

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 588 233**

51 Int. Cl.:

F42D 1/00	(2006.01)
F42D 1/06	(2006.01)
F42D 1/055	(2006.01)
F42D 3/04	(2006.01)
E21C 41/16	(2006.01)
E21C 37/14	(2006.01)
E21D 13/02	(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **29.09.2010 PCT/AU2010/001273**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **07.04.2011 WO11038449**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.09.2010 E 10819734 (4)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016 EP 2483630**

54 Título: **Un método de voladura de roca subterránea**

30 Prioridad:

29.09.2009 US 246653 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
31.10.2016

73 Titular/es:

**ORICA EXPLOSIVES TECHNOLOGY PTY LTD
(100.0%)
1 Nicholson Street
Melbourne, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**THOMSON, STUART PATRICK y
FREEMAN, SEAN, MICHAEL**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 588 233 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Un método de voladura de roca subterránea

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de la explotación minera, incluyendo la voladura y fragmentación de roca. De forma más específica, la invención se refiere a la voladura de roca en una ubicación subterránea.

10 Antecedentes de la invención

En las operaciones de explotación minera, la fragmentación y ruptura eficiente de roca por medio de cargas explosivas requiere una destreza y experiencia considerable. Las cargas explosivas se colocan en cantidades apropiadas en posiciones predeterminadas dentro de la roca y entonces se accionan por medio de detonadores que tienen retardos de tiempo predeterminados, proporcionando por lo tanto un patrón deseado de voladura y fragmentación de roca. Tradicionalmente, las señales se transmiten a los detonadores desde una máquina de voladura asociada por medio de sistemas no eléctricos que emplean un cordón de detonación de baja energía (LEDC) o tubo de choque. Como alternativa, se pueden usar hilos eléctricos para transmitir señales de disparo a los detonadores eléctricos o señales más sofisticadas a y desde los detonadores electrónicos. Por ejemplo, ese envío de señales puede incluir instrucciones de ARMAR, de DESARMAR y de retardo de tiempo para la programación remota de la secuencia de disparo de los detonadores. Además, como una característica de seguridad, los detonadores pueden almacenar códigos de disparo y responder a las señales de ARMAR y FUEGO solo tras la recepción de unos códigos de disparo coincidentes desde la máquina de voladura. Los detonadores electrónicos se pueden programar con unos retardos de tiempo con una exactitud de hasta 1 ms o menos.

El establecimiento de una disposición de voladura cableada implica la colocación correcta de las cargas explosivas dentro de perforaciones de sondeo en la roca, y la conexión apropiada de hilos entre una máquina de voladura asociada y los detonadores. Con frecuencia, el proceso requiere mucho trabajo y depende en gran medida de la exactitud y de la concienciación del operario de voladura. Es importante destacar que el operario de voladura debe asegurar que los detonadores estén en la relación de transmisión de señales apropiada con una máquina de voladura, de tal manera que la máquina de voladura pueda al menos transmitir señales de indicación para controlar cada detonador y, a su vez, accionar cada carga explosiva. Las conexiones inadecuadas entre los componentes de la disposición de voladura pueden conducir a la pérdida de comunicación entre las máquinas de voladura y los detonadores, y por lo tanto incrementar los problemas de seguridad. Se requiere un cuidado significativo para asegurar que los hilos discurren entre los detonadores y la máquina de voladura asociada sin perturbación, impedimento, daño u otra interferencia que pudiera evitar el control y la operación apropiados de un detonador por medio de la máquina de voladura conectada.

Los sistemas de detonador inalámbricos ofrecen el potencial de evitar esos problemas, mejorando por lo tanto la seguridad en el sitio de voladura. Al evitar el uso de conexiones físicas (por ejemplo, hilos eléctricos, tubos de choque, LEDC, o cables ópticos) entre los detonadores y otros componentes en el sitio de voladura (por ejemplo máquinas de voladura) se reduce la posibilidad de una instalación inapropiada de la disposición de voladura. Otra ventaja de los detonadores inalámbricos se refiere a la facilitación del establecimiento automatizado de las cargas explosivas y detonadores asociados en el sitio de voladura. Esto puede incluir, por ejemplo, la carga del detonador automatizado en las perforaciones de sondeo y la asociación automatizada de un detonador correspondiente con cada carga explosiva, por ejemplo, que implique sistemas robóticos. Esto proporcionaría mejoras drásticas en la seguridad del sitio de voladura debido a que los operarios de voladura serían capaces de instalar la disposición de voladura desde lugares completamente remotos. Sin embargo, esos sistemas presentan desafíos tecnológicos formidables, muchos de los cuales permanecen sin resolver. Un obstáculo para la automatización es la dificultad del manejo y la manipulación robótica de detonadores en el sitio de voladura, particularmente cuando los detonadores no sean detonadores electrónicos inalámbricos y requieran una conexión u otras formas de enganche a hilos eléctricos, tubos de choque y similares.

La explotación minera subterránea presenta distintos desafíos en comparación con la explotación minera de superficie. Por ejemplo, la fragmentación y extracción de un cuerpo de mineral ubicado en el subsuelo requiere una planificación y ejecución cuidadosas. Por lo general, se tiene acceso al cuerpo de mineral por medio de tunelización, o uno o más conductos, para exponer una cara del mineral o al menos un lado. Se perforan unas perforaciones de sondeo en la cara, y se cargan con cargas explosivas. El accionamiento de las cargas por medio de detonadores asociados fragmenta una porción de la roca detrás de la cara libre, por lo que se expone una nueva cara que se va a perforar y a cargar. De este modo, la roca fragmentada de la voladura inicial puede ser retirada por medio del túnel de acceso para su procesamiento. A través de ciclos repetidos de perforación, carga, voladura y extracción, la cara expuesta se retira hasta el cuerpo de mineral y el mineral fragmentado es recuperado.

La extracción de mineral fragmentado puede ser efectuada usando vehículos accionados o vehículos controlados de forma remota, pero tal como se ha hecho notar en lo que antecede, la ubicación controlada de forma remota de los

detonadores en las perforaciones de sondeo y su asociación operativa con las cargas explosivas aún no ha sido desarrollada.

5 A pesar de ser de naturaleza simple, la voladura subterránea tal como se ha descrito en lo que antecede presenta desafíos técnicos y de organización significativos. Por ejemplo, del lado técnico, el hueco creado debe ser reforzado estructuralmente y puede requerir soporte interno para evitar que el techo se hunda. Hasta este punto, las columnas o pilares de mineral con frecuencia son dejadas en su lugar para ayudar a proporcionar soporte al techo, particularmente durante la fase activa de voladura y extracción del mineral restante. De este modo, porciones del cuerpo de mineral valiosas son efectivamente "dejadas atrás" en el sitio de voladura subterránea al menos hasta que
10 el hueco haya sido reforzado estructuralmente, reduciendo la eficiencia del proceso de extracción de mineral.

La complejidad de las operaciones de explotación minera subterránea es exacerbada aún más por los desafíos de organización en el sitio de la mina. Los equipos de trabajadores mineros deben ser coordinados cuidadosamente para optimizar tanto las operaciones de explotación minera como de acceso a la cara libre y la roca fragmentada.
15 Por ejemplo, diferentes equipos pueden requerir acceso a la cara libre a diferentes tiempos para perforar unas perforaciones de sondeo, cargar explosivos, instalar equipo de voladura, extraer roca fragmentada, etc. Cada equipo necesitará un conjunto diferente de equipo para efectuar efectivamente su tarea designada, y el espacio existente ahí puede ser insuficiente en la cara libre para acomodar más de un equipo, y el equipo asociado, en cualquier momento dado.

Además, el material fragmentado de una voladura, o un hueco resultante de esa voladura, puede evitar el acceso al cuerpo de mineral en un sitio remoto de esa voladura, significando nuevamente que porciones valiosas del cuerpo de mineral sean efectivamente "dejadas atrás", hasta que el material fragmentado haya sido extraído o el acceso haya sido facilitado de otro modo. Además, el movimiento y coordinación del equipo en el sitio de la mina es complicado aún más por problemas de seguridad. Dependiendo de la integridad de la roca, o las reglas de seguridad en el sitio de la mina, puede requerirse evacuar completamente el sitio de la mina de todo personal minero (y quizá el equipo) cuando tenga lugar una voladura. Como alternativa, o además, puede ser necesario reforzar la masa de roca restantes antes de que se le permita el acceso al personal para perforación y voladura adicionales. Sin ese refuerzo, esa masa de roca restante puede también tener que ser "dejada atrás". Todas esas posibilidades restringen aún más la programación de todas las otras operaciones en el sitio de la mina para todos los frentes de trabajo.
20

Además, puede ser difícil acceder a la cara de retirada del cuerpo de mineral. Cada ciclo de voladura requiere la retirada sustancial de roca fragmentada antes de que la cara mineral pueda ser perforada y cargada para el siguiente ciclo de voladura. Si la fragmentación de roca es ineficiente o inapropiada de alguna manera, puede ser difícil extraer completamente el mineral por medio del túnel de acceso y esto, a su vez, puede retardar el proceso de extracción. En ocasiones, la fragmentación o desplazamiento indeseable de material puede dar como resultado que el cuerpo de mineral sea completamente inaccesible desde un túnel de acceso existente, de tal modo que deba formarse un nuevo túnel para aproximarse al cuerpo de mineral desde un ángulo diferente. Claramente, esto retardará el proceso de extracción e incrementará los costos significativamente.
25

El documento JP 2000 283700 A divulga un método de voladura de roca subterránea de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

45 Se deduce que existe una necesidad continua en la técnica de métodos de voladura mejorados para explotación minera subterránea. Esta necesidad se extiende a disposiciones de voladura que emplean comunicación cableada o inalámbrica con detonadores y componentes asociados.

Sumario de la invención

50 Un objetivo de la presente invención es proporcionar métodos para la voladura mejorada de roca en un lugar subterráneo.

En realizaciones a modo de ejemplo seleccionadas se proporciona un método de voladura de roca en un sitio de voladura subterránea, comprendiendo el método las etapas de:
55

- a) perforar unas perforaciones de sondeo en una masa de roca;
- b) cargar cada perforación de sondeo con al menos una carga de material explosivo;
- c) colocar al menos un detonador en asociación operativa en cada carga;
- 60 d) llevar a cabo una secuencia de al menos dos eventos de iniciación para volar la masa de roca, en cada uno de los cuales solo se inician algunas de las cargas, mediante el envío de señales de disparo solo a los detonadores asociados con dichas cargas y en la cual cada evento de iniciación es un evento de iniciación discreto controlado por el usuario;

en el que uno de los al menos dos eventos de iniciación crea una porción abandonada de masa de roca que se ha perforado y cargado en las etapas a), b) y c) y dicha porción abandonada de la masa de roca se vuela en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores sin que acceda personal a dicha porción abandonada.

5 Mediante este método, la eficiencia y seguridad de la voladura subterránea puede ser mejorada en gran medida. Perforando toda la masa de roca o cuerpo de mineral seleccionado, o una porción seleccionada de la masa o cuerpo y cargando entonces todas las perforaciones de sondeo perforadas según se desee y colocando los detonadores en asociación operativa con las cargas explosivas, todas las cargas pueden ser iniciadas por al menos dos eventos de iniciación distintos en una secuencia deseada sin que acceda personal a ninguna porción de la masa o cuerpo entre
10 los eventos de iniciación. Esto significa que una porción abandonada de la masa de roca se puede volar fácilmente y de forma segura y recuperarse el material fragmentado.

El método de la invención permite que sean logradas secuencias de voladura totalmente nuevas. En particular, ya no es necesario efectuar explotación minera de retirada-es decir, efectuar una voladura en el punto más lejano de la
15 masa de roca desde un punto de acceso-o perforar y volar niveles individuales a la vez. Ahora es posible efectuar las etapas a), b) y c) a toda la altura de la masa de roca, o porción seleccionada de la masa de roca y, si se desea, volar de forma selectiva diferentes niveles de masa de roca en eventos de iniciación respectivos. La masa o porción seleccionada de roca de la masa de roca puede ser entre dos pasajes o túneles, uno encima del otro.

20 En general, las perforaciones de sondeo serán perforadas en la masa de roca desde un pasaje superior o un pasaje inferior, pasaje inferior el cual puede ser el único pasaje, y en una realización las perforaciones de sondeo se perforan en la etapa a) a todo lo largo del pasaje. De este modo, la longitud del pasaje define la extensión de masa de roca que se va a volar en al menos dos eventos de iniciación.

25 El método de la invención requiere la iniciación exacta de los detonadores, y en realizaciones, los detonadores pueden ser detonadores eléctricos o electrónicos. En una realización particular, los detonadores son electrónicos. Esos detonadores electrónicos pueden ser cableados o inalámbricos. Sin embargo, existe el riesgo de que un cableado que conecta, por ejemplo, un mecanismo de voladura con los detonadores que se inician en uno de los al menos dos eventos de iniciación posteriores pueda ser dañado por la iniciación anterior, y por esta razón es
30 probable que se seleccionen detonadores inalámbricos.

En una realización, cada detonador forma parte de un conjunto de detonador inalámbrico para recibir y responder a las señales de indicación inalámbricas, la etapa de llevar a cabo una secuencia de al menos dos eventos de iniciación que comprende transmitir al menos dos señales de indicación inalámbricas desde una o más de las
35 máquinas de voladura asociadas para DISPARAR de forma selectiva los conjuntos de detonación inalámbricos.

En una realización particular, cada conjunto de detonador inalámbrico es un reforzador electrónico inalámbrico.

40 En algunas realizaciones, los detonadores asociados con el uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores entran en un modo inactivo antes de su actuación.

Debido a que las cargas de material explosivo para el uno o más eventos de iniciación posteriores deben estar en su lugar durante el primero de los al menos dos eventos de iniciación, el material explosivo debe ser relativamente estable, por ejemplo explosivo ANFO en emulsión a granel. Un explosivo en emulsión a granel puede ser
45 seleccionado de entre la gama Fortis™ de Orica Mining Services.

El efecto de cada evento de iniciación es fragmentar la porción volada de la masa de roca, que puede entonces caer en el fondo de un pasaje. Puede ser necesario extraer toda o algo de esa roca fragmentada antes de uno de los al menos dos eventos de iniciación posteriores. Esto puede hacerse de forma remota o segura desde una porción del
50 fondo del pasaje que se ha perforado y cargado, y que había tenido al menos un detonador colocado en asociación operativa con cada carga, pero que no es soportado por el suelo para permanecer estable, es decir, que no es una porción abandonada de la masa de roca.

Una porción abandonada de este tipo de la masa de roca puede ser un pilar de roca que se deje en su lugar después de uno de los al menos dos eventos de iniciación para soportar otras porciones de la masa de roca.
55

En una realización particular, la masa de roca comprende un cuerpo de mineral por encima del pasaje inferior y las perforaciones de sondeo se perforan en una dirección hacia arriba desde el pasaje inferior hacia el cuerpo, el método comprende además formar al menos una elevación en el mineral que se extiende en una dirección
60 generalmente hacia arriba desde el pasaje inferior, opcionalmente mediante el accionamiento de detonadores y cargas asociadas en al menos una perforación de sondeo, por lo que en dicho uno de los al menos dos eventos de iniciación, material a partir del cuerpo de mineral adyacente a la elevación se fragmenta y cae hacia la elevación y el pasaje inferior para la extracción por medio del pasaje inferior, dejando un hueco, quizá con suelo sin soporte, y por lo tanto en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores, el material restante del cuerpo de
65 mineral se fragmenta y cae al menos parcialmente hacia el hueco.

En la presente realización, en el uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores, porciones del cuerpo de mineral adyacentes al hueco y los extremos superiores de las perforaciones de sondeo se pueden fragmentar, y opcionalmente extraerse por medio del pasaje inferior, antes de que se fragmente la última parte del cuerpo de mineral entre dichas porciones y el pasaje inferior.

5 En una versión de la presente realización, dicho material del cuerpo de mineral fragmentado en uno de los al menos dos eventos de iniciación está a un lado de la elevación, la dirección longitudinal del pasaje inferior, y dicho material del cuerpo de mineral fragmentado en uno o más eventos de iniciación posteriores está al lado opuesto de la elevación.

10 La porción del cuerpo de mineral fragmentado en uno o más eventos de iniciación posteriores, puede estar por encima de la porción del cuerpo de mineral fragmentado en uno de los al menos dos eventos de iniciación.

Los eventos de iniciación se pueden repetir a lo largo del pasaje inferior. El pasaje inferior puede tener uno o dos extremos ciegos.

15 En la presente realización particular, puede que no exista pasaje alguno por encima del pasaje inferior.

En otra realización particular, la masa de roca comprende un cuerpo de mineral que se extiende entre el pasaje inferior y el pasaje superior, teniendo cada uno de los pasajes inferior y superior un extremo ciego correspondiente, y las perforaciones de sondeo se perforan en una dirección hacia abajo desde el pasaje superior hacia el cuerpo, el método comprende además formar al menos una elevación en el mineral que se extiende entre los pasajes superior e inferior y lejos de dicho extremo ciego de los pasajes, opcionalmente mediante el accionamiento de detonadores y cargas asociadas en al menos una perforación de sondeo, siendo dicho uno de los al menos dos eventos de iniciación adyacente a la elevación y dejando un hueco, quizá con suelo sin soporte, y efectuándose uno o más de los eventos de iniciación posteriores en una o más porciones del cuerpo de mineral entre la elevación y el extremo ciego de los pasajes para fragmentar el material de dichas una o más porciones, de tal modo que el material fragmentado se pueda extraer por medio del pasaje inferior.

En otra realización particular más, la masa de roca comprende un cuerpo de mineral que se extiende entre un pasaje inferior y un pasaje superior adyacente a un tajo formado entre los pasajes inferior y superior en un extremo remoto del mismo y las perforaciones de sondeo se perforan en el cuerpo de mineral desde uno de los dos pasajes hacia el otro pasaje, el método comprende además formar al menos una elevación en el mineral entre los pasajes inferior y superior y lejos de dicho tajo para formar una porción del cuerpo de mineral entre el tajo y la elevación, estando dicho uno de los al menos dos eventos de iniciación en el cuerpo de mineral adyacente a dicha elevación para dejar un pilar formado a partir de dicha porción del cuerpo de mineral y efectuándose uno o más de los al menos dos eventos de iniciación en el cuerpo residual de mineral del lado de la ubicación de la elevación remota del pilar, seguido por la extracción del material fragmentado del pasaje inferior, y efectuándose uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores adicionales para fragmentar el material del pilar.

40 En la presente realización, el tajo puede ser llenado al menos parcialmente con material de relleno, que puede ser introducido desde el pasaje superior para sustituir el material fragmentado y extraído del cuerpo de mineral.

Cada una de las otras realizaciones particulares y otras realizaciones particulares más pueden ser efectuadas usando características de una realización particular.

45 Las perforaciones en esas realizaciones pueden ser perforadas en cualquier forma conocida, por ejemplo de 0 a 45° con respecto a la vertical. En una realización, al menos algunas de las perforaciones de sondeo están dispuestas en un anillo de perforaciones de sondeo centradas sobre el pasaje a partir del cual se perforan estas para el disparo en forma de anillo de algunos de los detonadores de acuerdo con los tiempos de retardo preprogramados.

50 Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones de los métodos de voladura de acuerdo con la invención, y un método de la técnica anterior, se describirán en lo sucesivo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

55 la figura 1a proporciona una vista en perspectiva esquemática de un cuerpo de mineral, que se puede volar de acuerdo con la invención;

la figura 1b proporciona una vista en corte esquemática del cuerpo de mineral que se ilustra en la figura 1a, tomada a lo largo de las perforaciones de sondeo;

60 las figuras 2a-h ilustran unas fases secuenciales en la voladura y extracción de un cuerpo de mineral ubicado debajo de la tierra, de acuerdo con métodos que se conocen en la técnica;

las figuras 3a-h ilustran unas fases secuenciales en la voladura y extracción de un cuerpo de mineral ubicado debajo de la tierra, de acuerdo con una realización del método de la invención;

65 la figura 4 es una vista en perspectiva esquemática de la primera fase de una realización de una voladura de campana de extracción de acuerdo con la invención;

la figura 5 es una vista similar a la de la figura 4, pero que muestra la segunda fase de la voladura;

la figura 6 es una vista en perspectiva esquemática de la primera fase de otra realización de una voladura de campana de extracción de acuerdo con la invención;

la figura 7 es una vista similar a la de la figura 6, pero que muestra la segunda fase de la voladura;

5 la figura 8 es una vista en perspectiva esquemática de una primera fase de otra realización más de un método de voladura de acuerdo con la invención, voladura de retirada y relleno del tajo resultante;

la figura 9 es una vista similar a la de la figura 8, pero que muestra la segunda fase de la voladura;

la figura 10 es una vista similar a la de la figura 8, pero que muestra la tercera fase de la voladura;

la figura 11 es una vista similar a la de la figura 8, pero que muestra la cuarta fase de la voladura;

10 la figura 12 es una vista similar a la de la figura 8, pero que muestra una quinta fase de la voladura; y

la figura 13 es una vista similar a la de la figura 8, pero que muestra la sexta fase de la voladura.

Definiciones:

15 Accionar o iniciar: se refiere a la iniciación, ignición, o disparo de materiales explosivos, por lo general por medio de un cebador, detonador u otro dispositivo, como un reforzador, capaz de recibir la señal externa y convertir la señal para causar la deflagración del material explosivo.

20 Disposición: se refiere a un grupo de cargas explosivas discretas, preferentemente cargas explosivas en emulsión, cada una ubicada en perforaciones de sondeo adyacentes en asociación operativa con el detonador de tal modo que las cargas se ubiquen en general dentro de una capa o sección de roca, por lo que el accionamiento de las cargas causa la voladura o fragmentación de la capa o sección de roca. En realizaciones seleccionadas, el grupo de cargas forma una disposición que se dispone sustancialmente alrededor de un plano generalmente perpendicular a una dirección general de los ejes de las perforaciones de sondeo. En realizaciones seleccionadas adicionales, los grupos de cargas que forman una disposición se pueden disponer de una forma diferente a la plana. Se conocen
25 numerosas disposiciones y configuraciones de disposiciones en la técnica, incluyendo pero sin limitarse a anillos, abanicos, y cortes de varios tipos.

30 Carga de base: se refiere a cualquier porción discreta de material explosivo en la proximidad de otros componentes de un detonador y asociada con esos componentes de tal manera que permita que el material explosivo actúe tras la recepción de las señales apropiadas de los otros componentes. La carga de base puede ser retenida dentro del estuche principal de un detonador, o como alternativa, puede ubicarse cerca del estuche principal de un detonador. La carga de base se puede usar para proporcionar energía de salida a una carga explosiva externa para iniciar la carga explosiva externa.

35 Máquina de voladura: se refiere a cualquier dispositivo que sea capaz de comunicar señales con un detonador para accionar el detonador. En el caso del detonador electrónico, la comunicación de señales puede ser, por ejemplo, para enviar señales de ARMAR, DESARMAR y DISPARAR a los detonadores y/o para programar los detonadores con unos tiempos de retardo y/o códigos de disparo. La máquina de voladura puede ser capaz de recibir información como tiempos de retardo o códigos de disparo de los detonadores directamente, o eso puede ser logrado por medio
40 de un dispositivo intermedio como un dispositivo de registro para recolectar información del detonador y transferir información a la máquina de voladura.

45 Reforzador: se refiere a cualquier dispositivo que pueda recibir señales de indicación de una máquina de voladura asociada, en respuesta a las señales apropiadas como una señal de DISPARO, puede producir el accionamiento de una carga explosiva discreta que forme un componente integral de reforzador. De esta manera, el accionamiento de la carga explosiva discreta puede inducir el accionamiento de una cantidad externa de material explosivo, como material cargado en una perforación de sondeo en la roca. El reforzador puede ser cableado o inalámbrico. En realizaciones seleccionadas, un reforzador puede comprender la siguiente lista no limitante de componentes: un detonador que comprenda un circuito de disparo y una carga de base; una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de tal modo que el accionamiento de la carga de base por medio del circuito de disparo produzca
50 el accionamiento de la carga explosiva; un transceptor para recibir y procesar al menos una señal de indicación inalámbrica de una máquina de voladura, estando el transceptor en comunicación de señales con el circuito de disparo, de tal modo que tras la recepción de una señal de indicación de DISPARAR el circuito de disparo produzca el accionamiento de la carga de base y por lo tanto el accionamiento de la carga explosiva.

55 Detonador: se refiere a cualquier forma de detonador, pero en realizaciones ventajosas a un detonador electrónico o eléctrico, y muchas formas de detonadores se conocen en la técnica. Como mínimo, un detonador comprende una carga de base que se va a iniciar tras la recepción de señal apropiada, y medios como un circuito de disparo para llevar la señal apropiada para accionar la carga de base. Por lo general, muchos detonadores también
60 comprenderán alguna forma de armadura que contenga uno o más componentes de detonador. Tradicionalmente, la armadura está compuesta de una sección sustancialmente tubular de material (por ejemplo metal) para definir un extremo de accionamiento por percusión del detonador, en el cual reside la carga de base, y un extremo opuesto para la conexión a otros componentes o líneas de transmisión de señales. En realizaciones seleccionadas, "detonador" se refiere a aquellos detonadores que incluyen medios de iniciación programables, por ejemplo, que
65 incluyen medios para almacenar información de identificación a través del detonador, y/o códigos de disparo del detonador. El detonador puede ser cableado o inalámbrico. Los detonadores electrónicos se conocen en la técnica y

pueden incluir medios de memoria para almacenar datos como tiempos de retardo, códigos de disparo, o información de seguridad y/o ser conectados a descodificadores u otros componentes de un dispositivo de iniciación electrónico.

5 Distal: se refiere a un extremo de una perforación de sondeo opuesto a un extremo proximal (en la que un extremo proximal está en, adyacente a o cerca de una cara libre de roca desde la cual la perforación de sondeo fue perforada hacia la roca, o desde la cual fue retirada roca fragmentada después de la voladura de la roca en una cara libre). Esa cara libre puede formar parte de un pasaje. El extremo distal puede ser un extremo cerrado de la perforación de sondeo a una distancia lejos de la cara libre de roca, por ejemplo producida por la penetración en la roca de dispositivos de perforación como un barrido. En realizaciones alternativas, el extremo distal de una perforación de sondeo también puede ser un extremo abierto si el extremo distal se extiende hacia otro pasaje en la roca lejos de la cara libre.

15 Pasaje: se refiere a un corte o hueco horizontal o generalmente horizontal que se extiende hacia debajo de la tierra, por encima o por debajo de un cuerpo de mineral. Por lo general, un pasaje es formado por fragmentación y extracción de roca, por ejemplo por tunelización. El pasaje puede proporcionar acceso para los operarios de la mina y su equipo para perforar unas perforaciones de sondeo que se extiendan hacia el cuerpo o mineral en cualquier dirección para la carga con materiales explosivos, voladura y fragmentación del cuerpo de mineral, para la extracción por medio del pasaje y acceso del pasaje. Cualquier sitio de explotación minera subterránea puede incluir uno, unos cuantos, o muchos pasajes, por ejemplo a diferentes niveles en relación con la superficie del suelo, o el cuerpo de mineral. En el presente documento se hace referencia algunas veces a un pasaje como túnel.

25 Carga explosiva/carga: en general se refiere a una porción específica de un material explosivo en o para colocarse en una perforación de sondeo. Por lo general, una carga explosiva es de una forma y tamaño suficiente para recibir energía derivada del accionamiento de una carga de base o un detonador, o como alternativa, energía del material explosivo que forma parte de un reforzador. La ignición de la carga explosiva deberá ser suficiente para causar la voladura o fragmentación de la roca. La constitución química de la carga explosiva puede adoptar cualquier forma que sea conocida en la técnica. En algunas realizaciones, la carga explosiva es un explosivo en emulsión a granel que tiene buena estabilidad como los proporcionados bajo la marca Fortis™ por Orica Mining Services. Capa: se refiere a cualquier capa de roca, en cualquier orientación en relación con la horizontal, que contiene una disposición de cargas explosivas asociadas en uso con detonadores. La capa puede incluir una disposición que esté dispuesta de una forma sustancialmente plana en la capa, o una disposición que esté menos organizada en términos de su geometría. De esta manera, los detonadores asociados con las cargas explosivas pueden ser controlados y accionados dentro de la capa como un grupo, para fragmentar de ese modo de forma selectiva la capa según se desee de acuerdo con la voladura deseada.

40 Proximal: Se refiere a un extremo de una perforación de sondeo adyacente a o cerca de una cara libre de roca desde la cual fue perforada la perforación de sondeo hacia la roca, o en algunas realizaciones, desde la cual la roca fragmentada fue retirada después de la voladura de la roca en una cara libre.

45 Roca: incluye todos los tipos de roca, incluyendo mineral valioso. Ese mineral valioso incluye pizarra. Porción abandonada de la masa de roca: se refiere a cualquier porción de la masa de roca o mineral que "se deja atrás" o que "se dejará atrás" en un lugar subterráneo durante un proceso de voladura debido a que es físicamente inaccesible como resultado de uno y/o uno anterior de los al menos dos eventos de iniciación o debido a que el suelo sin soporte que es potencialmente peligroso para el acceso del personal (de tal modo que el acceso del personal pueda ser prohibido bajo regulaciones relevantes y/o debido a que pueda requerirse que permanezca en el sitio de voladura para mantener la integridad estructural del sitio de voladura, incluyendo cualquier hueco creado por la extracción de mineral de roca en el sitio de voladura. La porción abandonada de la masa de roca comprende mineral que tiene valor y que de acuerdo con la invención se vuela en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores sin que acceda personal a dicha porción abandonada. Inalámbrico: Se refiere a que no existen hilos físicos (tales como hilos eléctricos, tubos de choque, LEDC, o cables ópticos) que conecten el detonador de la invención o componentes del mismo a una máquina de voladura o fuente de energía asociada. La energía inalámbrica puede adoptar cualquier forma apropiada de comunicación inalámbrica y/o de carga inalámbrica de los detonadores. Por ejemplo, esas formas de energía pueden incluir, pero no se limitan a energía electromagnética incluyendo luz, infrarrojo, ondas de radio (incluyendo ULF) y microondas o, como alternativa, puede adoptar alguna otra forma como inducción electromagnética o energía acústica.

60 Conjunto de detonador inalámbrico: en general la expresión "conjunto de detonador inalámbrico" abarca un detonador, de forma más preferible, un detonador electrónico (que, por lo general, comprende al menos una armadura de detonador y una carga de base) así como medios para producir el accionamiento de la carga de base tras la recepción por el conjunto de detonador inalámbrico de una señal de DISPARO desde al menos una máquina de voladura asociada. Por ejemplo, esos medios para producir el accionamiento pueden incluir medios receptores de señales, medios de procesamiento de señales, y un circuito de disparo que se va a activar en el caso de la recepción de una señal de DISPARO. Los componentes preferidos del conjunto de detonador inalámbrico pueden incluir además medios para transmitir información con respecto al conjunto a otros conjuntos o a una máquina de voladura, o medios para reenviar señales inalámbricas a otros componentes del aparato de voladura. Otros

componentes preferidos de un conjunto de detonador inalámbrico se volverán evidentes a partir de la memoria descriptiva como un todo. La expresión "conjunto de detonador inalámbrico" puede en realizaciones muy específicas pertenecer simplemente a un dispositivo de reenvío de señales inalámbricas, sin ninguna asociación a una unidad detonadora. En esas realizaciones, esos dispositivos de reenvío pueden formar líneas troncales inalámbricas para simplemente reenviar señales inalámbricas a y desde máquinas de voladura, mientras que otros conjuntos de detonador inalámbrico en comunicación con los dispositivos de reenvío pueden comprender todas las características usuales de un conjunto de detonador inalámbrico, incluyendo un detonador para el accionamiento del mismo, formando en efecto líneas de ramificación inalámbricas en la red inalámbrica. Un conjunto de detonador inalámbrico puede incluir además un descodificador tal como se define en el presente documento, para retener componentes específicos del conjunto lejos de una porción subterránea del conjunto durante la operación, y para ubicarse en una posición mejor ubicada para la recepción de señales inalámbricas derivadas por ejemplo de una máquina de voladura o reenviadas por otro conjunto de detonador inalámbrico.

Reforzador electrónico inalámbrico: se refiere a cualquier dispositivo que pueda recibir señales de indicación inalámbricas desde una máquina de voladura asociada, y en respuesta a señales apropiadas como una señal inalámbrica de DISPARO, puede causar el accionamiento de una carga explosiva que forma un componente integrado del reforzador. De esta manera, el accionamiento de la carga explosiva puede inducir el accionamiento de una cantidad externa de material explosivo, como el material cargado en una perforación del sondeo en la roca. En realizaciones seleccionadas, un reforzador puede comprender la siguiente lista de componentes no limitantes: un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga de base; una carga explosiva en asociación operativa con dicho detonador, de tal modo que el accionamiento de la carga de base por medio del circuito de disparo produce el accionamiento de la carga explosiva, y un receptor o transceptor para recibir y procesar al menos una señal de indicación inalámbrica de la máquina de voladura, el receptor o transceptor en comunicación de señales con el circuito de disparo de tal modo que tras la recepción de una señal de indicación de DISPARAR el circuito de disparo produzca el accionamiento de la carga de base del accionamiento de la carga explosiva. Preferentemente el detonador es un detonador electrónico que comprende medios para producir el accionamiento de la carga de base tras la recepción por el reforzador de una señal de DISPARAR de la al menos una máquina de voladura asociada. Por ejemplo, tales medios para producir el accionamiento pueden incluir un transceptor o medios de recepción de señales, medios de procesamiento de señales, y un circuito de disparo que se va a accionar en el caso de la recepción de una señal de DISPARAR. Los componentes preferidos del reforzador inalámbrico pueden incluir además medios para transmitir información con respecto al conjunto a otros conjuntos o a una máquina de voladura, o medios para reenviar señales inalámbricas a otros componentes del aparato de voladura. Tales medios para transmitir o reenviar pueden formar parte de la función del transceptor.

Descripción detallada de la invención

Las operaciones de explotación minera subterránea, incluyendo la voladura y extracción de cuerpos de mineral ubicados debajo de la tierra, requiere destreza y experiencia técnica considerables. En comparación con la explotación minera de superficie, la explotación minera subterránea requiere una planificación detallada. En primer lugar, la voladura se debe llevar a cabo en una secuencia y forma para el acceso óptimo al cuerpo de mineral antes de la voladura (para instalar las cargas explosivas y detonadores) y durante y después de la voladura (para extraer la roca fragmentada). Por ejemplo, una mala planificación de un evento de voladura subterránea puede conducir a fragmentación y movimiento indeseable de roca, de tal modo que los túneles de acceso para la extracción del mineral queden bloqueados o sean inútiles.

Otras complicaciones de la voladura subterránea incluyen la integridad estructural de la roca que rodee al cuerpo de mineral que se va a fragmentar y a extraer. Durante la voladura se crea un hueco subterráneo, y se conocen métodos en la técnica para ayudar a mejorar la integridad estructural de las "paredes" y el "techo" del hueco. Esas incluyen llenar el hueco o porciones del mismo, por ejemplo con material con roca residual previamente fragmentada, concreto o cemento. Otras técnicas incluyen "dejar atrás" columnas u otras masas de mineral que se van a extraer, para ayudar a soportar el techo del hueco. A pesar de ser útiles, esas técnicas inevitablemente reducen la eficiencia del proceso de voladura y extracción, ya sea debido al incremento de los costos o a la necesidad de dejar atrás mineral valioso en el sitio de voladura.

Aún otras complicaciones adicionales de la explotación minera subterránea implican el acceso limitado a una cara libre para volar y extraer roca, y los desafíos de logística y coordinación para llevar equipos múltiples de trabajadores mineros (y su equipo) a la cara libre en el momento apropiado. Se requiere que cada equipo efectúe una tarea específica en la cara libre (por ejemplo, perforar o cargar perforaciones de sondeo, instalar aparatos de voladura, retirada de roca fragmentada, etc.). La administración cuidadosa de los equipos, y su movimiento debajo de la tierra es requisito para aumentar al máximo la eficiencia de las operaciones de explotación minera. Los costos asociados con la operación de cada equipo pueden ser significativos, y el tiempo derrochado por cualquier equipo en el sitio de explotación minera, por ejemplo, debido a una mala administración y coordinación de las actividades y movimientos de los equipos, puede dar como resultado costos significativos y una baja eficiencia de la operación de explotación minera.

De este modo la presente invención, en al menos realizaciones preferidas, tiene como fin incrementar la eficiencia de las operaciones de explotación minera proporcionando mejores métodos para la voladura de un cuerpo de mineral o roca ubicada debajo de la tierra. En realizaciones seleccionadas, la invención permite aún la formación de más de una cara libre, de tal modo que la voladura secuencial, fragmentación de roca y retirada de un cuerpo de mineral puedan tener lugar desde más de una dirección. Dicho de otra forma, los métodos seleccionados de la invención permiten que un cuerpo de mineral sea fragmentado y extraído desde más de un "lado", aliviando de este modo la limitación de extracción por medio de una sola cara libre.

En realizaciones seleccionadas, la invención que se describe en el presente documento extiende los avances previos en la técnica en relación con el control selectivo de detonadores o conjuntos de detonadores en grupos. Por ejemplo, el documento WO2010/085837 y su solicitud de patente de EE. UU. correspondiente US2010/0212527, publicada el 26 de agosto del 2010, que se incorpora en el presente documento como referencia, describe ejemplos de métodos que son adecuados para el control selectivo de detonadores en grupos. La presente invención no se limita a los métodos del documento US2010/0212527 para el control selectivo de detonadores en el sitio de voladura, y otros ejemplos de esos métodos y aparatos de control selectivo que se conocen en la técnica, o que aún no han sido desarrollados en la técnica, pueden ser aplicables a los métodos descritos en el presente documento.

Ciertas realizaciones a modo de ejemplo proporcionan métodos para la voladura de roca en un sitio de voladura subterránea, comprendiendo los métodos las etapas de: (a) perforar unas perforaciones de sondeo en la roca, teniendo las perforaciones de sondeo suficiente profundidad para permitir la carga de más de una carga discreta de material explosivo; (b) cargar cada perforación de sondeo con más de una carga de tal modo que las cargas en perforaciones de sondeo adyacente formen capas de cargas discretas; (c) colocar detonadores en asociación operativa con las cargas de cada capa; y (d) accionar de forma selectiva los detonadores y cargas asociadas de las capas, para fragmentar de ese modo algo de o toda la roca en cada capa de acuerdo con una secuencia de voladura deseada para las capas.

Tales realizaciones se ilustran solo a modo de ejemplo con referencia a la figura 1, en la que la figura 1a proporciona una vista en perspectiva esquemática de un cuerpo de roca que se va a volar, y la figura 1b proporciona una vista en corte esquemático del mismo corte de roca. El cuerpo que se muestra de forma general en 10, tiene una serie de perforaciones de sondeo 11a, 11b, 11c perforadas en esta y que se extienden desde la cara expuesta 12 en una dirección sustancialmente vertical, hacia arriba, a través de la roca. A pesar de que la figura 1 ilustra perforaciones de sondeo sustancialmente verticales, deberá apreciarse que esta orientación es meramente para fines ilustrativos, y otras orientaciones que sean sustancialmente verticales pueden ser deseadas dependiendo de las circunstancias del sitio de voladura y el diseño de la voladura. En una realización, las perforaciones de sondeo pueden formar parte de un anillo de perforaciones de sondeo que se extiendan desde la cara expuesta 12. La cara expuesta 12 puede estar en un pasaje u otro hueco en el sitio de voladura.

No obstante, de una forma típica para las operaciones de voladura, las perforaciones de sondeo 11a, 11b, 11c se extienden hacia la roca en una dirección hacia arriba desde la cara expuesta 12 del cuerpo 10. Las perforaciones de sondeo 11a, 11b, 11c tienen suficiente profundidad para cargar en estas más de una carga explosiva y pueden abrirse hacia otro pasaje u otro hueco en sus extremos distales o pueden ser ciegas. Por razones de ilustración, se muestran tres cargas explosivas que se van a cargar en cada perforación de sondeo, con las cargas explosivas 13a, 13b, 13c siendo cargadas en la perforación de sondeo, 11a, las cargas explosivas 14a, 14b, 14c siendo cargadas en la perforación de sondeo 11b, y las cargas explosivas 15a, 15b, 15c siendo cargadas en la perforación de sondeo 11c. Las cargas explosivas 11a, 14a y 15a, cada una ubicada en perforaciones de sondeo adyacentes, pueden considerarse dentro de una primera capa 16 dentro del cuerpo 10, en donde la capa 16 consiste de una porción de roca directamente adyacente a la cara 12. De igual modo, las cargas explosivas 13b, 14b, y 14c quedan dentro de la capa 17 del cuerpo 10 adyacente a la capa 16. Finalmente, las cargas explosivas 13c, 14c, y 15c se encuentran dentro de la capa 18 del cuerpo 10 adyacentes a la capa 17. También pueden estar presentes perforaciones de sondeo, cargas explosivas y cargas adicionales a pesar de que eso no se muestra en la figura 1 para fines de simplicidad.

Un detonador respectivo (que no se muestra) se coloca en asociación operativa con cada carga explosiva, de tal modo que el accionamiento de cada detonador produzca el accionamiento de su carga explosiva asociada. Los detonadores pueden ser controlados por medio de comunicaciones cableadas o inalámbricas con una máquina de voladura asociada, de tal modo que sean accionados de forma selectiva. Estos pueden ser accionados de forma selectiva en grupos, con cada grupo correspondiendo a los detonadores y cargas explosivas ubicadas dentro de cada capa 16, 17, 18 en el cuerpo 10. De esta manera, cada capa se puede fragmentar de forma selectiva de acuerdo con una secuencia deseada para las capas. Por ejemplo, el operario de voladura puede desear accionar primero esos detonadores y cargas explosivas asociadas 13c, 14c y 15c ubicadas en la capa 18 del cuerpo 10, en los extremos distales de las perforaciones de sondeo 11a, 11b, 11c en relación con la cara 12, con el accionamiento posterior de las cargas explosivas de las otras capas 16 y 17. El material fragmentado puede caer en una elevación u otro hueco (que no se muestra) adyacente al cuerpo 10 ilustrado y en el pasaje detrás de la cara expuesta 12 para la extracción. La voladura en la capa 18 puede dar como resultado una porción abandonada de la masa de roca, por ejemplo en las capas 16 y 17 y/o por encima de la ubicación de la capa 18. Sin embargo, las capas 16 y 17 pueden aún ser voladas de forma segura en uno o más eventos de iniciación posteriores, debido a que las perforaciones de

sondeo ya han sido formadas y cargadas con cargas explosivas 13a, 14a, 15a, y 13b, 14b, 15b y los detonadores han sido colocados en asociación operativa con las cargas. De este modo, no es necesario el acceso del personal.

En variaciones dadas solo a modo de ejemplo, la capa 16 se puede volar en primer lugar, dejando las capas 17 y 18 como porciones abandonadas de la masa de roca pero que se pueden volar de forma segura debido a que ya han sido preparadas para la voladura, o las cargas 14a-c pueden ser iniciadas primero para formar una elevación, seguidas por las cargas 13c, 15c para dejar unas porciones abandonadas que pueden aún ser voladas con seguridad. Como alternativa, todas las cargas explosivas en las perforaciones de sondeo 11a y 11c pueden ser iniciadas en uno o más eventos de iniciación discretos, para dejar un pilar o columna de roca con la perforación de sondeo 11b cargada a través de esta. El pilar o columna de roca se puede fragmentar posteriormente mediante la iniciación de las cargas explosivas 14a, b, en un evento de iniciación discreto controlado por el usuario aún sin acceso del personal.

De acuerdo con los métodos descritos, ya no es necesario perforar (perforaciones de sondeo) cargar las perforaciones de sondeo con cargas explosivas y los detonadores asociados, volar y extraer porciones de roca de una forma progresiva comenzando con la porción de roca más cercana a la cara expuesta. En su lugar, todas las perforaciones de sondeo perforadas son cargadas en cargas explosivas y los detonadores asociados y las cargas o sus grupos o disposiciones, se inician secuencialmente en eventos de iniciación discretos controlados por el usuario. El operario de voladura puede elegir entonces qué porciones de roca serán fragmentadas en primer lugar, sin importar su posición en relación con la cara expuesta, de acuerdo con un plan de voladura deseado.

Tal como se analiza, los detonadores asociados con las cargas explosivas pueden ser electrónicos y controlados por una o más máquinas de voladura asociadas que emitan señales de indicación para los eventos de iniciación secuencial. Las señales de indicación pueden adoptar cualquier forma, incluyendo las señales transmitidas sobre una red cableada o un mazo de cables, o como alternativa pueden ser señales de indicación inalámbricas comunicadas por medio de cualesquiera medios inalámbricos, incluyendo señales electromagnéticas como señales de radio. El uso de señales de indicación inalámbricas incluyendo la transmisión de señales de indicación inalámbricas a través del suelo, ha sido propuesto en, por ejemplo, las publicaciones de patente internacionales WO2006/047823, WO2006/076777, WO2006/096920 y WO2007/124539, todas las cuales se incorporan en el presente documento como referencia.

Los detonadores asociados con las cargas explosivas que se inician en uno o más eventos de iniciación discretos controlados por el usuario posteriores o subsiguientes pueden ser obligados a entrar en un modo "inactivo" antes de su uso. Los detonadores inactivos (es decir, los que han entrado al modo inactivo) pueden permanecer en ese estado inactivo durante un periodo de tiempo prolongado, antes de su accionamiento posterior. De esta manera, las cargas explosivas seleccionadas y sus detonadores asociados pueden ser forzadas a entrar en un periodo de inactivación en el que los detonadores inactivos son incapaces de actuar en ausencia de una señal de indicación especial.

El mineral fragmentado derivado de la voladura en al menos un evento de iniciación se puede extraer por medios automatizados (por ejemplo, robóticos), especialmente cuando la integridad y seguridad estructural del hueco sin soporte sea cuestionable.

Los inventores de la presente invención han identificado ventajas significativas el uso combinado de explosivos relativamente estables (tales como materiales explosivos en emulsión a granel u otros materiales explosivos como explosivos en emulsión; ANFO; dinamitas, pólvora; propelente) con detonadores electrónicos para extraer porciones abandonadas de la masa de roca en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación de voladura posteriores. Por ejemplo, ambos explosivos en emulsión y detonadores electrónicos, al menos en las realizaciones seleccionadas, pueden ser resistentes a la degradación por contacto con el agua. Los materiales explosivos en emulsión pueden resistir periodos prolongados en una perforación de sondeo antes de su accionamiento. Los detonadores electrónicos pueden comprender al menos armaduras sustancialmente selladas y/o estar integrados a conjuntos de detonadores que incluyan un alojamiento para evitar al menos sustancialmente la salida de agua y de polvo. Por ejemplo, los reforzadores electrónicos se conocen en la técnica, que incluyen un alojamiento para contener una porción de un material de refuerzo explosivo, y un detonador en asociación operativa con el material de refuerzo explosivo. La publicación de patente internacional WO2006/096920, que se incorpora en el presente documento como referencia, describe un reforzador electrónico inalámbrico que está sustancialmente sellado, que es robusto para su colocación subterránea que es capaz de recibir señales de indicación inalámbricas, por ejemplo, señales de radio LF a través de la roca.

De este modo, para resumir las etapas (a) a (c) tienen lugar en toda la masa de roca que se va a volar en al menos dos segmentos de iniciación, antes de llevar a cabo al menos dos eventos de iniciación en la etapa (d). Por lo tanto, la invención incluye realizaciones en las cuales la perforación o carga de las perforaciones de sondeo dentro de lo que se convertirá en la porción abandonada de la masa de roca, o el "mineral abandonado", con explosivos en emulsión y detonadores electrónicos tiene lugar antes de la fragmentación y distracción del mineral que rodea el mineral abandonado en un evento de iniciación. De esta manera, un volumen total de mineral subterráneo puede ser perforado y cargado listo para su voladura, pero solo las porciones seleccionadas del volumen pueden ser

fragmentadas y extraídas por medio de un evento inicial, dejando atrás porciones seleccionadas de mineral no fragmentado, por ejemplo para ayudar a mantener la integridad estructural del hueco subterráneo o que sean de otro modo mineral abandonado. Sin embargo, debido a que las porciones seleccionadas de mineral subterráneo ya han sido perforadas y cargadas con una combinación de material explosivo de los detonadores electrónicos, puede requerirse que los detonadores entren en un "modo inactivo" y permanezcan inactivos, posiblemente durante un periodo prolongado, hasta el uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores. Una vez que ha transcurrido el periodo, un minero puede entonces elegir fragmentar y extraer las porciones seleccionadas de un mineral no fragmentado que fueron dejadas atrás después del ciclo de voladura inicial. Por ejemplo, puede ser transmitida una señal de indicación inalámbrica de disparar desde una máquina de voladura mecanizada en o por encima de una superficie del suelo, a través del suelo hacia los detonadores electrónicos inalámbricos ubicados dentro de las porciones seleccionadas de la roca no fragmentada en asociación con explosivos en emulsión. En este escenario, la precarga de los pilares u otras estructuras de soporte, u otro mineral abandonado, con una combinación de explosivos en emulsión y detonadores electrónicos inalámbricos permite que los pilares y estructuras de soporte sean "derribados" posteriormente desde un lugar por encima del suelo, sin necesidad de que esté presente personal o equipo del equipo de voladura subterránea. Si el sitio de voladura subterránea permanece seguro, a pesar de la fragmentación de los pilares u otras estructuras de soporte, otro mineral abandonado, entonces el mineral fragmentado derivado de la voladura del mineral abandonado puede entonces ser extraído por medios convencionales o automatizados.

En realizaciones seleccionadas, en la etapa (a) del método cada perforación de sondeo se perfora a una profundidad suficiente para ser cargada en la etapa (b) por más de una carga discreta, de tal modo que las cargas en perforaciones de sondeo adyacente formen capas de cargas discretas, y en la etapa (d) los detonadores y cargas asociadas de cada capa sean accionados de forma selectiva, para fragmentar de ese modo la roca alrededor de cada capa en el pilar o masa de roca de acuerdo con una secuencia de voladura deseada para las capas. Por ejemplo, cada capa de cargas puede comprender una disposición sustancialmente plana de cargas discretas ubicadas en perforaciones de sondeo adyacentes, estando cada disposición sustancialmente plana dispuesta alrededor de un plano generalmente perpendicular al eje de la perforación de sondeo. Cada disposición plana puede estar orientada en cualquier ángulo en relación con la horizontal. Por ejemplo, cada disposición sustancialmente plana se puede disponer alrededor de un plano que sea al menos sustancialmente horizontal o vertical, o un plano que intercepte un plano horizontal en un ángulo de 0 a 90°. En realizaciones seleccionadas, al menos algunas de las capas se vuelan en una secuencia que comienza con una capa en los extremos distales de las perforaciones del sondeo, con la voladura posterior de las capas de retirada hacia los extremos proximales de las perforaciones de sondeo. De esta manera, puede ser creado un hueco en la roca en un lugar remoto de la cara de roca, para generar de ese modo un pilar de soporte u otra estructura de soporte entre la cara y una nueva cara creada volando las capas en una secuencia de retirada hacia los extremos proximales de las perforaciones de sondeo.

Otras realizaciones adicionales incluyen métodos para extraer un cuerpo de mineral que se extiende por encima de un pasaje formado a través de una porción inferior del cuerpo. Esos métodos son abarcados por y se expanden hacia arriba tal como se ha descrito en lo que antecede en realizaciones de la invención, para permitir la extracción de un gran volumen de mineral de un solo pasaje, con menor necesidad de pasajes múltiples, como será evidente a partir de la siguiente descripción y las figuras adjuntas. En realizaciones seleccionadas esos métodos comprenden además formar al menos una elevación en el mineral que se extiende en una dirección generalmente hacia arriba desde el pasaje inferior por lo que uno de los al menos dos eventos de iniciación, material a partir del cuerpo de mineral adyacente a la elevación se fragmenta y cae hacia la elevación y el pasaje inferior para su extracción por medio del pasaje inferior, dejando un hueco, y por lo tanto en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores, material a partir del cuerpo de mineral se fragmenta y cae al menos parcialmente hacia el hueco.

A pesar de que este método, al menos tras la consideración inicial, parece ser muy simple en cuanto a su naturaleza, la provisión de un solo pasaje para extraer todo el cuerpo de mineral es permitida con solo un ciclo de perforación y carga de las perforaciones de sondeo, y la colocación de los detonadores, en virtud del accionamiento selectivo de los detonadores. Ventajas adicionales de tales métodos, así como etapas adicionales, se volverán evidentes a partir de la siguiente descripción de las figuras 2 y 3, así como de las figuras posteriores.

Las figuras 2 y 3 proporcionan una comparación de técnicas conocidas en la técnica para la extracción (que también se conoce como explotación por tajos) de un cuerpo de mineral que se extiende hacia arriba en una dirección inclinada, tal como se muestra por cada corte transversal adjunto a través del cuerpo A-A'. A pesar de que las figuras 2 y 3 ilustran un cuerpo de mineral inclinado, este tipo de cuerpo de mineral se muestra simplemente para fines ilustrativos, los métodos descritos en el presente documento se aplicarán a una amplia gama de orientaciones y configuraciones de cuerpos de mineral.

Las figuras 2a a 2h ilustran técnicas que se conocen en la técnica para volar y extraer el cuerpo de mineral que se muestra en general en 30, que se ubica debajo de la tierra y al menos sustancialmente rodeado por otra roca o material subterráneo 31. Las figuras 2a a 2h muestran el progreso de eventos secuenciales para fragmentar o extraer el mineral en una serie de fases, comenzando en la figura 2a con la formación del acceso al pasaje superior 32 en la porción central superior del cuerpo 30. En la figura 2b el acceso al pasaje superior 32 se expandió para formar el pasaje superior 33. En las figuras 2c y 2d el proceso se repitió, formando primero el acceso al pasaje

medio 34 en la figura 2c, y entonces por expansión del acceso al pasaje medio 34 para formar el pasaje medio 35 en la figura 2b. En la figura 2c se muestran cables y pernos de cable en general en 36 para ayudar a apuntalar la porción de techo inclinada 37 del pasaje 35 (tal como se muestra en el corte transversal A-A' de la figura 2c).

5 En la figura 2f se repitió una vez más el proceso de formación del pasaje, primero para formar el acceso al pasaje inferior 38 y entonces el pasaje inferior 39. Las perforaciones de sondeo 40 se perforan posteriormente hacia el cuerpo restante 30 por medio del acceso a los pasajes superior, medio e inferior (33, 35, 39). En realidad, el aparato 41 se muestra en el pasaje inferior 39 en el proceso de perforación o perforaciones de sondeo 40 en una porción del cuerpo 30 ubicada entre el pasaje inferior 39 y el pasaje medio 35. El corte transversal A-A' ilustra cómo se perforan las perforaciones de sondeo 40 en una dirección inclinada hacia arriba, generalmente paralela a la inclinación general hacia arriba desde el cuerpo de mineral 30. A continuación, tal como se muestra en la figura 2g, las perforaciones de sondeo seleccionadas adyacentes a los extremos ciegos opuestos de los pasajes, cargados con detonadores y cargas explosivas asociadas (por ejemplo, cargas explosivas en emulsión) se accionan, por ejemplo por transmisión a los detonadores de una señal de indicación para DISPARAR desde una máquina de voladura asociada. El resultado, tal como se muestra en la figura 2g, es la fragmentación y caída de roca alrededor de esas perforaciones de sondeo hacia el pasaje medio 35 y el pasaje inferior 39, dando como resultado pilas de roca fragmentada para su extracción por medio de los pasajes 35, 39 y los accesos a los pasajes 34, 38 para formar elevaciones estrechas 42 que se muestran claramente en un extremo del corte transversal A-A'.

20 Posteriormente, tal como se muestra en la figura 2h, las perforaciones del sondeo 40 inmediatamente adyacentes a las elevaciones 42r y sobre los lados opuestos de estas, son cargadas y voladas, y entonces las perforaciones del sondeo restantes adyacente 40 son cargadas y voladas en una secuencia de retirada, que se ilustra mediante las flechas 43. Los pasajes 33, 35, 39 son requeridos para acceder a y cargar las perforaciones de sondeo para cada ciclo de voladura, de tal modo que la secuencia de retirada de fragmentación de roca pueda ser lograda. Obsérvese que el corte transversal A-A' en la figura 2h, que ilustra cómo la porción inferior del cuerpo 30 entre el pasaje medio 35 y el pasaje inferior 39 se vuela de una forma en retirada ligeramente antes de la voladura de la porción superior del cuerpo 30 entre el pasaje superior 32 y el pasaje medio 35. De esta manera, la roca fragmentada tiende a caer al pasaje inferior 39, la porción inferior del sitio de voladura subterránea, para su extracción por medio del pasaje inferior 39 y el acceso al pasaje 38. En general, la extracción es por medio de un vehículo automatizado tal como se muestra, debido a que no es seguro que el personal pase más allá de la cresta, la esquina inferior más externa, de la masa de roca restante en cualquier momento.

De acuerdo con las realizaciones de la técnica anterior que se ilustran en la figura 2, se requieren pasajes múltiples para formar las perforaciones del sondeo 40, y entonces acceder a las mismas y cargarlas a todos los niveles del cuerpo 30, y el disparo secuencial de las perforaciones de sondeo en una secuencia de retirada lineal es un requisito para mantener el acceso al cuerpo de mineral. El diseño de la mina subterránea, y la secuencia de voladura y extracción son controlados por la geometría del cuerpo de mineral y el acceso al pasaje, que debe ser mantenido a través de todas las fases de operación para asegurar la accesibilidad a las perforaciones de sondeo para la carga y comunicación apropiada con la máquina de voladura.

Como contraste, las máquinas de la presente invención permiten la carga de cargas en todas las perforaciones de sondeo en un solo ciclo, con la opción de cargas múltiples en cada perforación de sondeo, con el control selectivo de las cargas y los detonadores asociados en al menos dos eventos de iniciación controlados por el usuario.

45 Las figuras 3a a 3h muestran una secuencia progresiva de eventos para una realización a modo de ejemplo de un método de voladura y extracción de roca de un lugar subterráneo, de acuerdo con las enseñanzas en el presente documento. Para cada figura, se proporciona un corte transversal A-A' para ayudar a comprender la orientación de la roca que se va a extraer. Al igual que para la figura 2, la figura 3 ilustra un cuerpo de mineral que se extiende en una inclinación hacia arriba en relación con la horizontal. Sin embargo esta disposición es solo para fines ilustrativos, y los métodos descritos en el presente documento pueden ser aplicados a muchos si no es que a todas las otras disposiciones y orientaciones para el cuerpo de mineral.

Con referencia específica a la figura 3a, el cuerpo de mineral se muestra en general en 30, con la roca circundante o adyacente al cuerpo que se muestra en 31. Solo se requiere un pasaje de acceso inferior 38 y el pasaje inferior 39 para instigar la extracción de todo el cuerpo de mineral 30. Las perforaciones de sondeo 40 se perforan desde el pasaje 39 en una dirección generalmente hacia arriba a todo lo largo del pasaje 39 del cuerpo de mineral, por ejemplo por el aparato 41, de tal modo que se extiendan una longitud significativamente hacia las regiones superiores del cuerpo 30. Todas las perforaciones de sondeo son entonces cargadas con cargas explosivas (que no se muestran), por ejemplo que comprende explosivos en emulsión, en cubiertas múltiples separadas por material de ataque y uno o más detonadores se colocan en asociación operativa con las cargas explosivas. Preferentemente los detonadores son inalámbricos tal como se ha descrito en lo que antecede. Cuando se requiera, las cargas se colocan en lugares predeterminados a lo largo de las perforaciones de sondeo. En realizaciones preferidas, los detonadores y cargas asociadas pueden ser accionados de forma selectiva en grupos, pero como será evidente el método de voladura comprende eventos de iniciación secuenciales por una máquina de voladura, cada una de una o más cargas explosivas a través de una o más perforaciones de sondeo y cada uno de un evento de iniciación

discreto controlado por el usuario. De este modo, por ejemplo, un usuario debe actuar para iniciar cada evento de iniciación a un tiempo deseado.

5 En la figura 3b, esos detonadores y cargas asociadas dentro de dos perforaciones de sondeo seleccionadas, cada una a la mitad entre el pasaje de acceso 38 y el extremo ciego respectivo del pasaje 39, y opcionalmente dentro de perforaciones de sondeo adyacentes, han sido accionados de forma selectiva para formar dos elevaciones o huecos que se extienden hacia arriba 51, 52, en el cuerpo 30, con la roca fragmentada derivada de esta voladura inicial cayendo hacia el pasaje 39 para formar pilas 53, 54, para la extracción remota por medio del pasaje 39 y el pasaje de acceso 38. Esas porciones del cuerpo de mineral 30 más allá de las elevaciones 51, 52 son mineral abandonado.
10 Posteriormente, tal como se muestra en la figura 3c, sin ningún acceso de personal a las áreas más allá de las elevaciones 51, 52, los detonadores y las cargas en las perforaciones de sondeo 55 adyacentes a la elevación 51 se accionan de forma selectiva de ese modo para ensanchar la elevación 51, 52 nuevamente con el material fragmentado siendo retirado por control remoto del extractor.

15 En la figura 3d, los detonadores y cargas en los extremos distales superiores de las perforaciones del sondeo 55 se accionan de forma selectiva, de tal modo que la roca fragmentada caiga hacia el pasaje inferior 39 por medio del hueco 51, para ensanchar de ese modo la porción superior de elevación 51 mediante la retirada de la roca que se muestra mediante la flecha 56. Nuevamente, la roca fragmentada resultante es extraída del sitio por medio del pasaje inferior 39 y el acceso al pasaje 38. En virtud de los métodos descritos en el presente documento, los
20 detonadores y cargas explosivas se accionan en los extremos distales de las perforaciones de sondeo, de tal modo que la roca fragmentada resultante pueda caer a, o ser extraída de, el pasaje inferior 39, de tal modo que el control de accionamiento selectivo de los detonadores o de la necesidad de pasajes múltiples en el sitio de explotación minera subterránea. Esto se debe a que los métodos descritos en el presente documento evitan la necesidad anterior de carga y accionamiento de explosivos en las perforaciones de sondeo en una secuencia de retirada, para
25 mantener un acceso físico seguro. En su lugar, los métodos descritos en el presente documento permiten que los detonadores y cargas asociadas sean accionados de forma selectiva, de forma secuencialmente individual o en grupos, sin importar su posición en relación con una cara abierta o pasaje. Esto, a su vez, abre la puerta a una amplia variedad de patrones y secuencias de voladura, un ejemplo de lo cual se ilustra en la figura 3.

30 En la figura 3e, ha tenido lugar la activación selectiva adicional de grupos de detonadores tanto para ensanchar la elevación inicial 52, como para fragmentar la roca adyacente a las perforaciones de sondeo que se extienden a cada lado de las elevaciones iniciales 51 y 52. En particular, las capas de detonadores y cargas asociadas en las regiones superiores del cuerpo 30 asociadas con las perforaciones 56 han sido accionadas para fragmentar roca adyacente de tal modo que la roca fragmentada resultante caiga hacia abajo de la (ahora ensanchada) elevación 51 y hacia el pasaje 39 para la extracción. De igual modo, las capas de detonadores y cargas asociadas en las regiones
35 superiores del cuerpo 30 asociadas con las perforaciones de sondeo 57 y 58 han sido accionadas para fragmentar roca adyacente de tal modo que la roca fragmentada resultante caiga hacia abajo de la (ahora ensanchada) elevación 52 y hacia el pasaje 39 para la extracción a control remoto. Las capas inferiores de detonadores y cargas explosivas asociadas con las perforaciones de sondeo 55, 56, 57 y 58 también han sido accionadas, nuevamente
40 para hacer que la roca adyacente se fragmente y caiga hacia el pasaje 39 para la extracción a control remoto. Una vez más, la capacidad para accionar de forma selectiva los detonadores y cargas asociadas en grupos, sin importar su posición en el sitio de voladura en relación con los pasajes, permite que el cuerpo 30 sea fragmentado y extraído en virtualmente cualquier patrón deseado y extraído por medio del pasaje inferior 39. La extracción a control remoto de la roca fragmentada que cayó al pasaje 39 es requisito debido a que el vehículo extractor se está moviendo más
45 allá de las crestas más cercanas 60 de roca estable hacia el pasaje de acceso 38 sin que la roca en el hueco más allá de las crestas se haya establecido.

50 En la figura 3f, ha tenido lugar una acción selectiva adicional más de los detonadores y cargas restantes en las perforaciones de sondeo 55, de tal modo que el mineral abandonado del lado izquierdo del cuerpo (tal como se ve en la figura) ha sido completamente retirado. De igual modo, en la figura 3g ha tenido lugar la activación selectiva adicional de los detonadores y cargas restantes en las perforaciones 58, de tal modo que el mineral abandonado del lado derecho del cuerpo (tal como se observa en la figura) ha sido retirado completamente. Esencialmente, una columna o pilar central de mineral no fragmentado 59 permanece en el sitio de voladura, y esta columna puede si se requiere por razones estructurales, ser dejada en su lugar durante un periodo prolongado, por ejemplo hasta que el
55 personal y equipo de la mina hayan sido evacuados de la proximidad inmediata del sitio de voladura. Los detonadores y cargas asociadas ubicadas en la columna 59 pueden entrar en un modo inactivo durante un periodo prolongado hasta un tiempo adecuado para "derrumbar" (es decir, fragmentar) y extraer la columna de material mineral. Como alternativa, si la integridad estructural del sitio es poca o no importa, puede tener lugar rápidamente la voladura selectiva de las capas superiores de la columna 59.

60 La voladura selectiva de las capas superiores de la columna 59 y entonces de la roca restante del cuerpo de mineral 30 se muestra en la figura 3h. Esto continúa hasta completar la fragmentación y extracción de todo el cuerpo 30 del sitio de voladura por medio de un solo pasaje 39 y el pasaje de acceso 38.

65 Por lo tanto, comparando la secuencia de eventos a través de las figuras 2 y 3, se puede observar fácilmente que los métodos descritos en el presente documento presentan ventajas significativas sobre los de la técnica anterior. Las

- siguientes etapas en la presente realización de la invención, que implica el accionamiento selectivo de detonadores y cargas asociadas en grupos dentro de las perforaciones de sondeo, amplía de forma significativa las opciones disponibles a un operario de voladura cuando diseñe la secuencia de voladura y extracción: (a) perforar unas perforaciones de sondeo en una dirección generalmente hacia arriba desde un pasaje inferior hacia el cuerpo, o hacia abajo desde un pasaje superior hacia un pasaje inferior; (b) cargar todas las perforaciones de sondeo con al menos una, y usualmente más de una, carga de material explosivo (por ejemplo, material explosivo en emulsión, u otro material explosivo relativamente estable); (c) colocar detonadores en asociación operativa con las cargas; (d) formar al menos una elevación inicial en el mineral que se extiende en una dirección generalmente hacia arriba desde el pasaje, opcionalmente mediante el accionamiento de detonadores y cargas asociadas en al menos una perforación de sondeo; (e) accionar de forma selectiva los detonadores y cargas asociadas de una porción superior del cuerpo de mineral de los extremos distal/superior de las perforaciones de sondeo adyacentes a al menos una elevación, para fragmentar de ese modo la roca de la porción superior, de tal modo que la roca fragmentada caiga hacia debajo de la al menos una elevación y hacia el pasaje inferior, para su extracción por medio del pasaje. Los métodos incluyen el accionamiento selectivo de los detonadores y cargas asociadas en porciones adicionales en una secuencia progresiva con una retirada desde los extremos distal/superior de las perforaciones de sondeo adyacentes a al menos una elevación, para fragmentar de ese modo la ruta de porciones adicionales, de tal modo que la ruta fragmentada caiga hacia debajo de la al menos una elevación y hacia el pasaje, para extracción por medio del pasaje, para ensanchar de ese modo la elevación.
- 20 Pasando a continuación a las figuras 4 y 5, en estas se muestra un ejemplo de disparo de campana de extracción usando una realización del método de la invención. Una campana de extracción es un cuerpo de mineral 100 que se expande hacia arriba y hacia fuera desde el fondo del cuerpo, en la que un pasaje inferior 102 se muestra como si se hubiese formado. De este modo, el cuerpo 100 se ahúsa hacia abajo y en sentido lateral, en relación con la longitud del pasaje 102, hacia el pasaje.
- 25 La explotación minera en campana de extracción es una parte estándar de una mina en forma de cueva en bloque y otros métodos de explotación minera subterránea a gran escala. Por lo general, la campana de extracción, el cuerpo de mineral 100, se vuela en dos fases debido a que el hueco disponible, el pasaje 102 y una elevación 104 que se forman en el cuerpo de mineral, no es lo suficientemente grande para disparar la campana de extracción en una voladura sin el riesgo de "congelar" el mineral fragmentado.
- 30 Por lo general, la campana de extracción 100 es preperforada con perforaciones de sondeo (que no se muestran por claridad) que se extienden en una serie de abanicos o anillos separados regularmente a lo largo del cuerpo (en la dirección del pasaje 102) desde el pasaje inferior 102 hasta la parte superior 106 del cuerpo, o adyacente a la parte superior. De este modo, las perforaciones de sondeo más externas en cada abanico se extenderían sustancialmente paralelas a las caras laterales inclinadas 108 y 110 de la campana de extracción, mientras que las perforaciones de extracción intermedias se extenderán a ángulos que se reducen de forma gradual hacia una porción central, aproximadamente vertical.
- 40 La elevación 104 se forma adyacente a la cara lateral 110 cargando una o más de las perforaciones de sondeo en ese lugar con cargas explosivas y detonadores asociados iniciando las descargas. El material fragmentado caerá a través del hueco resultante hacia el pasaje inferior 102 para su extracción a control remoto o de otro modo. En esta fase, el pasaje 102 debajo de la campana de extracción 110 es aún seguro para el acceso del personal debido a que estos pueden pasar a través del pasaje 102 sin quedar atrás del hueco creado por la elevación 104. El material extraído puede ser retirado del pasaje inferior 102 por medio de un pasaje de acceso (que no se muestra) en el extremo izquierdo del pasaje 102 (en la figura).
- 45 Tradicionalmente, las perforaciones de sondeo en el cuerpo de mineral 100 hacia el lado de la elevación 104 lejos del pasaje de acceso serían entonces cargadas con cargas explosivas y los detonadores ensuciados y disparadas para fragmentar el cuerpo de mineral, o una porción seleccionada de este, hacia el lado de la elevación 104. El material fragmentado se expande hacia la elevación 104 y cae hacia el pasaje inferior 102. Esto se muestra en la figura 5, con el material fragmentado al que se hace referencia como 112. A medida que el material fragmentado caiga hacia el pasaje inferior 102, es creado un hueco 114 por encima de este.
- 50 El acceso a la porción restante 116 del cuerpo de mineral más cercana al pasaje de acceso es evitado por la roca fragmentada 118 en el pasaje inferior 102, y de este modo deben ser retirados a distancia o de otro modo antes de volar la porción 116.
- 55 Antes de que la porción 116 sea volada, en el procedimiento tradicional, las perforaciones de sondeo deben ser cargadas con cargas explosivas y los detonadores asociados. Se apreciará que cualquier referencia en el presente documento a detonadores asociados incluye ubicarlos en o adyacentes a las cargas explosivas en las perforaciones de sondeo, conectarlas si no son inalámbricas, y asegurar que estén en comunicación operativa con una máquina de voladura asociada.
- 60 Un problema con la limpieza de la roca fragmentada en el pasaje inferior 102 detrás de la porción mineral 116 y la carga de las perforaciones de sondeo y los detonadores asociados en la porción 116 es que es probable que la
- 65

porción 116 haya sido dañada por la voladura para crear material fragmentado 112, dejando la porción 116 potencialmente como solo sin soporte y por lo tanto mineral abandonado aún después de que el material 118 haya sido retirado. Esto puede hacer el acceso a la porción 116 para cargar las cargas explosivas y los detonadores asociados riesgoso y/o contrario a las regulaciones. Para superar esto, la porción 116 tendría que ser soportada y/o reforzada estructuralmente.

Esta dificultad es aliviada de acuerdo con la realización de la invención por la porción de carga 1116 con cargas explosivas y los detonadores asociados inicialmente, es decir, al mismo tiempo que la primera porción del cuerpo 100 sea volada. Como con los detonadores en la primera porción, los detonadores en la porción 116 pueden ser cableados o inalámbricos, pero son, de forma ventajosa, inalámbricos para aliviar el riesgo de daño a su conexión a la máquina de voladura durante la voladura de la primera porción para crear el material fragmentado 112.

El explosivo en emulsión a granel en las cargas explosivas en la porción 116 también deberá ser estable contra la desensibilización como resultado de la voladura en la primera porción, preferentemente requiriendo explosivos en emulsión a granel estables como los del tipo previamente mencionados. Los explosivos en emulsión también deberán ser suficientemente estables para no desensibilizarse en el periodo de tiempo entre la voladura de la primera fase y la voladura de la segunda porción 116. El retardo puede ser simplemente durante el tiempo que lleve limpiar el material fragmentado 118 en el pasaje inferior 102, incluyendo todo o la mayoría del material fragmentado 112 que continúan cayendo hacia el pasaje inferior 102 a medida que se cree un nuevo hueco en el pasaje inferior por la retirada del material 118.

Como alternativa, la voladura de la porción 116 puede ser retardada más por cualquier técnico, por razones de seguridad o comerciales. Durante este tiempo, no deberá requerirse acceso del personal debajo de la porción 116. De igual modo, la extracción del material fragmentado 118 deberá ser efectuada a distancia. Deberá apreciarse de lo anterior que la voladura de la porción 116 es un aliento de iniciación separado y secuencial controlado por el usuario a la voladura de la primera porción que de cómo resultado el material fragmentado 112. Todas las cargas explosivas individuales en cada una de esas porciones pueden ser iniciadas juntas, es decir, al mismo tiempo o de una forma por fases, o grupos de estas pueden ser iniciadas como eventos discretos.

El material fragmentado de la porción 116 caerá hacia el hueco dejado por el material fragmentado 112 de la primera porción y hacia el pasaje inferior 102, y se puede extraer a distancia desde el pasaje inferior 102 y el pasaje de acceso.

Pasando a continuación a las figuras 6 y 7, en estas se muestra otra variación del disparo de campana de extracción tradicional usando una realización del método de la invención. La campana de extracción, el pasaje inferior y la perforación de las perforaciones de sondeo así como su carga con cargas explosivas y los detonadores asociados es la misma que en el método de acuerdo con la invención que se describe con referencia a las figuras 4 y 5, de tal modo que por conveniencia no se describirá nuevamente. Además, han sido usados los mismos números de referencia para las mismas partes.

La diferencia en las figuras 6 y 7 sobre las figuras 4 y 7 es que los eventos de iniciación secuenciales controlados por el usuario, están separados horizontalmente en lugar de verticalmente. En la presente realización, por lo tanto, la elevación 120 se forma verticalmente en el centro del cuerpo de mineral 100, y solo desde el pasaje inferior 102 hasta aproximadamente la mitad de la cara superior 106. Esto es logrado sin disparar los detonadores en la porción superior de las perforaciones de sondeo alrededor de las cuales se formó la elevación 120. Dependiendo de las condiciones del suelo, la elevación 120 puede pasar hasta la altura total de la campana de extracción 100, es decir, hacia la cara superior 106. Además, la elevación puede estar en cualquier otro lugar dentro del cuerpo de mineral 100, y/o puede existir más de una elevación, siempre que pueda ser logrado el resultado deseado.

El resultado deseado del primer evento de iniciación discreto controlado por el usuario, secuencial, se muestra en la figura 7. Este es similar al de la figura 5, excepto por que es la porción inferior del cuerpo de mineral 100 la que se vuela en primer lugar completamente alrededor de la elevación 120 para alcanzar el mineral fragmentado 122. El mineral fragmentado se muestra como si hubiese caído hacia el pasaje inferior 102 en 124, dejando el hueco 126 por encima del material fragmentado 122 y debajo de la segunda fase, la porción no volada 128 del cuerpo de mineral 100.

La segunda porción, superior, 128 del cuerpo de mineral es mineral abandonado, en el sentido de que pudo haber sido dañado durante la voladura de la primera porción inferior, este es solo sin soporte, y el acceso a este es bloqueado por el material 122 y 124. Algo de o todo ese material puede ser retirado por extracción remota antes de volar la segunda porción 128, pero esto puede no ser necesario del todo debido a que el material cuando sea volado pueda caer hacia el hueco 126. Si el material fragmentado 122 y 124 de la primera porción es retirado en primer lugar, la segunda porción fragmentada 128 puede caer directamente hacia el pasaje inferior 102, al menos en parte para su recuperación por extracción remota. Como en la realización de las figuras 4 y 5, la primera y la segunda porciones de la campana de extracción 100 pueden cada una ser voladas al mismo tiempo o durante un periodo de tiempo por medio de un solo evento de iniciación o una pluralidad de eventos de iniciación. Sin embargo, preferentemente cada una se vuela en un solo evento de iniciación, con las dos porciones siendo voladas en dos eventos de iniciación discretos controlados por el usuario, secuenciales.

Este método podría aplicarse a múltiples métodos de explotación por tajos, por lo que la retirada vertical a través de múltiples eventos de iniciación discretos puede tener lugar sin acceso humano. También será posible desarrollar elevaciones orificio arriba largas y "ciegas" usando la misma metodología.

5 Las figuras 8 a 13 ilustran una realización de un método de voladura de acuerdo con la invención usando la explotación por tajos y relleno. Un método común de relleno de huecos subterráneos creados por explotación minera es usar roca fragmentada o relleno posterior con o sin estabilización con cemento. Este material de relleno puede convertirse en una fuente de dilución del mineral debido a que porciones de mineral adyacentes al relleno son extraídas. La presente realización del método de la invención permite haber dejado en su lugar un pilar de
10 contención para evitar la dilución del relleno mientras la mayoría del tajo sea volado y explotado en uno o más eventos de iniciación discretos controlados por el usuario. El pilar de contención de mineral es entonces volado y explotado en un evento de iniciación discreto controlado por el usuario posterior.

15 Haciendo referencia en primer lugar a la figura 8, el cuerpo de mineral 150 se muestra como si hubiese sido parcialmente explotado para dejar un tajo abierto 152 que ha sido llenado con relleno 154. Tradicionalmente, el cuerpo de mineral 150 es explotado con explotación minera de retirada, con el mineral fragmentado (del extremo izquierdo del cuerpo de mineral en las figuras) siendo extraído desde un pasaje inferior 156 a través de un pasaje de acceso 158 y siendo el relleno introducido hacia, el tajo abierto 152 por medio de otro pasaje de acceso 160 (ambos pasajes de acceso se ilustran de forma esquemática) y un acceso superior 162.

20 En la práctica actual, la voladura del cuerpo de mineral 150 puede ser tal como se describe con referencia a las figuras 2a a 2h desde un extremo del cuerpo de mineral 30, por ejemplo tal como se muestra en el extremo izquierdo de las figuras 2g y 2h, aunque con solo los pasajes superior e inferior 162 y 156. De este modo, todas las perforaciones de sondeo en el cuerpo de mineral 150 pueden ser perforadas antes de volar cualquiera de los
25 cuerpos de mineral, pero solo las perforaciones de sondeo en la porción del cuerpo de mineral que se va a volar en un solo evento de iniciación discreto son cargadas con cargas explosivas y los detonadores asociados.

30 Antes de cada evento de iniciación, el material fragmentado de cualquier evento de iniciación previo es extraído por medio del pasaje inferior 156 y el pasaje de acceso 158 y el hueco resultante a lo largo del cuerpo de mineral restante es llenado con relleno, por ejemplo y solo para los presentes fines, tal como se ilustra en la figura 9. Entonces es necesario retirar algo del relleno lejos del pasaje inferior 156 y el pasaje de acceso 158 para crear un hueco en el cual el material recién volado se pueda fragmentar, tal como se ilustra en 164 en la figura 8. Sin embargo, el material recién volado se mezclará entonces con el relleno, con el resultado que algo del mineral fragmentado se pierda.

35 La realización de acuerdo con la invención se ilustra en las figuras 9 a 13. En la presente realización, en la figura 9 el relleno se ilustra llenando el tajo abierto 152 y endurecido contra el extremo adyacente 166 del cuerpo de mineral 150. Al igual que en lo que antecede, todas las perforaciones de sondeo pueden ser perforadas a través de todo el cuerpo de mineral desde el pasaje inferior 156 hasta el pasaje superior 162 o adyacente a este (desde la primera voladura en el cuerpo de mineral 150 dando como resultado el comienzo del tajo abierto 152 o desde la primera voladura que tuvo lugar en la fase que se ilustra en la figura 9). De igual modo, de acuerdo con la invención, todas las perforaciones de sondeo pueden ser cargadas con cargas explosivas y los detonadores asociados, preferentemente detonadores inalámbricos, o de forma menos conveniente, solo esas perforaciones de sondeo en, por ejemplo, el extremo izquierdo del cuerpo de mineral 150 que se ilustra en la figura 9 pueden ser cargadas, en cualquier caso para efectuar dos o más eventos de iniciación discretos controlados por el usuario, secuenciales, pero no necesariamente consecutivas. Tal como se muestra en la figura 9, se forma una elevación 168 a través del cuerpo de mineral 150 desde el pasaje inferior 156 hasta el pasaje de acceso 162 a una distancia separada de la cara extrema existente 166 suficiente para formar un pilar 170 (véase la figura 10) para soportar el relleno y reducir al mínimo la contaminación del resto del cuerpo de mineral cuando sea volado. La elevación 168 puede ser formada volando las cargas explosivas en una o más perforaciones de sondeo.

50 Haciendo referencia a la figura 10, parte del cuerpo de mineral 150 hacia el lado de la elevación 168 lejos de la cara extrema 166, y parte del cuerpo de mineral sobre el mismo lado que la cara extrema 166 se vuelan en uno o más eventos de iniciación discretos controlados por el usuario para fragmentar esas partes del cuerpo de mineral, tal como se muestra en 172 y dejar el pilar residual 170.

60 Tal como se ha hecho notar en lo que antecede, además de las perforaciones de sondeo en el material del pilar 170, las perforaciones de sondeo voladas en esta fase pueden ser las únicas cargadas con material explosivo y sus detonadores asociados. Como alternativa, las perforaciones de sondeo en la porción residual 174 del cuerpo de mineral también pudieron haber sido cargadas con cargas explosivas y los detonadores asociados para esperar uno o más eventos de iniciación separados.

65 En la figura 11, el material fragmentado 172 ha sido retirado por medio de un extractor remoto (que no se muestra) a través del pasaje inferior 156 y el pasaje de acceso asociado 158, dejando el pilar 170 de mineral abandonado soportando el material de relleno 154, y por lo tanto material mineral extraído 172 al menos sustancialmente libre de contaminación por el material de relleno.

5 En la figura 12, el material precargado del pilar 170 se vuela sin acceso de personal separado, para producir el material de pilar fragmentado 176. Este está en contacto con el material de relleno 154, y por lo tanto estará al menos parcialmente contaminado por el material de relleno cuando sea extraído a través del pasaje inferior 156. Sin embargo, tiene un volumen mucho más pequeño del que sería el caso para el material de cuerpo de mineral fragmentado 172 sin la presencia del pilar 170.

10 Después de la retirada del material fragmentado 176, el cuerpo de mineral residual 174 podría ser volado en una secuencia de retirada tradicional, después de cargar con cargas explosivas y los detonadores asociados si esto no ha tenido ya lugar. Sin embargo, tal como se muestra en la figura 3, el tajo abierto explotado 152 necesita ser llenado con relleno, y es más fácil hacer esto desde la porción del pasaje superior 162 por encima del cuerpo de mineral residual 174. El relleno continuará hasta que el tajo abierto 152 sea llenado, es decir, hasta que el nuevo material de relleno se reúna con el material de relleno existente 154. La secuencia de formación de un pilar y voladura del material adyacente y entonces el pilar se puede repetir entonces.

15 A pesar de que la presente invención se ha descrito con referencia a realizaciones específicas y métodos específicos de voladura, será apreciado que esas realizaciones y métodos son meramente a modo de ejemplo, y que otras realizaciones y métodos diferentes de los descritos en el presente documento, serán abarcados por la invención tal como se define en las reivindicaciones adjuntas. En particular, las características de cualquier
20 realización que se ha descrito en lo que antecede pueden ser aplicadas, cambiando lo que se deba cambiar, a cualquier otra realización, y esta descripción se debería leer en consecuencia.

25 La referencia en la presente memoria descriptiva a cualquier publicación anterior (o información derivada de la misma), o a cualquier materia que sea conocida, no es, ni debería ser tomada como, conocimiento o admisión de forma alguna de sugerencia de que esa publicación anterior (o información derivada de la misma) o materia conocida forme parte del conocimiento general común en el campo de actividad al cual se refiere la presente memoria descriptiva.

REIVINDICACIONES

1. Un método de voladura de roca en un sitio de voladura subterránea, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 a) perforar unas perforaciones de sondeo (11, 40, 55, 58) en una masa de roca (10, 30, 100, 150);
 b) cargar cada perforación de sondeo (11, 40, 55, 58) con al menos una carga de material explosivo (13, 14, 15);
 c) colocar al menos un detonador en asociación operativa con cada carga (13, 14, 15); y
 d) iniciar los detonadores,
- 10 caracterizado por que la etapa de iniciar los detonadores comprende llevar a cabo una secuencia de al menos dos eventos de iniciación para volar la masa de roca (10, 30, 100, 150), en cada uno de los cuales solo se inician algunas de las cargas (13, 14, 15), mediante el envío de señales de disparo solo a los detonadores asociados con dichas cargas y en la cual cada evento de iniciación es un evento de iniciación discreto controlado por el usuario;
- 15 en el que uno de los al menos dos eventos de iniciación crea una porción abandonada (16, 17, 18, 59, 116, 128, 170) de la masa de roca (10, 30, 100, 150) que se ha perforado y cargado en las etapas a), b) y c) y dicha porción abandonada de la masa de roca se vuela en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores sin que acceda personal a dicha porción abandonada.
2. El método de la reivindicación 1, en el que cada detonador es un detonador electrónico, y preferentemente forma parte de un conjunto de detonador inalámbrico, tal como un reforzador electrónico inalámbrico, para recibir y responder a señales de indicación inalámbricas, la etapa de llevar a cabo una secuencia de al menos dos eventos de iniciación comprende transmitir al menos dos señales de indicación inalámbricas de una o más máquinas de voladura asociadas para DISPARAR de forma selectiva los conjuntos de detonador inalámbricos.
- 20 3. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los detonadores asociados con el uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores entran en un modo inactivo antes de su accionamiento.
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el material explosivo comprende explosivo en emulsión a granel.
- 30 5. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además extraer roca fragmentada (112, 118, 122, 124, 172) resultante de uno de los al menos dos eventos de iniciación antes de uno de los eventos de iniciación posteriores.
- 35 6. El método de una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que uno de los al menos dos eventos de iniciación deja un pilar de roca (59, 170) que se vuela en uno de los eventos de iniciación posteriores.
7. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la masa de roca comprende un cuerpo de mineral (30) por encima de un pasaje inferior (39) y las perforaciones de sondeo (40) se perforan en una dirección hacia arriba desde el pasaje inferior hacia el cuerpo, y en el que el método comprende además formar al menos una elevación (51, 52) en el mineral que se extienda en una dirección generalmente hacia arriba desde el pasaje inferior, por lo que en dicho uno de los al menos dos eventos de iniciación, material a partir del cuerpo de mineral adyacente a la elevación se fragmenta y cae hacia la elevación y el pasaje inferior para la extracción por medio del pasaje inferior, dejando un hueco, y por lo que en uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores, material a partir del cuerpo de mineral se fragmenta y cae al menos parcialmente hacia el hueco.
- 40 8. El método de la reivindicación 7, en el que en el uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores, porciones del cuerpo de mineral (30) adyacentes al hueco y los extremos superiores de las perforaciones de sondeo (55, 56, 57, 58) se fragmentan, y opcionalmente se extraen por medio del pasaje inferior (39), antes de que se fragmente la última parte del cuerpo de mineral (59) entre dichas porciones y el pasaje inferior.
- 50 9. El método de la reivindicación 7 u 8, en el que dicho material del cuerpo de mineral (30) fragmentado en uno de los al menos dos eventos de iniciación está a un lado de la elevación (51, 52), en la dirección longitudinal del pasaje inferior (39), y dicho material del cuerpo de mineral fragmentado en uno o más eventos de iniciación posteriores está al lado opuesto de la elevación, y en el que los eventos de iniciación se pueden repetir a lo largo del pasaje inferior (39).
- 55 10. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que la porción del cuerpo de mineral (30) fragmentado en uno más eventos de iniciación posteriores está por encima de la porción del cuerpo de mineral fragmentado en uno de los al menos dos eventos de iniciación.
- 60 11. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que no existe pasaje alguno por encima de dicho pasaje inferior (39).
- 65 12. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la masa de roca comprende un cuerpo de mineral (30) que se extiende entre un pasaje inferior (39) y un pasaje superior, teniendo cada uno de dichos pasajes

- inferior y superior un extremo ciego correspondiente, y las perforaciones de sondeo (40) se perforan en una dirección hacia abajo desde el pasaje superior hacia el cuerpo, y en el que el método comprende además formar al menos una elevación (51, 52) en el mineral que se extiende entre los pasajes superior e inferior y lejos de dicho extremo ciego de los pasajes, opcionalmente mediante el accionamiento de detonadores y cargas asociadas en al menos una perforación de sondeo, siendo dicho uno de los al menos dos eventos de iniciación adyacente a la elevación y efectuándose uno o más de los eventos de iniciación posteriores en una o más porciones del cuerpo de mineral entre la elevación y el extremo ciego de los pasajes para fragmentar el material de dichas una o más porciones, de tal modo que el material fragmentado se pueda extraer por medio del pasaje inferior.
- 5
- 10 13. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la masa de roca comprende un cuerpo de mineral (150) que se extiende entre un pasaje inferior (156) y un pasaje superior (162) adyacente a un tajo (152) formado entre los pasajes inferior y superior en un extremo remoto de los mismos, preferentemente siendo llenado el tajo (152) al menos parcialmente con material de relleno (154) tal como un material de relleno (154) que se introduce desde el pasaje superior (162) para sustituir el material extraído y fragmentado (172) del cuerpo de mineral, y las perforaciones de sondeo se perforan en el cuerpo de mineral desde uno de los pasajes hacia el otro pasaje, y en el
- 15 que el método comprende además formar al menos una elevación (168) en el mineral entre los pasajes inferior y superior y lejos de dicho tajo para formar una porción del cuerpo de mineral entre el tajo y la elevación, estando dicho uno de los al menos dos eventos de iniciación en el cuerpo de mineral adyacente a dicha elevación para dejar un pilar (170) formado a partir de dicha porción del cuerpo de mineral y efectuándose uno o más de los al menos dos
- 20 eventos de iniciación en el cuerpo de mineral residual (174) hacia el lado de la ubicación de la elevación lejos del pilar, seguido por la extracción de material fragmentado (172) del pasaje inferior, y efectuándose uno o más de los al menos dos eventos de iniciación posteriores adicionales para fragmentar el material del pilar.
- 25 14. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que cada perforación de sondeo (40) se extiende de 0 a 45 grados con respecto a la vertical.
- 30 15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, en el que al menos algunas de las perforaciones de sondeo (40) están dispuestas en un anillo de perforaciones de sondeo centradas sobre el pasaje (39, 156, 162) a partir del cual se perforan estas para el disparo en forma de anillo de algunos de los detonadores de acuerdo con unos tiempos de retardo preprogramados.

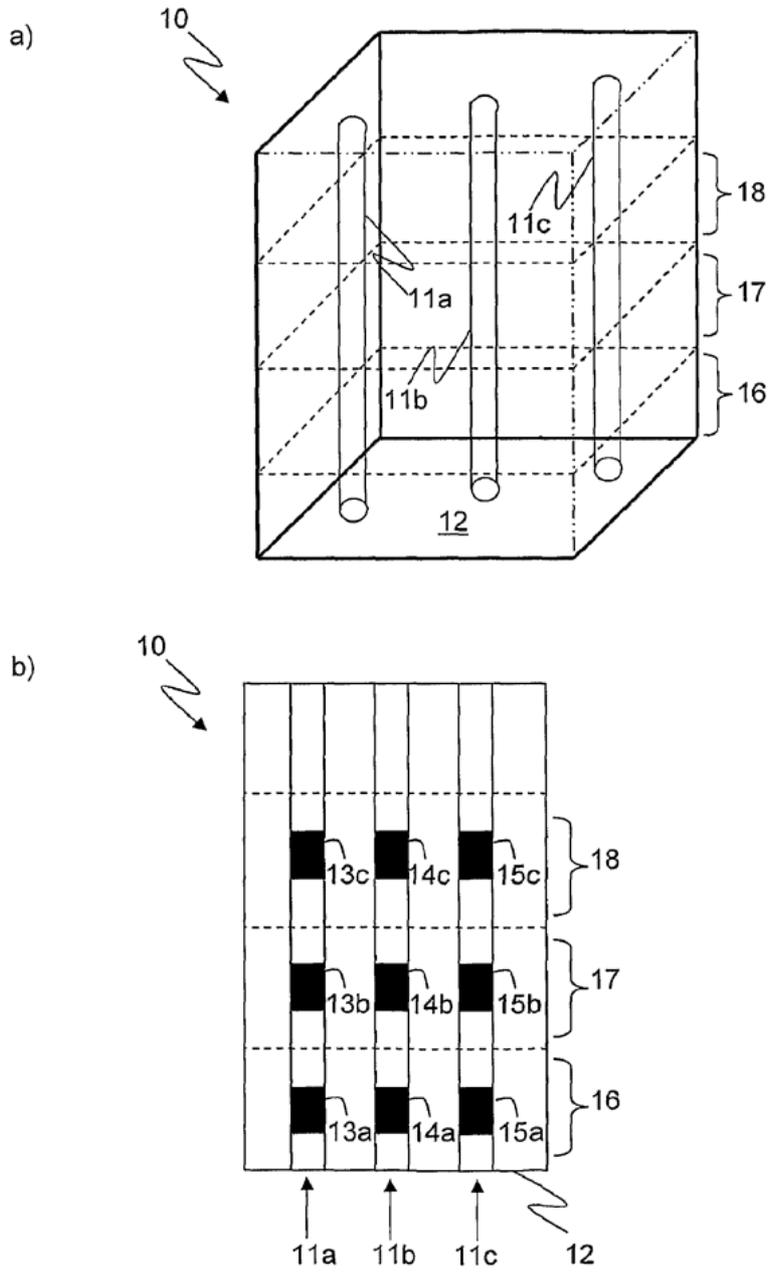
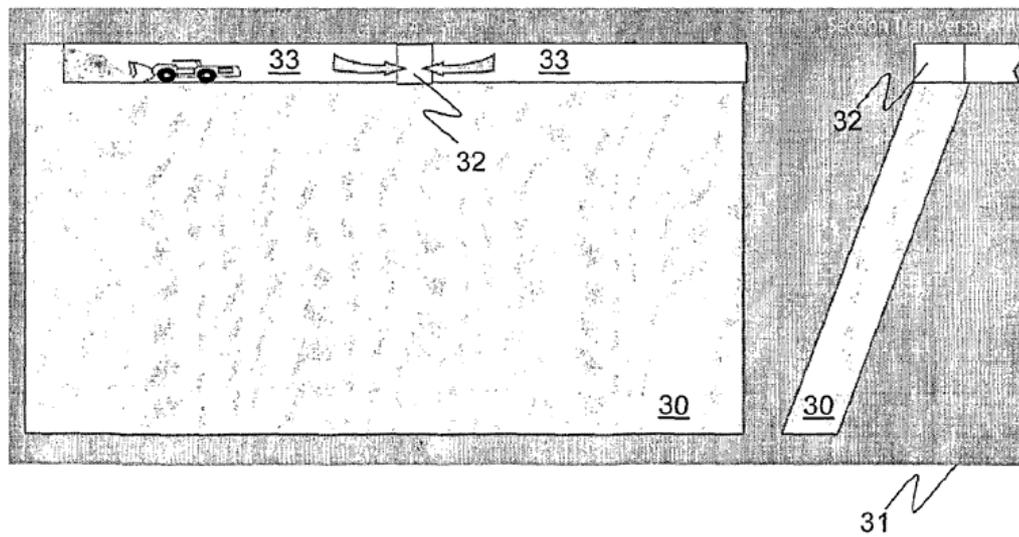
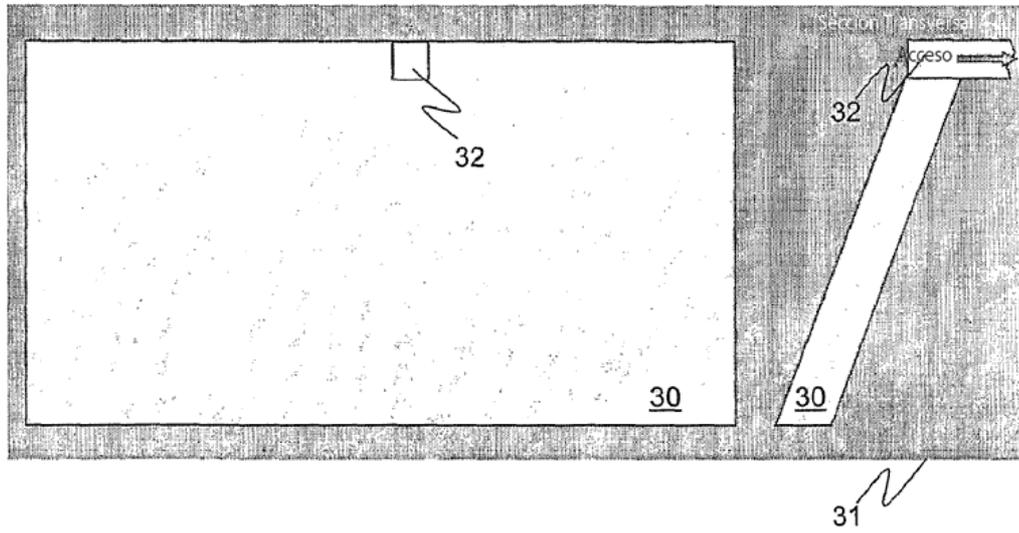


FIGURA 1



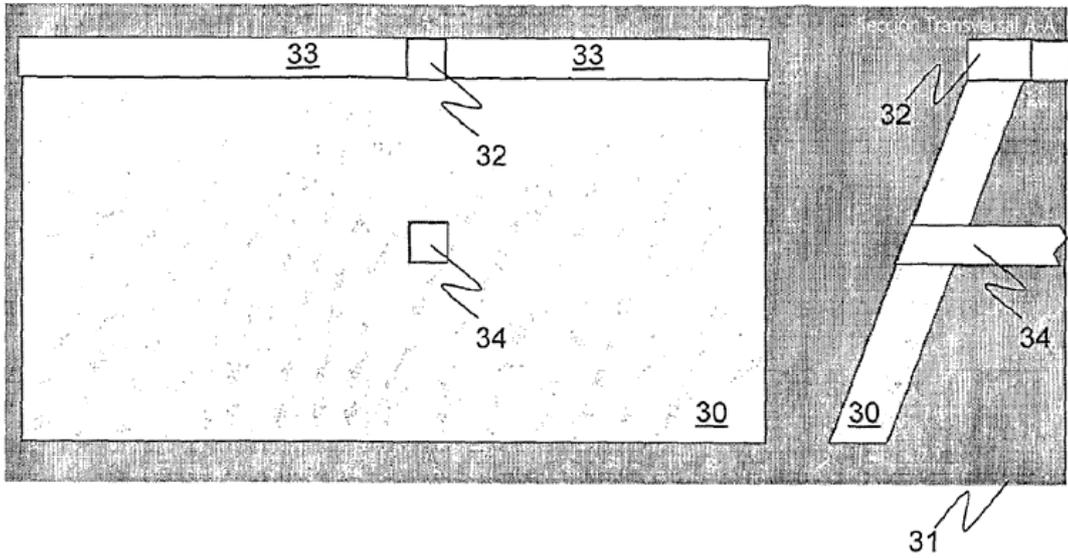


FIGURA 2c

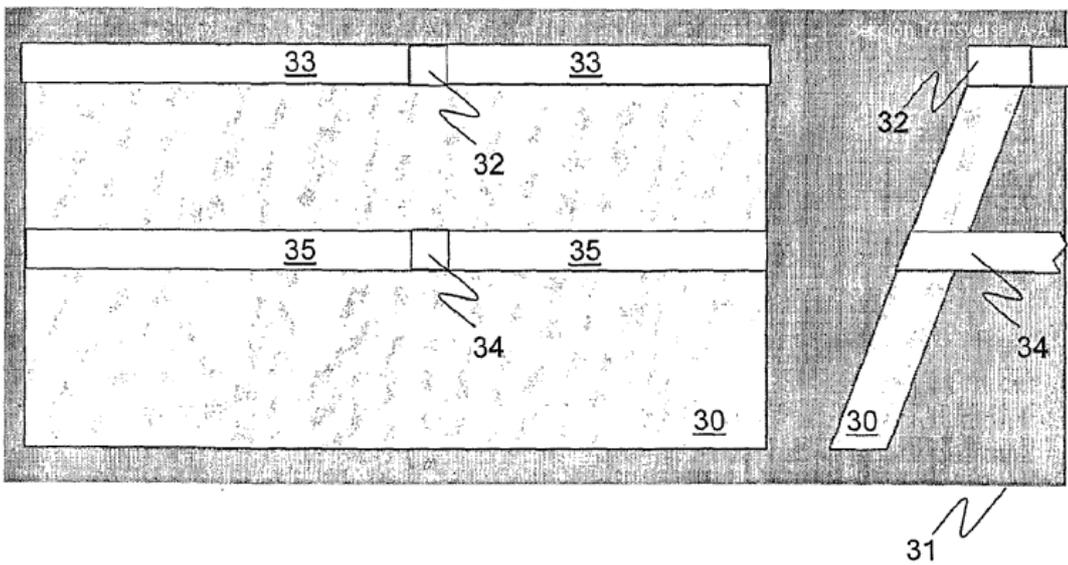


FIGURA 2d

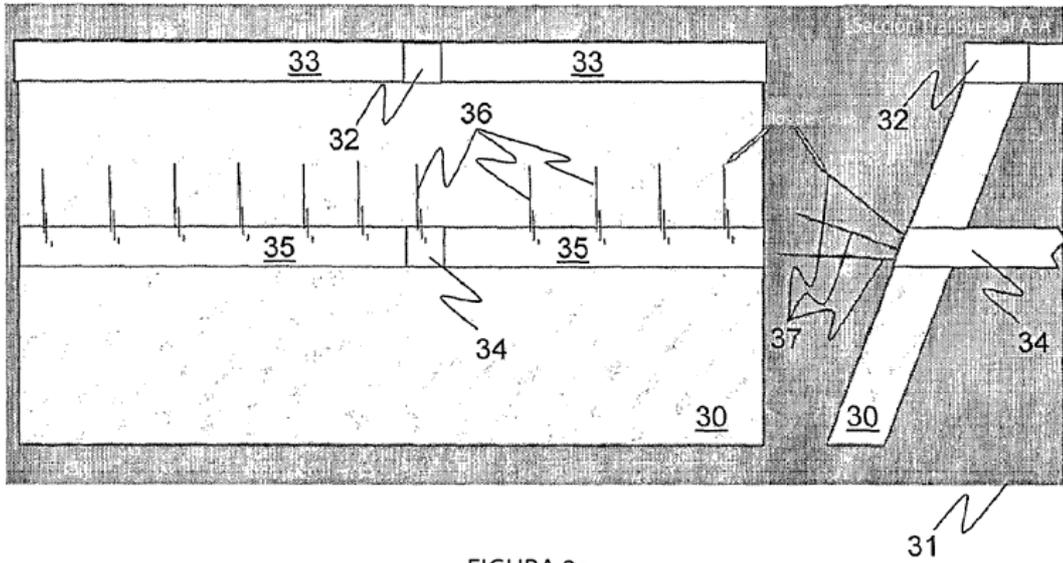


FIGURA 2e

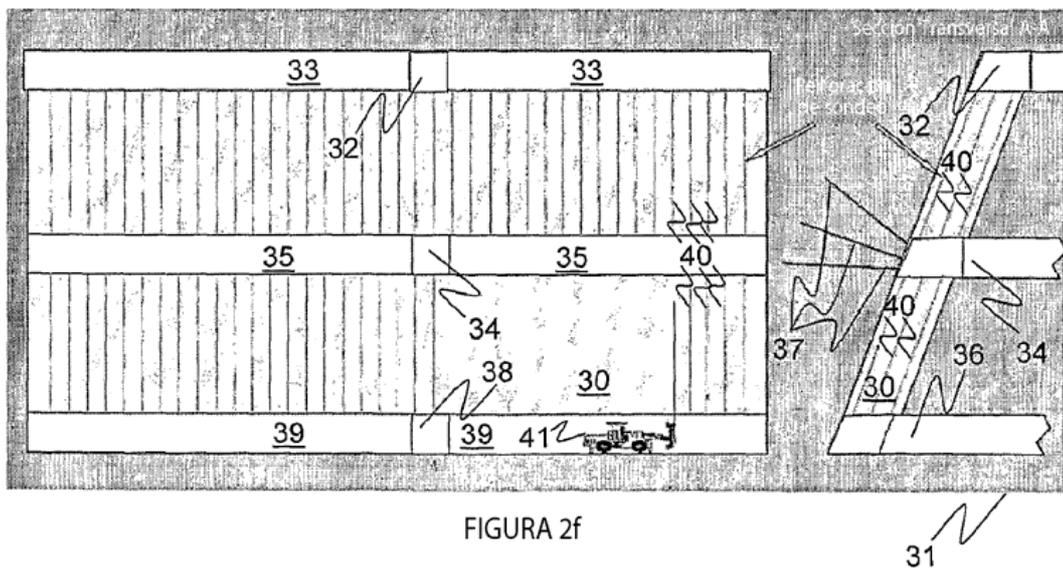


FIGURA 2f

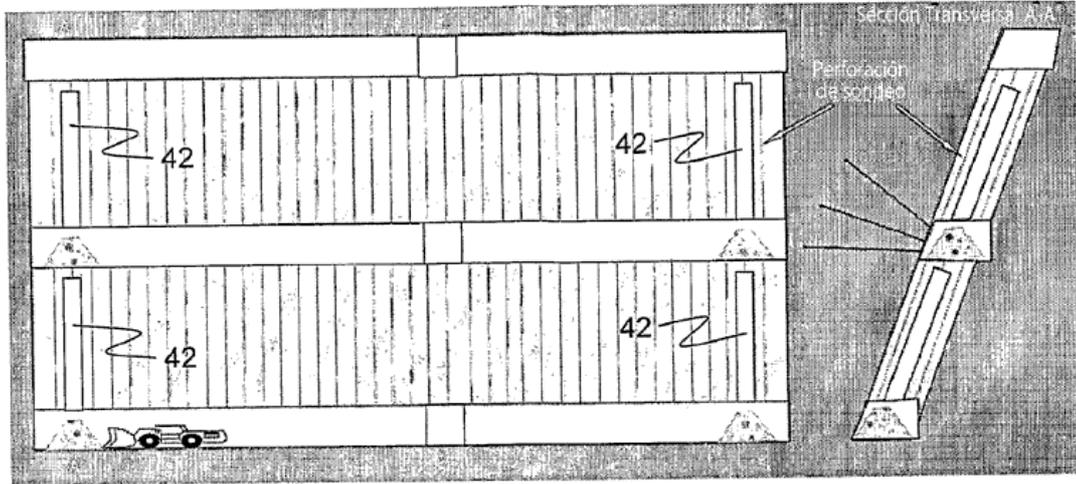


FIGURA 2g

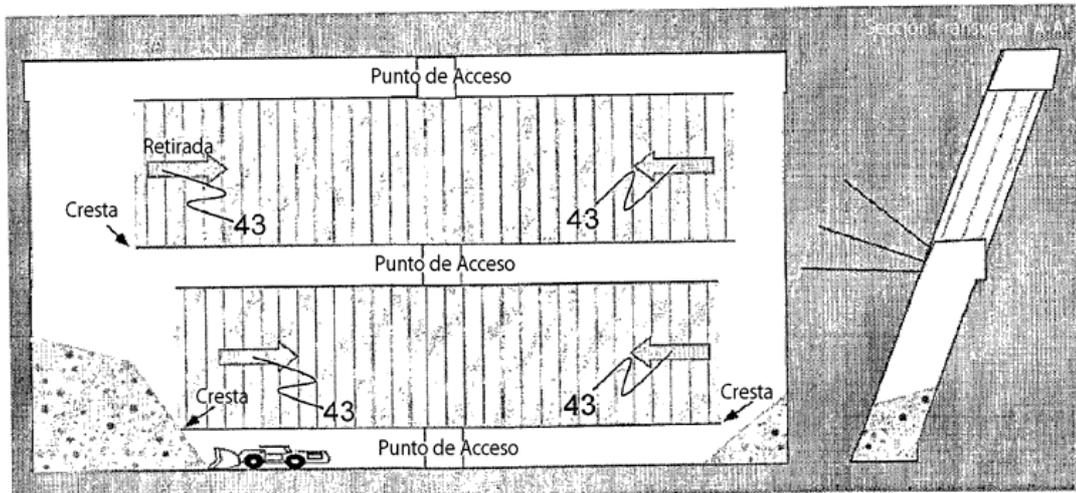


FIGURA 2h

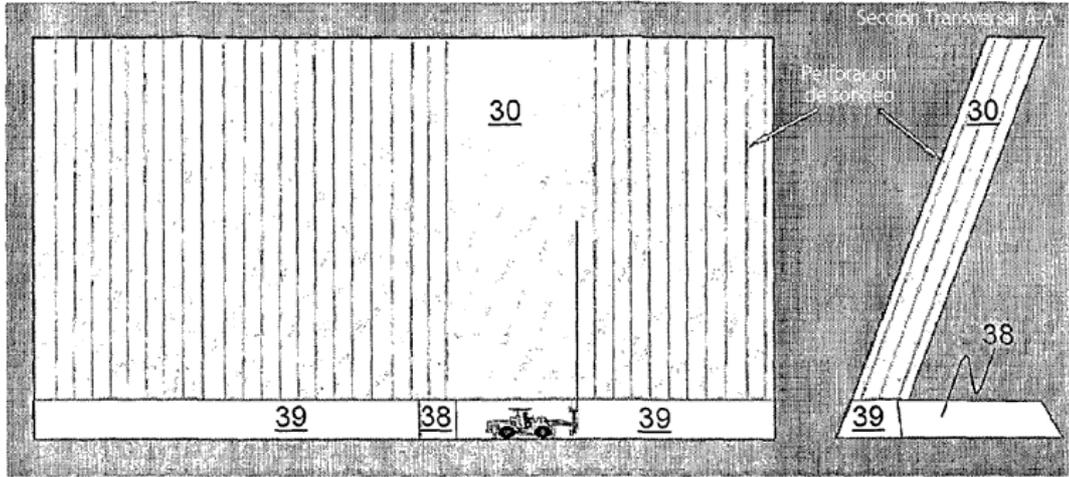


FIGURA 3a

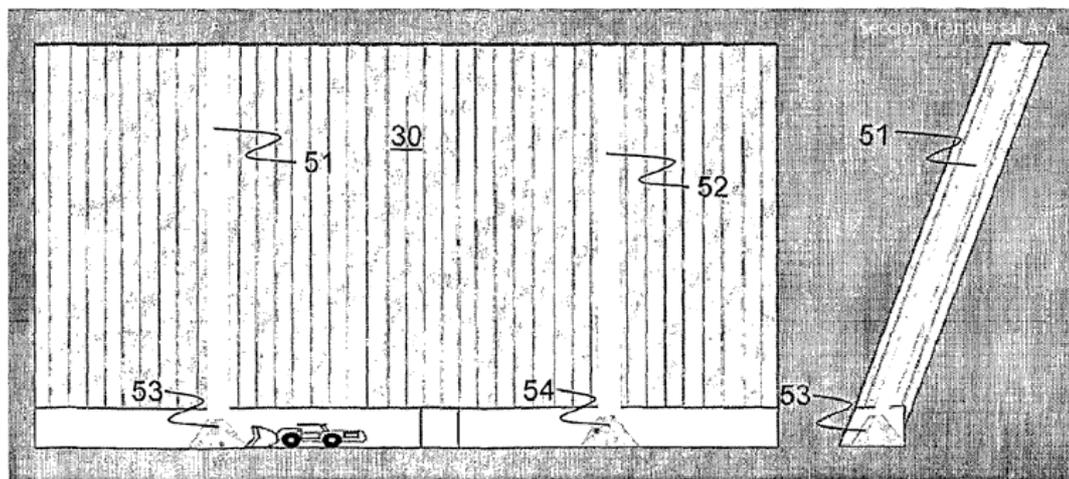


FIGURA 3b

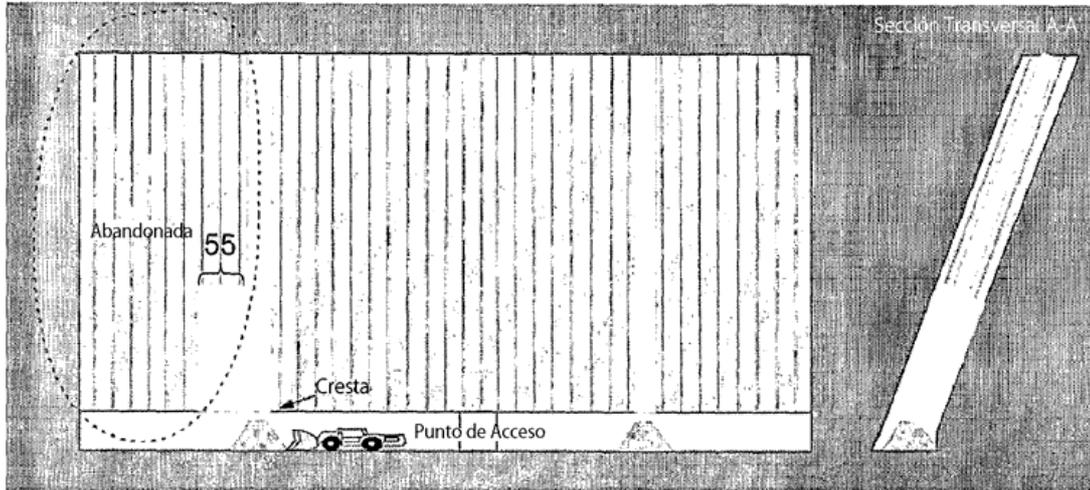


FIGURA 3c

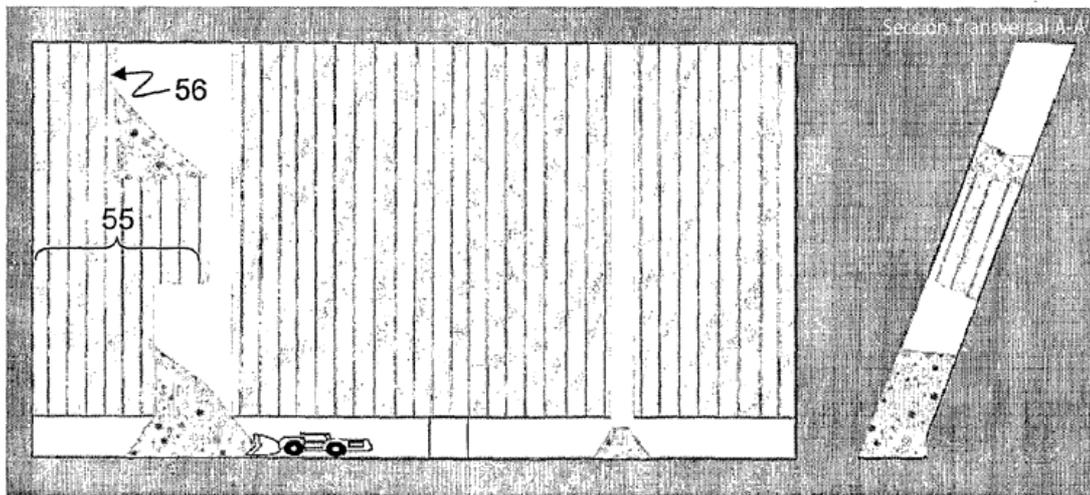
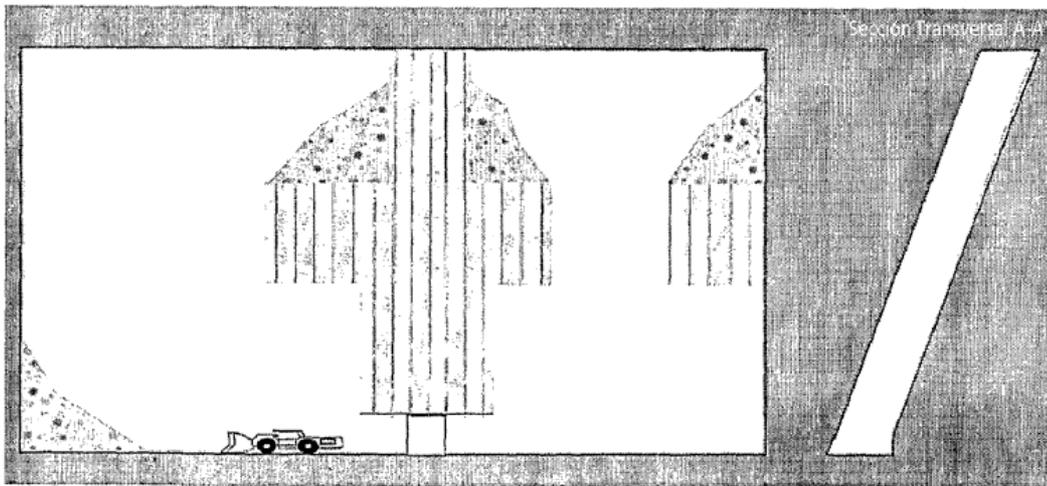
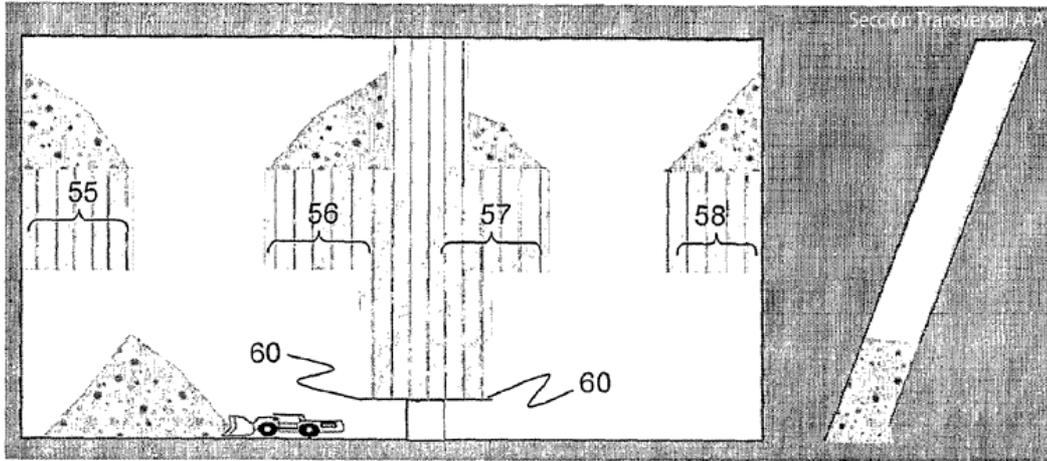


FIGURA 3d



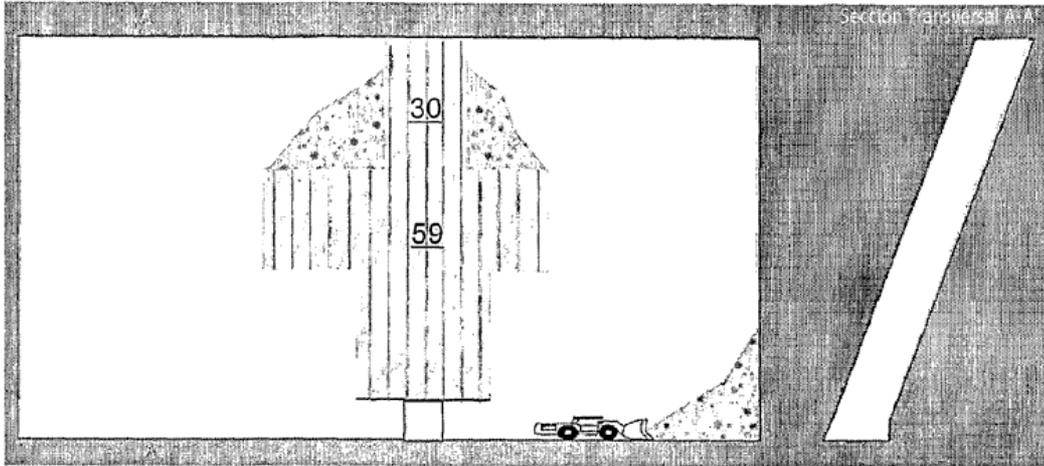


FIGURA 3g

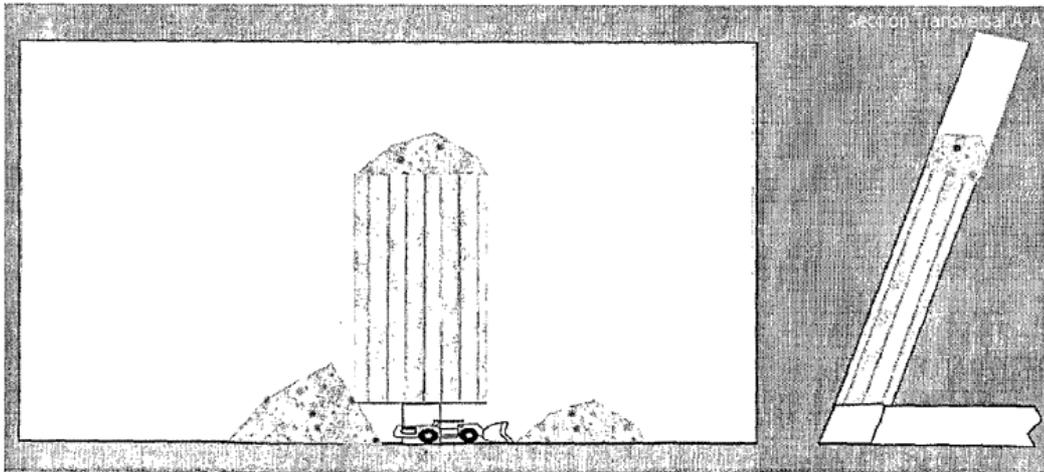


FIGURA 3h

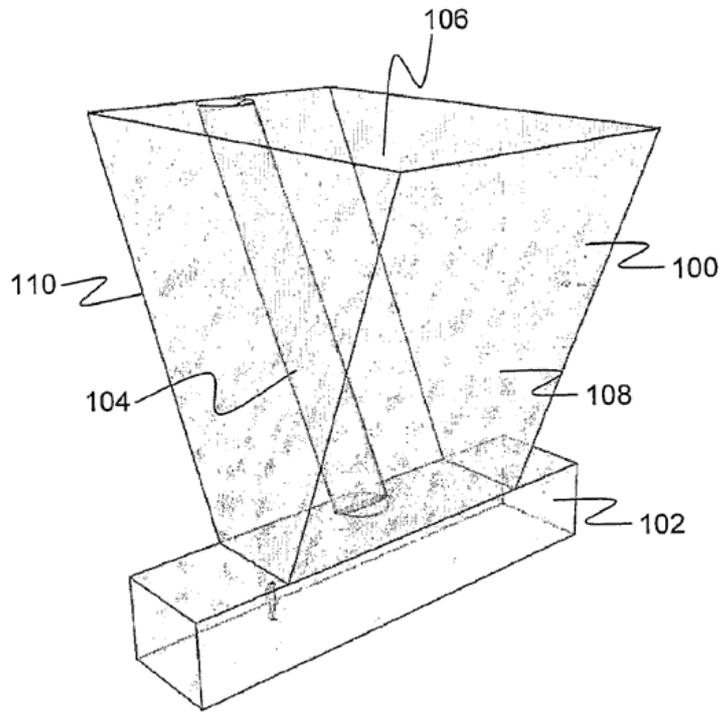


FIGURA 4

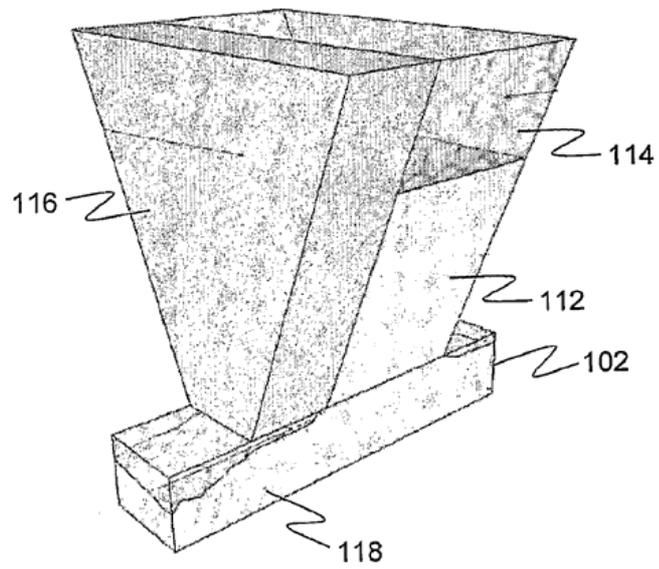


FIGURA 5

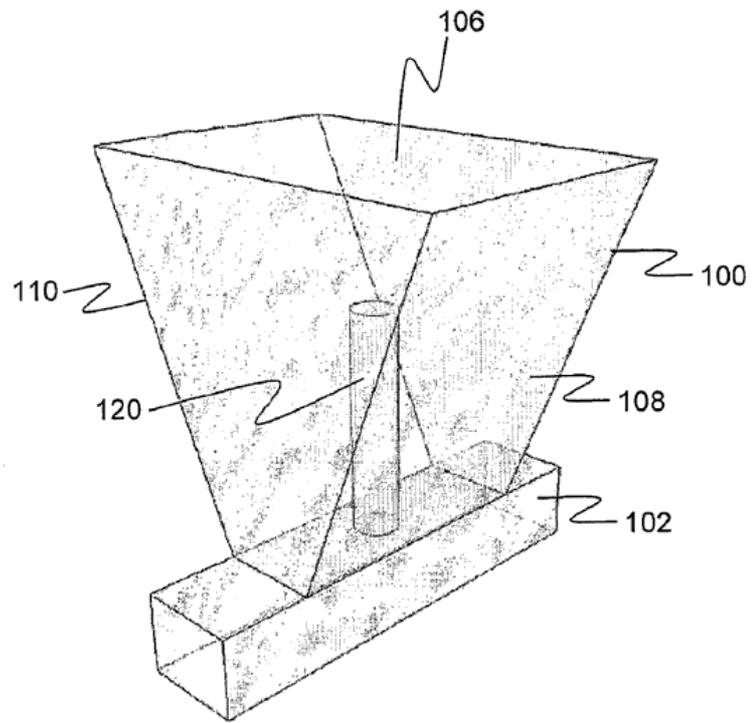


FIGURA 6

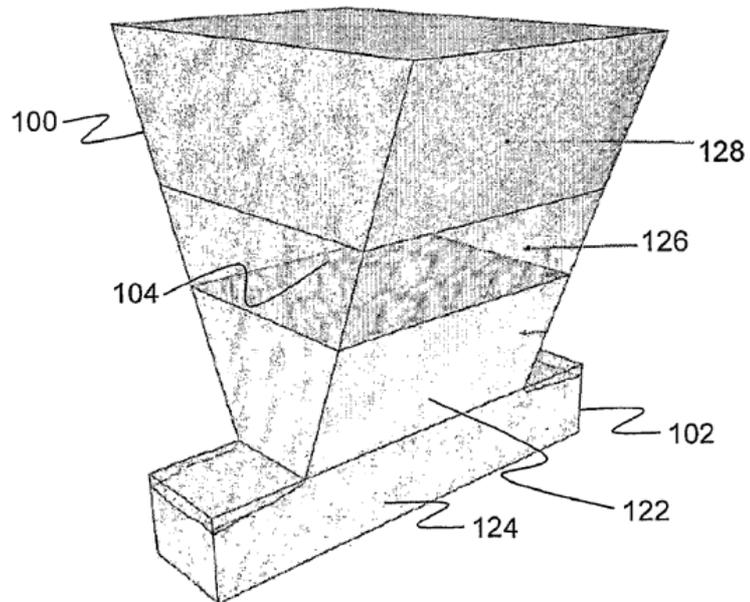


FIGURA 7

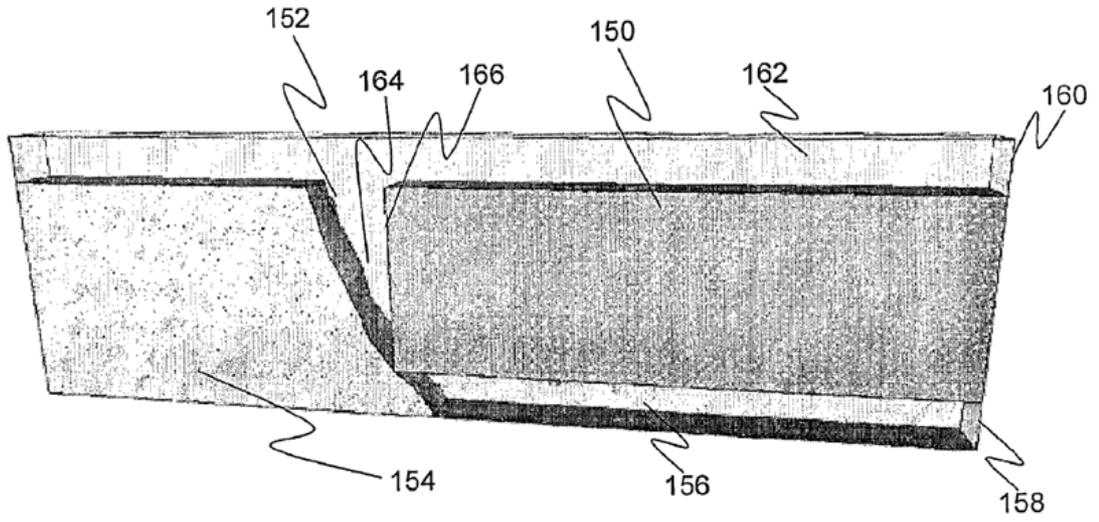


FIGURA 8

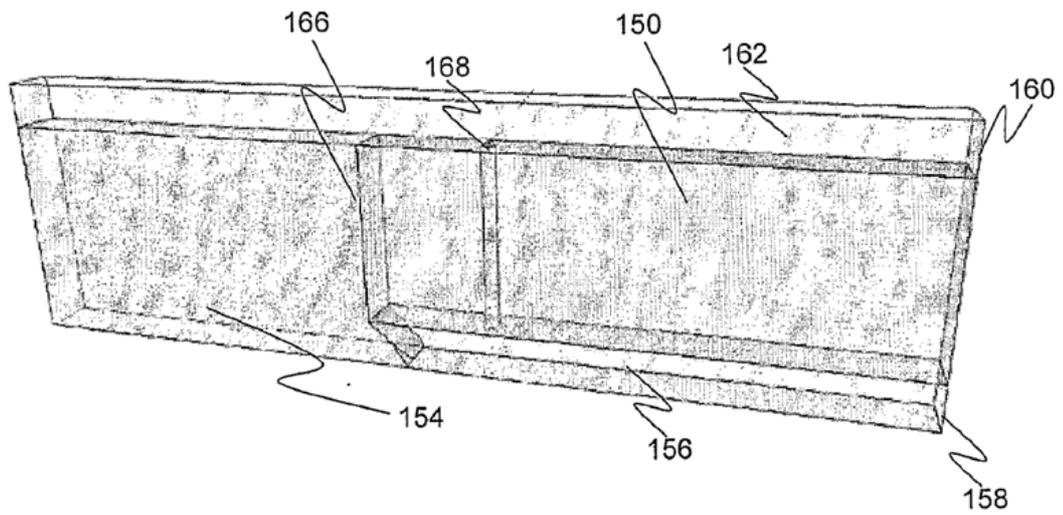


FIGURA 9

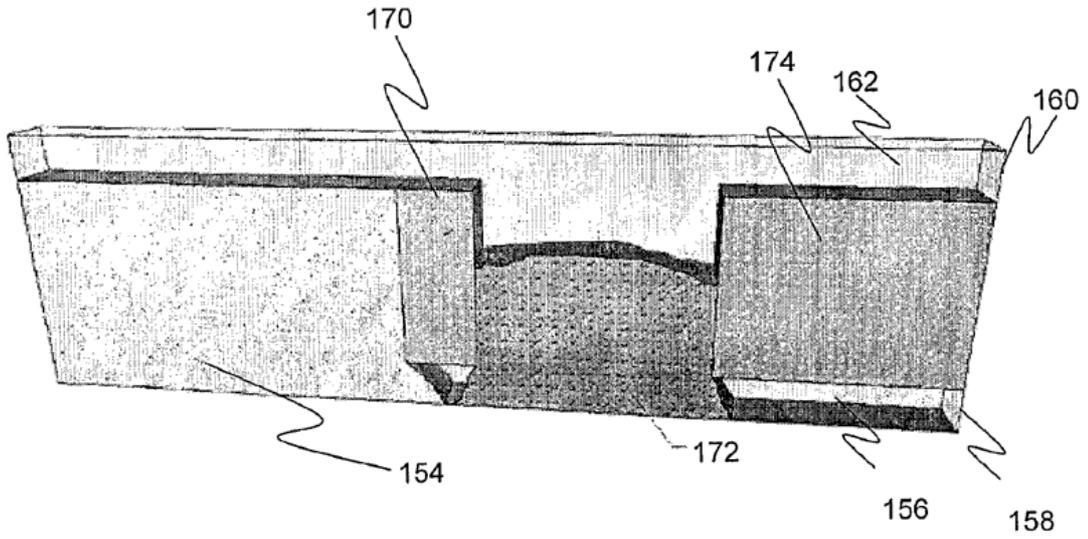


FIGURA 10

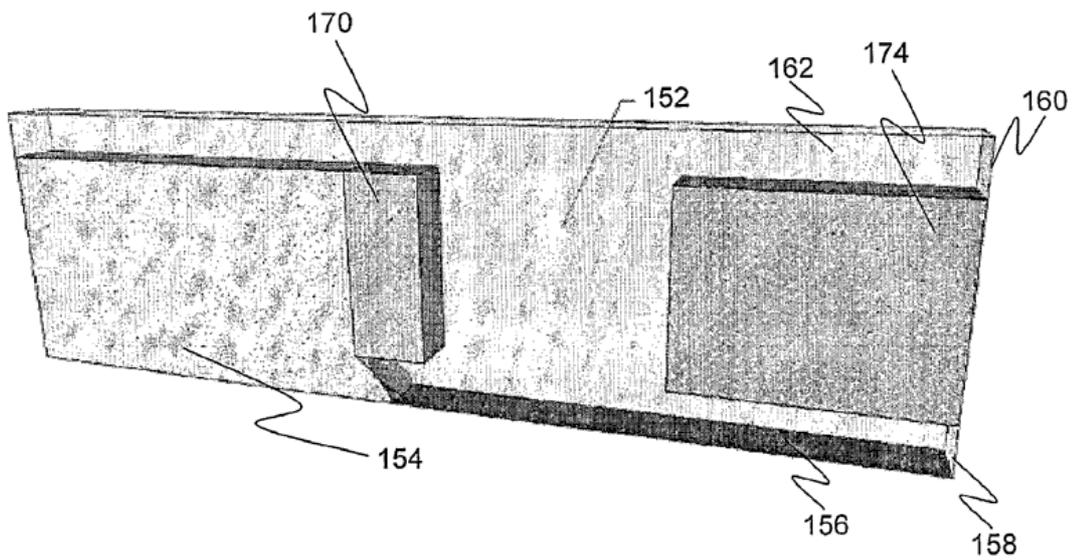


FIGURA 11

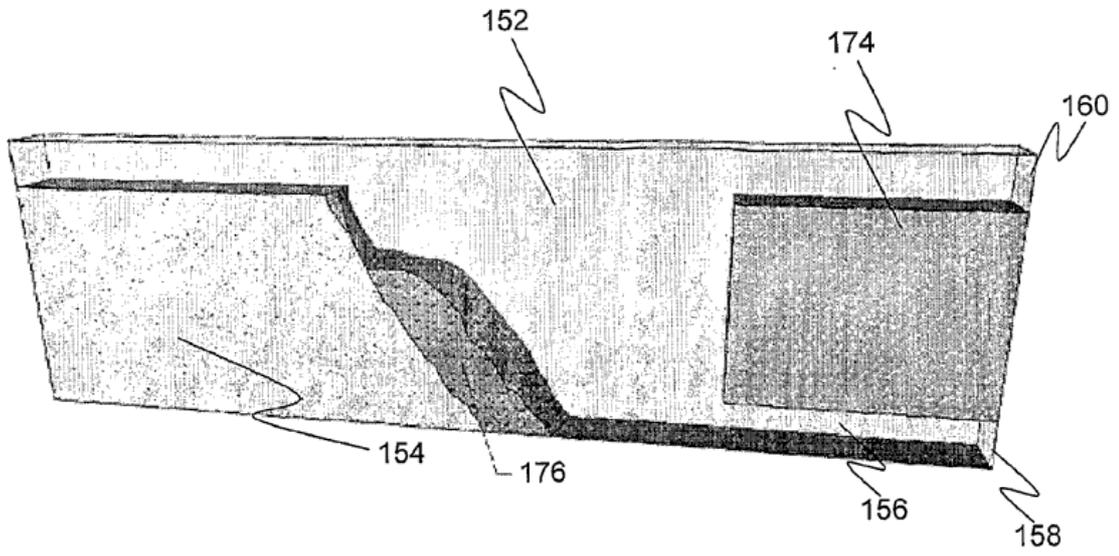


FIGURA 12

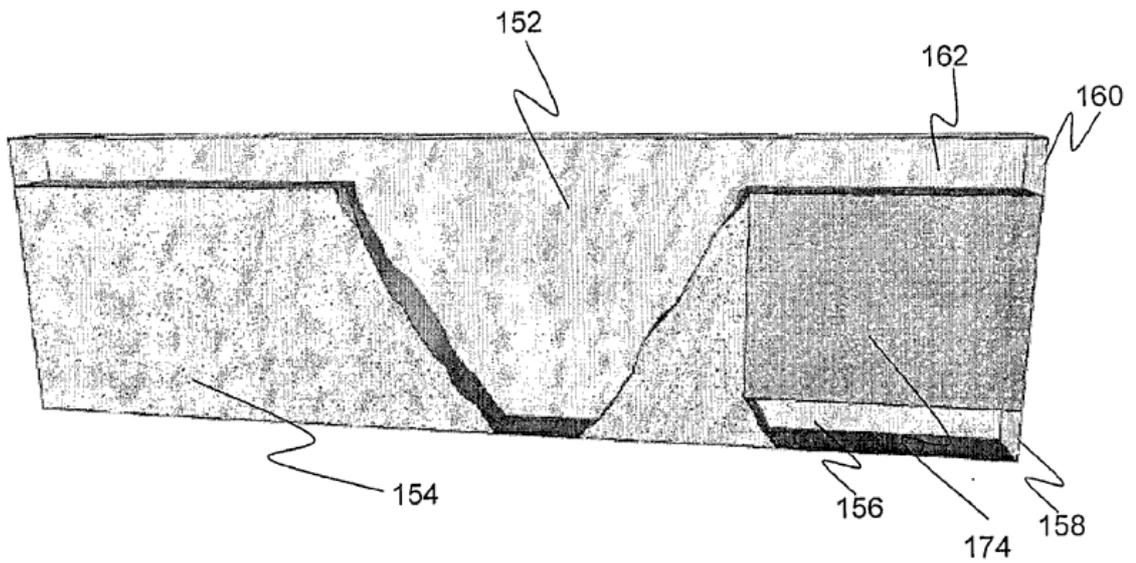


FIGURA 13