

CERRAMIENTO
DE UNA
ZONA DE FUEGOS

POR
JUAN SANCHEZ ARBOLEDAS

Ingeniero de Minas

SEGUNDA EDICION



1928

CERRAMIENTO
DE UNA
ZONA DE FUEGOS

POR
JUAN SANCHEZ ARBOLEDAS

Ingeniero de Minas

SEGUNDA EDICION



1928

Es propiedad del autor.
Queda hecho el registro que marca
la Ley.

~~M. Juan V. ...~~
Francisco Ignacio Patac

I ~~EP ...~~

GENERALIDADES

15 - 5 - 29.

Entre los varios procedimientos que pueden ponerse en práctica en la lucha contra un incendio o un fuego subterráneo, figura el de extinción por atufamiento mediante el cierre de la zona del fuego. En nuestro libro *Incendios y fuegos subterráneos* (I) incluimos este método de lucha entre los de extinción por lucha indirecta.

Consiste en tabicar la zona de fuego construyendo dos tabiques, uno del lado de la entrada y otro del de la salida del aire. El procedimiento no puede ser más sencillo, pero no deja de ser una de las operaciones más peligrosas que en la explotación de una mina de carbón puede presentarse.

Con su aplicación se acorta la duración de la lucha contra un fuego, pero tiene el inconveniente de que inmoviliza durante un cierto tiempo una parte más o menos importante de la mina, según sea la extensión de la zona tabicada.

Cuando se trata de minas en las que los fuegos no se presentan sino excepcionalmente, en las que no se dispone del material indispensable, o

falta la experiencia necesaria para iniciar con esperanzas de éxito la lucha directa, está justificado el tabicamiento del fuego; lo mismo puede decirse cuando la zona afectada por el accidente se encuentra próxima a trabajos antiguos, rellenos o no, y, en general, a huecos en que puedan acumularse gases inflamables. También está indicado el cierre de la zona de fuego cuando durante la lucha directa la intensidad del mismo es tan grande que nos amenaza con degenerar en incendio, o cuando el trabajo se hace peligroso, bien por el desprendimiento de gases tóxicos, o por el temor de probables acumulaciones de grisú, así como cuando en un incendio el desprendimiento de humos es tan importante que impide el acceso a la zona del mismo. Fuera de estos casos, la aplicación del método que vamos a estudiar la consideraremos siempre improcedente, reconociendo con Mr. Aron que la elección del método de lucha, que debía depender única y exclusivamente de las condiciones del yacimiento y del fuego, está íntimamente ligada a la voluntad y energía personal del explotador, y nosotros añadimos que lo está aún más a la del ingeniero encargado de los trabajos.

Es más; mientras en unas cuencas hulleras es general el empleo de los métodos de lucha directa, en otras se recurre casi siempre al cierre de la zona del fuego. Así, en Asturias, el segundo procedimiento se aplica generalmente, y, en cambio, en la cuenca de Bélmez todos los fuegos son atacados siguiendo los métodos de lucha directa.

Ahora bien: cualquiera que sea la consideración que nos aconseje tabicar el fuego, y una vez que nos decidamos a su ejecución, se nos presentan inmediatamente las cuatro cuestiones siguientes:

- a) Emplazamiento de los tabiques;
- b) Elección del sistema de cierre;
- c) Construcción de los tabiques, y
- d) Orden de cierre.

a) EMPLAZAMIENTO DE LOS TABIQUES

Varias son las circunstancias que es preciso tener en cuenta para fijar el sitio en que debe procederse a la construcción de los tabiques.

En primer lugar es preciso no olvidar que aíslan una parte de la mina, que inmovilizan una masa de carbón; fácil es comprender, por tanto, el interés que habrá en reducir al mínimo dicha zona, aproximando los tabiques al foco del fuego cuanto sea posible. Otra circunstancia que nos lleva a la misma conclusión está basada en la consideración siguiente: al tabicar la zona de fuego, para atufarlo, se deja al mismo en presencia de una masa de aire que seguirá alimentándolo en tanto que contenga oxígeno en la proporción necesaria; es decir, que cuanto menor sea dicho volumen de aire, menor será el tiempo necesario para la consecución del fin que se persigue. También nos aconseja la limitación de la zona tabicada la reducción que simultáneamente se hace de la superficie emisora del grisú y de la masa de

productos hidrocarbonados susceptibles de producir una explosión.

Por otra parte, no hay que perder de vista las condiciones de ventilación, que deben ser tales que los obreros encargados de la construcción de los tabiques puedan efectuar su trabajo en buenas condiciones, lo que obliga a situar los tabiques a una cierta distancia del fuego, la necesaria para que el personal no sea molestado con exceso por los humos y el calor. Además, y principalmente en las minas grisuosas, es preciso exponer

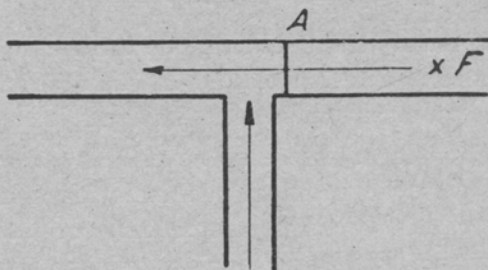


Figura 1

el menor número posible de obreros a los riesgos de una explosión, lo que aconsejará instalar los tabiques tan próximos como se pueda al punto hasta el cual puedan llegar las vagonetas, con lo que se realiza el doble objeto de abreviar la duración de la construcción de los tabiques y exponer el mínimo de personal. Así, por ejemplo, si suponemos un fuego en F (fig. 1.^a) y las vagonetas pueden llegar hasta el sitio del tabique, es ventajosa la construcción de éste en A. Pero si suponemos que la ventilación se efectúa según

indican las flechas en la figura 2.^a, es decir, en sentido contrario, es más ventajosa la construcción del tabique en B que en A.

Finalmente, el elemento más importante a tener en cuenta en el emplazamiento de los tabiques es la solidez del terreno, toda vez que de ella depende principalmente la impermeabilidad del cerramiento. Se elegirá una zona tan sólida como sea posible, carbón no fisurado o roca, preferentemente esta última. Las dificultades que presenta la elección aumentan si se trata de una

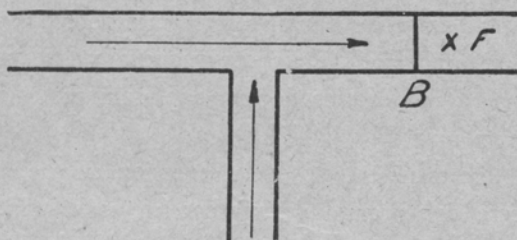


Figura 2

planta en explotación, y más aún cuando se han de tabicar cuarteles explotados sin relleno, a causa de la fisuración tan grande a que, de ordinario, dan lugar los hundimientos. En muchos casos, dichas dificultades son tales que es preciso tabicar las galerías de entrada y salida de aire del cuartel del fuego. Otras veces, y para evitar la inmovilización de zonas extensas, se establecen los tabiques en zonas de mediana solidez, completando ésta en lo posible con macizos de buen relleno, revestimientos-estancos o enlodados más o menos extensos.

b) ELECCIÓN DEL SISTEMA DE CIERRE

Diferentes tipos de tabiques.—La primera clasificación que hacemos es la de tabiques rápidos o provisionales y tabiques definitivos.

Como veremos más adelante, la ejecución de los tabiques definitivos es bastante lenta, por lo que en ciertos casos la gravedad de las circunstancias obliga a cerramientos provisionales y de rápida ejecución.

El tabique más sencillo es el que se obtiene apuntalando un cuadro y cerrando con tablas el espacio entre los puntales y los pies derechos. Su impermeabilidad al aire es pequeña y su resistencia a los efectos de una explosión es seguramente nula.

Algo más perfecto que el anterior, en cuanto a cierre del circuito de ventilación, es el tabique formado clavando tablas a uno y otro lado de los puntales y pies derechos y rellenando con bolas bien macizadas el espacio comprendido entre los dos tableros. Sin embargo, la resistencia a los efectos dinámicos de una explosión sigue siendo casi nula.

De iguales defectos adolece el tabique portátil de Wagner.

Algo más perfeccionados son los llamados tabiques metálicos portátiles, entre los cuales debemos citar el de M. Delafosse (1) y el empleado en las minas de *Victoria* y *Serlo*, de la cuenca del Saar. Pero, para nosotros, el tabique provisional

(1) «Comptes-rendus de la Société de l'Industrie minière», Enero de 1907.

que ofrece mayores garantías de seguridad es el tabique de sacos terreros.

Tabiques de sacos terreros.—Constrúyense estos tabiques con sacos terreros de 40 centímetros de longitud por 30 centímetros de diámetro, dispuestos en una o dos filas. Dichos sacos, llenos y atados, son transportados en vagonetas lo más cerca posible al emplazamiento del tabique. Aun cuando cada obrero puede llevar desahogadamente un saco, es preferible emplear dos obreros en su transporte. En una galería de tres o cuatro metros cuadrados de sección, el número de sacos necesarios para levantar un tabique de dos líneas se aproxima al centenar. En la construcción del tabique pueden trabajar simultáneamente cuatro obreros transportando dos sacos. Si se dispone de 30 obreros y se calcula en dos o tres minutos el tiempo necesario para el transporte y colocación de un saco, cada obrero trabajará un par de minutos, seguidos de un descanso de veinte a treinta minutos. Se puede así construir un tabique de 60 a 80 centímetros de espesor, con dos líneas de sacos, en cuatro o seis horas. Para la evacuación de los humos durante la construcción del tabique, conviene dejar introducidos entre los sacos dos tubos de bastante diámetro.

Estos tabiques han dado excelentes resultados en Blanzý: son suficientemente estancos y resisten muy bien los efectos dinámicos de una explosión. Sobre todo constituyen un tapón a cuyo abrigo se puede ejecutar ya con más tranquilidad y menos peligro el tabique definitivo.

Tabiques definitivos.—Todos los tabiques que hemos citado no tienen otro carácter que el de cerramientos provisionales; un cerramiento definitivo debe satisfacer el doble objeto de ser perfectamente estanco y resistir los efectos dinámicos de una explosión. Los tabiques definitivos pueden ser de madera, mampostería, ladrillo, hormigón o tierra; pero cualquiera que sea el material que se emplee, dichos tabiques deben empotrarse 50 centímetros, como *mínimum*, en las paredes, piso y cielo de las galerías, con el fin de evitar las filtraciones de aire y lograr la unión del tabique con la parte firme del terreno, pues, como se sabe, la zona próxima a los paramentos de la galería se encuentra siempre más o menos fisurada.

Tabiques de madera.—Designamos con este nombre a unos tabiques muy usados en las minas de lignito de Bohemia y en las de carbón de Alta Silesia, compuestos de rollizos de madera unidos con cemento.

Los rollizos, de un metro de longitud y de 10 a 15 centímetros de diámetro, se disponen por tongadas horizontales separadas por una capa de cemento y dispuestas de modo que los rollizos de una tongada sean normales a los de la inferior. Estos tabiques dan muy buenos resultados en terrenos que cargan mucho; su impermeabilidad al aire es buena; pero, *construídos* con material combustible, pueden llegar a ser destruídos por los fuegos, como se ha comprobado en varios ac-

cidentes de esta índole ocurridos en algunas minas de Alta Silesia.

Tabiques de mampostería.—Este sistema de construcción es el más antiguo y a su vez el más extendido. La ejecución de la obra es fácil y rápida, pero su impermeabilidad al aire deja mucho que desear, sobre todo al cabo de algún tiempo, debido a que la mampostería es casi incomprendible y se fisura en cuanto el terreno carga algo, por cuya razón requieren una vigilancia y una conservación muy constantes. El espesor de estos tabiques no será inferior a 50 centímetros y, en general, excede de un metro.

Tabiques de ladrillo.—Son preferibles a los anteriores, puesto que resisten mejor la acción del calor y son de ejecución más rápida.

El mortero, tanto en estos tabiques como en los anteriores, debe ser hidráulico; antes se empleaba la arena en su preparación, con el fin de obtener un cierre más estanco, pero hoy se prefiere emplear ceniza fina de calderas, que, a pesar de ser algo porosa, suministra un mortero más resistente al agua. La impermeabilidad al aire se obtiene enluciendo con cemento los dos paramentos del tabique. Para efectuar el enlucido de la cara posterior, o sea la que mira al fuego, se deja un paso de hombre, que se cierra después desde el lado exterior, o bien se deja entre la mampostería un tubo de paso provisto de una tapa para su cierre.

Tabiques de hormigón.—Superan a los anteriores por ser una construcción más comprensible

que la mampostería. El hormigón habrá de ser hidráulico y en su construcción se tendrá en cuenta cuanto queda indicado respecto a espesor, anclaje, enlucido de sus paramentos, etc.

Tabiques de tierra.—La tierra vegetal un poco arcillosa, preparada en forma análoga a la que se emplea en revestimientos, suministra el mejor material para la construcción de los tabiques, y, al contrario de lo que sucede con los cerramientos de mampostería, su impermeabilidad al aire aumenta con la presión.

Además, si la tierra es bajada en bolas, abréviase considerablemente la duración de la construcción del tabique.

A veces se recurre a un sistema de construcción intermedio entre la mampostería propiamente dicha y el muro de arcilla. Consiste en efectuar una especie de hormigón con piedras secas y tierra. Esta obra, rápida en su construcción, se comprime más que la mampostería, pero su impermeabilidad es muy inferior a la de los tabiques de arcilla.

Ahora bien: cualquiera que sea el tipo de tabique que se adopte, conviene dejar introducido en él uno o varios tubos de 30 a 50 milímetros de diámetro, que atravesando el tabique se prolonguen dos o tres metros, a contar de la cara posterior del mismo. Estos tubos, ordinariamente cerrados con una brida ciega, servirán para observar las variaciones de presión o de composición de los gases encerrados en la zona tabicada, así como también para aplicar el enlodado o inyectar

gases inertes, si se considerasen necesarias estas medidas a causa de los progresos del fuego o para reducir la duración del cierre.

Sucede también a veces que por la fisuración del terreno o la rapidez con que se ha construído el tabique su impermeabilidad deja algo que desearse. Pues bien: siempre que esto se sospeche conviene rellenar en la galería tabicada un trozo de 8 a 10 metros de longitud, a partir del tabique, constituyendo un segundo cerramiento y enlodando el tapón de relleno, si hay posibilidad de hacerlo. Por último, el revestimiento de la galería en una zona más o menos extensa completará, en muchos casos, el cierre del fuego. En ocasiones estos revestimientos adquieren una gran importancia, y con su empleo se evita un gran número de tabiques transversales y el aislamiento de zonas importantes.

Grandes tabiques.— Los cerramientos llegan a tener a veces dimensiones considerables. M. Fayol (1) cita el caso de un tabique vertical de 25 metros de altura, 300 de longitud y 2,25 metros de espesor; de otro horizontal, construído en el pozo *Saint-Etienne*, de cuatro metros de espesor y según todo el ancho de la capa, y de otro tabique vertical, de tierra arcillosa, de 25 metros de altura y 10 metros de espesor, en el sentido de la dirección de la capa, para proteger el pozo *Saint-Edmond*. El primer tabique no obtuvo éxito, pues el fuego pasó al otro lado del mis-

(1) «Etudes sur l'alteration et la combustion spontanée de la houille exposée a l'air,» pág. 213.

mo antes de terminarlo; en cambio, los otros dos han dado los mejores resultados.

En general, la explotación completa de una o varias plantas rellenas con materiales especiales (bolas, tierra vegetal, etc.), puede considerarse como un gran tabique que impediría la propagación de un fuego declarado sobre ellas.

II

c) CONSTRUCCIÓN DE LOS TABIQUES

La construcción de los tabiques, tanto provisionales como definitivos, debe ser lo más rápida posible y durante ella debe exponerse el mínimo de personal, siendo ésta una de las razones que nos han movido a aconsejar construir los tabiques en sitios hasta los cuales se puedan llevar en vagonetas los materiales necesarios, evitando en lo posible el transporte a espalda o a brazo, así como el empleo de pinches *burreadores*. Este transporte es muy lento y requiere mucho personal, que, como veremos, está siempre expuesto a los peligros de explosión.

Numerosos ejemplos muestran que el fracaso, en la mayoría de los casos, es debido a la lentitud en proporcionar a los obreros el material que necesitan para la construcción de los tabiques. Desde este punto de vista, las minas en que el empleo de balanzas y planos automotores está muy extendido, se encuentran en pésimas condiciones, si la galería de vuelta de aire del fuego no es accesible y constituye la vía de llegada de

rellenos o de materiales; no bastan a justificar el empleo de simples poleas-freno el hecho de que con contrapesos adecuados (tanques de agua, piedras, etc.) se pueden elevar materiales. Sería preferible que estuviesen dotados de pequeños cabrestantes susceptibles de trabajar normalmente como balanzas por un sencillo desembrague.

La organización del trabajo para la construcción del tabique no presenta nada de particular, y por esto no insistimos. Sin embargo, un punto importante es el de la ventilación, íntimamente ligada a la rapidez del trabajo. Así, en Francia, en las cuencas del Centro y de Aubin-Decazeville, se tiene como regla general la de ventilar suficientemente los tajos de construcción de tabiques, prescindiendo de la consideración de que así se aviva el fuego. Lo esencial es activar el cierre, pues los efectos de la llegada de aire fresco al fuego no se manifiesten, en general, sino cuando aquél se ha terminado. También ha de procurarse que dicha ventilación sea independiente del circuito del fuego que va a ser cortado, y cuyo gasto disminuye a medida que avanza la construcción del tabique de entrada. Dicho gasto llegaría a ser insuficiente al final de la operación o sea cuando la necesidad de proceder rápidamente es más imperiosa. Así se evita que la ventilación esté a merced de los hundimientos que pueden producirse en la galería afectada por el fuego, que podrían obligarnos incluso al abandono del trabajo por falta de ventilación.

El empleo de ventilación independiente es re-

comendado en Austria, en el distrito de Märich-Ostrau; ha sido adoptado como medida general en Francia y puesto en práctica por nosotros cuantas veces hemos tenido necesidad de tabicar un fuego.

Por muchas que sean las dificultades que presente el cierre del tabique de entrada (1), mayores serán siempre las que hay que vencer cuando se trata de construir el tabique de salida: el trabajo es mucho más penoso y más lento, sobre todo al construir la parte superior del tabique. Únicamente disponiendo de ventilación independiente se podrán mejorar las condiciones de trabajo.

Pudiera objetársenos que empleando aparatos respiratorios se evitarían muchos inconvenientes y no sería necesario recurrir a la ventilación independiente, pero el empleo de tales aparatos está en pugna con la rapidez necesaria en la construcción de los tabiques. Su peso, la limitación de movimientos, la disminución de la capacidad de trabajo y la elevada temperatura que reina en las zonas de fuegos, son inconvenientes que limitan la aplicación de dichos medios de protección y que hacen que se reserven para trabajos más lentos, como la terminación de un tabique de salida, o para aquellos trabajos que exigen poco esfuerzo: colocación de una puerta, de un telón, etc., que son precisamente los que se necesita llevar a cabo para lograr una ventila-

(1) En lo que sigue llamamos tabique de entrada al situado al lado de la entrada de aire con respecto al fuego.

ción independiente. En cambio, creemos que con el empleo de las mascarillas protectoras contra el óxido de carbono puedan obtenerse resultados muy superiores a los que proporcionarían los llamados aparatos de salvamento, si bien no debe olvidarse que la aplicación de las mascarillas sólo *es posible en atmósferas que contengan suficiente oxígeno*. Recientemente, y atendiendo nuestro deseo, han sido adquiridas para su ensayo dos de estas mascarillas por la Sociedad *Duro Felguera*, para la Estación Central de Salvamento, de Sama de Langreo, creyendo que son, hasta ahora, las únicas existentes en nuestro país.

En suma, el método con aire es el procedimiento a recomendar, aunque en ocasiones puede ser necesario combinarlo con el empleo de aparatos respiratorios, si bien, en este caso, es preciso adoptar precauciones especiales por estar constituidos los equipos de salvamento, en general, por personal poco entrenado en el manejo de los aparatos, que apenas si cuenta con algunas *horas de humos* en su cuaderno de trabajo. La experiencia así lo confirma desgraciadamente en nuestro país, ya que la intervención de tales equipos rara vez ha sido acompañada de éxito.

d) ORDEN DE CIERRE DE LOS TABIQUES

El orden de cierre de los tabiques es una cuestión sumamente discutida, y lo justifica el hecho de ser la fase más peligrosa que presenta la lucha contra los fuegos. Es entonces cuando exis-

te más probabilidad de que se materialice el fantasma de explosión.

Existen tres tendencias en cuanto al orden de cierre de los tabiques: la primera, llamada hoy ya impropriamente tendencia belga, que aconseja el cierre previo del tabique de salida (1); la segunda, consignada en el Reglamento de la cuenca de lignito de Bohemia (2), que aconseja el cierre simultáneo de la entrada y salida de aire, y la tercera, que pudiéramos llamar tendencia francesa, que es también la dominante en la cuenca del Ruhr y en las minas del distrito Ostrau-Karwin, que patrocina el cierre previo de la entrada. Esta misma diversidad de opiniones se hizo patente en una encuesta abierta en 1912 por la importante revista americana *Coal Age*, y en la que emitieron su opinión treinta y tres autoridades en la materia, declarándose quince partidarios del cierre previo de la entrada, diez del de la salida, siete del cierre simultáneo y uno que sostuvo la indiferencia en el orden de cierre. La cuestión es, indudablemente, de una complejidad grande, y es que las diversas circunstancias que concurren en un fuego son tantas, que es muy difícil abarcar su conjunto.

(1) Demanet, en su *Cours d'exploitation* (tomo 3.º pág. 75), recomienda el cierre previo de la salida, diciendo que "la experiencia y la teoría están acordes en que si el cuartel afectado por el fuego es grisúoso conviene cerrar primero el nivel superior y después el inferior".

(2) "Art. 44. Los dos tabiques deben establecerse simultáneamente en tanto sea posible".

"Si la vuelta de aire no es accesible, a causa del calor o de la abundancia de humos, se deberá, después de haber reducido convenientemente la corriente de aire (actuando, si hubiese necesidad, sobre el mismo pozo de entrada de aire), cerrar completamente la entrada, después la salida y, aun en caso de necesidad, el pozo de salida de aire".

Así, por ejemplo, el cierre de la entrada determina a veces la llegada de aire al fuego, del lado de la salida, lo que dificulta su extinción, debido a que en una galería en culatón puede establecerse una corriente de aire merced a la diferencia de densidad de los gases calientes y el aire fresco: la galería llega a dividirse idealmente por la superficie de separación de unos y otros y a constituir un verdadero circuito de ventilación, entrando el aire fresco a ras del piso, saliendo los gases calientes por la parte alta de la galería y siendo favorecida esta circulación por el mismo fuego, que desempeñará el papel de un hogar en el circuito así creado.

Algunos casos prácticos vienen en apoyo de esta hipótesis (1), que creemos es la que ha servido de base para establecer la tendencia belga, aconsejando el cierre previo de la salida de aire. Justifica también, en apariencia, este método la consideración teórica de que cerrando la salida se producirá un retroceso hacia el fuego de los gases calientes que de él se desprenden, los cuales lo apagarían. Los hechos no confirman la

(1) En los avances de galerías en culatón se observa con relativa frecuencia el hecho de que los humos de una pega avanzan por la mitad superior de la galería, en tanto que por la mitad inferior llega aire fresco al frente.

Se puede también citar el caso siguiente observado en las minas de la *Peronnière*, el 3 de Febrero de 1911. Unos días antes, el 28 de Enero, se incendió la entibación de una galería y se cerró la entrada de aire. A 55 metros de la enrucijada de la galería se produjo un hundimiento, y a poca distancia de aquélla se construyó un tabique hasta media altura de la galería. El 5 de Febrero se procedió a la demolición de este tabique, y las circunstancias se presentaron tan favorables, que se pudo llegar hasta el hundimiento; pero, algunas horas después, el incendio se reprodujo, y entonces se observó que la simple colocación de un telón, obstruyendo la mitad inferior de la galería, bastó para extinguir de nuevo el incendio.

teoría, como no podrán confirmarla desde el momento en que se apoya sobre una base falsa: que los humos no son combustibles.

Supongamos, en efecto, un fuego F (fig. 3.^a), en la galería AB , recorrida por una corriente de aire en el sentido que indica la flecha. En F , centro del fuego, existirá una mezcla de aire, ácido carbónico, vapor de agua, hidrocarburos y óxido de carbono; estos últimos productos se quemarán, en parte, al contacto del fuego, siendo arrastrado el resto, mezclado con los humos, por la corriente de aire, de modo, que aunque puedan

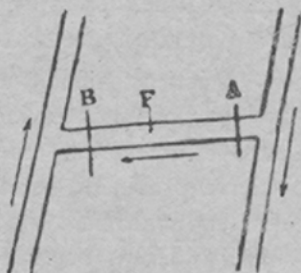


Figura 3

adquirir rápidamente una proporción peligrosa, su arrastre alejará el riesgo de explosión. Si construimos en B un tabique se producirá un retroceso de los humos, que en las proximidades del fuego se mezclarán con una cierta cantidad de aire fresco, y que si la mezcla de hidrocarburos y aire tiene lugar en proporciones convenientes, se originará una explosión, resultando, pues, que el *cierre previo del tabique de salida ofrece el riesgo de explosión.*

Consideremos ahora el cierre simultáneo de los tabiques de entrada y salida de aire. A más del riesgo indicado anteriormente, motivado por el retroceso de los humos, existirá el siguiente: Con el cierre de los tabiques *A* y *B* la extinción del fuego no es inmediata, sino que la combustión continuará en tanto exista oxígeno en la proporción necesaria. En un principio, en el espacio *AB*, existía una mezcla de gases inertes, aire y productos combustibles, no explosivos gracias a la existencia de un exceso de aire. Al continuar la combustión, la proporción de oxígeno disminuye, la de gases inflamables aumenta y sus proporciones pueden llegar a ser tales, que la mezcla entre dentro de los límites de inflamabilidad, de modo, que si el fuego no se ha apagado, si existen aún algunos puntos en ignición, la explosión es inminente. *El cierre simultáneo es, por tanto, más peligroso que el cierre previo del tabique de salida.*

Supongamos, por último, que se cierra primeramente la entrada de aire. Se eliminará el primer riesgo de explosión que tiene su origen en el retroceso de los humos hacia el fuego. El segundo se encuentra también muy atenuado teóricamente; el peligro existe, pues si el tabique y el terreno fueran estancos, el ventilador no ejercería aspiración alguna y el espacio *AF* constituiría un verdadero culatón; pero veamos lo que sucede en la práctica. Como ni el terreno ni el tabique son suficientemente impermeables al aire, la depresión del ventilador determinará una

corriente de aire a través de AF , y, por consiguiente, el fuego seguirá siendo alimentado; continuará el desprendimiento de gases en cantidades importantes, lo que contribuirá a convertir el espacio AF en una verdadera cámara de presión. Esta sobrepresión, unida a la elevación de temperatura, determinará la expulsión de los humos hacia la salida de aire; al disminuir el desprendimiento de éstos podrá producirse en AF una acumulación de gases inflamables, pero la proporción de oxígeno sería ya tan reducida, que la mezcla excedería al límite máximo de inflamabilidad, es decir, que el riesgo de explosión no existiría.

La experiencia justifica, por otra parte, el método francés, de cierre previo de la entrada de aire, que tiene también la ventaja de contribuir a la acumulación de gases inertes en las proximidades del fuego.

La adopción de medidas distintas en las minas de lignito de Bohemia encuentra su justificación en el método especial de explotación que en ellas se emplea. Explótase por grandes cámaras, de 15 a 18 metros de altura, de modo que ventilandose por difusión la parte alta de estas grandes campanas, existe la posibilidad de que en ellas se acumulen los gases inflamables producidos por un fuego. Se comprende, pues, que ante el peligro que representan estas acumulaciones, se tienda, principalmente, a atufar el fuego, cerrando todo acceso de aire al mismo, y tabicando simultáneamente la entrada y salida de aire.

Examinado el problema del cierre en sus líneas generales, vamos a estudiar con más detalle los riesgos de explosión, según se trate de minas grisuosas o exentas de grisú.

III

RIESGOS DE EXPLOSION

a) MINAS NO GRISUOSAS

En las minas de esta categoría, explotadas sin relleno o por hundimientos, los riesgos de explosión son grandes, a causa de la existencia de importantes huecos, en los que pueden acumularse gases inflamables, y de las considerables cantidades de carbón que queda abandonado y que a consecuencia del fuego se encuentra sometido a una verdadera destilación. Los gases así acumulados pueden mezclarse al aire e inflamarse al contacto del fuego, hasta el punto de que, antes de generalizarse la explotación con rellenos completos, eran relativamente frecuentes las explosiones motivadas por los fuegos. Se explica que en casos tan desfavorables se tienda a atufar el fuego, sin reparar en riesgos y en el más breve plazo, tabicando simultáneamente la entrada y salida de aire; el caso es muy semejante al que se presenta en la explotación de las minas de lignito de Bohemia.

Afortunadamente, y con la adopción de los métodos de explotación con rellenos completos,

se disminuyó grandemente el riesgo; la ausencia de vacíos importantes y más que nada la regulación de la ventilación hacen menos posibles las acumulaciones de gases inflamables.

Aun explotando con rellenos completos, hay ocasiones en que éstos son muy imperfectos, no son impermeables al aire y pueden ser origen de fuegos, que desprenden una gran proporción de gases inertes a causa de la madera dejada entre el relleno y de la importancia relativa del carbón perdido. En general y en tanto que estos fuegos no acceden a las labores en actividad, su peligro es relativamente pequeño; pero si por abandono llegan a degenerar en incendios de gálernas perforadas en carbón, la cuestión se agrava considerablemente. Ya no es necesaria la presencia del grisú para que pueda sobrevenir una explosión, sino que basta con los productos de la destilación a que resulta sometido el carbón de los hastiales para encontrarnos en presencia de gases inflamables, pues cuando se trata de carbones ricos en materias volátiles dicha destilación determina el desprendimiento de grandes cantidades de gas de alumbrado. Bastará entonces el menor obstáculo a la libre evacuación de los humos para originar una explosión, y es tan fácil que un pequeño hundimiento produzca dicha obstrucción, que la probabilidad de una explosión es muy grande, justificando este peligro la rapidez con que debe procederse en un caso semejante, pero no perdiendo de vista las observaciones siguientes, deducidas de largas expe-

riencias y fruto asimismo de detenido estudio:

1.^a Que la obstrucción de la salida ha motivado numerosas explosiones.

2.^a Que no se conoce ningún caso de explosión de los gases de la destilación que haya tenido lugar después de terminar los tabiques definitivos de entrada y salida del aire.

3.^a Que el cierre previo de la entrada, seguido del cierre de la salida, el cual no debe ser completo, sino cuando la composición de los gases acusa una proporción de gases inflamables superior al límite máximo de inflamabilidad, no ha originado explosiones de ningún género; y

4.^a Que las explosiones de los gases de la destilación se han producido siempre, bien en ausencia del tabique de entrada, lo que hace posible la formación de mezclas detonantes, o por obstrucción de la salida, al no permitir la libre evacuación de los gases.

Estas consideraciones nos llevan a aconsejar el cierre previo de la entrada; pero téngase presente que esto no elimina el peligro de explosión, pues la posibilidad de un hundimiento siempre existe, y por esto debe operarse rápidamente y con el mínimo de personal. Debe empezarse tabicando provisionalmente, procediendo después a la construcción de los tabiques definitivos; pero como los primeros no son, en general, suficientemente estancos, de aquí que el peligro de explosión siga latente y de que se procure que dichos tabiques resistan a los efectos dinámicos de una posible explosión.

Se ha creído también que el peligro de explosión disminuye con la extensión de la zona tabicada. La experiencia ha demostrado que la importancia de dicha zona no ejerce influencia alguna y que cualquiera que sea su extensión no influye ésta ni sobre el volumen de los gases producidos por el fuego, ni sobre el del aire susceptible de formar una mezcla detonante.

Resumiendo todo lo expuesto, podemos decir que hoy día, y con la atención que se presta a los métodos de explotación, las explosiones motivadas por los fuegos e incendios en las minas no grisuosas, son cada vez más raras, pues para que se produzcan es necesaria una propagación rápida e importante del incendio, lo que generalmente se evita, o hay posibilidad de evitar, procediendo con toda rapidez al cierre de la zona en cuestión. Únicamente reviste verdadero peligro el caso muy excepcional de que coexistan varios incendios o fuegos subterráneos; los gases inflamables de uno de ellos pueden originar una explosión al ponerse en contacto con otro.

b) MINAS GRISUOSAS

El peligro de explosión resulta considerablemente aumentado con la presencia del grisú. A los gases inflamables producidos por el fuego viene a sumarse el grisú, que en mayor o menor cantidad se desprende normalmente en la zona *AF*. A medida que avanza la construcción del tabique *A* la cantidad de aire que circula por la

zona de fuego disminuye y se corre el riesgo de que se forme una mezcla explosiva antes de terminar el cierre.

Otro peligro es el que deriva de la posible existencia en las inmediaciones del fuego de huecos y campanas en que pueda acumularse el grisú, y de que el fuego o incendio, en su propagación, llegue a tales puntos o que los gases en ellos almacenados se pongan en contacto con el fuego a causa de hundimientos, siempre posibles, y es este peligro el que, en nuestra opinión, es el más importante y al que se deben la generalidad de las explosiones durante el período de cierre. El caso clásico de la explosión del pozo *Agrappe*, en 1856, en el que se procedía al cierre previo de la entrada, y al que llamamos clásico porque su interpretación ha sido la base fundamental de la tendencia belga, se explica fácilmente, prescindiendo de todo sistema de cierre, teniendo en cuenta que el fuego se encontraba al pie de un tajo explotado en campana, y en el que se había acumulado el grisú. Este peligro ha sido previsto en el Reglamento de las minas de Bohemia, que, en su artículo 42, establece:

“En las minas grisuosas se tendrá cuidado de ventilar, durante la ejecución de los trabajos, la parte a aislar, con el fin de evitar la formación de mezclas explosivas.”

Como hace notar M. Aron, al discutir esta prescripción, no se puede pedir al ingeniero cerrar completamente la entrada y enviar, por otra parte, a la zona que se trata de aislar una cantidad

de aire suficiente para diluir el grisú. Es preciso, en un momento determinado, decidirse a cerrar, y, por consiguiente, a interrumpir la ventilación en la zona de fuego. Al proceder al cierre tendremos que optar por una de las tres tendencias, cuya contradicción es grande, tan grande, que creemos basta para justificar nuestra insistencia en este punto, aunque si bien ahora nos disculpa el nuevo peligro que supone la presencia del grisú.

Desde luego, se ha observado que cuantas explosiones han sobrevenido durante los trabajos de aislamiento se han producido siempre antes de que el cierre fuese completo, es decir, antes de la terminación de los tabiques definitivos y estancos. Aunque se han producido explosiones después del cierre provisional (razón por la cual hemos aconsejado que los tabiques provisionales puedan resistir los efectos de una explosión), se puede establecer:

1.º Que no se conoce ningún caso de explosión después de terminar los tabiques definitivos y estancos de la entrada de aire.

2.º Que si se conocen algunos casos de explosión durante la construcción del tabique de entrada, dichos casos han coincidido con accidentes que han motivado la obstrucción de la salida de aire y evitado la libre evacuación de los gases.

3.º Que se conoce algún caso en que el cierre simultáneo de la entrada y salida de aire ha sido seguido de explosión.

Estas tres observaciones nos llevan a sentar la conveniencia de proceder al cierre previo de la entrada, sin oponer, del lado de la salida, un obstáculo que dificulte la evacuación de los gases.

Como hemos indicado, se ha observado que, terminado el cierre definitivo, no se conoce ningún caso de explosión; pero si recordamos que después del cierre el porcentaje de grisú excede al límite de inflamabilidad sin que se produzca ninguna explosión, deduciremos que los gases inertes, que abundantemente produce el fuego o incendio, se oponen rápidamente a la combustión del grisú, es decir, que variando inversamente las proporciones de oxígeno y gases inflamables en la atmósfera aislada, la disminución de la primera es incomparablemente mayor que el aumento de la segunda y, por tanto, que cuando la mezcla explosiva llega a estar comprendida entre los límites máximo y mínimo de inflamabilidad, la proporción de oxígeno es insuficiente para que tenga lugar la explosión. En resumen: toda circunstancia que tienda a evitar la acumulación, en las proximidades del fuego, del grisú y gases inflamables, debe ser adoptada, así como también se han de poner en práctica aquellas otras que favorezcan la acumulación de gases inertes en las inmediaciones del fuego o incendio. El cierre previo de la salida está en pugna con estos principios, en tanto que el de la entrada los pone en práctica.

En efecto, en las minas grisuosas, que reglamentariamente han de ser ventiladas por una co-

rriente ascensional, cualquier obstáculo que interrumpa la ventilación en una zona de la mina determinará la acumulación, en las partes bajas de la misma, de los gases inertes, ricos en ácido carbónico, mientras que el aire y el grisú se acumularán en las partes altas, y, por consiguiente, el cierre previo de la salida originaría la acumulación del grisú en los trabajos superiores, mientras que los gases inertes invadirían los inferiores al fuego. Al contrario, el cierre de la entrada evitaría por una parte la acumulación de grisú y gases inflamables, que serían arrasados por la corriente de ventilación, en tanto que los gases inertes se acumularían en las proximidades del fuego. El peligro de explosión es indudablemente mayor en el primer caso que en el segundo.

Es de notar la gran contradicción que existe entre esta conclusión y una de las formuladas en el informe sobre la explosión de Agrappe. En él se dice: "Cuando se cierra la salida se determina un retroceso de los productos de la combustión y éstos vienen a mezclarse con el aire fresco. Al mismo tiempo, se desprende grisú, que tiende a formar con el aire una mezcla explosiva; pero, gracias a la acción neutralizante de los humos, que se oponen a toda explosión desde que su proporción excede del 10 por 100, el peligro se encuentra alejado por el hecho de mezclar al aire una cantidad suficiente de humos. Si se procede, al contrario, al cierre previo de la entrada, dejando a los humos desprenderse

libremente, éstos, gracias a su pequeña densidad, se escapan por el camino que se les ofrece; el aire encerrado en la zona de fuego se mezcla con el grisú: llegará inevitablemente un momento en que la mezcla será explosiva.”

Para discutir esta conclusión, examinemos las condiciones en que se llevaron a cabo los trabajos de cierre en dicho fuego: previo, a la entrada, cuyo tabique estaba en construcción; ningún obstáculo del lado de la salida; pero, como ya hemos indicado anteriormente, el fuego se presentó al pie de un tajo ventilado por difusión y en campana. Al redactar el informe se prescindió de este detalle, de importancia capital para nosotros, y se buscó la justificación del accidente en el sistema de cierre empleado, tratando de justificar técnicamente la explicación del mismo. Se adoptó un criterio tan erróneo que no nos podríamos explicar, partiendo del mismo, las explosiones que se han producido a veces en minas absolutamente exentas de grisú. En él se empieza por sentar, no a otra cosa equivale el considerarlos como neutralizadores, que los humos de un fuego o incendio no son inflamables, como si el carbón no sufriera una destilación, cuando precisamente las observaciones hechas en Prusia y Alta Silesia confirman que los gases combustibles de un fuego, y especialmente el óxido de carbono, no provienen de la combustión, sino de la destilación de la hulla, y el hecho de que ésta tenga lugar a baja temperatura justifica la pequeña proporción de óxido de carbono en los

fuegos de mina, proporción que aumenta con la intensidad del fuego, cuando parece debía suceder lo contrario. Toda la parte técnica del informe está basada en que el retroceso de los gases del fuego impide la formación de mezclas explosivas, cuando, según hemos indicado, este retroceso constituye precisamente el primer riesgo de explosión.

Como se ve, no hay necesidad, para combatir la tendencia belga, de incurrir en el error de identificar los gases que originan un fuego o incendio con los de un gasógeno, comparación no muy exacta desde el momento en que las temperaturas son mucho más elevadas en el segundo caso, y que, además, en el primero juega un importante papel, en general, la madera de la fortificación y la abandonada entre el relleno.

Como indica M. Aron, la mejor objeción que se podría hacer en favor del cierre previo de la salida es la pequeña sobrepresión que se establece en la zona de fuego y que se opondría al desprendimiento del grisú acumulado en los trabajos antiguos, argumento que no tiene valor alguno si se observa que la sobrepresión es transitoria y que bien pronto se establece una corriente del lado del culatón, que continúa en comunicación con el resto de la mina, resultando, por tanto, que la aspiración de los gases de los trabajos antiguos tiene lugar tanto en el caso de cierre de la entrada como en el de la salida de aire.

En resumen: no encontramos ninguna objeción importante que hacer al método de cierre

previo de la entrada, seguido del de la salida de aire.

Pero ahora se nos presenta otra cuestión: la del tiempo que deba mediar entre ambos cierres, toda vez que tampoco aconsejamos el cierre simultáneo. Recordemos el caso de la Peronnière y tengamos presente las explosiones que ha motivado el cierre prematuro de la salida de aire. Ello nos llevará a aconsejar el simultanear la construcción de los tabiques, *asegurando la evacuación normal y regular de los humos*, para lo cual bastará dejar introducidos en el tabique de salida dos tubos de 30 a 40 centímetros de diámetro, cuyo taponamiento total no se efectuará sino uno o varios días después, cuando el análisis de los gases nos muestre que la mezcla ha dejado de ser explosiva. Entonces se reducirán gradualmente los orificios de evacuación introduciendo en los dos tubos otros de menor diámetro hasta cerrarlos completamente con un tapón de arcilla.

IV

CASO DE ENTRADAS Y SALIDAS MÚLTIPLES

En el caso de que en la zona de fuego existan varias entradas y salidas de aire, es muy difícil dar reglas generales en cuanto a la forma de efectuar el cierre, pero siempre, y por cierres sucesivos, se dejará una sola entrada y una salida de aire con lo que nos encontraremos ya dentro del caso general.

Para fijar el orden de cierre se hace preciso conocer a fondo la ventilación de la zona de fue-

go, pues pudiera suceder que al cerrar alguna entrada de aire se invirtiere la ventilación en alguno de los circuitos de salida, en cuyo caso habría que empezar por el cierre de éste. También sucederá que al cerrar una entrada, el fuego camine hacia otra y haga temer una explosión, lo que se evita conservando la marcha normal de la ventilación en las proximidades del fuego, es decir, empezando por el cierre de las entradas más alejadas del foco del mismo.

Para el cierre de las salidas se tendrá muy en cuenta la inclinación de los trabajos, es decir, se empezará el cierre por las que estén a un nivel inferior, con el fin de evitar acumulaciones de grisú en la parte alta de las labores.

OBSERVACIONES GENERALES

Es sumamente importante que durante el cierre se procure la mayor normalidad en la marcha de la ventilación, puesto que las acumulaciones de grisú son tanto más posibles cuanto mayores sean las perturbaciones que el fuego o incendio determine en la corriente de ventilación. Si ésta está establecida conforme a las medidas reglamentarias impuestas a las minas grisuosas, esto es, ventilación ascendente sin trabajos ventilados por difusión, las probabilidades de explosión serán mucho menores. Por otra parte, la acumulación de grisú tardará tanto más tiempo en iniciarse cuanto más se retrase la obstrucción total de la corriente de ventilación; así es que, durante la ejecución del tabique de entra-

da, conviene disponer uno o más tubos a través del mismo, que no se taponarán hasta terminar su construcción, método muy recomendable, pero que no anula el riesgo.

La extensión de la zona tabicada no parece influir sobre el peligro de explosión, el cual subsiste siempre durante el período de construcción de los tabiques. El éxito está íntimamente ligado a la rapidez del cierre, pues es el único medio de lograr realizarlo antes que la acumulación de grisú llegue a proporciones peligrosas; así, mientras que cerramientos en cuya construcción se han invertido de diez y ocho a veinte horas han sido causa de explosión, otros en que dicha duración ha sido inferior a ocho horas se han terminado sin el menor incidente.

Anteriormente hemos indicado la necesidad de ventilar el sitio en que se ha de proceder a la construcción de los tabiques por una corriente independiente de la que ha de ser cortada, así como también no creemos necesario insistir sobre la obligación en que estamos de emplear el menor número posible de obreros, siempre en peligro, y la conveniencia de construir el tabique de entrada a distancia tal del fuego, que aun en el caso de explosión no puedan ser alcanzados los obreros por las llamas, imponiéndoles, además, la obligación de trabajar completamente vestidos.

SEGURIDAD DEL PERSONAL

En los trabajos de construcción de los tabiques el personal está expuesto a muy serios peligros,

posibilidad de explosiones y riesgo de asfixia.

El primer peligro nos ha llevado a aconsejar el empleo en estos trabajos de un minimum de personal, así como también debe ordenarse el desalojamiento de todas aquellas labores que pudieran ser afectadas por una explosión.

El segundo peligro, también muy grave, es debido a la toxicidad de los humos de un fuego, peligro muy grande durante la construcción del tabique de salida. Como ya hemos indicado, y para poner el personal a cubierto de todo peligro, puede emplearse el *método con aire*, asegurando la ventilación independiente del tajo de trabajo, o recurrir al empleo de los aparatos respiratorios. Hoy es más de recomendar el primer método, pues si bien en estos últimos años se ha dado un gran paso en todo lo relativo a luchar contra los peligros del óxido de carbono, contándose ya con excelentes medios de protección, no hay que olvidar la prudencia que ha de observarse durante el empleo de los mismos.

Lo mejor es recurrir a un método mixto, que consiste en establecer la ventilación independiente y reservar el empleo de los aparatos para el cierre del tabique de salida.

Aunque en los trabajos de cierre se exponga un mínimo de personal, habrá que contar, sin embargo, con suficiente número de obreros, llegando a la formación de equipos, si preciso fuera. Claro es que no podemos dar reglas generales en cuanto al número de equipos ni al de hombres por equipo, pero sí aconsejar que el núme-

ro de estos equipos sea tal que el trabajo pueda hacerse sin la menor interrupción. También debe procurarse que en el caso de distribuir el personal en equipos turnantes, los obreros que no formen el equipo de trabajo deberán situarse, durante los períodos de reposo, a distancia conveniente para no ser alcanzados por los efectos de una explosión, así como también se procurará que el relevo de los equipos no se efectúe en el tajo, con el fin de evitar las aglomeraciones de personal.

Hemos aconsejado la conveniencia de que el personal trabaje completamente vestido, y a este detalle, al parecer nimio, le concedemos una gran importancia. En los obreros víctimas de explosiones y llamaradas se observa de un modo casi general que los que se encontraban completamente vestidos en el momento del accidente, sólo presentan quemaduras en la cara y manos, y ya se sabe la importancia tan capital de la extensión de las quemaduras en relación con la gravedad del diagnóstico.

VIGILANCIA

La importancia de los trabajos a que da lugar la ejecución del cierre de una zona de fuegos, y la necesidad de poder hacer frente en un momento dado a cualquier incidente que pudiera surgir, obliga a que la vigilancia deba ejercerse continuamente por persona capacitada para ello. En las grandes Sociedades, y en fuegos de impor-

tancia, se llega a que constantemente se encuentre un ingeniero al frente de los trabajos.

Esto levanta grandemente la moral del obrero, lo que es tan necesario en aquellos momentos de indecisión y decaimiento del personal, frecuentes en los fuegos.

Cuidará la vigilancia, durante la construcción de los tabiques, del estado de conservación de las vueltas de aire de la zona de fuego. Al efecto ordenará que sean recorridas periódicamente, debiendo exigir parte por escrito del resultado de estas visitas. Si la vuelta de aire apareciese cargada de humos o contuviese gases irrespirables, el personal encargado de efectuar las visitas anteriores deberá ir provisto de aparatos respiratorios o de las mascarillas contra el óxido de carbono. Igualmente se dotará de dichos aparatos a los entibadores que sea necesario emplear para las reparaciones de los indicados retornos de aire.

Por último, y aunque al frente de los equipos debe ponerse a personas que ejerzan autoridad sobre el personal, el ingeniero no debe olvidar el peligro de explosión y que bajo su responsabilidad tiene la vida de sus obreros y los intereses que le son confiados. Queremos decir con esto que su presencia en el tajo no la encontramos justificada sino cuando, a cubierto de todo peligro, se encuentra otra persona que tenga la competencia necesaria para encargarse de la dirección de los trabajos, en caso de que el propio ingeniero fuese una de las víctimas de un accidente imprevisto.

INDICE

	<u>Página</u>
I. Generalidades	3
<i>a)</i> Emplazamiento de los tabiques.....	5
<i>b)</i> Elección del sistema de cierre.....	8
Tabiques de sacos terreros.....	9
Tabiques definitivos.....	10
II. <i>c)</i> Construcción de los tabiques.....	14
<i>d)</i> Orden de cierre de los tabiques.....	17
III. Riesgos de explosión.....	23
<i>a)</i> Minas no grisuosas.....	23
<i>b)</i> Minas grisuosas.....	26
IV. Caso de entradas y salidas múltiples.....	33
Observaciones generales	34
Seguridad del personal	35
Vigilancia	37

TRABAJOS DEL MISMO AUTOR

Alteración lenta y combustión espontánea del carbón.
Publicado en la Revista *Politéchnicum*.

Determinación rápida del plomo contenido en una escoria. (Revista minera de Linares y La Carolina.)

Estudio sobre la posibilidad de reducir el coeficiente de seguridad de los cables de extracción. (Revista Industrial Minera Asturiana.)

Anteproyecto de la Sección de Minas de la Exposición de Industrias Eléctricas de Barcelona.

Visita a algunos establecimientos mineros y siderúrgicos del norte de España, en colaboración con D. José Cabrera y Felipe, ingeniero de Minas.

Informe sobre la explosión ocurrida en la mina de Cabeza de Vaca el 4 de marzo de 1915, en colaboración con M. Lhéraud, ingeniero principal de la Sociedad de Peñarroya.

Clasificación y lavado de los carbones. (Revista minera de Linares y La Carolina.)

El óxido de carbono en las minas, folleto de 65 páginas, con siete figuras. (Agotado.)

Algunas ideas sobre la génesis de los carbones, folleto de 93 páginas, 4 pesetas.

Incendios y fuegos subterráneos, libro de 232 páginas, con 72 figuras, 12 pesetas.

Estado actual de nuestros conocimientos sobre el carbón, libro que se pondrá a la venta próximamente, de 220 páginas y 50 figuras 10 pesetas.

EN PRENSA

Preparación mecánica del carbón. Sus fundamentos teóricos.

Preparación mecánica del carbón. Tomo II. Aplicaciones prácticas.