

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 827**

51 Int. Cl.:

F42D 1/00 (2006.01)

F42C 11/06 (2006.01)

F42D 1/05 (2006.01)

F42D 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2012 E 12776092 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.11.2015 EP 2702349**

54 Título: **Detonadores inalámbricos con detección de estado y su uso**

30 Prioridad:

28.04.2011 US 201161480021 P

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

16.03.2016

73 Titular/es:

**ORICA INTERNATIONAL PTE LTD (100.0%)
78 Shenton Way, 06-15 Tower 2 Lippo Centre
Singapore 079120, SG**

72 Inventor/es:

**LOWNDS, CHARLES MICHAEL y
PIEL, WALTER HARDY**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 563 827 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

Detonadores inalámbricos con detección de estado y su uso

5 Campo de la invención

La invención se refiere al campo de los detonadores y componentes asociados, y métodos de voladura que emplean tales dispositivos. En particular, la invención se refiere a conjuntos de detonador que están sustancialmente libres de conexiones físicas con una máquina de voladura asociada, y a mejoras en la seguridad de tales conjuntos de detonador inalámbricos.

Antecedentes de la invención

En operaciones de minería, la fragmentación y rotura eficaz de las rocas por medio de cargas explosivas exige habilidades y experiencia considerables. En la mayoría de las operaciones de minería se plantan cargas explosivas en cantidades apropiadas en posiciones predeterminadas en la roca. Las cargas explosivas se accionan a continuación mediante detonadores que tienen retardos de tiempo predeterminados, proporcionando de esta manera un patrón deseado para voladura y fragmentación de roca. Tradicionalmente, se transmiten señales a los detonadores desde una máquina de voladura asociada mediante sistemas no eléctricos que emplean cordón detonante de baja energía (LEDC) o tubo de impacto. Los detonadores eléctricos se han usado también con algún éxito. Los detonadores eléctricos se unen típicamente a un arnés de cables, y se accionan tras la recepción de una señal eléctrica sencilla. Como alternativa, pueden usarse alambres eléctricos para transmitir señales más sofisticadas a y desde detonadores electrónicos. Por ejemplo, tal señalización puede incluir ARMAR, DESARMAR e instrucciones de tiempo de retardo para programación remota de la secuencia de encendido del detonador. Además, como una característica de seguridad, los detonadores pueden almacenar códigos de encendido y responder a señales de ARMAR y ENCENDER únicamente tras la recepción de códigos de encendido coincidentes desde la máquina de voladura. Los detonadores electrónicos pueden programarse con retardos de tiempo con una precisión de 1 ms o menos.

El establecimiento de una disposición de voladura cableada implica el posicionamiento correcto de las cargas explosivas en perforaciones en la roca, y la conexión apropiada de alambres entre una máquina voladura asociada y los detonadores. El proceso es a menudo laborioso y altamente dependiente de la precisión y escrupulosidad del operador de voladura. De manera importante, el operador de voladura debe asegurar que los detonadores están en relación de transmisión de señal apropiada con una máquina de voladura, de tal manera que la máquina de voladura al menos puede transmitir señales de comandos para controlar cada detonador, y a su vez accionar cada carga explosiva. Las conexiones físicas inapropiadas entre componentes de la disposición de voladura pueden conducir a pérdida de comunicación entre máquinas de voladura y detonadores, con los inevitables problemas de seguridad. Se requiere cuidado significativo para asegurar que los alambres pasan entre los detonadores y una máquina de voladura asociada sin interrupciones, enganches, daño u otra interferencia que pudiera evitar el control y operación apropiados de cada detonador mediante la máquina de voladura adjunta.

Los sistemas de detonador inalámbricos ofrecen el potencial de eludir estos problemas, mejorando de esta manera la eficacia de seguridad y / u operacional en el sitio de voladura. Evitando el uso de conexiones físicas (por ejemplo alambres eléctricos, tubos de impacto, LEDC o cables ópticos) entre detonadores y otros componentes en el sitio de voladura (por ejemplo máquinas de voladura) se reduce la posibilidad de configuración inapropiada de la disposición de voladura. Los detonadores inalámbricos y correspondientes sistemas de detonador inalámbricos son también más susceptibles de aplicación con operaciones de minería automatizada, con configuración robótica de detonadores y explosivos asociados en el campo, puesto que los detonadores inalámbricos no están afectados por las complejidades de 'concordancia' a las líneas de arnés en el sitio de voladura.

Sin embargo, el desarrollo de sistemas de voladura inalámbricos presenta tremendos desafíos técnicos con respecto a la seguridad. Por ejemplo, en contraste directo a los detonadores electrónicos tradicionales que se "alimentan" para recibir señales de comandos únicamente una vez que se unen a un alambre de arnés en el sitio de voladura, los detonadores inalámbricos deben comprender cada uno su propia fuente de alimentación independiente o interna (una "fuente de alimentación de operación") suficiente para alimentar medios para recibir, procesar y opcionalmente transmitir señales inalámbricas en el sitio de voladura. La mera presencia de esta propia fuente de alimentación de operación presenta un riesgo intrínseco de accionamiento inadvertido para los detonadores inalámbricos. Por ejemplo, la aplicación accidental o inapropiada de la alimentación eléctrica de operación a la circuitería de encendido durante el transporte y almacenamiento podría dar como resultado el accionamiento inintencionado del detonador. Además, puesto que los detonadores inalámbricos están 'continuamente' alimentados están en riesgo de recibir o actuar sobre señales de comandos inapropiadas o falsas en el sitio de voladura, incluso en localizaciones anteriores a su colocación en el sitio de voladura. Por lo tanto, sigue habiendo una enorme necesidad en la técnica para mejorar la seguridad de sistemas de voladura que emplean detonadores electrónicos y en particular sistemas inalámbricos.

65

En el documento US-2009/0314176 se desvela un aparato y método para voladura que está relacionado con la presente divulgación. El aparato y método implican la activación o desactivación del aparato de voladura de acuerdo con parámetros predeterminados.

5 Sumario de la invención

Es un objeto de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un conjunto de detonador inalámbrico con seguridad mejorada.

10 Es otro objeto de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un método para encender uno o más detonadores electrónicos en un sitio de voladura.

15 Ciertas realizaciones ejemplares proporcionan un conjunto de detonador inalámbrico para su uso junto con una máquina de voladura que transmite al menos una señal de comando inalámbrica al detonador inalámbrico, comprendiendo el conjunto de detonador inalámbrico:

un detonador que comprende un cartucho y una carga de base para accionamiento;
módulo de recepción y procesamiento de señal de comando para recibir y procesar la al menos una señal de comando inalámbrica desde la máquina de voladura;
20 al menos un sensor de estado para detectar al menos una condición del entorno en una proximidad inmediata del conjunto de detonador inalámbrico; y
un módulo de activación / desactivación para hacer al conjunto de detonador inalámbrico capaz de accionamiento en respuesta a una señal de comando para ENCENDER únicamente cuando el al menos un sensor de estado detecta que la al menos una condición del entorno cae dentro de parámetros predeterminados adecuados para la voladura,
25 manteniendo de otra manera el conjunto de detonador inalámbrico un modo seguro que no puede recibir y / o responder a una señal de comando para ENCENDER.

Realizaciones ejemplares adicionales proporcionan métodos para volar rocas pre-taladradas con perforaciones, comprendiendo los métodos las etapas de:

- 30
- 1) asignar a cada perforación al menos un conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento;
 - 2) usar opcionalmente un dispositivo portátil o registrador para comunicar con cada conjunto de detonador inalámbrico asignado para leer y / o programar datos en cada detonador;
 - 35 3) conectar cada detonador a una carga explosiva para formar un cebador;
 - 4) empujar o bajar cada cebador en la perforación;
 - 5) cargar explosivo en cada perforación;
 - 6) opcionalmente contener cada perforación;
 - 7) transmitir señales de comandos inalámbricas para controlar y ENCENDER cada detonador;

40 en el que en cualquier momento el método comprende además: detectar al menos una condición del entorno en una proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico, cada conjunto se vuelve incapaz de accionamiento en cualquier momento si la al menos una condición del entorno está o pasa a estar fuera de las condiciones predeterminadas para la voladura.

45 Realizaciones ejemplares adicionales proporcionan un cebador electrónico inalámbrico para su uso junto con una máquina de voladura, controlando dicha máquina de voladura dicho cebador electrónico inalámbrico mediante al menos una señal de comandos inalámbrica, comprendiendo el cebador electrónico inalámbrico:

50 el conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento;

una carga explosiva en asociación operativa con dicho detonador, de manera que el accionamiento de dicho circuito de carga base provoca el accionamiento de dicha carga explosiva;

55 dicho módulo de recepción y procesamiento de señal de comando en comunicación de señal con dicho detonador de manera que tras la recepción de una señal de comando para ENCENDER mediante dicho módulo de recepción y procesamiento de señal de comando se acciona dicha carga de base y por lo tanto dicha carga explosiva, proporcionando dicho al menos un sensor de estado condiciones del entorno de detección que caen dentro de parámetros predeterminados adecuados para voladura.

60 DEFINICIONES:

Módulo de activación / desactivación: se refiere a cualquier parte de un conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento, que puede mediante cualquier medio activar y / o desactivar el conjunto de detonador inalámbrico al menos en términos de su capacidad para recibir y / o responder a una señal de comando inalámbrica para ENCENDER. Un módulo de activación / desactivación opera junto con uno o más sensores de

estado del conjunto de detonador inalámbrico para activar el conjunto (o para mantener el conjunto activo) para encendido del detonador si se detectan condiciones del entorno favorables o adecuadas en la proximidad inmediata del conjunto de detonador inalámbrico, y / o para desactivar el conjunto (o para mantener el conjunto en un modo "seguro" inactivo) cuando se detectan condiciones del entorno desfavorables o inadecuadas en la proximidad inmediata del conjunto de detonador inalámbrico. El módulo de activación / desactivación puede ser un dispositivo electrónico individual, un circuito integrado o un conjunto de dispositivo o dispositivos electrónicos y/o circuitos integrados.

Evento de voladura automatizado / automático: abarca todos los métodos y sistemas de voladura que son susceptibles de establecimiento mediante medios remotos empleando, por ejemplo, sistemas robóticos en el sitio de voladura. De esta manera, los operadores de voladura pueden configurar un sistema de voladura, incluyendo una serie de detonadores y cargas explosivas, en el sitio de voladura desde una localización remota, y controlar los sistemas robóticos para configurar el sistema de voladura sin la necesidad de estar en las proximidades del sitio de voladura.

Carga de base: se refiere a cualquier porción discreta de material explosivo en las proximidades de otros componentes del detonador y asociada con aquellos componentes de tal manera que permite accionar el material explosivo tras la recepción de señales apropiadas desde los otros componentes. La carga de base puede retenerse en la envoltura principal de un detonador, o como alternativa puede localizarse cercana a la envoltura principal de un detonador. La carga de base puede usarse para suministrar alimentación de salida a una carga de explosivos externa para iniciar la carga de explosivos externa, por ejemplo en un amplificador o cebador.

Máquina de voladura: se refiere a cualquier dispositivo que puede estar en comunicación de señal con detonadores electrónicos, por ejemplo para enviar señales ARMAR, DESARMAR y ENCENDER a los detonadores, y / o para programar los detonadores con tiempos de retardo y / o códigos de encendido. La máquina de voladura puede también ser capaz de recibir información tal como tiempos de retardo, códigos de encendido o datos con respecto a las condiciones del entorno en la proximidad inmediata de los detonadores, desde los detonadores directamente, o esto puede conseguirse mediante un dispositivo intermedio tal como un registrador para recopilar información de detonador y transferir la información a la máquina de voladura. "Amplificador" y "Cebador": un amplificador se refiere a cualquier porción de material explosivo que, cuando se asocia con un detonador forman un cebador de manera que se provoca que el material explosivo se accione o entre en ignición tras la recepción de energía desde el accionamiento de la carga de base. A su vez, si un cebador está asociado con material explosivo adicional en forma de una carga explosiva por ejemplo en una perforación, el accionamiento de la porción de material explosivo del cebador puede provocar el accionamiento o ignición de la carga explosiva para fragmentación de roca que rodea la perforación.

Estación de comandos central: se refiere a cualquier dispositivo que transmite señales mediante transmisión de radio o mediante conexión directa, a una o más máquinas de voladura. Las señales transmitidas pueden codificarse o encriptarse. Típicamente, la estación de voladura central permite comunicación de radio con múltiples máquinas de voladura desde una localización remota desde el sitio de voladura.

Carga / cargar: se refiere a un proceso para suministrar alimentación eléctrica desde una fuente de alimentación a un dispositivo de almacenamiento de carga, con el objeto de aumentar una cantidad de carga eléctrica almacenada mediante el dispositivo de almacenamiento de carga. Como se desea en realizaciones seleccionadas, la carga en el dispositivo de almacenamiento de carga puede sobrepasar un umbral suficientemente alto de manera que la descarga del dispositivo de almacenamiento de carga mediante un circuito de encendido provoca el accionamiento de una carga de base asociada con el circuito de encendido.

Dispositivo de almacenamiento de carga: se refiere a cualquier dispositivo que puede almacenar carga eléctrica. Un dispositivo de este tipo puede incluir, por ejemplo, un condensador, diodo, batería recargable o batería activable. Al menos en realizaciones preferidas, la diferencia de potencial de energía eléctrica usada para cargar el dispositivo de almacenamiento de carga es menor o significativamente menor que la diferencia de potencial de la energía eléctrica tras la descarga del dispositivo de almacenamiento de carga en un circuito de encendido. De esta manera, el dispositivo de almacenamiento de carga puede actuar como un multiplicador de tensión, en el que el dispositivo posibilita la generación de una tensión que supera una tensión umbral predeterminada para provocar el accionamiento de una carga de base conectada al circuito de encendido.

Reloj: abarca cualquier reloj adecuado para su uso junto con un detonador inalámbrico de la invención, por ejemplo para la cuenta atrás de una ventana de despliegue, una ventana temporal para una voladura o un tiempo de retardo. En realizaciones particularmente preferidas, el término reloj se refiere a un reloj de cristal, que comprende por ejemplo un cristal de cuarzo oscilador del tipo que es bien conocido, por ejemplo, en relojes de cuarzo convencionales y dispositivos de temporización. Los relojes de cristal pueden proporcionar temporización particularmente precisa de acuerdo con aspectos preferidos de la invención. Para las aplicaciones de voladura más sofisticadas, el dispositivo de detonador inalámbrico incluso puede abarcar un reloj atómico a escala de chip (como se desvela por ejemplo en <http://spectrum.ieee.org/semiconductors/devices/chipscale-atomic-clock/>, incorporado en el presente documento por referencia).

Ventana de despliegue: se refiere a cualquier periodo de tiempo que puede programarse en un detonador electrónico inalámbrico como se describe en el presente documento, en el cual los sensores de estado están inoperativos, o al menos el conjunto de detonador inalámbrico no responde a tales sensores de estado. Por ejemplo, la ventana de despliegue puede permitir que se transporte o despliegue un conjunto de detonador inalámbrico en un sitio de voladura sin las complicaciones de monitorización del entorno.

Energía electromagnética: abarca energía de todas las longitudes de onda encontradas en el espectro electromagnético. Esto incluye longitudes de onda de la división de espectro electromagnético de rayos γ , rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, microondas y ondas de radio incluyendo UHF, VHF, onda corta, onda media, onda larga, VLF y ULF. Las realizaciones preferidas usan longitudes de onda encontradas en la división del espectro electromagnético de radio, visible o de microondas.

Condición del entorno: se refiere a cualquier parámetro, condición o estado medible del medio o materiales en una proximidad general o inmediata de un conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento. Tales parámetros, condiciones o estados pueden incluir uno o más de la siguiente lista no limitante: luz visible, otra radiación electromagnética, temperatura, humedad, contenido de humedad, densidad de material circundante, presión, vibración, aceleración, movimiento, etc., como se detecta mediante uno o más sensores de estado de un conjunto de detonador inalámbrico. Para hacer a un conjunto de detonador inalámbrico "activo" para recibir y procesar una señal de comando para ENCENDER su detonador asociado o componente, la condición o condiciones del entorno detectadas deben satisfacer parámetros predeterminados que son apropiados o aprobados previamente para la voladura. Tales parámetros según se miden mediante los sensores de estado pueden requerir una lectura cero o cercana a cero mediante los sensores de estado (por ejemplo una ausencia o ausencia casi completa de vibración, aceleración o movimiento), o puede requerirse que esté en o muy cerca de un valor específico (por ejemplo un contenido de humedad preciso) o puede requerirse que supere o no supere un valor umbral predeterminado (por ejemplo un nivel bajo de luz adecuado en un momento dado, o según se recibe durante un periodo de tiempo dado). En realizaciones adicionales las condiciones del entorno detectadas deben caer en un intervalo de parámetros aprobado o predeterminado para la voladura (por ejemplo condiciones de densidad indicativas de que el conjunto de detonador inalámbrico está rodeado apropiadamente por material explosivo y / o material contenedor). Por lo tanto, tales condiciones del entorno predeterminadas pueden limitarse dentro de o en parámetros estrictos, o pertenecer a un intervalo de parámetros según se consideran apropiadas para la voladura, y opcionalmente tener en cuenta condiciones del sitio de voladura. Además, tales condiciones del entorno pueden detectarse a la vez, en varias ocasiones, o continuamente durante un periodo específico, antes de que se realice una evaluación con respecto a si estas condiciones cumplen los requisitos de parámetros específicos requeridos para una voladura particular.

Dispositivo portátil o dispositivo de registro: incluye cualquier dispositivo adecuado para registrar información con respecto a un detonador en el sitio de voladura. Preferentemente, el dispositivo de registro puede registrar también información adicional tal como, por ejemplo, códigos de identificación para cada detonador, información con respecto al entorno del detonador, la naturaleza de la carga explosiva junto con el detonador, etc. En realizaciones seleccionadas, un dispositivo de registro puede formar una parte integral de una máquina de voladura, o como alternativa puede pertenecer a un dispositivo distinto tal como por ejemplo, una unidad programable portátil que comprende medios de memoria para almacenar datos relacionados con cada detonador tales como datos que corresponden a las condiciones del entorno, y preferentemente medios para transferir estos datos a una estación de comandos central o una o más máquinas de voladura. Una función del dispositivo de registro puede ser leer la ID de detonador/conjunto de modo que el detonador puede "encontrarse" mediante una máquina de voladura asociada, y tener comandos tales como comandos de ENCENDER dirigidos para ello según sea apropiado.

Proximidad inmediata: se refiere a un área o volumen alrededor de un conjunto de detonador inalámbrico, que comprende roca, agua, aire y otros materiales que constituyen el entorno alrededor o que rodea al detonador inalámbrico. Por ejemplo, la proximidad inmediata puede incluir todos los materiales dentro de 1 cm, 10 cm, 1 m, 5 m o 20 m o más de las superficies externas del conjunto de detonador inalámbrico y sus componentes, o puede incluir, en otras realizaciones, únicamente los materiales que entran en contacto con las superficies externas o internas del conjunto de detonador inalámbrico. Fuente de alimentación micro-nuclear: se refiere a cualquier fuente de alimentación adecuada para alimentar la circuitería de operación, circuitería de comunicaciones o circuitería de encendido de un detonador o conjunto de detonador inalámbrico de acuerdo con la presente invención. La naturaleza del material nuclear en el dispositivo es variable y puede incluir, por ejemplo, una batería basada en tritio.

Fuente de alimentación pasiva: incluye cualquier fuente eléctrica de alimentación que no proporciona alimentación en una base continua, sino en su lugar proporciona alimentación cuando se induce a hacerlo mediante estímulo externo. Tales fuentes de alimentación incluyen, pero sin limitación, un diodo, un condensador, una batería recargable o una batería activable. Preferentemente, una fuente de alimentación pasiva es una fuente de alimentación que puede cargarse y descargarse con facilidad de acuerdo con energía recibida y otras señales. Más preferentemente la fuente de alimentación pasiva es un condensador.

Fuente de alimentación: se refiere a cualquier fuente de alimentación que puede proporcionar un suministro continuo, constante, intermitente o selectivo de energía eléctrica. Esta definición abarca dispositivos que dirigen

corriente tal como una batería o un dispositivo que proporciona una corriente continua o alterna. Típicamente, una fuente de alimentación proporciona alimentación a unos medios de recepción y / o de procesamiento de señales, para permitir la recepción e interpretación fiable de señales de comandos deducidas desde una máquina de voladura.

5 Preferentemente: identifica características preferidas de la invención. A menos que se especifique de otra manera, el término preferentemente se refiere a características preferidas de las realizaciones más amplias de la invención, como se define por ejemplo mediante las reivindicaciones independientes, y otras realizaciones desveladas en el presente documento.

10 Sensor de estado: se refiere a cualquier componente o dispositivo que pueda tomar mediciones o llevar a cabo el análisis de una condición o parámetro del entorno, por ejemplo, seleccionado desde pero sin limitación: luz visible, otra radiación electromagnética, temperatura, humedad, contenido de humedad, presión, densidad de material circundante, vibración de material circundante, aceleración del sensor en respuesta al movimiento, movimiento, etc.
 15 Por ejemplo, un sensor de estado para temperatura incluiría un termómetro, preferentemente con algunos medios para obtener datos de temperatura, y para transferir tales datos a otro componente o dispositivo. Un ejemplo de un sensor de estado de vibración incluiría un acelerómetro, un sensor de vibración o un nivel. Un ejemplo de un sensor de densidad puede incluir un dispositivo para emitir y / o recibir energía acústica para evaluar una densidad de un medio circundante o adyacente al sensor (por ejemplo para evaluar si el medio comprende roca, grava, tierra, agua, aire, etc.).

20 Caja superior: se refiere a cualquier dispositivo que forma parte de un conjunto de detonador inalámbrico que está adaptado para localización en o cerca de la superficie del suelo cuando el conjunto de detonador inalámbrico está en uso en un sitio de voladura en asociación con una perforación y carga explosiva localizada en la misma. Las cajas superiores están típicamente localizadas por encima del suelo o al menos en una posición dentro, en o cerca de la perforación que es más adecuada para recepción y / o transmisión de señales inalámbricas, y para retransmitir estas señales al detonador hasta la perforación. En realizaciones preferidas, cada caja superior comprende uno o más componentes seleccionados del detonador inalámbrico de la presente invención. Transceptor: se refiere a cualquier dispositivo que puede recibir y / o transmitir señales inalámbricas. Aunque el término "transceptor" abarca
 25 tradicionalmente un dispositivo que puede tanto transmitir como recibir señales, un transceptor cuando se usa de acuerdo con la presente invención incluye un dispositivo que puede funcionar solamente como un receptor de señales inalámbricas, y no transmite señales inalámbricas o que transmite únicamente señales inalámbricas limitadas. Por ejemplo, bajo circunstancias específicas el transceptor puede localizarse en una posición donde puede recibir señales desde una fuente, pero no puede transmitir señales de vuelta a la fuente o a otra parte. En realizaciones muy específicas, cuando el transceptor forma parte de un amplificador o cebador localizado bajo tierra, el transceptor puede ser capaz de recibir señales a través de la roca desde una fuente inalámbrica localizada por encima de una superficie del suelo, pero puede no ser capaz de transmitir señales de vuelta a través de la roca a la superficie. En estas circunstancias, el transceptor opcionalmente puede tener la función de transmisión de señal desactivada o ausente. En otras realizaciones, el transceptor puede transmitir señales únicamente a un registrador
 30 mediante conexión eléctrica directa, o como alternativa mediante señales inalámbricas de corto alcance.

35 Cableado: cualquier conexión física entre cualquier componente de un conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento, o entre cualquier componente o elementos de un aparato de voladura, puede ser mediante una conexión cableada seleccionada desde, pero sin limitación, cables de alambre eléctrico o de fibra óptica, etc.

40 Inalámbrico: se refiere a que no hay alambres físicos, cables o líneas (tales como alambres eléctricos, tubos de impacto, LEDC o cables ópticos) que conectan el conjunto de detonador inalámbrico de la invención o componentes del mismo entre sí o a unos componentes asociados de un aparato de voladura tal como una máquina de voladura o una fuente de alimentación. Las señales inalámbricas pueden tomar cualquier forma que no implique alambres físicos, cables o líneas incluyendo, pero sin limitación, aquellos que comprenden energía electromagnética (incluyendo pero sin limitación señales de radio o cualquier frecuencia), energía acústica o mediante magneto-inductancia incluyendo señales extraídas desde un campo magnético oscilante.

45 Amplificador inalámbrico: en general la expresión "amplificador inalámbrico" o "amplificador electrónico inalámbrico" o "WEB", o "amplificador electrónico" o "cebador inalámbrico" abarca un dispositivo que comprende una carga explosiva para accionarse mediante el accionamiento de un detonador asociado. El amplificador puede asociarse con o comprender un detonador, más preferentemente un detonador electrónico (comprendiendo típicamente al menos un cartucho de detonador y una carga de base) o un conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento, así como medios para provocar el accionamiento de la carga de base tras la recepción mediante dicho cebador de una señal para ENCENDER desde al menos una máquina de voladura asociada, para formar de esta manera un cebador. Por ejemplo, tales medios para provocar el accionamiento pueden incluir un transceptor o medios de recepción de señal, medios de procesamiento de señal y circuitería de encendido para activarse en el caso de una recepción de una señal de ENCENDIDO. Componentes preferidos del amplificador (o
 50 cebador) inalámbrico pueden incluir además medios para transmitir información con respecto al conjunto de detonador inalámbrico a otros conjuntos o a una máquina de voladura, o medios para retransmitir señales

inalámbricas a otros componentes del aparato de voladura. Tales medios para transmitir o retransmitir pueden formar parte de la función del transceptor. Cualquier conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento puede formar parte de un amplificador electrónico inalámbrico o cebador correspondiente como se describe en el presente documento. Ejemplos adicionales de amplificadores electrónicos inalámbricos se describen en la publicación de patente internacional WO2007/124539 publicada el 8 de noviembre de 2007, que se incorpora en el presente documento por referencia.

Señales de comandos inalámbricas: pueden comprender cualquier forma o formas de energía, en el que "formas" de energía puede tomar cualquier forma apropiada para comunicación inalámbrica de los detonadores. Por ejemplo, tales formas de energía pueden incluir, pero sin limitación, energía electromagnética incluyendo luz, infrarrojo, ondas de radio (incluyendo ULF) y microondas, o como alternativa pueden tomar alguna otra forma tal como inducción electromagnética o energía acústica. Además, "formas" de energía pueden pertenecer al mismo tipo de energía (por ejemplo luz, infrarrojo, ondas de radio, microondas, etc.) pero pueden implicar diferentes longitudes de onda o frecuencias de la energía.

Conjunto de detonador inalámbrico: se refiere a un detonador (que comprende típicamente al menos un cartucho y una carga de base) junto con componentes asociados para recepción y / o procesamiento de señales inalámbricas y medios para accionar la carga de base o el detonador tras la recepción de una señal de comando para ENCENDER. De acuerdo con los conjuntos de detonador inalámbricos descritos en el presente documento, los conjuntos pueden incluir componentes adicionales adecuados para detectar una o más condiciones del entorno en la proximidad inmediata del conjunto, y medios para activar y / o desactivar la funcionalidad del conjunto, y por lo tanto la capacidad de accionamiento del detonador, que depende de estas condiciones del entorno. Los componentes distintos al detonador pueden localizarse en contacto físico o cableado con el detonador, o pueden estar separados del detonador con un enlace de comunicación cableado o inalámbrico entre estos componentes y el detonador. Los otros componentes pueden estar asociados íntimamente con el detonador en el conjunto, o estar localizados en un alojamiento, contenedor o caja superior separados, que puede conectarse a o estar remotos del detonador, pero en la misma proximidad general (por ejemplo dentro de 100 m) del detonador.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones se describirán ahora, a modo de ejemplo únicamente, en las que:

- La Figura 1: es una vista en perspectiva de un conjunto de detonación inalámbrico de acuerdo con una primera realización;
- La Figura 2: es una vista en perspectiva de un cebador electrónico inalámbrico de acuerdo con una segunda realización;
- La Figura 3: es una vista transversal del cebador electrónico inalámbrico de la Figura 2;
- La Figura 4: es una vista en sección transversal en alzado lateral del cebador electrónico inalámbrico de la Figura 2; y
- La Figura 5: es un diagrama de flujo que ilustra un método para volar roca pre-taladrada con perforaciones de acuerdo con un tercera realización.

Descripción detallada de la invención

Los sistemas de voladura inalámbricos ayudan a eludir la necesidad de sistemas de cableado complejos en el sitio de voladura, y riesgos asociados de colocación y conexión inapropiadas de los componentes del sistema de voladura. Sin embargo, el despliegue de sistemas de comunicaciones inalámbricas para operaciones de voladura ha presentado nuevos desafíos significativos para la industria, incluyendo nuevos problemas de seguridad.

La Figura 1 muestra un conjunto de detonador inalámbrico 10 de acuerdo con una primera realización. El conjunto de detonador inalámbrico 10 tiene un alojamiento 11 que contiene diversos componentes electrónicos (no visibles, pero se analizan en más detalle a continuación). Extendiéndose desde un extremo del conjunto está el detonador 12 que tiene un extremo de entrada de línea de señal (no visible) y un extremo de accionamiento 13 que contiene una carga de base (también no visible). También mostrado en la Figura 1, el conjunto de detonador inalámbrico 10 incluye sensores de estado 15 integrados en el alojamiento 11 de manera que pueden detectar al menos una condición del entorno fuera del conjunto de detonador inalámbrico, y transmitir información con respecto a la condición del entorno detectada para procesar mediante componentes electrónicos (no mostrados) localizados en el alojamiento.

En esta realización particular, los sensores de estado 15 están en forma de detectores de luz, tales como fotocélulas. Por consiguiente, el conjunto de detonador inalámbrico 10 de la Figura 1 es particularmente adecuado para su uso en aplicaciones de minería por encima del suelo. El fallo de los sensores de estado 15 para detectar la luz es representativo de que el conjunto 10 está localizado en un orificio de voladura. A la inversa, si uno o más de los sensores de estado detectan luz es representativo de que el conjunto 10 está fuera de un orificio de voladura.

Las Figuras 2 a 4 muestran un cebador electrónico inalámbrico 20 que incluye el conjunto de detonador inalámbrico 10 de la Figura 1, junto con una carga amplificadora 21. La carga amplificadora 21 comprende un cartucho 22 para contener material explosivo 31. El encendido de la carga de base del detonador 12 provoca que el material explosivo 31 de la carga amplificadora 21 explote.

Como se muestra en las Figuras 3 y 4, el extremo de accionamiento 13 del detonador 12 está insertado en y se recibe en un rebaje alargado que se extiende en el material explosivo en la carga amplificadora 21. Como se muestra particularmente en la Figura 3, el detonador 12 incluye una carga de base 30, que está localizada en el extremo de accionamiento 13. Cuando el conjunto 10 y la carga amplificadora 21 se ensamblan para formar el cebador 20, el detonador 12 se extiende profundamente en la carga amplificadora 21, y específicamente en el rebaje de la carga amplificadora 31. En esta posición, el extremo de accionamiento 13 del detonador 12, y específicamente la carga de base 30, están dispuestos centralmente en la carga amplificadora 21 y rodeado por material explosivo 31 que forma la carga explosiva principal del cebador 20.

Las Figuras 3 y 4 muestran, en forma esquemática, un circuito electrónico 32 del conjunto de detonador inalámbrico 10, que incluye un módulo de recepción y procesamiento de señal de comando 40, una fuente de alimentación (que en esta realización es en la forma de la batería 41), y el módulo de activación / desactivación 42. La batería 41 proporciona alimentación a los otros componentes/módulos del circuito electrónico 32. El circuito electrónico 32 incluye también sensores de estados 15.

En esta realización, el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando 40 facilita la comunicación entre el conjunto de detonador 10 y una máquina de voladura. Para este fin, el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando 40 puede recibir y procesar señales de comandos por ejemplo mediante comunicación de señal de RF.

El módulo de activación / desactivación 42 opera con los sensores de estado 15 para determinar si el conjunto 10 debería estar en un modo activo o seguro. En esta realización particular, cuando está en el modo activo, el módulo 42 permite al detonador 12 responder a una señal de comando para ENCENDER (que se emite desde la máquina de voladura) accionando e iniciando la carga de base 30 del cebador 20. Cuando está en un modo seguro, el módulo 42 impide al detonador 12 responder a una señal de comando para ENCENDER, y se evita la iniciación de la carga de base 30. En otras palabras, el módulo de activación / desactivación 42 hace al conjunto de detonador inalámbrico 10 capaz de accionamiento, y de provocar la detonación de la carga amplificadora 30, en respuesta a una señal de comando para ENCENDER únicamente cuando los sensores de estado 15 detectan que la condición del entorno cae dentro de parámetros predeterminados adecuados para voladura. Cuando la condición del entorno cae fuera de parámetros predeterminados adecuados para voladura, el conjunto de detonador inalámbrico mantiene de otra manera un modo seguro que no puede recibir y / o responder a una señal de comando para ENCENDER.

De manera similar, en ciertos casos, el fallo del sensor de estado para detectar una condición del entorno apropiada puede ser indicativo de colocación incorrecta o inapropiada del conjunto 10. A la inversa, en ciertos casos, la detección de una condición del entorno puede ser indicativa de colocación incorrecta o inapropiada del conjunto 10. Por ejemplo, en una realización en que los sensores de estado son sensores de luz, la detección de cualquier luz es indicativa de que el conjunto está localizado fuera de una perforación.

En la realización ilustrada en las Figuras 2 a 4, el módulo de activación / desactivación 42 toma la forma de un conmutador en el circuito de encendido 43, de manera que cuando los sensores de estado 15 detectan condiciones del entorno adecuadas para una voladura, el conjunto 10 adopta o mantiene un estado activo y el interruptor se cierra para conectar el circuito de encendido 43 a la carga de base 30 lista para accionar la carga de base (tras la recepción mediante el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando 40 de una señal de comando para ENCENDER). Sin embargo, cuando los sensores de estado 15 detectan condiciones del entorno inadecuadas para voladura, el conjunto adopta o mantiene un estado seguro y el conmutador está abierto de modo que la carga de base 30 no puede recibir ninguna señal para accionamiento de la misma, incluso si el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando 40 recibe y procesa una señal de comando para ENCENDER.

Por lo tanto, el conjunto de detonador inalámbrico 10 adopta o mantiene un estado seguro inadecuado para recibir y / o responder a una señal de comando para ENCENDER. Esto tiene la ventaja de minimizar el riesgo de accionamiento inadvertido o accidental. Esto aumenta la seguridad del conjunto de detonador inalámbrico 10.

En al menos algunas realizaciones alternativas, el módulo de activación / desactivación puede tomar la forma de un conmutador en el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando, de manera que cuando el sensor o sensores de estado detectan condiciones del entorno adecuadas para una voladura, el conjunto adopta o mantiene un estado activo y el conmutador se cierra para activar parte o todo el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando y el conjunto puede recibir y responder a una señal de comando para ENCENDER. En una realización de este tipo, cuando el sensor o sensores de estado detectan condiciones del entorno inadecuadas para voladura, el conjunto adopta o mantiene un estado seguro y el conmutador está abierto de modo que parte o todo el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando no recibe, procesa y/o responde a una señal de comando para ENCENDER.

En las realizaciones de la Figuras 1 a 4 el circuito electrónico está contenido enteramente en o fijado a un único alojamiento. Sin embargo, en algunas realizaciones alternativas, componentes / módulos eléctricos seleccionados se mantienen en una caja superior por encima del suelo que está cableada a un detonador por debajo del suelo. Por ejemplo, pueden emplearse alambres más largos para conectar partes del circuito electrónico. Además, cualquiera de las conexiones cableadas puede reemplazarse mediante conexiones inalámbricas, incluyendo pero sin limitación, fibra óptica, RF, IR, Bluetooth u otras conexiones inalámbricas de manera que los componentes de un conjunto de detonador inalámbrico, así como otros componentes asociados y / o dispositivos, pueden estar físicamente separados entre sí, pero, a pesar de ello, operan como parte del mismo dispositivo o conjunto.

La Figura 5 ilustra un método para voladura de roca pre-taladrada con una o más perforaciones. El método incluye las etapas de:

en la etapa 101 asignar a cada perforación al menos un conjunto de detonador inalámbrico como se describe en el presente documento;

en la etapa 102 usar opcionalmente un dispositivo portátil o registrador para comunicar con cada conjunto asignado para leer datos desde y / o para programar datos en cada detonador;

en la etapa 103 conectar cada conjunto a un material explosivo para formar un cebador;

en la etapa 104 colocar cada cebador en la perforación;

en la etapa 105 cargar explosivo en cada perforación;

en la etapa 106 contener opcionalmente cada perforación;

en la etapa 107 transmitir señales de comandos inalámbricas para controlar y ENCENDER cada conjunto.

El método incluye también, en la etapa 108, detectar al menos una condición del entorno en una proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico, volviendo cada conjunto incapaz de accionamiento si la al menos una condición del entorno detectada es o se hace desfavorable o cae fuera de condiciones predeterminadas para voladura. En la Figura 5, la etapa 108 tiene lugar después de la etapa 107. Sin embargo, en algunas realizaciones alternativas, la etapa 108 puede tener lugar antes de, después, o concurrentemente con cualquiera de las etapas 101 a 107.

En la etapa 107, las señales de comandos pueden comprender cualquier forma de señales inalámbricas como se describe en el presente documento, pero en realizaciones seleccionadas pueden ser señales de RF o magneto-inductivas.

Opcionalmente, la detección de la al menos una condición del entorno puede ser específica a las condiciones del entorno que se espera que se asocien normalmente con un sitio de voladura, o específicas a un sitio de voladura particular, de manera que el fallo al satisfacer los parámetros predeterminados con respecto a la al menos una condición del entorno es indicativo de la ausencia del conjunto de detonador inalámbrico del sitio de voladura o colocación inapropiada del conjunto de detonador inalámbrico en el sitio de voladura. Como alternativa, la detección de la condición o condiciones del entorno pueden ser específicas a condiciones del entorno normalmente esperadas en una perforación, de manera que el fallo al satisfacer los parámetros predeterminados con respecto a la condición o condiciones del entorno para un conjunto de detonador inalámbrico particular es indicativo de que el detonador inalámbrico no está situado apropiadamente en una perforación.

En cualquiera de los métodos desvelados en el presente documento, cada conjunto de detonador inalámbrico puede comprender además de manera opcional una caja superior remota del cartucho de detonador y componentes asociados, situada en o por encima del nivel del suelo, en el que la detección de las condiciones del entorno tiene lugar en o por encima del nivel del suelo en cada perforación. Como alternativa, cada conjunto de detonador inalámbrico puede incluir un contenedor o alojamiento para contener o alojar al menos componentes distintos al detonador del conjunto.

En cualquiera de los métodos desvelados en el presente documento, la detección puede detectar al menos una condición del entorno seleccionada de, pero sin limitación: temperatura, luz, vibración, humedad, densidad. En cualquiera de los métodos desvelados en el presente documento, opcionalmente al menos la etapa 101 y opcionalmente etapas adicionales, pueden realizarse en una 'ventana de despliegue', en la que la detección no tiene lugar, o cada conjunto de detonador inalámbrico no responde a tal detección, después de que tiene lugar la detección, y cada detonador inalámbrico responde a la condición del entorno detectada.

El método puede incluir una etapa adicional de cuenta a atrás de una ventana temporal en la que cada conjunto de detonador inalámbrico detecta su condición o condiciones del entorno por medio de sus sensores de estado, y fuera de la que cada conjunto de detonador inalámbrico está inactivo no detectando su condición o condiciones del entorno. De esta manera, cada conjunto de detonador inalámbrico únicamente puede recibir y / o procesar una señal de comando para ENCENDER si se cumplen ambas de las siguientes condiciones: la señal de comando para ENCENDER se envía a y se recibe mediante cada conjunto de detonador inalámbrico en una ventana temporal específica, y cada conjunto de detonador inalámbrico 'detecta' condiciones del entorno en su proximidad inmediata y son adecuadas para voladura.

En realizaciones seleccionadas de los métodos desvelados en el presente documento, los métodos pueden comprender además una etapa opcional de: transmitir desde cada conjunto de detonador inalámbrico a una máquina de voladura asociada, dispositivo portátil o registrador, datos que corresponden a la condición o condiciones del entorno en la proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico en el sitio de voladura. De esta manera, una máquina de voladura, dispositivo portátil o registrador puede recopilar, y opcionalmente registrar o procesar información con respecto a condiciones del entorno en el sitio de voladura, y su capacidad de adecuación para voladura, según se detecta mediante los conjuntos de detonador inalámbricos. Esta colección de datos en sí misma presenta ventajas de seguridad significativas, mediante los conjuntos de detonador inalámbrico desvelados en el presente documento.

Para mayor certeza y claridad, cualquiera de los conjuntos y métodos de detonador inalámbricos para voladura descritos en el presente documento puede implicar un único evento de detección para condiciones del entorno en la proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico (por ejemplo en un tiempo predeterminado después la colocación del detonador o bajo demanda desde la máquina de voladura), o detección infrecuente (por ejemplo cuando se solicita desde una máquina de voladura asociada), o detección periódica o continua de condiciones del entorno para cada detonador inalámbrico. Las realizaciones desveladas en el presente documento no están limitadas en este sentido.

A través de investigación cuidadosa, los inventores han determinado que ciertos detonadores inalámbricos y sistemas de voladura de la técnica anterior son problemáticos con respecto a accionamiento inadvertido o accidental de los detonadores. La comunicación inalámbrica rápida y precisa entre una máquina de voladura y detonadores inalámbricos asociados presenta un desafío difícil, independientemente de la naturaleza de los sistemas de comunicación inalámbricos. Una de las señales más importantes que debe procesarse apropiadamente y de manera precisa mediante un detonador inalámbrico es la señal de ENCENDER. El fallo de los sistemas de comunicación para encender detonadores bajo comandos, o accionamiento de detonador inapropiado en cualquier otro momento, puede dar como resultado un riesgo significativo de lesiones graves o muerte para cualquiera que maneje o esté en proximidad cercana a los detonadores. La prevención de accionamiento de detonador inadvertido o accidental es de importancia primordial para operaciones de voladura.

Se desvelan en el presente documento conjuntos de detonadores inalámbricos, y métodos para voladura que implican los conjuntos de detonadores inalámbricos. Los conjuntos de detonador inalámbricos utilizan una combinación novedosa de componentes que, conjuntamente, proporcionan un medio para evitar o al menos evitar sustancialmente el accionamiento inadvertido del detonador especialmente cuando los detonadores no se sitúan apropiadamente según se requiera para voladura en el sitio de voladura. En ciertas realizaciones particulares, los conjuntos de detonador inalámbricos comprenden uno o más sensores de estado para muestreo o detección única, continua o intermitente de la condición o condiciones del entorno en la proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico. De esta manera, los conjuntos de detonador inalámbricos se vuelven capaces de encenderse únicamente si la condición o condiciones del entorno caen dentro de parámetros predeterminados. De otra manera, al menos en realizaciones seleccionadas, los conjuntos de detonador inalámbricos pueden conmutar en o permanecer en un "modo seguro", en el que los conjuntos de detonador inalámbricos no pueden recibir, o no puede accionar tras, una señal de comando inalámbrica para ENCENDER.

Los conjuntos de detonador inalámbricos de la invención comprenden generalmente un detonador o detonador electrónico que puede usarse típicamente en el sitio de voladura junto con una máquina de voladura. La máquina de voladura puede transmitir al menos una señal de comando inalámbrica a cada conjunto de detonador inalámbrico tal como, pero sin limitación, señales de comandos para ARMAR, DESARMAR o ENCENDER. En realizaciones seleccionadas el conjunto de detonador inalámbrico comprende:

- un detonador que comprende un cartucho y una carga de base para accionamiento;
- módulo de recepción y procesamiento de señal de comando para recibir y procesar al menos una señal de comando inalámbrica desde una máquina de voladura;
- al menos un sensor de estado para detectar al menos una condición del entorno en una proximidad inmediata del conjunto de detonador inalámbrico;
- un módulo de activación / desactivación para hacer al conjunto de detonador inalámbrico capaz de accionamiento en respuesta a una señal de comando para ENCENDER únicamente cuando el al menos un sensor de estado detecta que la al menos una condición del entorno cae dentro de parámetros predeterminados adecuados para voladura, manteniendo de otra manera el conjunto de detonador inalámbrico un modo seguro que no puede recibir y / o responder a una señal de comando para ENCENDER; y
- al menos una fuente de alimentación para alimentar el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando, el al menos un sensor de estado, y el módulo de activación / desactivación.

El cartucho de detonador puede tomar cualquier forma incluyendo aquellas que son familiares en la técnica, junto con una carga de base típicamente pero no necesariamente localizada hacia un extremo del cartucho de detonador. Los medios de recepción y procesamiento de señal de comando pueden tomar cualquier forma adecuada para este fin, para recibir cualquier forma de señales inalámbricas incluyendo, pero sin limitación, señales electromagnéticas (por ejemplo ondas de radio que incluyen ondas de radio de baja frecuencia y de ultra baja frecuencia, luz), señales

acústicas, etc. Por ejemplo, para señales de comando que usan radiación electromagnética en el rango de frecuencia de radio, un módulo de recepción y procesamiento de señal de comando puede comprender un receptor de RF, y componentes electrónicos asociados para posibilitar el procesamiento o interpretación de las señales de RF recibidas para que se accionen mediante el conjunto de detonador inalámbrico. Para señales de radio transmitidas a conjuntos de detonador inalámbricos situados bajo tierra, pueden preferirse ondas de radio de baja frecuencia o ultra baja frecuencia, con el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando adaptado en consecuencia.

El al menos un sensor de estado forma una característica útil integral del conjunto de detonador inalámbrico, pero cada sensor de estado puede localizarse en cualquier posición con relación al cartucho de detonador: por ejemplo dentro o fuera del cartucho de detonador, opcionalmente dentro o parte de un contenedor o alojamiento separado o conectado al detonador, o como un componente de una caja superior pretendido para situar en o por encima del nivel del suelo en el sitio de voladura, en comunicación de corto alcance cableada o inalámbrica con otros componentes del conjunto de detonador inalámbrico localizados debajo de una perforación en la roca. En realizaciones adicionales, en las que un detonador como se describe en el presente documento forma parte de un amplificador electrónico inalámbrico o cebador correspondiente, cada sensor o sensores de estado incluso pueden localizarse en o cerca de un alojamiento o envoltura del amplificador o cebador electrónico inalámbrico. Por ejemplo, si el sensor de estado es una fotocélula para detectar luz, el sensor de estado puede localizarse en o extenderse a través de una superficie del alojamiento o la envoltura del amplificador electrónico inalámbrico, de manera que la detección de la luz mediante la fotocélula desactiva o mantiene inactivo un detonador localizado en o sustancialmente en el alojamiento o envoltura.

Cada sensor de estado puede ser de un tipo que detecta cualquier condición del entorno tal como pero sin limitación la siguiente lista no exhaustiva de parámetros en la proximidad inmediata del detonador inalámbrico: temperatura, niveles de luz, vibración, aceleración, humedad, densidad de material circundante, presión de material circundante, movimiento. Cada conjunto de detonador inalámbrico opcionalmente puede incluir más de uno o de hecho varios tipos diferentes de sensor de estado de modo que el conjunto detecta más de una condición del entorno, en el que el conjunto de detonador inalámbrico puede estar únicamente activo para recibir o responder a una señal de comando para ENCENDER si todos los sensores de estado detectan que la respectiva condición del entorno está dentro de parámetros predeterminados para que sean adecuados para voladura.

Por ejemplo, un conjunto de detonador inalámbrico puede comprender sensores de estado que incluyen una combinación de un sensor de luz y un acelerómetro. Durante el transporte y / o colocación de los conjuntos de detonador inalámbricos, el sensor de luz se expondrá (al menos periódicamente) a la luz, y un acelerómetro detectará (al menos periódicamente) aceleraciones provocadas por las vibraciones y otros movimientos. Por lo tanto, cualquier detección de luz, movimiento o vibración mediante los sensores de estado puede dar como resultado la desactivación (o mantenimiento) de un "modo seguro" para el conjunto de detonador inalámbrico, mediante el módulo de activación / desactivación.

Únicamente cuando el sensor de luz no detecta luz (o un nivel de luz razonablemente bajo), y el sensor de vibración no detecta vibración (o un nivel razonablemente bajo de vibración) (opcionalmente durante un periodo de tiempo mínimo predeterminado), caerían estas condiciones del entorno dentro de los parámetros de condiciones del entorno predeterminadas para que sean adecuadas para voladura, puesto que tales condiciones corresponderían a condiciones del entorno esperadas tras la colocación del conjunto de detonador inalámbrico debajo de una perforación en asociación con un amplificador y material explosivo, de acuerdo con la configuración apropiada para una voladura.

Los conjuntos de detonadores inalámbricos incluyen cada uno también al menos una fuente de alimentación para alimentar los componentes de cada conjunto de detonador inalámbrico, incluyendo pero sin limitación el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando y el al menos un sensor de estado. Una fuente de alimentación de este tipo puede comprender simplemente una batería o dispositivo cargable tal como un condensador. Como alternativa la fuente de alimentación puede ser una fuente de alimentación micronuclear, o cualquier otro medio para suministrar energía eléctrica. En realizaciones adicionales, un detonador inalámbrico puede incluir más de una fuente de alimentación, incluyendo por ejemplo una fuente de alimentación activa y una fuente de alimentación pasiva y características correspondientes como se conoce, por ejemplo, en la Patente de Estados Unidos 7.568.429 expedida el 4 de agosto de 2009, la materia objeto de la cual se incorpora en el presente documento por referencia.

Los conjuntos de detonador inalámbricos desvelados en el presente documento comprenden además un módulo de activación / desactivación, que opera junto con el sensor o sensores de estado. El módulo de activación / desactivación comprende cualquier medio para activar y / o desactivar selectivamente la funcionalidad de los conjuntos de detonador inalámbricos para recibir o responder a las señales de comando inalámbricas, y más específicamente a una señal de comando inalámbrica para ENCENDER, de acuerdo con la condición o condiciones del entorno detectadas mediante el sensor o sensores de estado. Únicamente cuando el al menos un sensor de estado detecta que la condición del entorno cae dentro de parámetros predeterminados adecuados para voladura, el módulo de activación / desactivación hace al detonador inalámbrico capaz de recibir y / o capaz de actuar tras una

señal de comando para ENCENDER. Ejemplos no limitantes de los módulos de activación / desactivación se harán evidentes a partir de lo anterior.

El conjunto de detonador inalámbrico comprende además un circuito de encendido asociado con la carga de base accionable a través de la aplicación de una corriente a través del circuito de encendido. En tales realizaciones, el módulo de activación / desactivación puede comprender un conmutador para abrir el circuito de encendido cuando el al menos un sensor de estado detecta condiciones del entorno que caen fuera de parámetros predeterminados adecuados para voladura, para evitar de esta manera que la corriente fluya a través del circuito de encendido, y para evitar el accionamiento de la carga de base, incluso si el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando recibe una señal de comando para ENCENDER.

Cada conjunto de detonador inalámbrico comprende un dispositivo de almacenamiento de carga tal como un condensador junto con un circuito de encendido, de modo que tras la recepción mediante el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando de una señal de comando para ENCENDER, el condensador está conectado mediante el circuito de encendido a la carga de base. Esto a su vez puede provocar una corriente en el circuito de encendido suficiente para accionar la carga de base. En tales realizaciones, el módulo de activación / desactivación puede comprender, por ejemplo, medios de descarga para purgar selectivamente la carga lejos del dispositivo de almacenamiento de carga siempre que al menos un sensor de estado detecte condiciones del entorno que caen fuera de parámetros predeterminados adecuados para voladura.

Los ejemplos anteriores no son limitantes y son meramente ilustrativos de los tipos de módulos de activación / desactivación que pueden ser adecuados para modular la capacidad de respuesta de un conjunto de detonador inalámbrico como se desvela en el presente documento para las condiciones del entorno en su proximidad inmediata, según se detecta mediante el sensor o sensores de estado.

Por lo tanto, los conjuntos de detonador inalámbricos desvelados en el presente documento comprenden un sensor o sensores de estado que operan junto con un módulo de activación / desactivación para controlar si cada conjunto de detonador inalámbrico está o no en una condición adecuada para accionar el detonador (tras la recepción de una señal de comando para ENCENDER). Los sensores de estado para un conjunto de detonador inalámbrico particular pueden seleccionarse en términos de la condición del entorno que detectan, o en términos de su sensibilidad a esa condición de entorno, de acuerdo con el transporte, almacenamiento y uso final pretendido del conjunto de detonador inalámbrico. Por ejemplo, los sensores de estado para un conjunto de detonador inalámbrico particular pueden seleccionarse para detectar una condición del entorno particular asociada con un sitio de voladura, de manera que el fallo para satisfacer los parámetros predeterminados con respecto a la condición o condiciones del entorno puede ser indicativo de la ausencia del conjunto de detonador inalámbrico del sitio de voladura o colocación inapropiada del conjunto de detonador inalámbrico en el sitio de voladura. Como alternativa, el al menos un sensor de estado puede seleccionarse para detectar condiciones del entorno normalmente asociadas con condiciones debajo de una perforación en roca a volar, tal como una temperatura, humedad, presión particulares o incluso condiciones del entorno asociadas con la roca o materiales circundantes tales como densidad.

Las condiciones del entorno tales como exposición de luz, o la detección de movimiento, aceleración o vibración pueden asociarse con el transporte o colocación del conjunto de detonador inalámbrico antes de la voladura. Por lo tanto, en ciertas realizaciones, los sensores de estado pueden seleccionarse en consecuencia en los cuales cada conjunto de detonador inalámbrico permanece en una condición inactiva que no puede recibir o responder a señales de comando para ENCENDER mientras se detecte cualquier luz o movimiento mediante sus sensores de estado.

Cada sensor de estado puede colocarse en cualquier posición con relación al cartucho de detonador, y pueden preferirse ciertas posiciones de acuerdo con la condición del entorno particular que se detecte. Por ejemplo, algunos sensores de estado pueden localizarse en cada cartucho de detonador, protegidos por lo tanto de daños o infiltración de agua durante el transporte o colocación o del conjunto de detonador inalámbrico. Sin embargo, tales sensores de estado, cuando se localizan en el cartucho de detonador, pueden opcionalmente ser capaces de detectar al menos una condición del entorno en un exterior del cartucho de detonador. Puede requerirse que otros sensores de estado estén localizados en un exterior de un cartucho de detonador para realizar su función, o en el interior o exterior de un contenedor o alojamiento para componentes del conjunto. Por ejemplo, algunos conjuntos de detonador inalámbricos pueden comprender una 'caja superior' remota del cartucho de detonador y componentes asociados, para permanecer en o por encima del nivel del suelo cuando el conjunto de detonador inalámbrico se coloca en un sitio de voladura, en el que al menos un sensor de estado puede asociarse con la caja superior. Por ejemplo, si un sensor de estado particular detecta si un conjunto de detonador inalámbrico particular puede recibir o no señales de radio desde una máquina de voladura, entonces a menos que las señales de RF sean adecuadas para recorrer a través de la roca, el sensor de estado puede situarse mejor en o por encima del nivel del suelo.

Sin embargo, las realizaciones seleccionadas no están limitadas al uso de cajas superiores, y abarcan conjuntos de detonador inalámbricos en los que los componentes distintos de detonador están localizados o alojados en un alojamiento u otro contenedor remoto del detonador (con comunicación inalámbrica con el detonador) o con una conexión cableada con el detonador separada del detonador, o físicamente unida al detonador. Los sensores de

estado pueden localizarse en o sobre o a través de una superficie exterior o alojamiento de cualquier caja superior, contenedor o alojamiento presente.

5 Cada sensor de estado puede situarse también en o en asociación con otros componentes en la proximidad del detonador. Por ejemplo, si el detonador forma parte de un amplificador electrónico inalámbrico o cebador correspondiente, el conjunto puede contenerse o retenerse sustancialmente en o conectarse a un alojamiento o envoltura para el amplificador electrónico inalámbrico o cebador correspondiente. Dependiendo de la naturaleza de los sensores de estado a emplearse, puede ser preferente tener los sensores de estado localizados de tal manera que se extiendan a través del alojamiento o envoltura, o estén localizados en una superficie exterior del alojamiento o envoltura. De esta manera, cada sensor de estado puede detectar condiciones del entorno inmediatamente adyacentes al exterior del alojamiento o envoltura. Por ejemplo, si cada sensor de estado es una fotocélula o detector de luz, cualquier luz que caiga en el exterior del alojamiento o envoltura del amplificador electrónico inalámbrico o cebador sería indicativa de la no colocación o colocación inapropiada del amplificador electrónico inalámbrico en el sitio de voladura. A su vez, la luz detectada mediante los sensores de estado situados para detectar luz fuera del alojamiento o envoltura, da como resultado transmisión de, o mantenimiento de, una señal a un conjunto localizado en o sustancialmente en o conectado al alojamiento o envoltura, por lo tanto para provocar que el conjunto adopte o retenga un estado inactivo o inadecuado para accionamiento.

20 En realizaciones aún adicionales, cada conjunto de detonador inalámbrico puede comprender opcionalmente un reloj para cuenta a atrás de una 'ventana de despliegue'. Cada ventana de despliegue puede ser una ventana temporal preseleccionada en la que cada sensor de estado está inactivo, o en la que el detonador inalámbrico no responde a su sensor o sensores de estado. Una vez que el reloj ha completado la cuenta atrás de la ventana de despliegue, el al menos un sensor de estado puede a continuación iniciar o volver a iniciar la condición o condiciones del entorno en la proximidad inmediata del conjunto, de modo que el conjunto responde entonces a la condición o condiciones del entorno. De esta manera, el uso de un reloj para proporcionar una ventana de despliegue permite a los sensores de estado permanecer latentes (o el conjunto de detonador inalámbrico no responde a los sensores de estado) al menos durante un periodo de tiempo adecuado, por ejemplo, para que se desplieguen los conjuntos de detonador inalámbricos y se coloquen debajo de las perforaciones en la roca. Después de que se haya agotado la ventana de despliegue, los detonadores inalámbricos pueden a continuación adoptar o recuperar una condición en respuesta a la condición o condiciones del entorno en la proximidad inmediata de los conjuntos de detonador inalámbricos según se detecta mediante los sensores de estado. Cada bloque puede programarse con cualquier tiempo para la ventana de despliegue, tal como, pero sin limitación 5, 15, 60 o 120 minutos o más dependiendo de, por ejemplo, las disposiciones de voladura, las condiciones de sitio de voladura, la distancia desde el lugar de control para la voladura, etc.

35 En realizaciones aún más adicionales, los conjuntos de detonador inalámbricos pueden comprender un reloj para cuenta a atrás de una ventana temporal en la que el conjunto de detonador inalámbrico detecta, o está receptivo a detectar, mediante los sensores de estado, la condición o condiciones del entorno de su proximidad inmediata, en el que cada conjunto de detonador inalámbrico mantiene un estado inactivo inadecuado para el accionamiento del detonador. En tales realizaciones, por lo tanto, cada conjunto de detonador inalámbrico permanece inactivo para responder a, recibir y / o procesar una señal de comando para ENCENDER a menos que el conjunto esté en la ventana temporal, y a menos que el conjunto esté en un entorno apropiado y adecuado para la voladura.

45 En otras realizaciones ejemplares, los conjuntos de detonador inalámbricos desvelados en el presente documento pueden comprender además medios de transmisión de señal inalámbrica, para transmitir a una máquina de voladura asociada, dispositivo portátil o registrador, datos que corresponden a la condición o condiciones del entorno en la proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico en el sitio de voladura para cada conjunto de detonador inalámbrico. De esta manera, cualquier máquina de voladura asociada, dispositivo portátil o registrador puede recopilar y opcionalmente procesar información con respecto a las condiciones del entorno en el sitio de voladura (tal como las condiciones del entorno en las perforaciones en el sitio de voladura) y la capacidad de adecuación de estas condiciones para ejecutar un evento de voladura. Esta colección de datos en sí misma presenta ventajas de seguridad significativas, mediante los detonadores inalámbricos desvelados en el presente documento.

55 Aunque la invención se ha descrito con referencia a realizaciones específicas de conjuntos de detonador inalámbricos, sistemas de voladura y métodos de voladura, un experto en la materia reconocería otros conjuntos de detonador inalámbricos, sistemas de voladura y métodos para voladura que no se han descrito específicamente, no obstante radicarían dentro del alcance pretendido de la invención. Se pretende abarcar todas tales realizaciones dentro del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

60

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto de detonador inalámbrico (10) para su uso junto con una máquina de voladura que transmite al menos una señal de comando inalámbrica al conjunto de detonador inalámbrico, comprendiendo el conjunto de detonador inalámbrico:
- 5 un detonador (12) que comprende un cartucho y una carga de base para accionamiento; módulo de recepción y procesamiento de señal de comando (40) para recibir y procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica desde dicha máquina de voladura;
- 10 al menos un sensor de estado (15) para detectar al menos una condición del entorno en una proximidad inmediata del conjunto de detonador inalámbrico;
- un módulo de activación / desactivación (42) para hacer al conjunto de detonador inalámbrico capaz de accionamiento en respuesta a una señal de comando para ENCENDER cuando dicho al menos un sensor de estado detecta que la al menos una condición del entorno cae dentro de parámetros predeterminados adecuados para voladura, manteniendo de otra manera el conjunto de detonador inalámbrico un modo seguro que no puede recibir y / o responder a una señal de comando para ENCENDER; y
- 15 un circuito de encendido (43) asociado con la carga de base, caracterizado por que el circuito de encendido incluye un dispositivo de almacenamiento de carga de manera que, tras la recepción mediante el módulo de recepción y procesamiento de señal de comando de una señal de comando para ENCENDER, el dispositivo de almacenamiento de carga puede descargar una corriente en el circuito de encendido, siendo la corriente suficiente para accionar la carga de base; y
- 20 por que el módulo de activación / desactivación comprende medios de descarga para purgar selectivamente la carga lejos del dispositivo de almacenamiento de carga para volver el conjunto de detonación inalámbrico incapaz de accionamiento cuando el al menos un sensor de estado detecta condiciones del entorno que caen fuera de dichos parámetros predeterminados adecuados para voladura.
- 25
2. El conjunto de detonador inalámbrico de la reivindicación 1, en el que el módulo de recepción y procesamiento de una señal de comando (40) comprende un receptor de RF.
- 30
3. El conjunto de detonador inalámbrico de cualquiera de las reivindicaciones 1 o 2, en el que el al menos un sensor de estado (15) detecta al menos una condición del entorno del conjunto de detonador, de manera que el fallo al detectar una condición del entorno apropiada es indicativo de la ausencia del conjunto de detonador inalámbrico de, o colocación inapropiada del detonador inalámbrico en, el sitio de voladura.
- 35
4. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el al menos un sensor de estado (15) detecta al menos una condición del entorno que está normalmente asociada con condiciones debajo de una perforación en la roca a volar.
- 40
5. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que el al menos un sensor de estado (15) está localizado en dicho cartucho de detonador.
- 45
6. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además una caja superior remota del cartucho de detonador y componentes asociados, para permanecer en o por encima del nivel del suelo cuando el conjunto de detonador inalámbrico está colocado en un sitio de voladura.
7. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende además un contenedor o alojamiento para contener o alojar al menos los componentes del conjunto distintos al detonador, con un enlace cableado o inalámbrico entre los otros componentes y el detonador.
- 50
8. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que dicho módulo de activación / desactivación comprende además un conmutador para abrir el circuito de encendido cuando dicho al menos un sensor de estado detecta que la al menos una condición del entorno cae fuera de dichos parámetros predeterminados adecuados para voladura, para evitar de esta manera el accionamiento de la carga de base incluso tras la recepción mediante el módulo de recepción y procesamiento de señal de una señal de comando para ENCENDER.
- 55
9. El conjunto de detonador inalámbrico de la reivindicación 1, en el que el dispositivo de almacenamiento de carga incluye un condensador.
- 60
10. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende además un reloj para contar hacia atrás una ventana de despliegue, en la que el al menos un sensor de estado está inactivo, o en la que el detonador inalámbrico no responde a al menos un sensor de estado, después de lo cual el al menos un sensor de estado (15) detecta la al menos una condición del entorno en la proximidad inmediata del conjunto de detonador, y el conjunto de detonador responde a la al menos una condición del entorno.
- 65

- 5 11. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, que comprende además un reloj para contar hacia atrás una ventana temporal para un evento de voladura, en el que los sensores de estado (15) están activos para detectar la al menos una condición del entorno de la proximidad inmediata del conjunto únicamente en dicha ventana temporal.
12. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que cada sensor de estado (15) detecta al menos una condición del entorno seleccionada de entre: temperatura, luz, movimiento, aceleración, vibración, humedad, densidad y presión.
- 10 13. El conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende además medios de transmisión de señal inalámbrica, para transmitir a una máquina de voladura asociada, dispositivo portátil o registrador, datos que corresponden a la condición del entorno en su proximidad inmediata en el sitio de voladura.
- 15 14. Un método para volar roca pre-taladrada con perforaciones, comprendiendo el método las etapas de:
- 1) asignar a cada perforación al menos un conjunto de detonador inalámbrico de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13;
 - 2) usar opcionalmente un dispositivo portátil o registrador para comunicar con cada conjunto asignado para leer datos desde y / o programar datos en cada conjunto;
 - 20 3) conectar cada conjunto a un material explosivo para formar un cebador;
 - 4) colocar cada cebador en la perforación;
 - 5) cargar explosivo en cada perforación;
 - 6) opcionalmente contener cada perforación;
 - 7) transmitir señales de comandos inalámbricas para controlar y ENCENDER cada detonador;
- 25 caracterizado por que en cualquier momento el método comprende además: detectar al menos una condición del entorno en una proximidad inmediata de cada conjunto de detonador inalámbrico, en la cual en cualquier momento uno de los conjuntos de detonador inalámbricos detecta que la al menos una condición del entorno está o pasa a estar fuera de los parámetros predeterminados para voladura, los medios de descarga del respectivo conjunto de detonación inalámbrico purgan la carga lejos del dispositivo de almacenamiento de carga para volver a ese conjunto
- 30 incapaz de accionamiento.
15. Un cebador electrónico inalámbrico para su uso junto con una máquina de voladura, controlando dicha máquina de voladura dicho cebador electrónico inalámbrico mediante al menos una señal de comando inalámbrica, comprendiendo el cebador electrónico inalámbrico:
- 35 el conjunto de detonador inalámbrico (10) de la reivindicación 1;
- una carga explosiva en asociación operativa con dicho detonador (12), de manera que el accionamiento de dicha carga de base provoca el accionamiento de dicha carga explosiva;
- dicho módulo de recepción y procesamiento de señal de comando (40) en comunicación de señal con dicho
- 40 detonador (12) de manera que tras la recepción de una señal de comando para ENCENDER mediante dicho módulo de recepción y procesamiento de señal de comando (40) dicha carga de base y por lo tanto dicha carga explosiva se accionan, proporcionando dicho al menos un sensor de estado condiciones del entorno de detección que caen dentro de parámetros predeterminados adecuados para voladura.

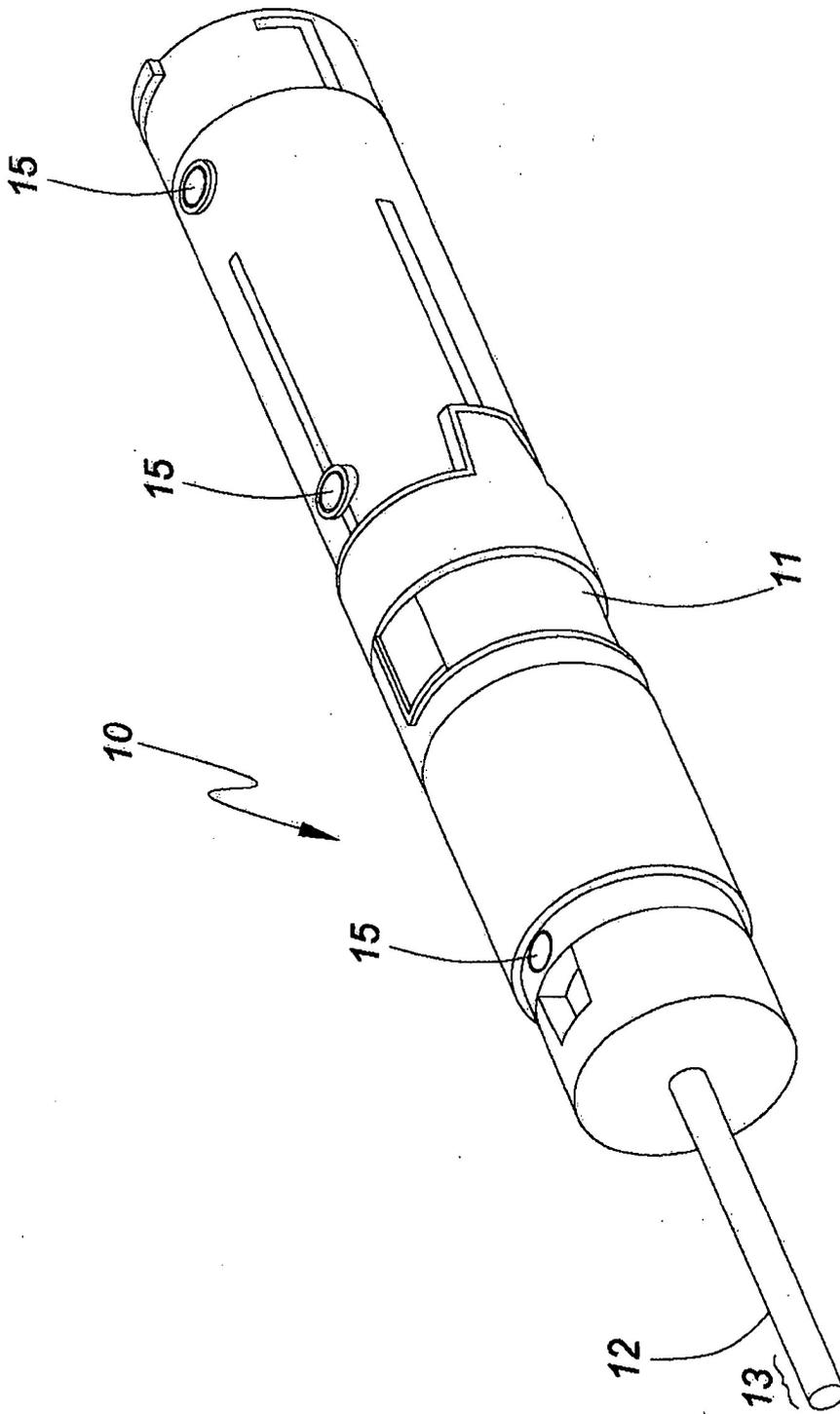


FIG. 1

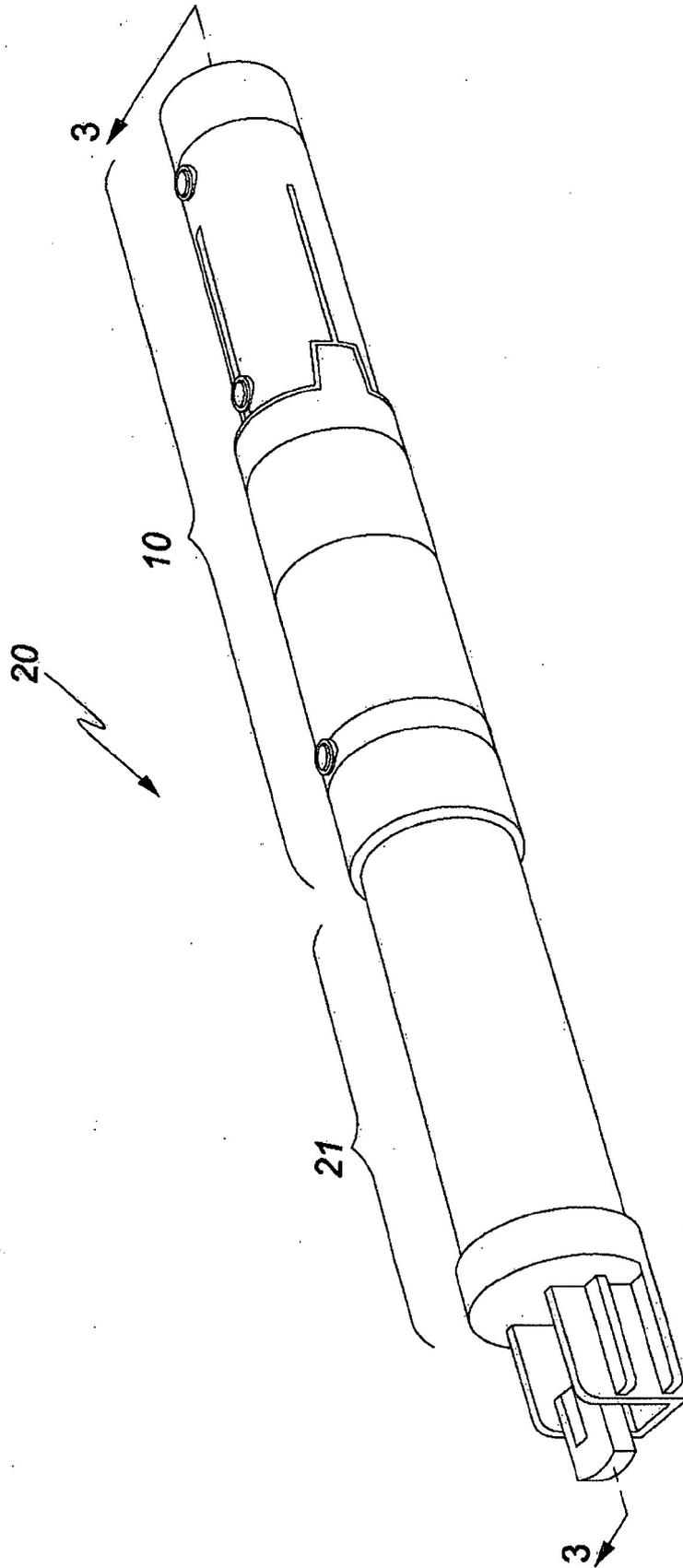


FIG. 2

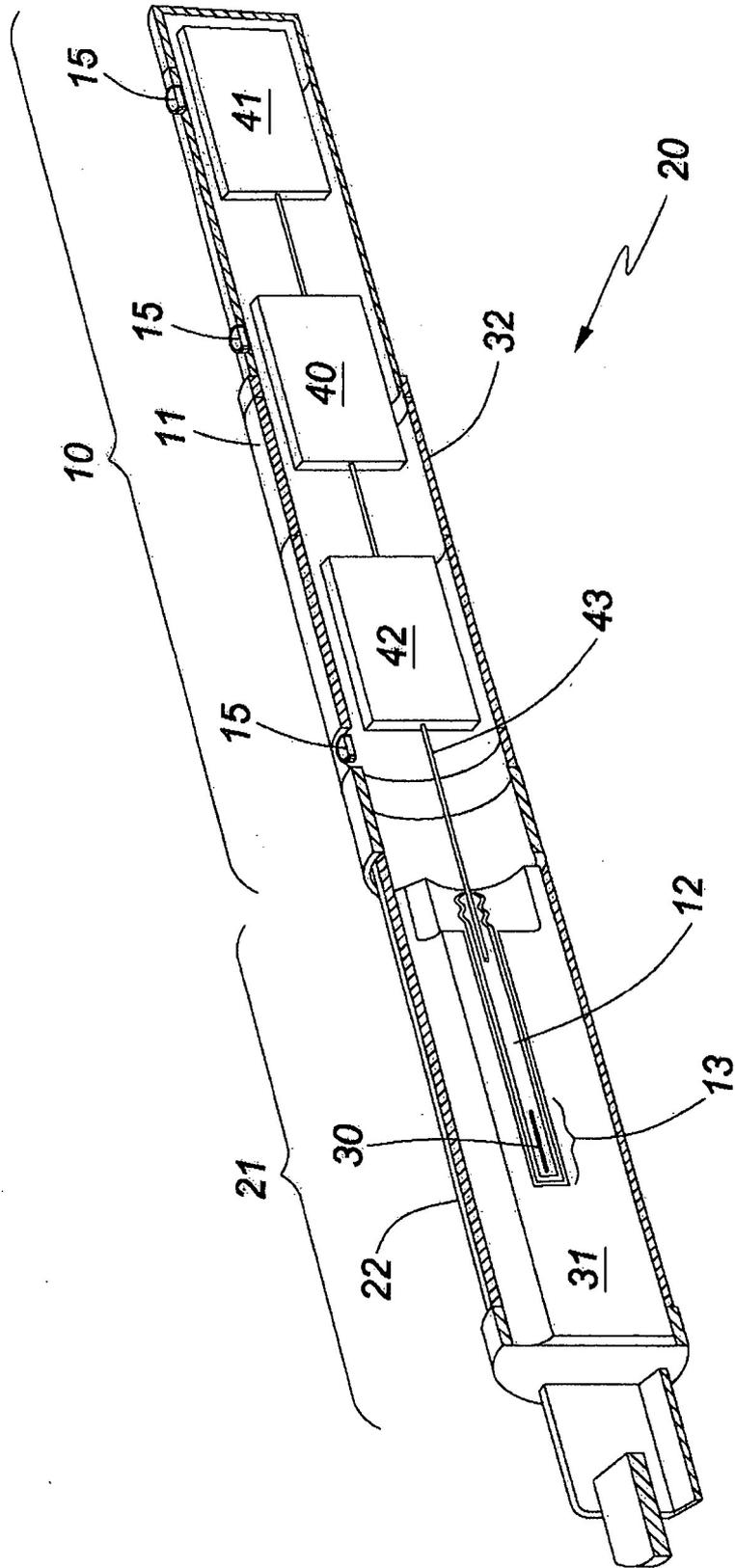


FIG. 3

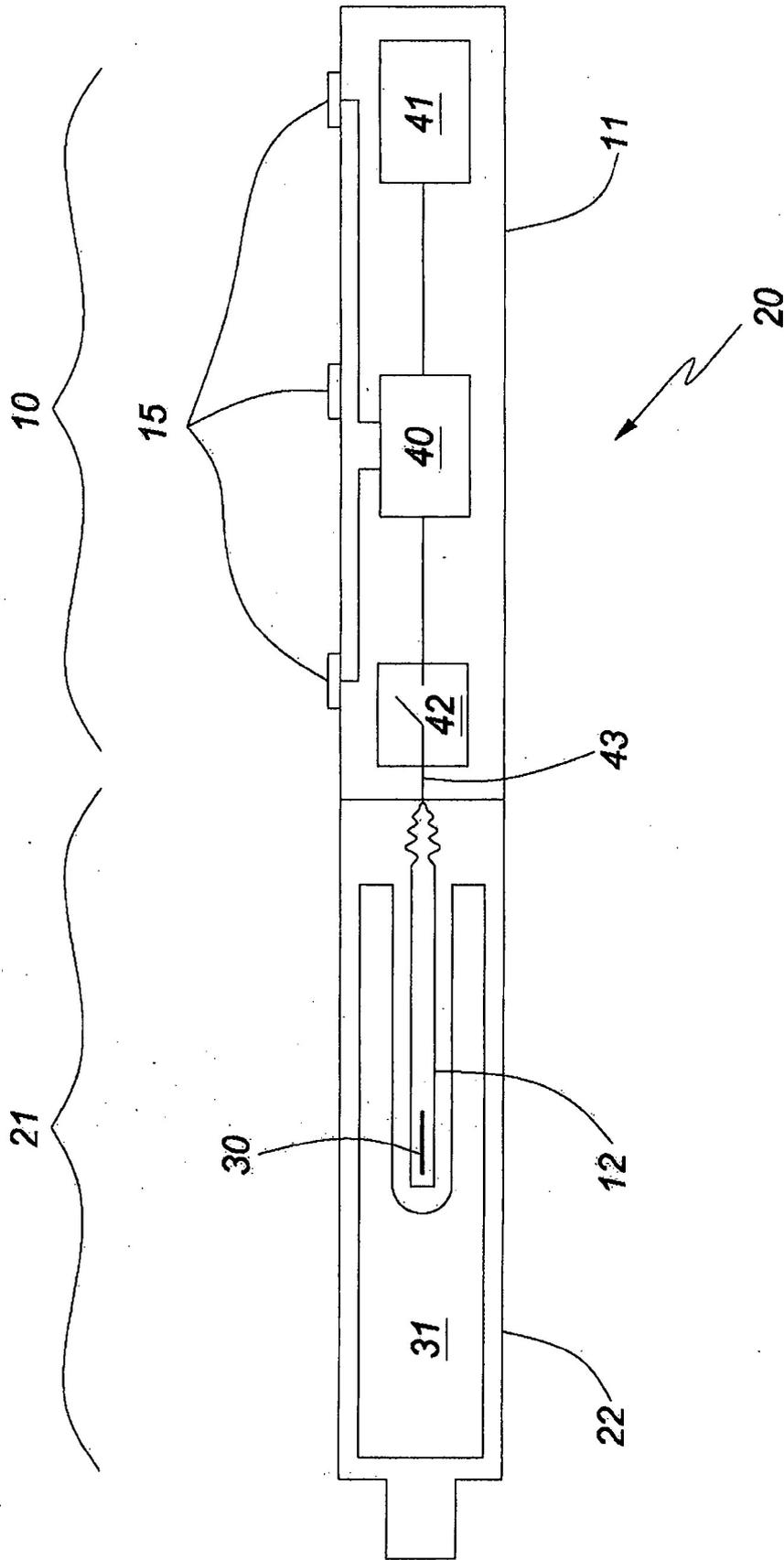


FIG. 4

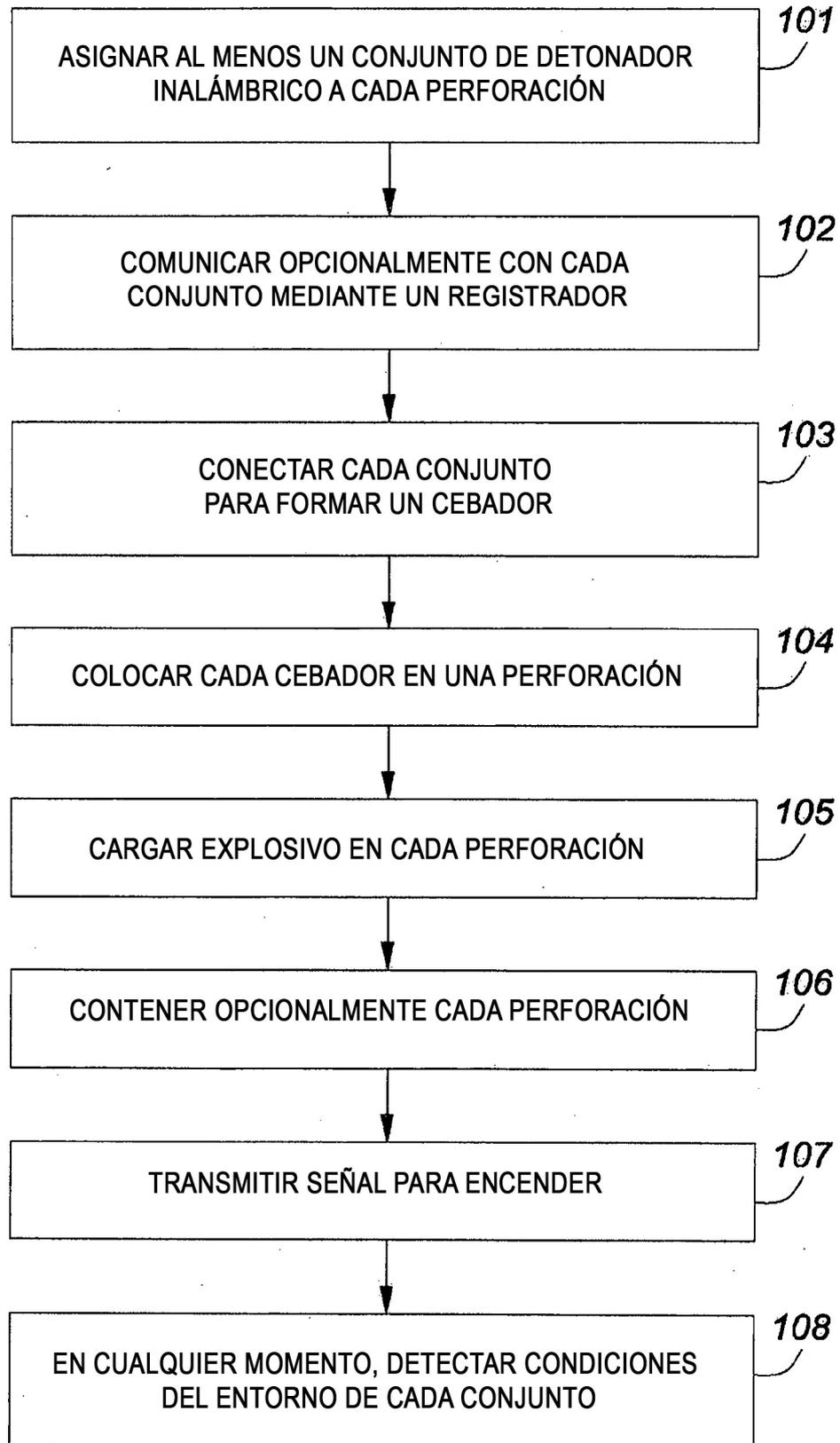


FIG. 5