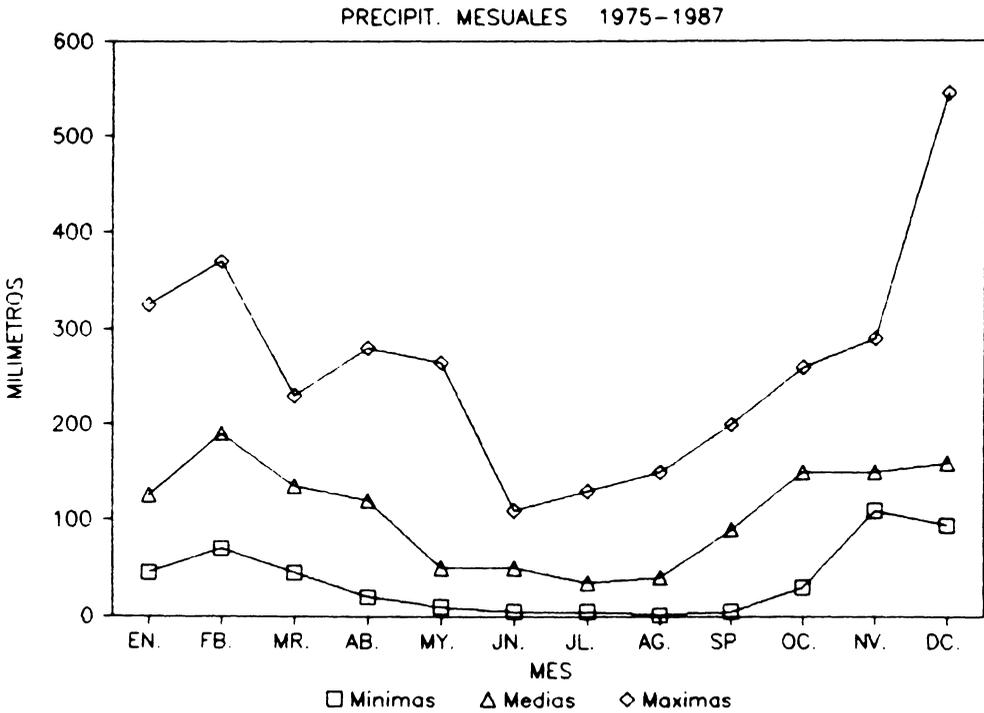


Fig. 4. Precipitaciones mensuales.

- Canal margen derecha, longitud 5,5 Km.
- Canal margen izquierda, longitud 3,5 Km.

El canal de la margen derecha comienza con una sección capaz de transportar 15 m³/seg y finaliza con una sección para 55 m³/seg, disponiendo en su trazado de dos rápidas y una presa de captación.

El canal de la margen izquierda en su tramo inicial tiene tres emisarios y finaliza con una sección para 25 m³/seg.

Diques y zanjas de canalización

El control y encauzamiento de las aguas de escorrentía es una labor indispensable en cualquier explotación minera. Para ello, se utilizan los diques y las zanjas con los siguientes propósitos:

- Eliminar el paso de las aguas por áreas potencialmente erosionables.
- Evitar acumulaciones o encharcamientos en superficies irregulares.
- Conducir los caudales a presas, depósitos o instalaciones de bombeo.
- Proteger las tierras bajas de la deposición de sedimentos

Balsas y presas de sedimentación

La función de las balsas y presas de sedimentación es retener las aguas durante un período de tiempo suficiente para que se clarifiquen mediante la decantación por gravedad de las partículas sólidas que llevan en suspensión.

En la explotación de Meirama se emplean además como sistema de regulación

para alimentar las depuradoras con aguas homogéneas.

Protección de bermas y bajantes

Las bermas en las escombreras sirven para controlar la fuerza erosiva de las aguas que discurren por las superficies de los taludes y para retener los sedimentos.

Algunos criterios generales de diseño son:

— La pendiente de las bermas hacia el interior debe ser del 1 % como mínimo y del 3 % como máximo.

— Los taludes en los vertederos si no se realizan estudios geotécnicos se diseñan con una inclinación máxima de 3:1.

— Los materiales próximos a las bermas se compactan para aumentar su cohesión y resistencia.

Especial cuidado se presta el desague de los taludes mediante la construcción de bajantes, construyéndolos a base de encachados y hormigón. Además se dispone en los puntos de descarga de cuencos de amortiguación y disipadores de energía preparados con material de escollera.

Revegetación

El establecimiento de una cubierta vegetal permanente es el mejor método para conseguir la fijación, estabilización y protección de los terrenos restituídos.

El estudio de revegetación debe incluir al menos tres aspectos básicos:

— Adición a los suelos recuperados de sustancias que permitan el rápido desarrollo e instalación de la vegetación.

— Selección de especies vegetales aptas para el objetivo que se persigue.

— Aplicación adecuada de técnicas para llevar a cabo la implantación de la vegetación.

Lignitos de Meirama está procediendo a ejecutar un plan sistemático de restauración de zonas abandonadas, disponiendo en estos momentos de una superficie de 98 Ha recultivadas en las escombreras exteriores e interiores de la mina.

Esta recultivación se realiza en dos etapas:

— La primera de corrección de la acidez del suelo, después de un estudio edafológico previo.

— La segunda consiste en Hidrosiembra según la siguiente dosificación:

Semillas	40 g/m ²
Abono	30 g/m ²
Celulosa	30 g/m ²
Estabilizador	30 g/m ²

INSTALACION DE BOMBEO

El bombeo de la explotación de Meirama presenta las siguientes características:

— Volumen alto de agua anual bombeada con un ratio de 1,2 m³ de agua por tonelada de carbón extraída.

— Distribución muy irregular de caudales influenciado por la pluviometría.

— Mantenimiento permanente del bombeo.

En la Fig. 6 puede observarse la evolu-

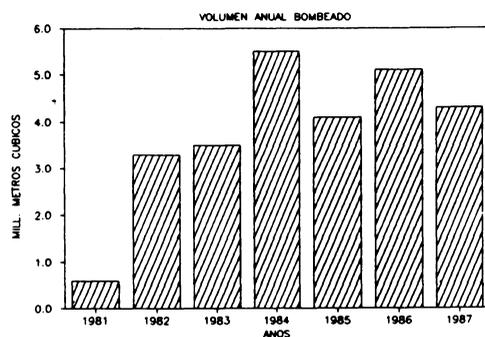


Fig. 6. Volúmenes anuales bombeados.

ción de los caudales de agua bombeada a lo largo de la vida de la mina.

Los caudales que son preciso desaguar son función de:

- La pluviometría anual.
- La superficie afectada por la lluvia.
- Las características del terreno.
- El aporte de aguas subterráneas.

En Meirama puede estimarse con la siguiente fórmula empírica:

$$Q = 0,6. S. q + 0,44. q. Se$$

donde:

- Q = Caudal bombeado (m³ × 1000)
- S = Superficie afectada (Km²)
- q = Pluviometría anual (mm)
- Se = Superficie corta (Km²)

Actualmente el caudal según su procedencia se distribuye en:

Agua de lluvia	68 %
Aporte subterráneo	32 %

Para facilitar las labores de drenaje, la mina se ha diseñado dando una pendiente a los bancos del 1 % hacia el centro de la explotación con lo que se divide en dos áreas en cuyo centro se instala el equipo de bombeo principal (Fig. 7).

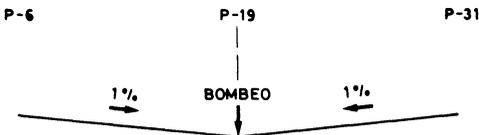


Fig. 7. Esquema del sistema de drenaje.

El agua se canaliza mediante cunetas hasta una balsa con una capacidad de 15000³ que tiene una doble misión de regulación y sedimentación, precisándose periódicamente una limpieza de lodos. Estas balsas acompañan a la explotación en cada

apertura de banco y por tanto la potencia y altura manométrica son variables.

El agua se bombea a una instalación fija situada en el perfil 19, a la cota 165 donde las siete bombas entran en funcionamiento por medio de un programa de ordenador en función de los niveles de agua de la piscina de regulación. A continuación el agua es elevada en balsas de regulación y decantación desde las que se alimenta la depuradora.

Para absorber las puntas de los caudales se dispone de una balsa de 61.000 m³ a donde se desvía el agua y desde la que se bombea regulando el caudal a la balsa de pontonas de mina.

Además se posee como reserva una pontona en el nivel 160.

En la Fig. 8 se muestra un esquema de la instalación del bombeo.

ESCOBRERAS

La morfología del yacimiento y el sistema de explotación empleado obligan a disponer y construir una escombrera interior y otra exterior.

Escombrera interior

En la escombrera interior se vierten los estériles transportados por los volquetes. Los volúmenes depositados hasta la fecha son:

Arcilla:	5,9 Mm ³
Esquisto:	6.4 Mm ³
Granito:	9,2 Mm ³

TOTAL 21,5 Mm³

El material es extendido con tractores de ruedas si se trata de roca o con tractores de cadena si son arcillas, adaptándose a un proyecto de escombrera previamente realizado (Fig. 9).

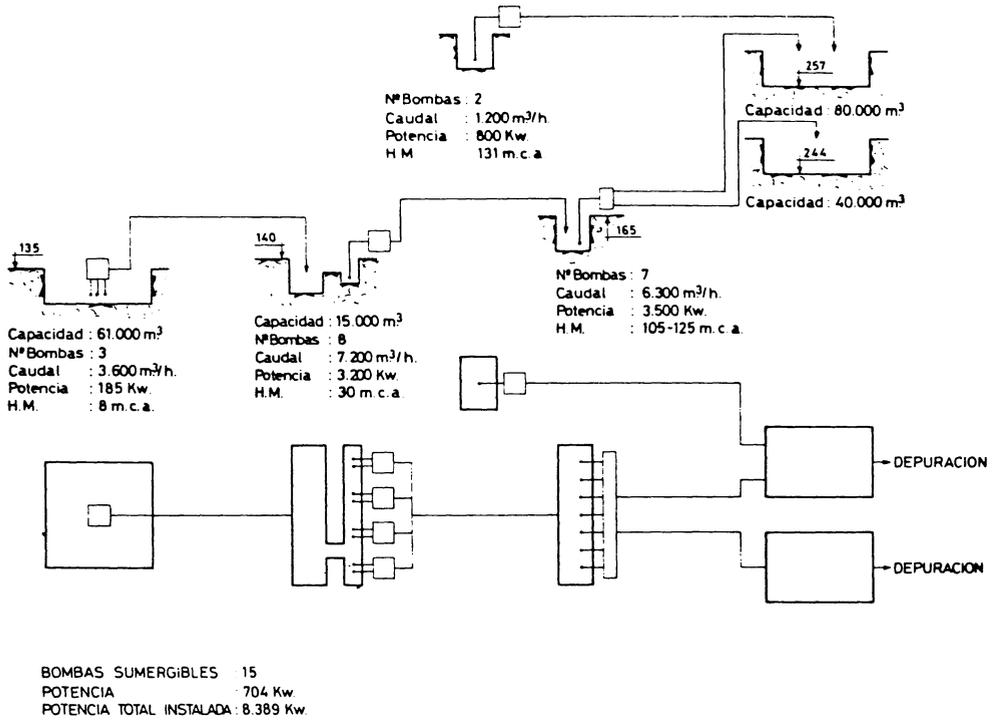


Fig. 8. Bombeo de mina.

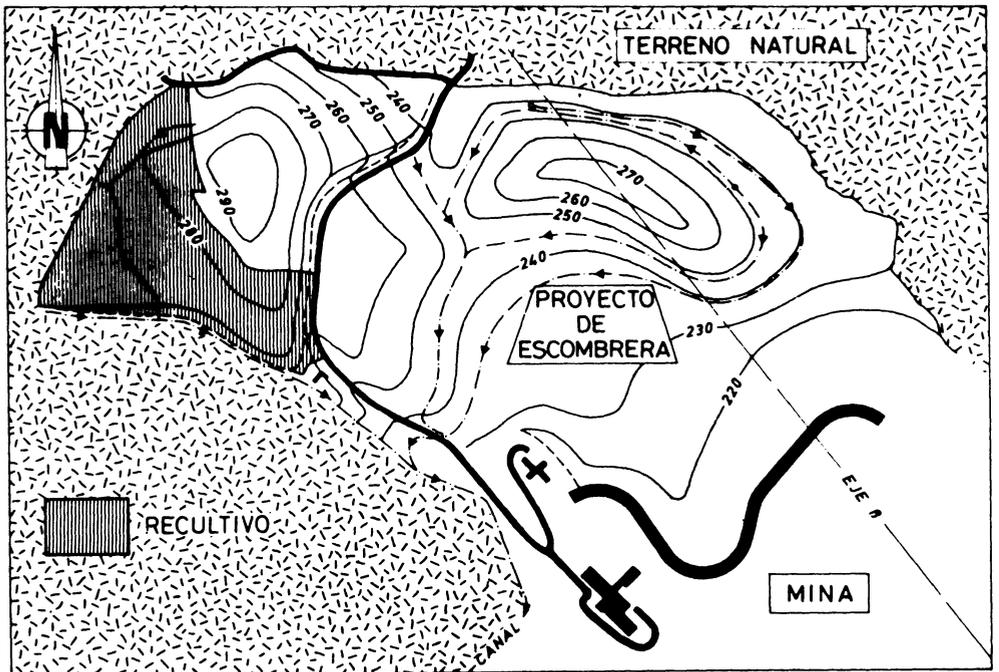


Fig. 9. Escombrera interior.

En las zonas revegetadas se establece una red de drenaje de aguas limpias que se conducen a los canales de cintura.

En las áreas de escombrera en construcción se efectúa una captación de las aguas contaminadas hacia la explotación, lo que posibilita su depuración posterior.

Escombrera exterior

En la escombrera exterior situada a unos 3,5 Km de la explotación, se vierten los materiales transportados por cinta: arcillas y esquistos triturados a la que se incorporan las cenizas de la Central Térmica.

Los volúmenes de estériles depositados en la escombrera exterior ascienden en la actualidad a:

Arcilla:	27,3 Mm ³
Esquisto:	4,9 Mm ³
Granito:	0,4 Mm ³
Cenizas:	5,8 Mm ³
TOTAL:	38,4 Mm³

El material se vierte mediante un apilador de 60 m de brazo a un ritmo de 6.000 t/h, ejecutándose la operación en dos fases, apilando a ambos lados de la cinta transportadora (Fig. 10).

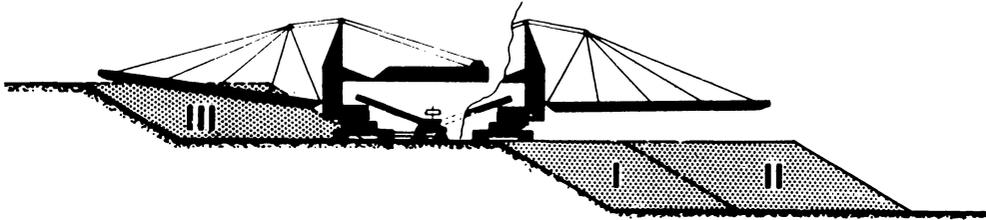


Fig. 10. Apilador.

A continuación, se extiende mediante tractores de orugas de baja presión, procediéndose en los meses de verano al nivelado y compactación de la superficie para evitar la erosión hídrica.

En la construcción de la escombrera se utiliza una cinta ripable de 1.600 mm de ancho de 1.980 m de longitud que se ripa en sentido polar. La zona de vertido se divide en dos zonas de 1.400 y 600 m con unas pendientes del 1 % y una zanja de desagüe central.

Las aguas se captan mediante cunetas a lo largo de la cinta hacia la zanja central del desagüe. Estas aguas y la de escorrentía se llevan a una presa de 100.000 m³ de capacidad, donde además existen diques de decantación de lodos. La presa sirve de regulación para la alimentación de la depuradora.

Las aguas de las zonas recultivadas se

captan mediante cuneta y se llevan a través de un sistema de presas al cauce del río (Fig. 11).

TRATAMIENTO Y DEPURACION DE LAS AGUAS

Las aguas procedentes del drenaje y desagüe de las explotaciones y escombreras se suelen presentar con un elevado grado de contaminación física y química debido a las siguientes causas:

- Acidez en el agua por la oxidación de la pirita.
- Metales pesado disueltos: hierro, manganeso, etc., al entrar en contacto el ácido sulfúrico formado con los materiales rocosos.

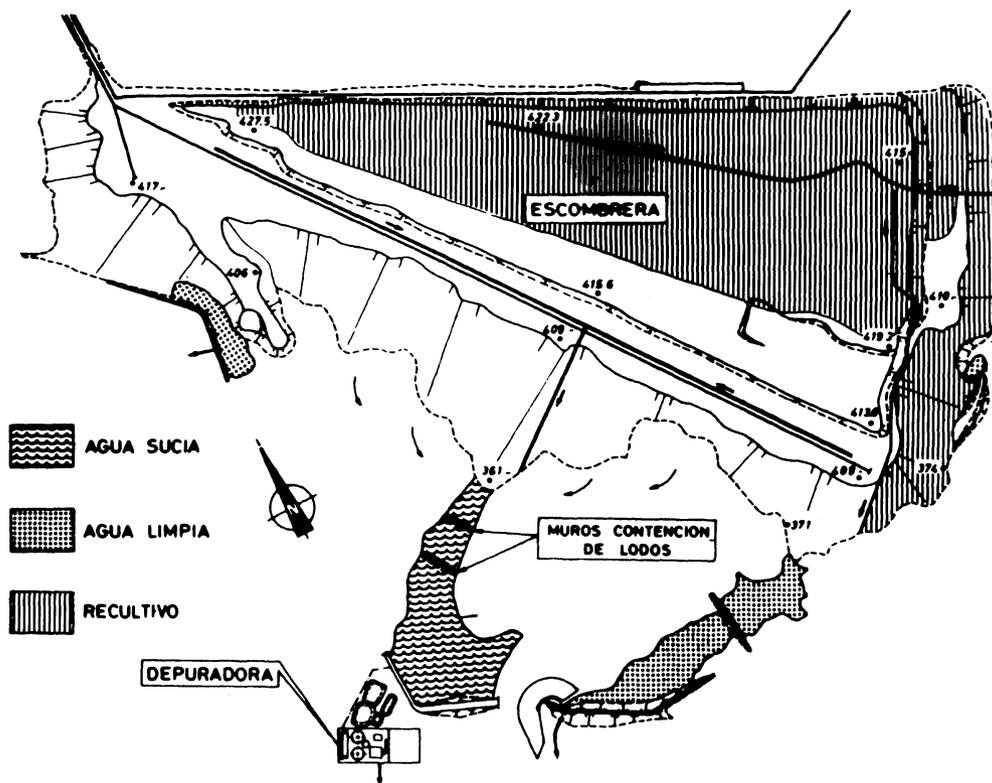


Fig. 11. Escombrera exterior.

— Sólidos en suspensión incorporados por la acción erosiva del agua de lluvia y el movimiento de las máquinas.

En relación con el tratamiento de agua que se lleva a cabo en la explotación de Lignitos de Meirama se procede de acuerdo con el siguiente esquema:

MINA

BOMBEO BALSAS DE DECANTACION Y REGULACION (80.000 y 40.000 m³) DEPURADORA (3.600 m³/h)

ESCOMBRERA

CAPTACION AGUAS DIQUES PRESA (100.000 m³) DEPURADORA (3.600 m³/h)

El sistema de proceso es el siguiente: Fig. 12.

El agua de entrada pasa a través de un medidor de caudal que lo registra y totaliza

en la Sala de Control y que permite la dosificación de los reactivos necesarios.

En el depósito de neutralización se añade lechada de cal hasta alcanzar un pH de

8-8,5. El depósito posee dos agitadores que aseguran una homogeneización del agua con la cal con un tiempo de retención de 5 minutos.

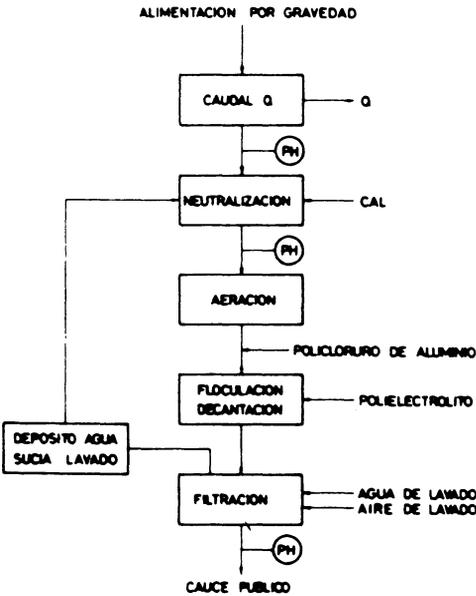
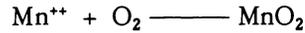
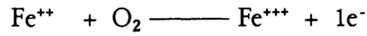
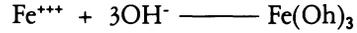


Fig. 12. Esquema de tratamiento.

El agua pasa por gravedad a la cámara de aireación, donde por medio de cuatro turbinas, se consigue la oxidación del hierro ferroso y parcialmente del manganeso presente; durante un tiempo de retención de 30 minutos.



El hierro oxidado a férrico es precipitado por los iones OH^- presentes.



En el canal de rebose del depósito de aireación se adiciona policloruro de aluminio, produciéndose una floculación de los coloides presentes en el agua.

El agua pasa a unos decantadores-floculadores en cuyas campanas de reacción se dosifica el polielectrolito aniónico y donde por medio de la turbina de agitación se produce la homogeneización y se provoca el encadenamiento de los flocúlos y la decantación de los mismos.

El agua de rebose para los filtros de arena y el lecho de fangos del fondo del decantador mediante unas rasquetas de donde son evacuados.

Las depuradoras disponen de una sala de control en las que existe un cuadro sinóptico con el diagrama de flujo en el que se indica las situaciones de marcha de los equipos, registro de caudal, medidas de pH, etc.

*Recibido, 6-III-89
Aceptado, 20-V-89*

BIBLIOGRAFIA

- GARCIA AGUILAR, J. M. «Caracterización estratigráfica y tectosedimentaria de la cuenca lignitífera de Meirama». Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe. 1987.
- HERRANZ VILLAFRUELA, F. «Tratamiento del agua en la explotación minera de Meirama». I Curso sobre las Alternativas Ambientales y la Restauración de Terrenos en Minería a Cielo Abierto. Fundación Gómez Pardo. 1984.
- LOPEZJIMENO, C. y E. «Control de la Erosión y Contaminación de las Aguas». I Curso sobre Diseño de Presas y Escombreras. Fundación Gómez Prado. 1984.
- LOPEZ JIMENO, E. «Mejora de la productividad del equipo minero de volquetes de 170 t en Meirama». VII Congreso Internacional de Minería y Metalurgia. Barcelona 1984.
- MONGE GANUZAS, C. «Estudio Sedimentológico de la Cuenca Terciaria de Meirama. Un ejemplo de una cuenca sedimentaria sobre una falla de salto en dirección». Cuaderno do Laboratorio Xeolóxico de Laxe. 1987.