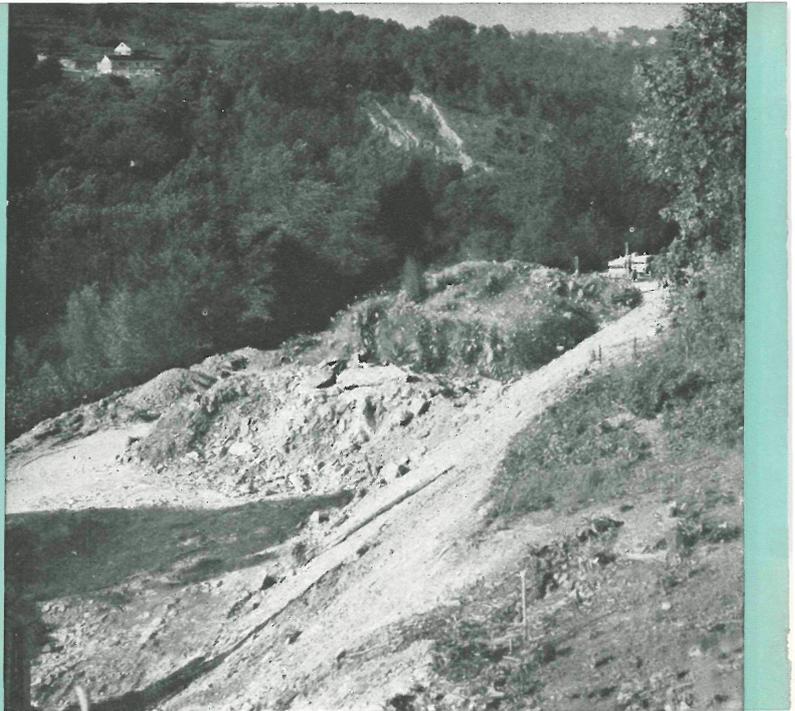
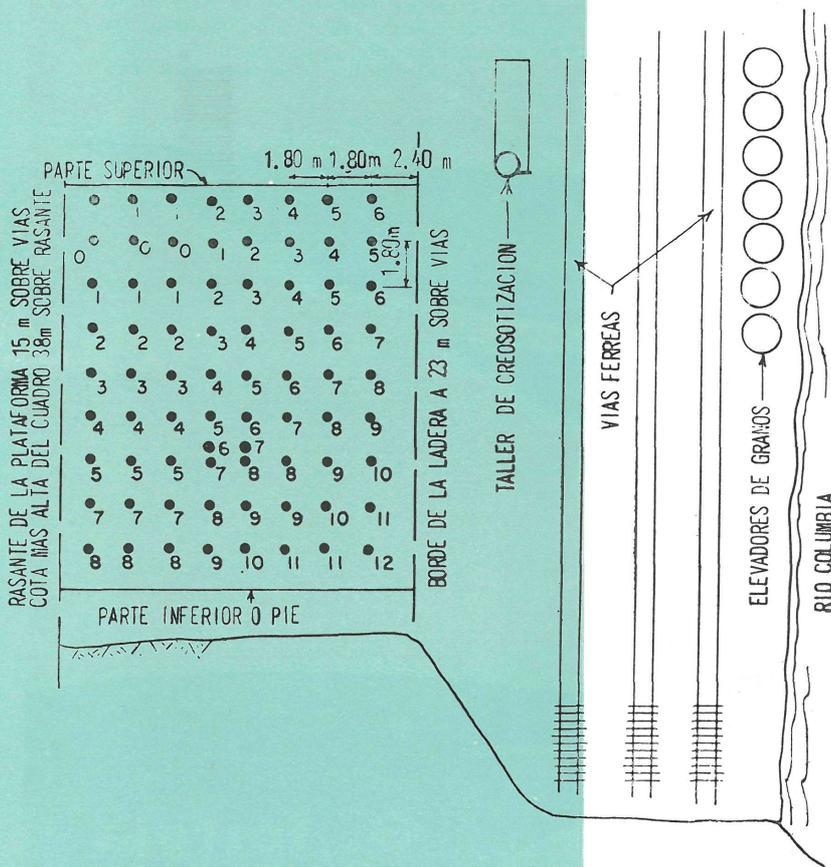


SINOPSIS

Ideas generales y algunas aplicaciones prácticas del empleo de explosivos, utilizando retardos combinados, en las grandes voladuras de superficie. Debido al gran número de variables que entran en juego en un problema tan complejo como el de las grandes voladuras, las conclusiones a que se desemboca son siempre de carácter general, es decir, que cada caso constituye una particularidad que debe ser estudiada sobre el propio campo que ha de sufrir la experiencia.



Disposición de un cuadro de tiro, empleando detonadores con retardo individual en el cebo.



Para obtener el mayor rendimiento posible de un explosivo, empleado para descarnar, arrancar o excavar un terreno, en general rocoso, así como operar dentro de un campo razonable de seguridad, se comprenderá fácilmente que, entre los factores más directamente afectados, se hallan: la cantidad de explosivo, su potencia, disposición o reparto e intervalo de tiempo o retardo entre unas y otras explosiones.

Al hablar de rendimiento no sólo se hace referencia al volumen de roca arrancado o dislocado, sino a la seguridad que se pueda dar a las instalaciones o personal próximo al terreno que ha de ser removido en la voladura. La vibración es un fenómeno muy nocivo para las construcciones vecinas a la voladura, y las proyecciones violentas con gran energía acumulada presentan un grave peligro, difícil de controlar en el caso de una sola explosión, o, si se quiere, en una voladura de tiros encendidos simultáneamente.

Las explosiones por tiros aislados, generalmente en la práctica, de series de tiros que salen a la vez, permiten, como se ha probado experimentalmente, un aprovechamiento racional del propio explosivo; una fragmentación más uniforme; los tiros secundarios para partir los grandes bloques son menos frecuentes, porque el número de pedazos de gran volumen es menor; el

empleo de explosivos en la construcción



Fases sucesivas de la explosión de una serie de tiros, dispuestos convenientemente para que se puedan encender por filas sucesivas, a las que se les da un retardo de algunas milésimas de segundo.

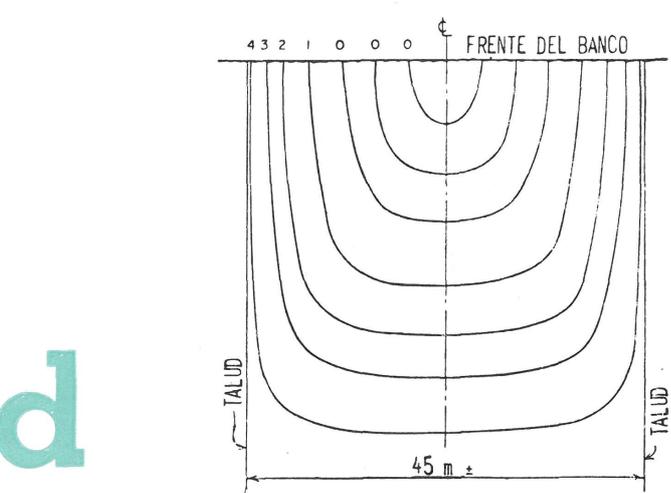
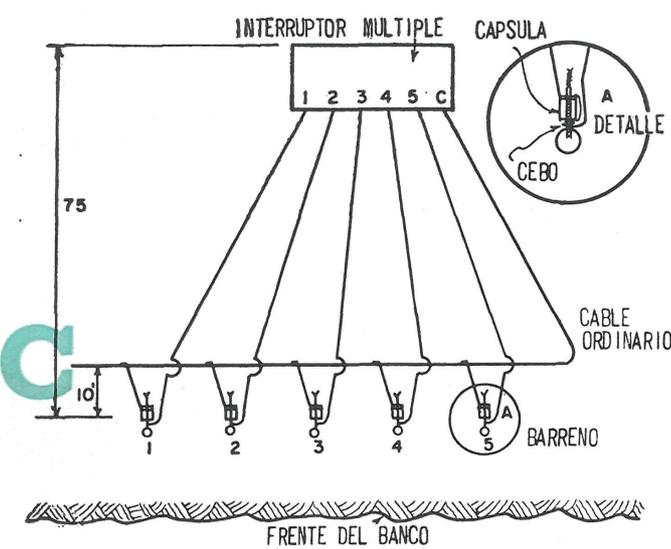
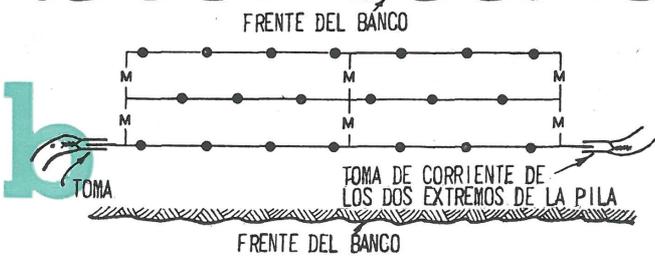
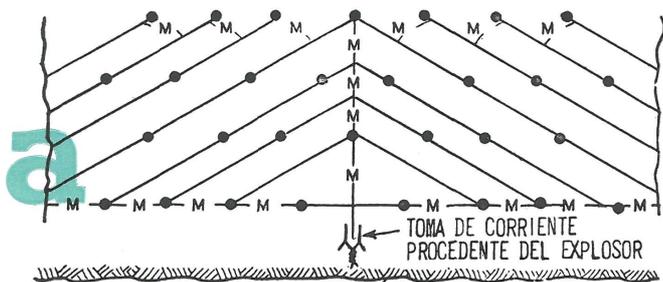
Colocación de tiros.

escombro ocupa menor espacio, ya que se remueve más ordenadamente y dentro de límites en cierto modo previsible; las proyecciones violentas son suprimidas y la dirección de las rocas desplazadas es casi siempre conocida y, finalmente, disponiendo los tiros formando series que salen sucesivamente dentro de un orden cronológico de retardos relativos entre unas y otras se puede lograr un frente de arranque variable para cada serie individual o parcial, el cual, formando una línea quebrada, facilita la descarga de la serie de tiros que le siguen con cierto retardo.

En cada una de las explosiones de las series parciales, el escombro arrancado por la que le precede le sirve de escudo para neutralizar la energía viva acumulada en la roca descarnada y libre, lo que da lugar a que se eviten un gran número de proyecciones violentas, lejanas y peligrosas.

El espacio de tiempo o retardo que separa una serie de tiros de la siguiente, tiene una marcada influencia en el buen éxito de los procedimientos de arranque por descargas sucesivas, entendiéndose por tal la facilidad de salida del volumen de roca que en cada tiro o serie parcial ha de ser descarnado.

Se comprenderá fácilmente que el retardo o tiempo ideal entre descargas sería aquel que realizaría una onda de avance cuya velocidad permitiese a la fragmentación arrancada chocar, con la correspondiente a la de la serie anterior, cuando esta última se halla aún en suspensión en el aire y en su máxima altura, ya que, de tal suerte, la degradación de la energía acumulada en la roca arrancada se llevaría a cabo en provecho de una fragmentación mejor y teniendo una especie de cortina o escudo que evitaría mejor las proyecciones.



Al operar así, el peso del escombro separado de la roca firme no descansaría sobre el banco firme, con lo que se lograría una descarga no despreciable para los tiros de la serie subsiguiente.

Los procedimientos para obtener estos retardos, actualmente del orden de algunas milésimas de segundo, son varios, ya que unas veces se opera sobre los cabos, mechas, resistencias en los cables de los tiros o voleas eléctricas y en interruptores de los explosores.

Métodos principales que emplean retardos de milisegundos

Actualmente se proyectan los cuadros o disposición de trias contando siempre con las líneas y explosores eléctricos, dejando el procedimiento de mechas, de longitud variable y velocidad uniforme de combustión, para trabajos secundarios o de menor importancia.

En el tiro eléctrico se puede actuar de tres formas distintas para obtener retardos, siempre del tipo de milisegundos, lo que ha dado origen a los tres métodos principales de tiro:

El primero de estos métodos consiste en la preparación o fabricación de detonadores dotados de resistencias que retardan la explosión de 8 a 550 milisegundos. Estos detonadores van siempre colocados en la carga cebo. La casa americana Rockmaster Atlas fabrica una serie de 17 retardos diferentes de esta clase, que van de 0 a 550 milisegundos.

El segundo procedimiento consiste en utilizar resistencias especiales que se intercalan en la red de tiro según los retardos que se deseen obtener. La casa Du Pont, americana, fabrica dos tipos únicos de resistencias de esta clase, para retardos de 9 y 17 milisegundos, respectivamente. Cuando se trata de una disposición de tiro por filas sucesivas es conveniente encender a partir de los dos extremos de la línea que forma la fila, para lo cual se unirán con la de tiro o tronco en paralelo, y, en casos particulares, basta con un encendido que se deriva de la parte central de la fila. En este caso, los detonadores son del tipo ordinario.

El tercero y último método de tiro, consiste en el empleo de interruptores que regulan el paso de la corriente. Este procedimiento necesita una red de líneas algo más complicada que la indicada para los otros dos procedimientos, y los detonadores de los tiros son del tipo ordinario.

Cuadros de tiro empleando resistencias intercaladas en las líneas superficiales de la red de tiro:

- a) Toma de corriente en un solo punto central de cada fila.
- b) Toma de corriente en los dos extremos de las filas (líneas en paralelo).
- c) Cuadro de tiro utilizando un explosor con interruptor múltiple.
- d) Cuadro de tiro empleado en la construcción de la autopista de Maine (EE. UU.), con tiros de retardo individual en una superficie ancha y poco profunda. Los barrenos se espaciaron a 1,20 m y se les dió 5,20 metros de profundidad. Obsérvese que las tres primeras filas no llevaban retardo alguno, es decir, salieron instantáneamente.

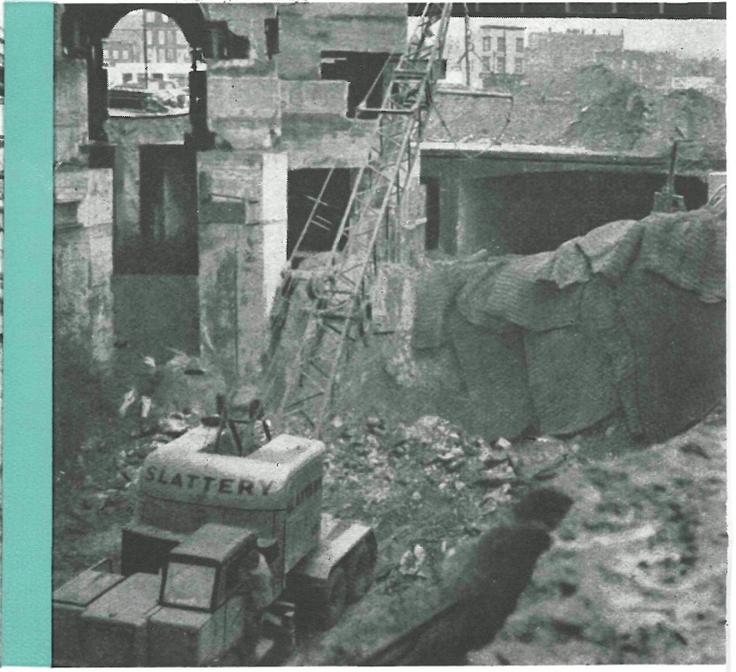


Elección del método y retardo

Como se apuntó anteriormente, el número de variables que entran en juego es tan grande, que es difícil de determinar cuál de ellos es el más apropiado para un caso dado. Esto no obstante, el método de detonadores con resistencias variables no parece muy indicado en terrenos húmedos, ni en aquellos casos en que el cuadro de tiro es de gran extensión. Este procedimiento encuentra una aplicación muy apropiada en pequeñas voladuras con cargas profundas y donde se quiera obtener una buena fragmentación. El procedimiento es muy flexible, por lo que permite una gran variedad en el cuadro de tiro y disposición de las cargas, ya en superficie o en profundidad.

Contrariamente, los otros dos métodos, el de resistencias colocadas en la red de líneas de tiro y el de interruptor regulador presentan serias complicaciones cuando se temen dislocaciones o proyecciones de piedras en la superficie del cuadro de tiro, ya que se pueden romper las líneas, produciendo así algunos fallos de tiros. En general, estos sistemas de tiro están muy indicados en terrenos pantanosos o húmedos y donde la fragmentación no tiene principal importancia.

Perforando barrenos para las voladuras realizadas en la construcción de la autopista de Maine.



Tres fases sucesivas para eliminar un espigón rodeado de construcciones existentes.

Aspecto de una plataforma para carretera, abierta en trinchera siguiendo los procedimientos de explosiones sucesivas con retardos de milisegundos.

El método de explosiones por interruptor regulador tiene el inconveniente de la complicación del tendido de líneas auxiliares, pero presenta la gran ventaja de la precisión del retardo proyectado, por lo que se recomienda su empleo en los casos de gran meticulosidad en la distribución de los retardos.

En la determinación de la amplitud más conveniente para el retardo no existe un criterio único, pero puede decirse que en las cargas superficiales es interesante que sean lo más cortos posibles para evitar las roturas de líneas. La fragmentación es mejor con retardos pequeños, pero la vibración parece más bien depender de la cantidad de explosivo y estructura de la roca que del tiempo del retardo.

Cuadros de tiro, espaciado y profundidad

Se llaman cuadros de tiro a la disposición general de los tiros sobre el terreno. Generalmente, la forma del cuadro es rectangular, en la que los tiros se disponen en filas que parten por el orden numeral indicado en dicho cuadro.





Las fotografías montadas sobre el cable, empleadas para obtener las fotografías de voladura con cuadros de retardos en los barrenos con los sucesivos.



Una fila central del cuadro es la primera en salir, constituyendo una descarga; inmediatamente después van saliendo las filas que rodean a esta primera descarga, cuya forma es también rectangular y concéntrica, continuando con las otras más exteriores hasta llegar a las filas finales perimetrales, que son las últimas en salir.

Las explosiones se producen en un orden sucesivo de tiros o filas, cuyos retardos van aumentando de fila en fila, como por ejemplo, 9, 17, 34, etc., milisegundos. Otro procedimiento, llamado alterno, consiste en dar retardos a las filas, que varían alternativamente de una a otra, es decir, que si el primero es 1, el de la segunda será 2, y así sucesivamente.

Los barrenos suelen espaciarse de 1 a 2 m, dándoles una profundidad de 1,8 a 7 m. Cuando la roca es dura el espaciado será pequeño y de menos de 75 mm de diámetro las cañas de los taladros, con lo que se repartirá mejor el explosivo. Si la roca es menos dura o no se exige una fragmentación acusada, los tiros se espacian más ampliamente y se les da mayor profundidad.

Algunas aplicaciones

Estos procedimientos de tiro se van extendiendo cada día a nuevos campos. Actualmente sus aplicaciones principales son: la explotación de canchales, bancos de materiales superficiales y construcción de plataformas de apoyo para carreteras o vías férreas. Esto no obstante, en muchos casos particulares, el tiro eléctrico utilizando retardos del orden de milésimas de segundo, da resultados sorprendentes, no ya en el grado de arranque y fragmentación, sino en lo que respecta a la vibración y seguridad de las instalaciones circundantes.

J. J. U.