EL AGUA EN LA MINA

ANTONIO PIZARRO LOSILLA

CICLO DEL AGUA EN LA NATURALEZA

El agua procedente de las precipitaciones atmosféricas se reparte en tres porciones: *superficial*, que discurre sobre la superficie terrestre y forma los torrentes o ríos; *de infiltración*, que penetra en el subsuelo, y la que se pierde por *evaporación*, reintegrándose a la atmósfera.

En este trabajo en mayor medida me voy a referir a:

- Agua de infiltración, la cual procede de las precipitaciones atmosféricas y que penetra en el terreno por gravedad, favorecida por la existencia de grietas o fisuras en las rocas, y por la misma porosidad de los materiales que forman el subsuelo, constituyendo el agua subterránea.

- Agua superficial, que se constituye en lagos, arroyos, torrentes y ríos, y que según su ubicación puede afectar en diferentes medidas a cualquier explotación minera.

En el subsuelo, el agua penetra hasta cierta profundidad, en lo que se denomina zona de aireación, aquí se efectúan desplazamientos verticales, bien sea descendiendo por la gravedad o ascendiendo por capilaridad, por lo tanto los poros de las rocas están parcialmente llenos de agua; esta zona queda limitada por el nivel hidrostático o "freático", cuya profundidad varía de acuerdo con las precipitaciones atmosféricas, ascendiendo en épocas lluviosas y descendiendo en épocas de sequías.

Por debajo del nivel hidrostático las rocas están completamente saturadas de agua y no se producen desplazamientos verticales de la misma, existiendo por el contrario importantes desplazamientos horizontales, originados por el flujo del agua a los puntos de mínima presión, allí donde el nivel hidrostático

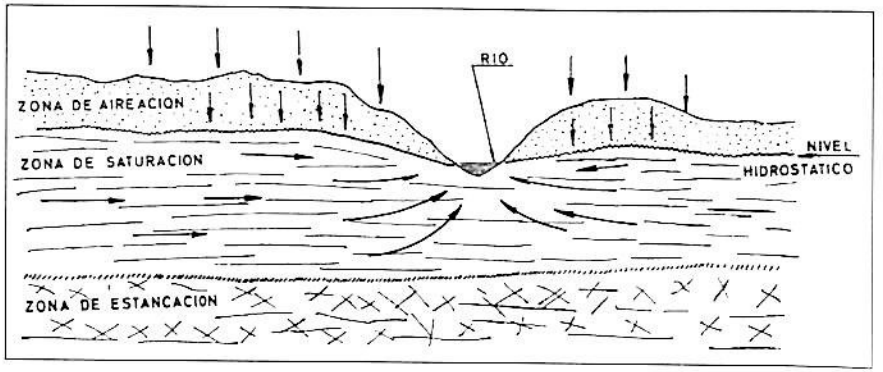

Figura 1. Vista de las diferentes zonas por donde discurre el agua en el subsuelo

aflore en superficie o donde sea cortado por un pozo; esta es la denominada zona de saturación.

De todas formas, los desplazamientos horizontales del agua en la zona de saturación cesan a cierta profundidad, variable según la naturaleza del terreno, por debajo de la cual el agua está inmovilizada, empapando las rocas del subsuelo, en la zona de estancación (Fig. 1).

Las cuencas hidrológicas subterráneas, salvo casos excepcionales, no coinciden con las cuencas hidrográficas superficiales, porque de una manera general, los accidentes topográficos no reflejan ni la estructura del subsuelo, ni la disposición de los estratos impermeables o accidentes tectónicos ocultos.

Independientemente, el nivel freático local se acomoda al relieve topográfico, situándose a mayor profundidad en las elevaciones del terreno y aflorando en los valles por donde circula el agua superficial. Experimenta variaciones estacionales, elevándose en las épocas de lluvias y descendiendo en los periodos de sequía, aunque de hecho, las alteraciones del nivel freático tienen lugar con un retraso de un par de meses en relación con las precipitaciones.

Por lo tanto, el agua puede llegar a convertirse en un problema importante en el diseño de una explotación minera, bien sea de interior o a cielo abierto; de igual forma que se realiza un estudio geológico del yacimiento para calcular y conocer la disposición de las reservas a explotar, encaminado básicamente para el diseño del método de explotación más adecuado para extraer el mineral con los menores costes posibles, a la vez se realiza un estudio hidrogeológico minucioso de los acuíferos situados al techo del yacimiento, teniendo en cuenta la pluviometría o régimen de lluvias de la zona para poder valorar los sistemas de desagüe que sean más adecuados para no perjudicar los trabajos normales de explotación.

En cualquier explotación minera el agua va a representar, como se ha dicho anteriormente, un factor muy importante a tener en cuenta, y dentro de las dos porciones que nos van a afectar más, podemos distinguir que el agua de infiltración o subterránea, nos puede afectar tanto a la minería a cielo abierto como a la de interior, con la diferencia de que en la minería a cielo abierto siempre será mas fácil su extracción y el agua superficial siempre va a afectar en mayor medida a la minería a cielo abierto que a la de interior.

AGUA EN LA MINERÍA SUBTERRÁNEA

Es indudable que cada año se extraen muchos miles de millones de productos minerales y tienen que extraerse grandes cantidades de agua para obtener estos resultados; agua que en caso contrario haría imposible el trabajo en la mina.

Cada año se invierten cantidades ingentes de dinero en la realización de nuevos proyectos mineros, uno de los requisitos más importantes para obtener el máximo rendimiento de estas inversiones es que se utilicen las técnicas más avanzadas y los equipos más eficaces y, por supuesto, en ello se incluye la evacuación del agua que se genera en las explotaciones.

Las fallas naturales o las grietas producidas por las explotaciones rompen la continuidad de los mantos impermeables y son el camino de entrada de las aguas, pero el agua más corriente en las minas profundas procede de niveles acuíferos subterráneos, aunque excepcionalmente pueda una grieta dar entrada a aguas superficiales directamente.

La mayoría de las rocas son impermeables y las grietas que en ellas se produzcan suelen impermeabilizarse pronto. Naturalmente las rocas porosas son un peligro y las calizas, al formar cavidades con almacenamiento de aguas, también. En las minas de sales el peligro del agua es mucho mayor y por ello se dejan fuertes macizos e incluso se rellenan con relleno hidráulico para cerrar el paso a posibles entradas de agua.

Las medidas para evitar o disminuir la entrada de aguas en la mina pueden realizarse dentro de la mina o exteriormente a ella; entre las medidas de exterior está el estudio detallado de la hidrología superficial y subterránea, con el fin de regular o impermeabilizar los ríos, arroyos..., desecar zonas pantanosas y drenarlas o captar mantos acuíferos con pozos y sondeos a menos costo que el desagüe a gran profundidad.

Las medidas de interior pueden ser: el revestimiento o encubado de pozos, el relleno, los macizos de protección, la cementación y los cierres y diques para aislar las aguas; todas ellas entrañan múltiples dificultades y al final siempre hay una parte importante de agua que hay que bombear al exterior.

Lo verdaderamente peligroso son los rompimientos súbitos de fuertes avenidas o inundaciones directas, que pueden anegar toda la mina y ponerla en peligro. Las lluvias sólo repercuten en minas de poca profundidad y normalmente con un retraso de unos meses, se puede considerar que a profundidades mayores de 500 metros no afecta a la curva de desagüe. La circulación del agua en el subsuelo es lenta, menor de 3 metros por hora.

De aquí la importancia de diseñar una buena red de desagüe, que en definitiva lo que persigue es la eliminación del agua de las minas por dos procedimientos:

- tomando medidas para que no entre en ella, mediante la creación de canales perimetrales, impermeabilización e incluso desvíos de cauces (lo veremos mejor en la minería a cielo abierto).

- bombeándola fuera de la mina.

ANTECEDENTES DE BOMBEO Y DESAGÜE EN MINAS SUBTERRÁNEAS

Una tarea fundamental en la explotación de minas la constituía la extracción de

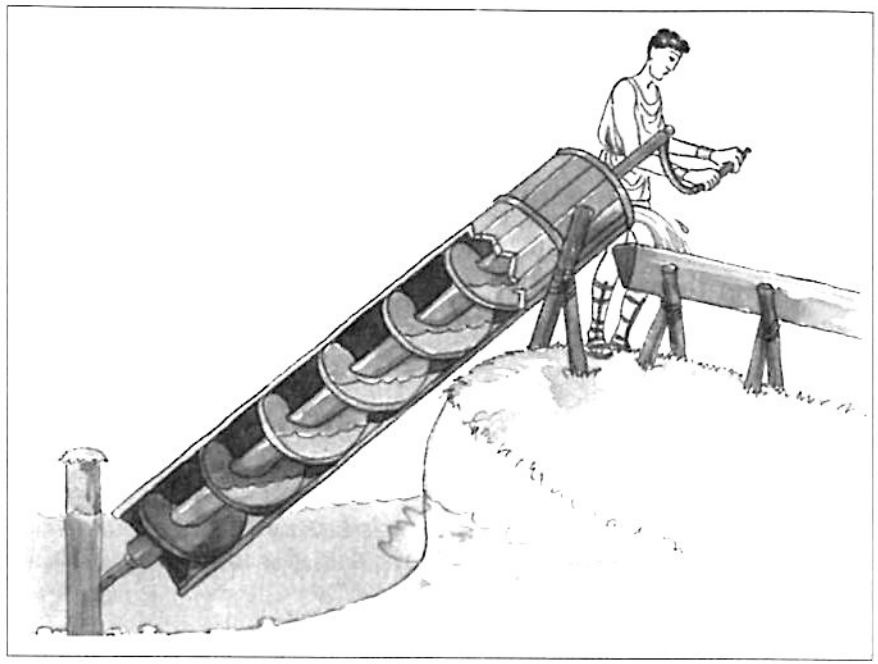

Figura 2. Ejemplo de Tornillo de Arquímedes

las aguas que se generaban en el interior. Se tiene conocimiento de laboriosos métodos utilizados para la extracción, en la época romana este problema se solucionó mediante la construcción de galerías de drenaje (a veces de varios kilómetros de longitud), que exigían un buen estudio topográfico y maquinaria como la noria, el tornillo de Arquímedes o la bomba de pistones (Fig. 2).

En la época medieval se solucionaba el problema con la conducción de las aguas por las galerías mediante cunetas a unos depósitos de recepción en zonas determinadas, siempre en las zonas más bajas de la mina, y el desagüe se realizaba mediante tornos de mano para subir las "zacas", que eran bolsas de cuero capaces de transportar entre 100 y 120 kg; se establecía así un sistema que dividía el recorrido ascendente del agua en tramos, de modo que cada 20 ó 30 metros había un equipo formado por dos o cuatro tiradores que movían el torno, un "charquero", que era el que llenaba la zaca en el fondo del pozo, y un "amainador" que la vaciaba (Fig. 3).

Figura 3. Desagüe de labores mineras con tornos de mano y zacas

A continuación se implantó una nueva técnica de origen alemán, que consistía en el achique de agua mediante el método de bombas aspirantes, que eran accionadas mediante una palanca o balancín que daba movimiento al émbolo, y su ejecución, igualmente penosa, estaba encomendada a operarios denominados bomberos. La mayor eficacia de este sistema se vio en parte menoscabada por su deficiente construcción en madera de roble, lo que propiciaba frecuentes averías. Las bombas aspirantes estaban situadas de manera escalonada para formar un cuerpo de bombas capaz de subir el agua desde lo más hondo de la mina hasta la superficie.

Hubo momentos en que coexistieron los dos métodos, y a la vez se produjeron numerosos ensayos, pero sin éxito, hasta que a comienzos de 1800 se sustituyó por completo el sistema de bombeo por bombas de aspiración, por la máquina de vapor bien llamada bomba de fuego, la cual en superficie generaba una energía potencial mediante la quema de madera en su caldera, y se establecía una conexión hasta el depósito mediante la prolongación de tubos, no se ajustaba el método a los esquemas de bomba de simple efecto inventada por Watt, pero servía para extraer el agua desde el interior, este método funcionó hasta finales del siglo XIX (Fig. 4).

La máquina de vapor, básicamente, consistía en una caldera que, mediante un tubo, comunicaba con un cilindro/pistón unido a uno de los extremos de una gran vía basculante de madera o balancín, cuyo extremo accionaba una bomba de agua. El vapor procedente de la caldera empujaba el pistón hacia arriba hasta la posición superior; en ese momento, se proyectaba dentro del cilindro un chorro de agua fría que enfriaba y condensaba el vapor, creando un vacío en su interior.

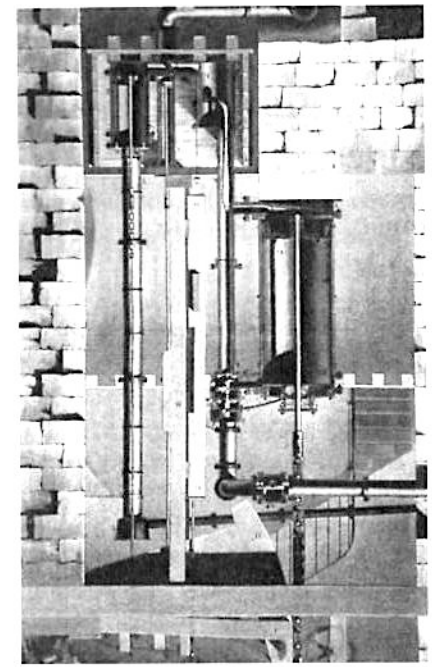

Figura 4. Corte vertical de una máquina de vapor

Entonces el vacío creado no contrarrestaba la presión atmosférica en la otra parte del émbolo y por ello empujaba el pistón hacia abajo arrastrando su lado de la viga y, por ende, su otro extremo subía accionando la bomba, la cual extraía el agua.

BOMBEO Y DESAGÜE EN MINAS SUBTERRÁNEAS

La capacidad de bombeo requerida en las minas subterráneas varía considerablemente. En algunas minas, debe depurarse el agua usada y ser reciclada para atender las necesidades operativas del resto de instalaciones y reducir los costes; en otras, por el contrario, se han de bombear millones de litros de agua cada día de cada año. Es indudable que el tamaño e infraestructura de la mina va a ser un factor muy a tener en cuenta, y desde luego, los grandes avances que han ido apareciendo para esta actividad.

El agua que tiene que ser extraída de las minas no es H_2O pura, contiene tanto:

- Partículas sólidas, entre las que se incluyen finos procedentes de la perforación, grandes partículas abrasivas y varios tipos de lodos que pueden resultar dañinos para los equipos que se utilicen para su extracción.

- Productos químicos, que se encuentran disueltos en el agua de mina, estos productos producen un agua altamente corrosiva que igualmente puede afectar gravemente a los equipos de bombeo.

El diseño de la red de bombeo o desagüe de una mina subterránea va a ser muy variable con el transcurso del tiempo, ya que el diseño de una explotación en origen va a ser muy definido, pero con el paso del tiempo y con la ampliación del campo de explotación esta red tendrá que modificarse, ya que comenzarán a variar tanto la longitud de las galerías como la profundización; por lo tanto, en cada planta habrá un depósito general, y de este en un momento dado será desde donde se bombeará al exterior, pero puede ser que con el paso del tiempo pueda dejarse de bombear al exterior y pueda servir de depósito secundario para bombear a otro principal y si este se sitúa a una cota inferior sólo por una conducción por gravedad pase el agua del uno al otro.

Podemos en cada caso atender a diferentes tipos de bombeo:

– Desagüe principal

La recogida y extracción de las aguas constituye la instalación de desagüe propiamente dicha: en términos generales el agua se recoge en las galerías, en cunetas practicadas a piso en la base de uno de los hastiales que conforman la galería. Lo normal es que vayan hormigonadas y con una pendiente mínima de 1 por 1000, y dirigida esa pendiente hacia unas galerías colectoras que normalmente están situadas unos 4 metros por debajo del piso de la llamada sala de bombas, incluso se puede recoger el bombeo de otras zonas de la mina y se conduce esta agua a este nivel más bajo de bombeo general.

Para determinar el volumen de estas galerías colectoras hay que conocer el sistema de funcionamiento del desagüe, y este va a depender del caudal de aporte y de si las bombas van a funcionar con o sin interrupción; en principio sería conveniente que las bombas trabajasen a un turno donde haya menor consumo de energía; por lo tanto, el volumen de las galerías necesita una capacidad para recoger el caudal de agua de las restantes horas de desagüe parado.

En régimen normal debe haber dos galerías, una en funcionamiento y otra en limpieza y reserva, sabiendo que una de las funciones que cumplen estas galerías es la de servir de decantación para el agua que llega; éstas se disponen simétricas con relación a la sala de bombas y se comunican con ella por pocillos verticales por los que baja la tubería de aspiración, que termina en la alcachofa rodeada de una envoltura de tela metálica para evitar la entrada de elementos que puedan estropear la bomba.

Las salas de bombas son galerías ensanchadas y revestidas de hormigón, deben tener un puente grúa para mover las piezas pesadas con la mayor facilidad posible y, sobre todo, deben estar bien ventiladas, ya que los motores que alimentan dichas bombas desprenden mucho calor; lo normal es que se construyan en zonas muy cercanas a los pozos o planos de bajada a la mina, para utilizar la ventilación limpia que entra del exterior y también para la colocación de la tubería de salida al exterior.

Las bombas principales de desagüe prácticamente todas son centrífugas y alimentadas con motores eléctricos, son bombas de varios rodetes o pisos de presión, cada rodete equivale a 70 ó 150 metros de altura de agua, por lo tanto para el cálculo de la bomba a colocar en el desagüe principal de la mina habrá que conocer el caudal de aporte, la altura a la que haya que subir el agua al exterior y las pérdidas de carga (Fig. 5).

– Desagüe secundario o auxiliar

Éste es el que se utiliza para enviar el agua a las galerías colectoras principalmente, aunque en algunos casos según al nivel que se realiza lo hacen directamente al exterior. Es muy variable tanto en caudal como la ubicación, por lo tanto, las dimensiones de estos depósitos van a ser muy variables y no con tanto detalle en su construcción como los anteriormente descritos; e igualmente el tipo de bombas utilizadas será muy amplio dentro de las que existen en el mercado dependiendo de la cantidad de agua a desaguar, su calidad..., además de si es conveniente que sean sumergibles, si tienen que estar alimentadas eléctricamente o por aire comprimido. Estos equipos pueden ser atendidos por alguna persona o incluso se pueden accionar de forma automática mediante la colocación de un sistema de control de nivel.

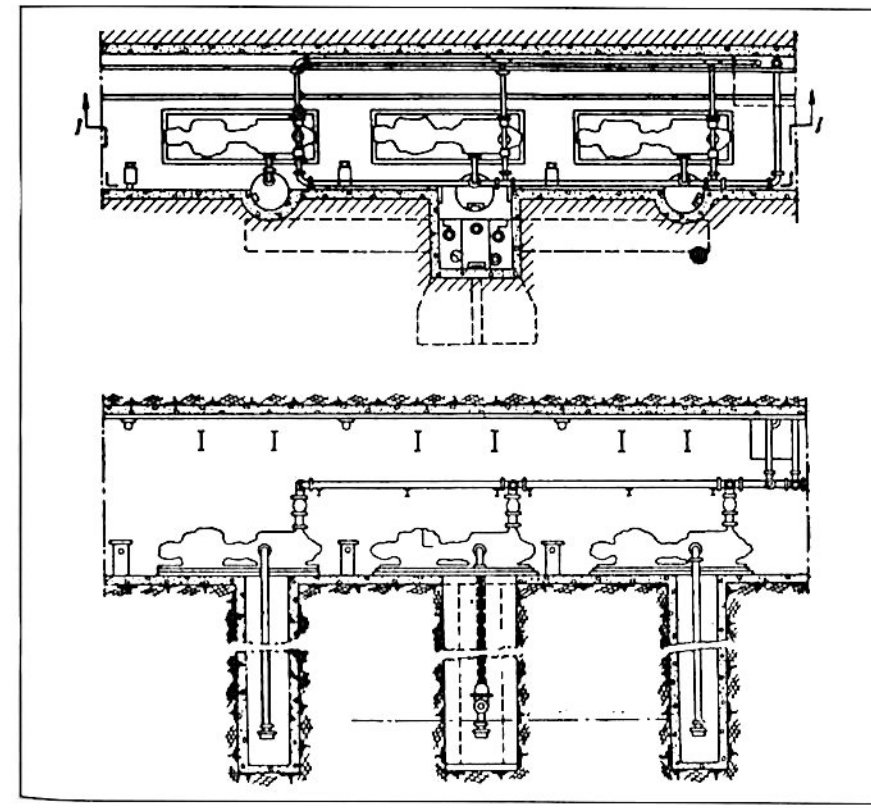

Figura 5. Vista del diseño de sala con tres bombas principales de bombeo

A continuación vamos a ver una serie de posibilidades y soluciones que se pueden dar:

- Bombeo por etapas con bombas pequeñas, que normalmente son sumergibles, y que se utilizan para mantener el agua fuera de los frentes de trabajo y para el transporte a estaciones de bombeo secundarias o principales, siempre en el mismo nivel; éstas no requieren más que un pequeño sumidero para la captación del agua y pueden ser alimentadas tanto con corriente eléctrica como con aire comprimido.

- Bombeo entre niveles. Se emplean bombas sumergibles para el bombeo de uno o varios niveles a la estación de bombeo principal más cercana. Puede darse el caso de que según a la profundidad que esté situada se bombee directamente al exterior.

- Drenaje de pozos y lugares de trabajo, por cuestiones de trabajo y mantenimiento. No se construyen estaciones de bombeo complicadas tanto en los fondos de pozos y planos, como en otro tipo de labores; se construyen unas estaciones de bombeo que pueden funcionar sin recibir atención durante periodos de tiempos más largos que en el caso de instalaciones fácilmente accesibles. La capacidad de bombeo requerida varía según las circunstancias, debido a que el lodo se acumula en el fondo sin drenaje natural, es por lo que se utilizan bombas especialmente construidas para trabajar con este material (Fig. 6).

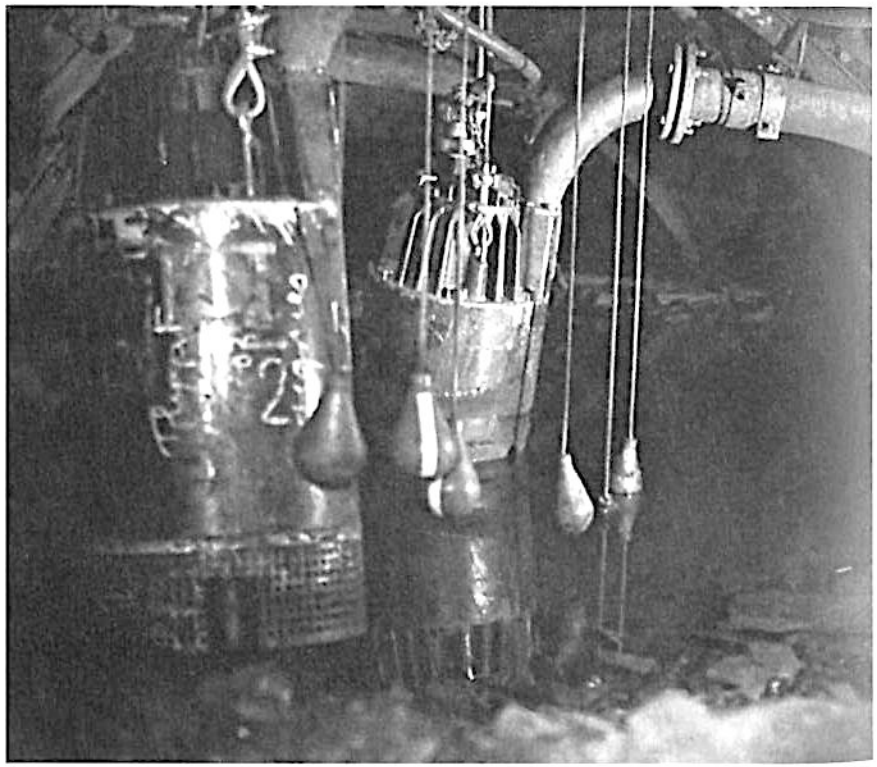

Figura 6. Bombas instaladas en una zona de acopio, funcionan mediante sondas de nivel.

- Es importante que dentro de la infraestructura de la mina, y según vaya evolucionando el campo de explotación, se integre un depósito de almacenamiento de aguas para uso en las mismas labores de interior, bien sea para riegos en los frentes o para alimentar máquinas que precisan dicho elemento para su funcionamiento o refrigeración. Este depósito se ubicará en una zona intermedia a donde se bombeará el agua y luego mediante una conducción de tuberías bajará por gravedad a las zonas de uso.

DESAGÜE Y DRENAJE EN MINERÍA A CIELO ABIERTO

La procedencia del agua que puede encontrarse en una explotación a cielo abierto puede ser muy variable:

- Aguas de drenaje (subterráneas y pluviales, en función de las características de la explotación, meteorología, naturaleza de los acuíferos, morfología de la zona de extracción, etc.).

  Captación de agua subterránea mediante perforación.

- Captación de las aguas superficiales (ríos u otros cursos de aguas).

La lucha contra el agua lleva implícito un estudio exhaustivo de la explotación para evitar de la mejor manera posible que el agua entorpezca la marcha normal de trabajo e incluso el peligro que conlleva la irrupción incontrolada de la misma en la mina, a continuación voy a exponer una serie de medidas preventivas.

El drenaje va a variar con la extensión de las corrientes de agua y la topografía de la superficie. Aun en el caso de que el problema del drenaje no sea grave debe prestársele mucha atención si la estabilidad de los taludes y pistas resultan afectados por la humedad; en las explotaciones de minerales terrosos y poco consolidados el problema del agua puede ser particularmente grave.

Los periodos de sequía traen como consecuencia el endurecimiento de la capa superior del suelo que luego, en caso de fuertes precipitaciones, tiene inicialmente escasa permeabilidad, lo que produce dos efectos negativos: el suelo no se infiltra en profundidad y el agua, al no quedar retenida, produce importantes efectos erosivos, ya que los torrentes de lluvias siguen las líneas de máxima pendiente provocando pérdidas de suelo.

También se puede disminuir la pendiente de las regueras construyendo pequeños diques transversales con materiales existentes in situ, como piedras de escollera de tamaño reducido que atenúan la velocidad del agua.

El agua de escorrentías y filtraciones del terreno próximo a la corta se evita con diques y con drenajes; los arroyos hay que desviarlos con canales perimetrales construyendo represas y canalizaciones (Fig. 7).

El agua puede inducir condiciones de inestabilidad en un talud, cuando aumenta su contenido, ya que se produce una variación de las fuerzas que se ejercen sobre el terreno y se debilita la cohesión de los materiales, aumentando el esfuerzo cortante.

Para el drenaje superficial debe conocerse la orografía del terreno: en las cunetas la velocidad de la corriente de agua debe ser bastante rápida para

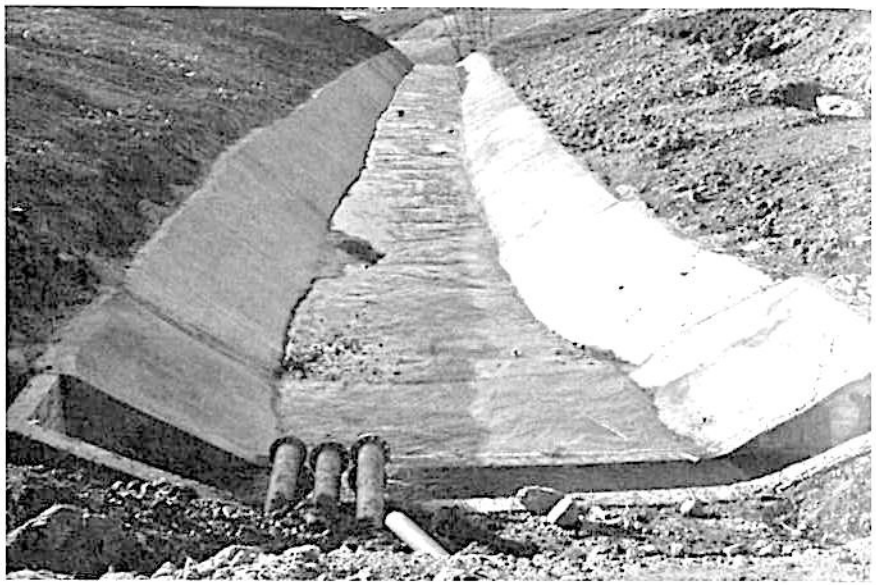

Figura 7. Ejemplo de canal perimetral construido para la conducción de las aguas de escorrentía y bombeadas

arrastrar los sedimentos, pero no tanta que produzca erosión (incluso se puede llegar a hormigonar); las salidas de agua deben proyectarse de modo que no se vean afectadas por las labores mineras o que no vuelvan a la explotación por otro camino.

Para realizar un drenaje profundo de aguas freáticas, se realiza una red de sondeos para bombeo, instalando bombas sumergibles en su interior, que consiguen bajar el nivel freático de la zona o mantenerlo a una profundidad alejada de las zonas a explotar.

La estabilidad de los taludes es muy importante y a veces aparecen aguas colgadas que generan una inestabilidad, esta agua hay que recogerla si sale a la superficie, pero a veces está actuando en el interior del talud y la única forma de sacarla al exterior es realizar pequeños sondeos de drenaje y conducirla donde menos perjudique.

En definitiva, se trata de aislar al máximo posible las zonas de trabajo, pero por uno u otro motivo es difícil eliminar toda esta agua, es entonces cuando se van conduciendo hacia el lugar más bajo de la explotación al llamado fondo de mina y desde aquí bombear, dependiendo de la profundidad en una o varias etapas, a uno de los canales perimetrales que alejen el agua de la explotación.

En fondo de mina siempre va a existir una zona de acumulación de aguas, y de aquí se bombeará mediante bombas sumergibles, resistentes al desgaste y de una capacidad adecuada para tratar de simplificar la instalación mediante varias bombas; y a la vez se reduce el número de decantadores, por lo que será una bomba sumergible y de gran altura de elevación de hasta 180 metros (Fig. 8).

Es muy corriente que esta agua vertida sobre un canal o directamente con mangones se lleve a una balsa o depósito

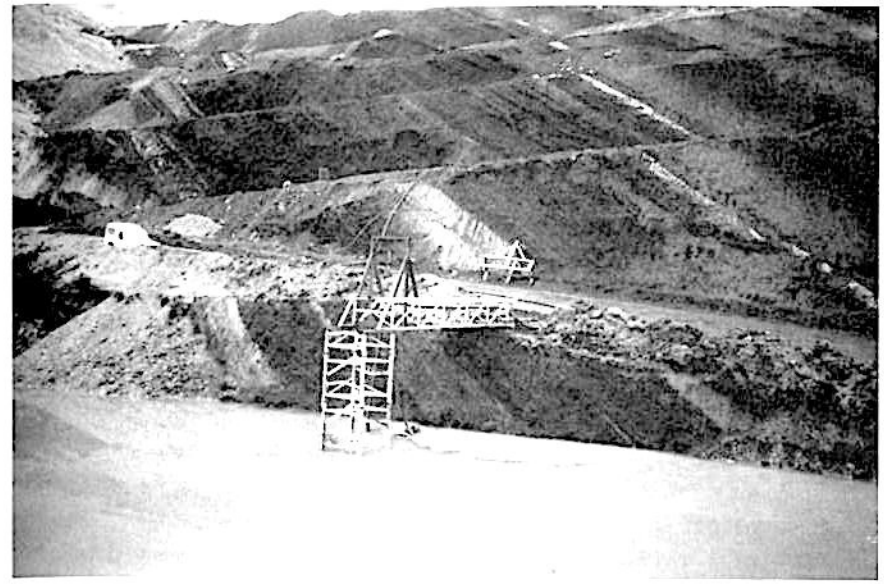

Figura 8. Bomba de achique instalada en una plataforma construida al efecto

exterior, en el cual se produce una decantación de los materiales arrastrados. Si es en un arroyo donde está ubicada, al llegar a un nivel seguirá su curso y si no, se quedará como balsa integrada en el entorno pero que nos pueda servir para utilizarla en las diversas actuaciones posteriores, tanto para riego de pistas como para alimentar plantas de áridos para su lavado, según sea la explotación.

AGUA EN LAS MINAS DE LA COMARCA

Dentro de la comarca Andorra-Sierra de Arcos, zona emblemática por el gran número de explotaciones mineras que ha existido a lo largo de los dos últimos siglos, se puede afirmar que ha sido la minería del carbón la que más ha abundado y concretamente la minería de interior, ya que la aparición de la minería a cielo abierto es de fecha muy reciente, hacia mediados de los años 70 del siglo XX, por lo tanto, prácticamente los ejemplos más relevantes los vamos a encontrar en minas subterráneas.

En la minería subterránea, y concretamente en la minería energética, además del problema capital de crear la infraestructura necesaria para llegar al carbón y explotarlo con las dificultades que conlleva mantener ese hueco abierto, podemos sumar dos características que van a repercutir directamente en crear las dificultades para su explotación, y son el fuego y el agua.

Si analizamos una zona muy determinada y concreta como es la zona del Val de Ariño, podemos apreciar que el agua ha sido un obstáculo importante en el desarrollo de estas explotaciones –aunque no sólo hay casos en esta zona, ha habido en más–: algunas explotaciones en su diseño y por el número de reservas a explotar se han quedado en proyectos inacabados y otras, mediante la constante lucha contra este elemento se han conseguido explotar, pero con muchas difi-

cultades, aplicando muchos de los procedimientos que se han explicado anteriormente: desvío de cursos fluviales, sondeos de drenaje desde el exterior, etc., añadiendo exhaustivos estudios y cambios de planteamientos en los métodos de explotación que se barajaron en un principio.

Es indudable que la base está en la geología de la zona, ya que las capas de carbón explotadas (zona del Val de Ariño) se encuentran situadas a techo de calizas, tras bancos de potencia variable de margas y arcillas carbonosas, y por encima al techo de las capas de carbón se presentan alternancias de arcillas y arenas blancas con agua, en unas zonas las arenas entran en contacto directo con la capa de carbón y en otras hay intercalado un paquete de arcillas, pero el agua que contienen estas arenas está sometida a bastante presión (Fig. 9).

Esta agua subterránea ha planteado múltiples problemas, que en cada caso se han acometido con los medios técnicos que había en ese momento. Se puede citar el caso del Pozo San Juan, que fue la primera actuación importante a la llegada de la Calvo Sotelo a la zona y que era un proyecto muy ambicioso, ya que se iba a explotar una zona con una cantidad importante de reservas, en la profundización del pozo; ya sabemos de los múltiples problemas que hubo en su ejecución hasta que al final se decidió abandonar. A continuación le siguieron otros proyectos que se convirtieron en realidades y que llegaron a funcionar, como fue Andorrana, pero que al final por múltiples problemas y quizás el más fuerte fuese el agua, se tuvo que cerrar cuando no eran esos los pensamientos de la empresa que la explotaba. Igualmente si nos vamos fuera de la zona pero muy cerca de Andorra, Nuestra Señora del Tremedal también tuvo que ser cerrada parece ser que por el mismo motivo del agua; se tomó la decisión de desplazar los planos de entrada a la mina para explotar estos macizos alejándose de la zona anterior, pero igualmente en la profundización apareció el rico elemento y se tuvo que abandonar, posiblemente con el paso del tiempo y la aparición de nuevas técnicas, estos fracasos hubieran corrido seguramente otra suerte, más positiva.

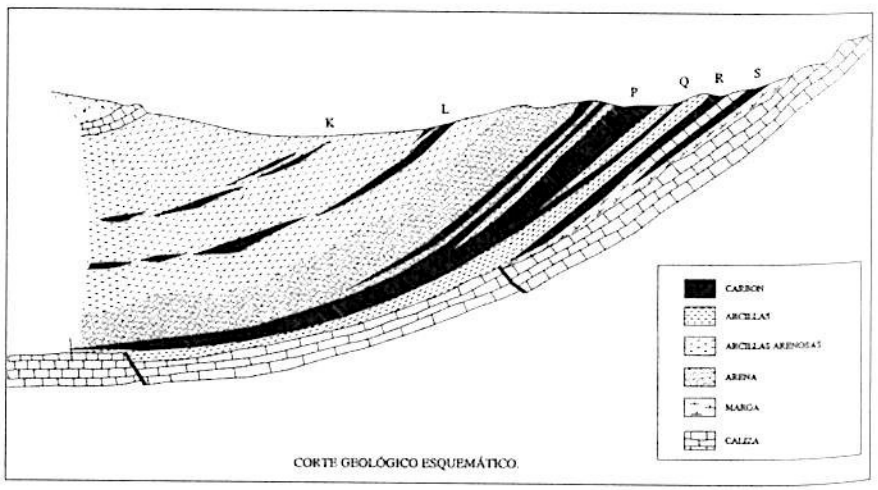

Figura 9. Corte geológico del Val de Ariño

Por otro lado, ha habido dos explotaciones de ENDESA, como son Oportuna e Innominada, e igualmente en las explotaciones de SAMCA, Sierra de Arcos y María, en las que se ha luchado y se sigue luchando contra el agua (como he comentado anteriormente, no sólo es la irrupción del agua en las explotaciones, sino las presiones que genera sobre los terrenos situados por encima de las capas de carbón) para explotar y arrancar el máximo de reservas disponibles, actuando con todos los medios mecánicos y humanos al alcance. Indudablemente, a lo largo de la vida de las explotaciones ha habido que ir abandonando unos métodos de trabajo por otros más adecuados a las características del yacimiento, una de las actuaciones fue la de realizar varios sondeos piezométricos y a la vez varios pozos instalando bomba en el interior, todo ello con el objeto de variar el nivel freático de las aguas, aunque podemos decir que no se consiguió del todo.

Por lo tanto, la lucha continua para combatir las avenidas de agua ha sido constante y en momentos puntuales, de agobio, se han tenido que desechar métodos de explotación que asegurarían en mejor grado la explotabilidad del yacimiento, incluso mejorar los resultados económicos de la empresa, pero se han tenido que descartar por los problemas que ocasionaban.

En las minas a cielo abierto de la zona la lucha contra el agua ha sido manejada en mejor medida y, aunque en algún momento puntual ha originado algún cambio de estrategia de explotación, no hay una constancia de que haya supuesto un gran problema en la explotación normal. Eso sí, acometiendo en cada caso las medidas preventivas para mantener el agua alejada de las zonas de trabajo; sí puede ser que en un momento puntual haya habido épocas de más pluviometría que hayan retrasado la marcha normal de trabajo por inundarse alguna zona concreta y haya que haber hecho alguna actuación extraordinaria.

BIBLIOGRAFÍA

MELÉNDEZ, B. y FUSTER, J. M.ª. *Geología*. Paraninfo, 1975.

CUADRA, L. *Curso de Laboreo de Minas*. Fundación Gómez Pardo, 1974.

HERNÁNDEZ SOBRINO, A. y FERNÁNDEZ APARICIO, J. *La Bomba de Fuego en almacén*. Fundación Almacén Francisco Javier de Villegas, 2005.

Manual de Bombas Flygt. 2002.

Guía de Buenas Prácticas en Restauración. Asociación Nacional de Empresarios Fabricantes de Áridos, 2005.

VV. AA. "La explotación minera a lo largo de los tiempos" en *Carbón*. CELAN y Departamento de Edición del IES Pablo Serrano de Andorra, 2005, pp. 12-29.