



1 La técnica de las voladuras viene existiendo desde el principio de la "revolución industrial", y desde hace gran número de años vienen existiendo detonadores eléctricos con retardos de 25, 50, 75, 100, 125, 150, 175, 200, 250, 5 300, 350, 400, 450, 500, 550, 600, 650, 700, 800, 900 y - 1.000 milisegundos. Estos detonadores o cebos están contruidos de modo que detonan aproximadamente al número designado de milisegundos después de suministrado el impulso eléctrico detonante al detonador. En la técnica ya conocida 10 se vienen disponiendo varias filas de explosivos paralelamente a un frente o lecho de cantera, usando el mismo retardo de detonador para cada carga en una fila particular, pero aumentando el tiempo de retardo usado en cada fila sucesiva distanciada del lecho de cantera, para así hacer que 15 se desarrolle una grieta longitudinalmente, a lo largo de la línea de cargas explosivas, y de ese modo hacer que se desprenda una capa de roca cada vez, cayendo en la cantera - abierta. La primera fila, junto al lecho de cantera, se haría detonar usualmente por medio de detonadores de 25 milisegundos de retardo. La segunda fila, usualmente, se cebaría 20 con detonadores de 50 milisegundos de retardo, la tercera con un retardo de 75 milisegundos y la cuarta con un retardo de 100 milisegundos.

25 Las explosiones, naturalmente, producen unas ondas de choque que se propagan en la roca a velocidades de aproximadamente 3.000 a 5.500 metros por segundo, y la intensidad de estas ondas de choque es generalmente función de la cantidad de explosivo que se hace detonar de una vez. Estas ondas de choque van disminuyendo en intensidad a medida que 30 progresan alejándose o apartándose del área de la explosión,

1 y producirán unos grados de movimiento dependientes de las  
condiciones del suelo por donde pasan. La roca, por ejem-  
plo, posee una gran velocidad de propagación de las ondas  
de choque, pero un grado de movimiento relativamente redu-  
5 cido. La arena y la tierra, en cambio, tienen menor veloci-  
dad de propagación de las ondas de choque, pero experimen-  
tan un mayor grado de desplazamiento. Las ondas de choque  
transmitidas a los edificios producen un movimiento físico  
del edificio, según la condición del suelo, la distancia del  
10 punto de explosión y la cantidad de explosivo que se haga  
estallar de una vez. Al hacerse estallar explosivos en la  
proximidad de edificios, por lo tanto, en la técnica ya co-  
nocida, usando métodos anteriores al presente invento, se  
viene reduciendo la cantidad de explosivo en cada orificio  
15 de modo que la cantidad total de explosivo no exceda del lí-  
mite legal admisible, o bien se viene limitando a una explo-  
sión cada vez.

Es objeto del presente invento la provisión de un  
método de voladura, nuevo y perfeccionado, que produce un  
20 mínimo de onda de choque y una cantidad máxima de remoción  
de roca por cada explosión o detonación.

Otro objeto del presente invento es la provisión  
de un método de voladura nuevo y perfeccionado, que estable-  
ce una secuencia de explosiones de tal manera que la onda de  
25 choque de cada explosión se atenúa antes de iniciarse la de-  
tonación de la siguiente explosión, pero en el cual el tiem-  
po de retardo entre explosiones está controlado de modo que  
cada detonación aumenta la potencia de fragmentación o frac-  
tura de la roca y el poder de remoción de roca de la detona-  
ción precedente.

1 Otro objeto de la presente invención reside en -  
unos diseños de distribución de explosiones, nuevo y perfec-  
cionado, que dan una mayor remoción de roca que la misma -  
cantidad de explosivo hecha estallar por métodos de la téc-  
5 nica ya conocida.

Otro objeto de la presente invención reside en un  
método de voladura nuevo y perfeccionado, que permite hacer  
estallar de una vez una mayor cantidad de explosivo que lo  
hasta ahora logrado, sin dañar los edificios contiguos.

10 Otros objetos y ventajas de la invención se irán  
desprendiendo, para las personas versadas en la materia a  
la que se refiere la invención, de la siguiente descripción  
de varias formas de ejecución preferidas, hecha con referen-  
cia a las reivindicaciones y los dibujos adjuntos, en los  
15 cuales:

- la figura 1 es un programa o plan de voladura  
realizado con arreglo a los principios de la presente inven-  
ción;

20 - la figura 2 es otro programa de voladura reali-  
zado con arreglo a los principios de la presente invención;  
y

- la figura 3 es otro programa más de voladura,  
realizado con arreglo a los principios de la presente inven-  
ción.

25 Conforme a uno de los principios de la presente  
invención, se ha descubierto que existe una gama óptima de  
tiempos de retardo entre detonaciones dentro de una fila pa-  
ralela a un frente o lecho abierto, y que existe otra gama  
óptima, y distinta, de tiempos de retardo con respecto a -  
30 las filas sucesivas, paralelamente al lecho abierto. Según

1 la técnica ya conocida, se pensaba que eran suficientes unos  
tiempos de retardo de 8 segundos, o menos, para una comple-  
ta atenuación de las ondas de choque perjudiciales para los  
edificios. La técnica ya conocida ha llegado a esta conclu-  
5 sión basándose en lecturas sismográficas tomadas de la es-  
tructura de roca.

Con arreglo a otro principio de la presente inven-  
ción, se ha descubierto que un tiempo de retardo de 8 mili-  
segundos es un mínimo justo (lo menos que se puede tener)  
10 y puede no producir vibraciones mínimas en los edificios,  
aparentemente a causa del período de vibración de los mis-  
mos; y que el tiempo de retardo es óptimamente de 10 a 15  
milisegundos o más, y en algunos casos de 25 milisegundos.  
Para obtener resultados óptimos, según se ha visto, el tiem-  
15 po de retardo entre detonaciones dentro de una fila situada  
paralelamente a un lecho abierto está comprendido, de pre-  
ferencia, dentro del intervalo de 10 a 20 milisegundos, en  
orden rotacional.

Se ha dicho que de las explosiones subterráneas  
20 resultan hasta seis tipos distintos de diseños o modelos de  
distribución de ondas de choque, y que además hay ondas de  
ruido transmitidas por el aire, así como fragmentación y mo-  
vimiento físico de la roca fragmentada. La energía que in-  
terviene en cada uno de estos fenómenos viene de la energía  
25 total liberada por la explosión, y el análisis de todos es-  
tos fenómenos energéticos está más allá de las posibilidades  
científicas de hoy en día. Aun cuando las razones de la efec-  
tividad de los diseños de explosión recién descubiertos por  
el solicitante no se comprenden del todo, se cree, en teo-  
ría, que hay por lo menos tres etapas claras e identifica-  
30

1   bles que aparecen en la roca inmediatamente después de una  
detonación.

5           El solicitante cree que la primera etapa implica  
la producción de fisuras en la roca, a causa del efecto de  
empuje y de tracción que se produce en la roca debido a la  
deformación plástica, y que acompaña a la transmisión de la  
onda u ondas de choque iniciales. La onda de choque inicial  
produce unas porciones de onda de alta y baja densidad, por  
ciones éstas de onda que, cuando son suficientemente inten-  
sas, producen unas áreas de compresión que "tiran" de la -  
roca en las áreas de baja densidad creando fisuras. Este -  
fenómeno de producción de fisuras progresa apartándose del  
área de la explosión hasta el momento en que la intensidad  
de la onda de choque se haya reducido al punto en que la -  
deformación plástica de la roca le permite fluir desde las  
15   áreas de alta densidad volviendo a las de baja densidad sin  
producción de fisuras.

          El solicitante cree asimismo que se produce una  
segunda etapa en la que hay una propagación de grietas en-  
tre estas fisuras, y que esta propagación de grietas se -  
produce por concentración de esfuerzos de la roca que ha em-  
pezado a separarse en el área contigua a la explosión. La  
separación es análoga a una exfoliación o disgregación de  
estratificados, y da por resultado una concentración de es-  
fuerzos en el área conectada entre los componentes de la es-  
tratificación. Esta concentración de esfuerzos debida al mo-  
mento flector hace que salten grietas entre las fisuras pre-  
viamente creadas por las ondas de choque. El movimiento de  
la roca durante esta segunda fase o etapa es, naturalmente,  
mínimo, de modo que durante ella no se produce substancial-  
17099   30

1 mente liberación alguna de los gases de alta presión produ-  
cidos por la explosión. Ahora bien, los gases de alta pre-  
sión fluyen por las fracturas abajo antes del instante en  
que las fracturas se abran hasta la superficie y den salida  
5 a los gases hasta la atmósfera. Durante esta segunda etapa  
empieza a producirse efectivamente la aceleración de la ro-  
ca.

La siguiente fase o etapa contemplada por el so-  
licitante es la de remoción de roca, en la que la velocidad  
10 de la roca no es apreciable, y durante la cual se produce  
el escape o salida de gases a la atmósfera. Esto da lugar  
a una reducción de la aceleración, y a un movimiento físico  
de la roca, debido al impulso que se ha desarrollado. A cau-  
sa de la gran masa de la roca, se requiere un período o in-  
15 tervalo de tiempo apreciable para que la roca se desprenda  
o aparte físicamente del área de la explosión; se estima -  
que la producción de las fisuras ocurre entre 0 y 10 mili-  
segundos a contar desde la iniciación de la explosión, que  
la propagación de las grietas progresa entre los 10 y los  
20 60 milisegundos, aproximadamente, después de la detonación,  
y que la salida de gases y la sucesiva remoción de roca em-  
pieza al cabo de unos 100 milisegundos después de la detona-  
ción.

Por los resultados demostrados por el solicitante  
25 cabe sustentar además la teoría de que se origina una mayor  
producción de fisuras y propagación de grietas cuando las  
explosiones, en filas cada vez más profundas a partir de un  
frente o lecho abierto, se producen con un retardo aproxima-  
do de 100 milisegundos. Según se cree, la energía de la pre-  
30 sión procedente de la detonación de la primera fila se está

1     conteniendo todavía contra la roca, en el instante en que  
se produce la detonación de la segunda fila. Existe, con  
todo, un período o intervalo de tiempo crítico, por el hecho  
de que la roca comprendida entre la primera fila y el lecho  
abierto debe empezar a apartarse, y hacer sitio para la -  
5     etapa de remoción de roca de la segunda fila, al cabo de un  
tiempo de retardo de aproximadamente 100 milisegundos a par  
tir del instante en que apareció la primera detonación. Tal  
separación de tiempo entre las filas permite a las detona-  
10    ciones de la fila exterior lograr un máximo de propagación  
de grietas, y también retener la presión contra la segunda  
fila para aumentar las fuerzas de compresión de roca duran-  
te la detonación de la segunda fila, y con ello aumentar la  
producción de fisuras por efecto de la segunda fila. Irme-  
15    diatamente después de iniciarse la explosión de la segunda  
fila, y mientras se está desarrollando la propagación de -  
grietas en la segunda fila, la primera fila se está poniendo  
en comunicación con la atmósfera, y la roca entre el frente  
o lecho abierto y la primera fila ha empezado a moverse y  
20    a hacer sitio para la roca que está a punto de ser desaloja-  
da por las explosiones de la segunda fila.

El solicitante ha encontrado además que su método  
de voladura reduce la cantidad de proyectiles procedentes -  
del área de voladura o de explosiones, siendo ésto, según  
25    se cree, debido al hecho de que su método de voladura hace  
uso de la pared móvil de roca de delante de cada fila suce-  
siva, como pantalla o escudo para los proyectiles de gran ve  
locidad resultantes de las áreas más fácilmente fragmentadas  
contenidas en el cuerpo de roca. También es crítico, por lo  
30    tanto, el tiempo de retardo entre filas.

1                    Con arreglo a otra característica adicional de la  
invención del solicitante, se usa para el cebo un encendido  
electrónico, con el fin de obtener un retardo que exceda de  
la separación normal en el tiempo (milisegundos) de los ce-  
5        bos o detonadores de retardo usados, en una fracción pre-  
fijada del intervalo de retardo del detonador. Esta dispo-  
sición hace que las detonaciones tengan un diseño de dis-  
tribución de detonación prefijado repetitivo, para los sub-  
grupos de detonaciones. Resulta que las detonaciones res-  
10        pectivas de cada subgrupo aparecen juntas en cierto diseño  
de distribución, y que estas detonaciones están separadas  
por una distancia tal que las ondas de choque que se propa-  
gan partiendo del lecho abierto están desfasadas entre sí.  
Esto no ocurre cuando se encienden o ceban simultáneamente  
15        explosiones contiguas entre sí.

A título de ejemplo de diseños o modelos de dis-  
tribución de explosiones de la presente invención, se dan  
los siguientes ejemplos de gráficas o cuadros de tiempos.

El plan de explosiones de la fig. 1 hace uso de  
20        algunos de los principios de la presente invención, pero no  
de todos ellos. El plan propuesto provoca 50 explosiones -  
individuales, dispuestas en cinco filas paralelas al lecho  
de cantera abierto, conteniendo cada fila diez explosiones.  
Todos los cebos de retardo de la fila 1ª tienen un tiempo  
25        de retardo de 25 milisegundos, según lo indicado por la fila  
de números encabezada por la palabra RETARDO ("TIME DEL.")  
de la columna de la izquierda. Todos los cebos de la fila  
2ª tienen un tiempo de retardo de 50 milisegundos, según lo  
indicado por los números 50 de la fila correspondiente a -  
30        RETARDO ("TIME DEL.") de la columna de la izquierda. De -

1 igual modo, los tiempos de retardo de los cebos de las fi-  
las 3ª, 4ª y 5ª son de 75, 100 y 125 milisegundos, respec-  
tivamente.

5 Las primeras cargas explosivas de cada fila están  
conectadas entre sí y son encendidas por un circuito o ca-  
ble eléctrico, al cual se le suministra una corriente eléc-  
trica positiva de ignición por medio de una máquina detona-  
dora electrónica del tipo ilustrado y descrito en la solici-  
tud de patente de EE.UU., núm. de serie 357,826, presentada  
10 el 7 de mayo de 1.973. Los cebos individuales están conec-  
tados en paralelo, yendo uno de sus extremos enganchado al  
hilo de circuito que viene de la máquina detonadora, y es-  
tando el otro extremo de los cebos puesto a tierra.

15 De igual modo, las segundas cargas de cada fila -  
se encienden por medio de un segundo circuito de ignición  
similarmente dispuesto y al cual se le da una señal proce-  
dente la máquina detonadora, con un retardo de 60 milisegun-  
dos tras la activación del primer circuito. Igualmente, los  
terceros miembros de cada fila están conectados entre sí -  
20 por un tercer circuito, como lo están las cuartas, quintas,  
sextas, séptimas, octavas, novenas y décimas cargas de cada  
fila. La máquina detonadora proporciona una señal al primer  
circuito, sin retardo alguno; da una señal al segundo cir-  
cuito con 60 milisegundos de retardo; al tercero con 120 -  
25 ms; al cuarto con 180 ms; al quinto con 240 ms; al sexto con  
300 ms; al séptimo con 360 ms; al octavo con 420 ms; al no-  
veno con 480 ms y al décimo con 540 milisegundos de retardo.  
Debajo de la designación del cebo para cada carga está su  
retardo total de ignición, obtenido mediante combinación del  
17099 30 tiempo de retardo del circuito de la máquina detonadora y

1 el retardo de combustión del cebo. El tiempo de retardo to-  
tal para cada explosión individual está designado por los  
números colocados en las filas correspondientes a los tér-  
minos de TIEMPO DE DETONACION ("Det. Time"). Por ejemplo,  
5 la ignición de la carga de segundo circuito de la fila 1ª  
se produce a los 85 milisegundos después del instante o -  
tiempo "cero" (0), de activación de la máquina detonadora;  
la ignición de la tercera carga de circuito de la fila 1ª  
se produce a los 145 milisegundos después del instante 0;  
10 la de la cuarta, a los 205 milisegundos; la de la quinta,  
a los 265 milisegundos; la de la sexta, a los 325 milise-  
gundos; la de la séptima, a los 385 milisegundos; la de la  
octava, a los 445 milisegundos; la de la novena, a los 505  
milisegundos y la de la décima a los 565 milisegundos des-  
15 pués del instante 0.

De la misma manera se dan los tiempos de detona-  
ción para cada una de las cargas de las filas segunda, ter-  
cera, cuarta y quinta. Como ahora se verá, la detonación -  
de las cargas de una determinada fila se producen a interva-  
20 los de separación de 60 milisegundos, que, como antes se ha  
indicado, son aproximadamente óptimos para la creación de  
fracturas dentro de una fila. Las cargas dentro de una mis-  
ma fila suelen estar repartidas a menores intervalos de tien-  
po que las cargas de una fila para otra (entre filas), con  
25 el fin de obtener un lecho de fractura limpio mediante una  
serie de explosiones.

Como se verá, el tiempo de retardo entre las car-  
gas en un circuito particular se produce a intervalos de 25  
milisegundos, que es menos de lo que anteriormente se había  
17099 30 indicado como óptimo. No obstante, el plan de explosiones -

1 de la fig. 1 permite que ocurran 50 explosiones individua-  
les sin que dos cualesquiera de ellas se produzcan en el -  
mismo instante. Como sólo se están disparando cinco filas  
5 en profundidad, se tiene la impresión de que es posible -  
utilizar, entre filas, un retardo menor que el óptimo. Aun  
cuando el diseño no da una remoción óptima de roca, lo que  
sí hace es mantener al mínimo la dispersión de proyectiles,  
usar un número mínimo de distintas denominaciones de cebos  
de retardo, y permitir la ignición de gran número de cargas  
10 en filas paralelas al lecho abierto de cantera. El número  
de cargas de las filas puede aumentarse indefinidamente sin  
que se produzcan dos explosiones al mismo tiempo. Esto es  
una ventaja obvia del plan de explosiones de la fig. 1 y  
ofrece un intervalo óptimo de separación entre cargas para  
15 mantener al mínimo las vibraciones en los edificios próxi-  
mos, como ya se ha dicho.

El programa de voladura de la fig. 2 está planea-  
do, en general, de la misma manera que el de la fig. 1, pe-  
ro difiere de éste principalmente en que el tiempo de retar  
20 do entre circuitos individuales, determinado por la máquina  
detonadora, se ha aumentado a 100 milisegundos. Por utili-  
zarse un retardo de 100 milisegundos entre circuitos, sólo  
es posible encender un total de 40 cargas sin que se produz-  
ca la ignición de dos cargas cualesquiera en el mismo ins-  
25 tante. El plan de explosiones o de voladura de la fig. 2 po-  
ne de manifiesto que el desarrollo efectivo de fracturas -  
dentro de una fila particular puede tenerse todavía a 100 -  
milisegundos, y por lo demás tiene, en general, las mismas  
ventajas que el plan de explosiones de la fig. 1.

De la comprensión del plan de explosiones de las

1       figs. 1 y 2 puede deducirse ahora que el número máximo de  
cargas que pueden hacerse volar sin que dos de ellas se en-  
ciendan al mismo tiempo depende del mínimo común denomina-  
dor del intervalo de circuitos y del intervalo de retardo  
5       que se use entre filas. En el cuadro de la fig. 1, por ejem-  
plo, el mínimo común múltiplo de 25 y 60 es 300; 300 divi-  
dido por 60 es 5; y 300 dividido por 25 es 12, de modo que  
es posible utilizar un total de 12 filas con un retardo de  
25 milisegundos entre cada dos de ellas, antes de que se -  
10       produzca cualquier duplicación de los tiempos de detonación.  
Estos intervalos deben añadirse al tiempo de retardo de la  
primera explosión, que es de 25 milisegundos, para obtener  
el tiempo de retardo para una explosión particular. Esto -  
15       dará un retardo total de 325, que es el que aparece en la  
fila 1ª, circuito 6ª. Mientras se utilicen menos de doce -  
intervalos, es posible usar cualquier número de circuitos  
sin que se den dos explosiones simultáneas. Usando el mismo  
análisis para el cuadro de la fig. 2, se verá que el mínimo  
denominador común es 5 y, por lo tanto, que sólo es posible  
20       utilizar cuatro filas sin que se den dos explosiones simul-  
táneas.

El cuadro de la fig. 3 se ha formado utilizando  
la misma nomenclatura empleada para los de las figs. 1 y 2.  
El plan de la fig. 3 hace uso de unos circuitos de ignición  
25       que encienden o provocan dos explosiones contiguas en cada  
fila. El cable para el circuito 1, por ejemplo, tiene su -  
terminal positivo conectado a la segunda carga de la fila  
6ª, designada como cebo de 650 milisegundos de retardo, y  
baja por la segunda columna volviendo a subir por la prime-  
30       ra columna para ser puesto a tierra, tras su conexión a la

1 primera carga de la fila 6ª. Los circuitos 2...10 están -  
dispuestos de la misma manera, para encender dos columnas  
de cargas. Como se verá además, entre columnas adyacentes  
se usa un tiempo de retardo de 50 milisegundos, y entre fi-  
5 las se usa un tiempo de retardo de 100 milisegundos. La má-  
quina detonadora está ajustada a 60 milisegundos de retardo  
entre circuitos, de modo que se consigue un buen término -  
de compromiso para fractura óptima en una fila y para remo-  
ción óptima de roca entre filas.

10 Como se verá además, el plan de voladura se divi-  
de en cuatro subgrupos. El primer subgrupo contiene las fi-  
las 1ª, 2ª y 3ª de los circuitos 1...5; el segundo subgrupo  
contiene las filas 4ª...6ª de los circuitos 1...5; el ter-  
cer subgrupo contiene los circuitos 6...10 de las filas -  
15 1ª...3ª; y el cuarto subgrupo contiene los circuitos 6...10  
de las filas 4ª...6ª. Como se verá, las explosiones de la  
fila 1ª, circuito 6, se producen en el mismo instante que  
la explosión de la fila 4ª, circuito 1; y después hay una  
explosión en el subgrupo tercero que se produce en el mis-  
20 mo instante que una explosión del subgrupo segundo. Como -  
antes se ha explicado, estas explosiones que se producen  
simultáneamente están separadas por una distancia prefijada  
suficiente para que la cresta de la onda de presión de la  
explosión del subgrupo tercero caiga, en general, en el va-  
25 lle de la onda de presión de la explosión del subgrupo se-  
gundo, para aproximadamente "rellenar" los valles entre -  
crestas de las ondas de presión, en lugar de hacer que se su-  
men las crestas de las ondas de presión una con otra.

17099

30

Ahora bien, como se verá, las explosiones de las  
columnas de número par de la fila 6ª no se corresponden con

1 las explosiones de las columnas de número par de la fila -  
3ª del subgrupo tercero, porque hay 150 milisegundos de in-  
tervalo entre las filas 6ª y 5ª en las columnas de número  
5 par. Esto da un retardo de entre 40 y 100 milisegundos en-  
tre las explosiones en la fila 6ª. El tiempo de retardo adi-  
cional entre las explosiones de las filas 5ª y 6ª permite  
a la roca de delante de la fila 6ª moverse y salir adecua-  
damente, dejando sitio para la roca desprendida por las -  
explosiones en la fila 6ª. El plan de voladura de la figu-  
10 ra 3 pone en secuencia 120 explosiones de un solo "disparo",  
y, en general, no produce en los edificios mayor vibración  
que la explosión de una sola carga. Antes de la presente -  
invención no se creía posible este resultado, y muchas le-  
15 yes y reglamentos gubernativos no permitían que se produje-  
se más de una explosión cada vez en iguales condiciones. -  
Los bloques o subgrupos en los que aparecen detonaciones si  
multáneas pueden estar separados por una distancia adecuada  
para hacer que la porción de alta presión de la onda proce-  
dente de una determinada explosión "rellene" la porción de  
20 baja presión de la onda procedente de la otra explosión, -  
usando para ello la fórmula.

$$\bar{x} = m \cdot y / n ,$$

25 en la cual  $\bar{x}$  es el intervalo uniforme de retardo entre cir-  
cuitos,  $y$  es el intervalo de tiempo de retardo entre filas,  
 $n$  es el número de intervalos entre activaciones de circuito  
de ignición, para dar un tiempo de retardo compuesto prefi-  
jado, y  $m$  es el número de intervalos de tiempo de retardo  
entre filas, para dar un tiempo de retardo compuesto prefi-  
jado.

1                    La distancia necesaria entre las explosiones se  
determina fácilmente usando la frecuencia de la onda de -  
choque en la roca y su velocidad conocida de propagación,  
partiendo de lo cual puede determinarse la longitud de me-  
5                    dia onda, o distancia de semionda. La separación entre los  
bloques o subgrupos habrá de corresponder en general a esta  
separación o distancia de semionda. La distancia de separa-  
ción entre explosiones en una fila se determina para que dé  
10                    una fractura limpia según el tipo de roca que se esté remo-  
viendo o desprendiendo, y la cantidad de explosivo que se -  
esté utilizando por cada explosión. Los valores de  $n$  y de  $m$   
se eligen de modo que den unos bloques o subgrupos con una  
distancia de separación que corresponda a la distancia de  
15                    semionda arriba mencionada. Una vez elegidos  $n$  y  $m$ , es posi-  
ble determinar los retardos  $x$  e  $y$  usando la fórmula dada más  
arriba. Por lo menos uno de los valores de  $x$  e  $y$  se elegirá,  
usualmente, con arreglo a los criterios dados más arriba pa-  
ra el tiempo óptimo de retardo dentro de una fila, o el tien-  
po óptimo de retardo entre filas. Los valores precisos de -  
20                     $x$  e  $y$  están relacionados entre sí como se indica por la fór-  
mula dada, y dichos valores se ajustarán o equilibrarán de  
modo que tanto  $x$  como  $y$  se aproximen a los valores óptimos.

                  Como se verá ahora, la utilización de los princi-  
pios del presente invento permite hacer detonar de un solo  
25                    disparo un número de explosiones mucho mayor de lo que hasta  
ahora era posible, sin por ello aumentar la vibración de cho-  
que transmitida al exterior del área de voladura. Al mismo  
tiempo se obtiene un mayor rendimiento por voladura o explo-  
sión.

17099 30

Si bien la invención se ha descrito con un detalle

1 considerable, no se desea limitarla a las formas de ejecu-  
ción indicadas y descritas, sino que se han de entender in-  
cluidas y abarcadas en ella todas las nuevas variantes o -  
adaptaciones, modificaciones y disposiciones de las mismas  
5 que entren dentro de la práctica de los técnicos en la ma-  
teria a la que se refiere la invención, y que entren en el  
ámbito de las siguientes reivindicaciones.

10

15

20

25

1

## - REIVINDICACIONES -

5

10

Los puntos de invención propia, no nueva, pero no establecida, practicada ni divulgada en España, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Introducción, por DIEZ años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

15

20

25

1ª.- Un método de realizar voladuras, que comprende disponer una pluralidad de columnas de conjuntos de voladura en roca junto a un frente de cantera, teniendo cada conjunto un retardo de tiempo incorporado, extendiéndose dichas columnas en una dirección que se aparta del frente de la cantera y formando los conjuntos de las columnas respectivas unas filas de conjuntos de voladura transversales a las columnas y sustancialmente paralelas al frente de la cantera; teniendo los conjuntos de cada columna retardos de tiempo progresivamente mayores y avanzando a lo largo de la columna en una dirección que se aparta del frente de la cantera; conectar los conjuntos de columna respectivas en sistemas de ignición respectivos; y activar dichos sistemas de ignición en secuencia en una dirección paralela a las filas.

30

2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que los conjuntos de cada fila tienen sustancialmente el mismo retardo de tiempo.

3ª.- Un método según las reivindicaciones 1ª o 2ª, en el que los sistemas de ignición son activados sucesi

1 vamente a intervalos de 10 a 100 milisegundos.

4ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que dichas columnas se disponen sustancialmente en ángulo recto con dichas filas.

5 5ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los retardos de tiempo incorporados de conjuntos sucesivos en cada columna difieren en una cuantía de 25 a 100 milisegundos.

10 6ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el retardo de tiempo incorporado de conjuntos respectivos en cada columna se hace progresivamente mayor en la cuantía de un intervalo de tiempo predeterminado entre filas.

15 7ª.- Un método según la reivindicación 6ª, en el que se activan sistemas respectivos a un intervalo de tiempo predeterminado entre columnas que difiere de dicho intervalo de tiempo predeterminado entre filas, pero que es menor que la diferencia de tiempo de detonación desde un extremo de una columna hasta el otro, para producir una secuencia escalonada de voladuras que alterna entre columnas y en la que no tienen lugar dos voladuras al mismo tiempo.

20 8ª.- Un método según la reivindicación 7ª, en el que los sistemas de ignición de columnas sucesivas se activan a intervalos de aproximadamente 60 milisegundos.

25 9ª.- Un método según la reivindicación 6ª, en el que la diferencia de tiempo de detonación entre los conjuntos en los extremos opuestos de cada columna es de aproximadamente 100 milisegundos y los sistemas de ignición de columnas sucesivas se activan a intervalos de aproximadamente 60 milisegundos.

30

1                    10ª.- Un método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que cada columna comprende un par de conjuntos de voladura adyacentes en cada fila, teniendo los conjuntos de cada par retardos de tiempo  
5                    que difieren entre sí, y cada uno de los cuales difiere de los demás conjuntos en la columna, y activando el sistema de ignición para una columna respectiva simultáneamente a todo los pares de conjuntos dispuestos en la columna respectiva.

10                    11ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en el que los sistemas de ignición para los conjuntos de voladura de las columnas primera y tercera se conectan entre sí en un primer sistema de múltiples columnas, y los sistemas de ignición para los conjuntos de voladura de la  
15                    segunda y cuarta columnas se conectan entre sí en un segundo sistema de múltiples columnas, siendo los retardos de tiempo de los conjuntos de voladura en cada fila mayores en las columnas segunda y cuarta que en las columnas primera y tercera en la magnitud de un intervalo predeterminado de tiempo en fila, aumentando dichos retardos de tiempo  
20                    de los conjuntos de voladura de cada columna en la cuantía de un intervalo de tiempo predeterminado entre filas, siendo activados dichos sistemas primero y segundo de múltiples columnas en secuencia con un intervalo de tiempo que  
25                    es mayor que dicho intervalo de tiempo en fila.

30                    12ª.- Un método según la reivindicación 11ª, en el que el segundo sistema de múltiples columnas es activado después que dicho primer sistema de múltiples columnas con un intervalo de tiempo que es menor que dicho intervalo de tiempo entre filas.

1                    13ª.- Un método según la reivindicación 11ª  
o 12ª, en el que el segundo sistema de múltiples columnas  
es activado después que el primer sistema de múltiples co-  
lumnas con un intervalo de aproximadamente 60 milisegundos.

5                    14ª.- Un método según cualquiera de las rei-  
vindicações 11ª a 13ª, en el que dicho intervalo de tiem-  
po en fila es de aproximadamente 50 milisegundos y dicho  
intervalo de tiempo entre filas es de aproximadamente 100  
milisegundos.

10                   15ª.- Un método según la reivindicación 1ª,  
en el que dichos circuitos de ignición se activan en se-  
cuencia en momentos espaciados en la magnitud de un inter-  
valo de tiempo uniforme entre columnas determinado por la  
fórmula  $x = my/n$ , en donde  $x$  es el intervalo de tiempo uni-  
15                   forme entre columnas,  $y$  es un intervalo de tiempo predeter-  
minado entre filas,  $n$  es el número de intervalos de tiempo  
entre columnas para dar un retardo de tiempo total prede-  
terminado, y  $m$  es el número de intervalos de tiempo entre  
filas para dar dicho retardo de tiempo total predetermina-  
20                   do, a fin de proporcionar una disposición en la que los  
conjuntos de voladura son encendidos secuencialmente en blo-  
ques repetitivos espaciados sin que más de un conjunto de  
cada bloque sea encendido simultáneamente con un conjunto  
de otro de los bloques.

25                   16ª.- Un método según la reivindicación 15ª, en  
el que los retardos de tiempo de los conjuntos dentro de  
una fila son mayores en columnas de número par que en colum-  
nas de número impar en la cuantía de un intervalo de tiem-  
po predeterminado en fila, y estando conectado el sistema  
30                   de ignición de columnas respectivas de entre las columnas

1 de número impar al sistema de ignición de columnas respec-  
tivas de entre columnas adyacentes de número par.

5 17ª.- Un método según cualquiera de las reivin-  
dicaciones precedentes, en el que dichos intervalos de tien-  
po entre activación de sistemas de ignición y los interva-  
los de tiempo entre filas se seleccionan de modo que no  
tengan lugar simultáneamente dos voladuras dentro de apro-  
ximadamente la distancia de una semionda de choque en el  
material que se está volando.

10 18ª.- Un método según una cualquiera de las  
reivindicaciones 1ª a 16ª, en el que dichos intervalos de  
tiempo entre activación de sistemas de ignición y los in-  
tervalos de tiempo entre filas se seleccionan de modo que  
15 tengan lugar simultáneamente dos voladuras a aproximada-  
mente la distancia de separación de una semionda de choque  
en el material que se está volando.

19ª.- Un método según cualquiera de las rei-  
vindicações precedentes, en el que los sistemas de igni-  
ción comprenden circuitos de ignición eléctricos.

20 20ª.- "UN METODO DE REALIZAR VOLADURAS".

Tal y como se ha descrito en la Memoria que an-  
tecede y con los fines que se han especificado.

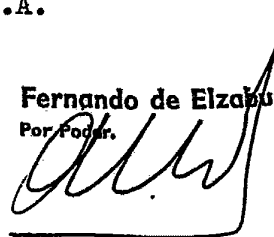
Esta Memoria consta de veintiuna hojas escritas  
a máquina por una sola cara.

25

Madrid, 15. ABR. 1980

P.A.

Fernando de Elizaburu  
Por Poder.



30

12040

JL(