

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 424 135**

51 Int. Cl.:

F42B 3/18 (2006.01)

F42D 1/055 (2006.01)

F42D 1/02 (2006.01)

F42D 5/04 (2006.01)

F42B 3/113 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2006 E 06705015 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.03.2013 EP 1859223**

54 Título: **Conjunto de detonador inalámbrico, y métodos de voladura**

30 Prioridad:

18.03.2005 US 662806 P

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

27.09.2013

73 Titular/es:

**ORICA EXPLOSIVES TECHNOLOGY PTY LTD
(100.0%)
1 NICHOLSON STREET
MELBOURNE, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**HUMMEL, DIRK;
MCCANN, MICHAEL JOHN y
STEWART, RONALD F.**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 424 135 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

Conjunto de detonador inalámbrico, y métodos de voladura

5 Campo de la invención

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

Antecedentes de la invención

En operaciones de minería, la fragmentación y rotura eficaces de roca por medio de cargas explosivas requiere técnica y experiencia considerables. En la mayoría de las operaciones de minería se colocan cargas explosivas en cantidades apropiadas en posiciones predeterminadas dentro de la roca. Las cargas explosivas se accionan entonces a través de detonadores que tienen retardos de tiempo predeterminados, proporcionando de ese modo un patrón de voladura y de fragmentación de roca deseado. Tradicionalmente, se transmiten señales a los detonadores desde una máquina de voladura asociada a través de sistemas no eléctricos que emplean cable de detonación de baja energía (LEDC) o tubos de transmisión. Alternativamente, pueden usarse cables eléctricos para transmitir señales más sofisticadas a y desde detonadores electrónicos. Por ejemplo, tal señalización puede incluir instrucciones de ARMAR, DESARMAR, y tiempo de retardo para la programación remota de la secuencia de disparo de detonador. Además, como característica de seguridad, los detonadores pueden almacenar códigos de disparo y responder a señales de ARMAR y de DISPARAR sólo tras la recepción de códigos de disparo coincidentes desde la máquina de voladura. Pueden programarse detonadores electrónicos con retardos de tiempo con una precisión de 1 ms o menos.

El establecimiento de una disposición de voladura por cable implica el posicionamiento correcto de cargas explosivas dentro de perforaciones en la roca, y la conexión correcta de cables entre una máquina de voladura asociada y los detonadores. El proceso suele requerir mucho trabajo y depende en gran medida de la precisión y meticulosidad del operario de voladura. Cabe destacar que el operario de voladura debe garantizar que los detonadores están en relación de transmisión de señal correcta con una máquina de voladura, de tal manera que la máquina de voladura al menos puede transmitir señales de orden para controlar cada detonador, y a su vez accionar cada carga explosiva. Las conexiones inadecuadas entre componentes de la disposición de voladura pueden producir pérdida de comunicación entre las máquinas de voladura y los detonadores, y por tanto problemas de seguridad mayores. Se requiere bastante cuidado para garantizar que los cables discurren entre los detonadores y una máquina de voladura asociada sin alteraciones, enganchones, daños u otra interferencia que puede impedir el control y funcionamiento correctos del detonador a través de la máquina de voladura unida.

Los sistemas de detonador inalámbrico ofrecen el potencial para sortear estos problemas, mejorando de ese modo la seguridad en el sitio de voladura. Al evitar el uso de conexiones físicas (por ejemplo cables eléctricos, tubos de transmisión, LEDC o cables ópticos) entre detonadores, y otros componentes en el sitio de voladura (por ejemplo máquinas de voladura) la posibilidad de montaje incorrecto de la disposición de voladura se reduce. Otra ventaja de los detonadores inalámbricos se refiere a la facilitación de establecimiento automatizado de las cargas explosivas y detonadores asociados en el sitio de voladura. Esto puede incluir, por ejemplo, carga automatizada de detonadores en perforaciones, y asociación automatizada de un detonador correspondiente con cada carga explosiva, por ejemplo, que implique sistemas robotizados. Esto proporcionaría mejoras espectaculares en la seguridad del sitio de voladura dado que los operarios de voladura podrían montar el despliegue de voladura desde ubicaciones completamente remotas. Sin embargo, tales sistemas presentan grandes retos tecnológicos, muchos de los cuales están aún por resolver. Un obstáculo para la automatización es la dificultad de manipulación y manejo robotizados de los detonadores en el sitio de voladura, particularmente cuando los detonadores requieren conexión u otras formas de anclaje a cables eléctricos, tubos de transmisión o similares. Los detonadores inalámbricos y los sistemas de detonador inalámbrico correspondientes pueden ayudar a sortear tales dificultades, y son claramente más manejables para la aplicación con operaciones automatizadas de minería.

Sin embargo, el desarrollo de sistemas de voladura inalámbrica presenta nuevos retos con respecto a los problemas de seguridad. En un ejemplo, cada conjunto de detonador inalámbrico debe incluir alguna forma de medios de comunicación para permitir la recepción, y procesamiento por el conjunto de detonador inalámbrico de señales de orden (por ejemplo señales de ARMAR, DESARMAR, DISPARAR, etc.) recibidas de manera inalámbrica desde una máquina de voladura asociada, y opcionalmente la transmisión de señales (por ejemplo, incluyendo información de estado, códigos de disparo, tiempos de retardo, etc.) de vuelta a una máquina de voladura asociada. Para ello, cada conjunto de detonador inalámbrico debe incluir alguna forma de fuente de alimentación independiente (una "fuente de alimentación operativa") suficiente para alimentar los componentes de recepción, procesamiento y transmisión de señal del conjunto. Sin embargo, la presencia de la propia fuente de alimentación operativa presenta un riesgo inherente de accionamiento involuntario de detonador resultado de la aplicación accidental o inapropiada de la alimentación eléctrica operativa al conjunto de circuitos de disparo. Este problema se reconoce en la técnica, y se

han desarrollado anteriormente varios sistemas para reducir el riesgo de accionamiento involuntario del detonador.

Por ejemplo, la patente estadounidense 5.038.682 expedida el 13 de agosto de 1991 da a conocer un detonador electrónico controlable remoto y un método de detonación de una carga explosiva. El detonador comprende una antena, un receptor de RF, un condensador de almacenamiento de energía, un conmutador, un circuito de tiempo de retardo y un fusible. El método comprende las etapas de transmitir al detonador, por medio de un transmisor, una onda que comprende una portadora modulada en amplitud por una señal de modulación de baja frecuencia, que recibe la onda y que utiliza la energía en la onda para cargar un condensador, lo que permite la conmutación al aumentar la frecuencia de la señal de modulación y la comunicación, por medio de la onda, de una señal de orden de disparo al detonador. Tras un retardo de tiempo predeterminado, el conmutador conecta el condensador al fusible para energizar de ese modo el fusible.

En otro ejemplo, la publicación internacional de patente WO 2003/029748, publicada el 10 de abril de 2003, da a conocer un sistema de voladura que comprende un enlace inalámbrico entre un controlador de voladura y una pluralidad de detonadores electrónicos. Cada detonador comprende un iniciador electrónico y una carga explosiva respectivos. Los dispositivos de almacenamiento de carga de los iniciadores pueden cargarse mediante una portadora de una primera señal que tiene una primera frecuencia del orden de 400 MHz - 500 MHz y que se difunde por el controlador de voladura. Cada iniciador comprende además un conjunto lógico de circuitos accionado por una señal de reloj que se deriva de la primera señal y que tiene una frecuencia de reloj de aproximadamente 4 kHz, que es sustancialmente menor que la primera frecuencia.

El documento US 4.870.902 que da a conocer un conjunto de detonador inalámbrico según el preámbulo de la reivindicación 1, describe un sistema para iniciar un fulminante en el que la energía de luz pulsada se convierte en energía eléctrica. Un acoplador óptico acopla la fuente de energía a una disposición de disparo remota para transferir la energía de luz pulsada generada a la disposición de disparo. Una conexión eléctrica conecta la disposición de disparo a una resistencia de ignición en un detonador. Por tanto, la energía de luz generada se convierte en energía eléctrica y se transfiere a la resistencia de ignición, siendo la energía eléctrica transferida la energía de disparo para la resistencia de ignición.

El documento WO 99/24776 describe un sistema de detonación de inducción electromagnética controlada para la iniciación de un sistema de material detonable que incluye un módulo de carga de radio automatizada (ARCH) que puede conectarse a un detonador eléctrico, un módulo transductor para proporcionar alimentación operacional por inducción electromagnética al módulo ARCH, y un controlador remoto para enviar instrucciones al módulo transductor desde una ubicación remota respecto al detonador. Tras completar una secuencia de armado, el módulo transductor genera un campo electromagnético que es captado por una bobina en el módulo ARCH y usado para alimentar el módulo ARCH y proporcionar una corriente de detonación para el detonador. El módulo transductor o al menos una bobina del mismo que produce el campo electromagnético se soporta sobre o en una barra de ataque que a su vez actúa como núcleo de un electroimán que confina el flujo magnético para su captación por el módulo ARCH.

Se ha avanzado en el desarrollo de conjuntos de detonador inalámbrico con características de seguridad internas. No obstante, los sistemas de voladura inalámbrica existentes todavía presentan problemas de seguridad significativos, y se requieren mejoras si los sistemas de voladura inalámbrica van a convertirse en una alternativa más viable a los sistemas de voladura "por cable" los tradicionales.

Sumario de la invención

Un objeto de la presente invención es, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un conjunto que comprende un detonador o conjunto de detonador que puede soportar comunicación inalámbrica con una máquina de voladura asociada.

Otro objeto de la presente invención es, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un detonador o conjunto de detonador en el que el riesgo de activación involuntaria del circuito de disparo, y accionamiento de la carga de base se elimina esencialmente.

Aún otro objeto de la presente invención es, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un método para la comunicación inalámbrica con un detonador, que incluye una opción de disparar el detonador, en el que el riesgo de accionamiento involuntario de detonador se elimina sustancialmente.

Los inventores han logrado el desarrollo de un conjunto de detonador inalámbrico para su uso en operaciones de minería, pudiendo soportar el conjunto de detonador inalámbrico comunicación con una máquina de voladura correspondiente e incluyendo características que evitan sustancialmente el riesgo de accionamiento accidental de detonador resultado del uso inapropiado de potencia operativa para comunicaciones. De este modo, un operario de voladura que trabaja en un sitio de voladura puede posicionar cargas explosivas, asociar conjuntos de detonador inalámbrico de la invención con las cargas explosivas y alejarse del sitio de voladura, sin la necesidad de establecer y tender gran cantidad de conexiones por cable entre los componentes del sistema de voladura. Esto no sólo reduce

el tiempo y coste de la operación de voladura, sino que se mejora la seguridad del sistema global.

En una realización preferida, la invención incluye un conjunto de detonador inalámbrico que comprende un pequeño generador de suficiente capacidad para alimentar un conjunto de circuitos de comunicaciones inalámbricas, pero de capacidad insuficiente para provocar el accionamiento de la carga de base del detonador a través del conjunto de circuitos de disparo. El conjunto puede comprender además un dispositivo de almacenamiento de carga u otra forma de multiplicador de tensión que pueda cargarse por la fuente de alimentación operativa, descargándose la carga almacenada en el mismo al conjunto de circuitos de disparo sólo en respuesta a una señal de disparo.

En un primer aspecto de la presente invención se proporciona un conjunto de detonador inalámbrico para su uso en relación con una máquina de voladura que transmite al menos una señal de orden inalámbrica al conjunto de detonador inalámbrico, comprendiendo el conjunto de detonador inalámbrico:

un detonador que comprende una carga de base;

medios de recepción y procesamiento de señal de orden para recibir y procesar dicha al menos una señal de orden inalámbrica desde dicha máquina de voladura;

un dispositivo de almacenamiento de carga para almacenar energía eléctrica;

al menos un generador para alimentar dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden, y para cargar dicho dispositivo de almacenamiento de carga, pudiendo cada uno de dicho al menos un generador suministrar una tensión o corriente máxima que es menor que una tensión o corriente umbral para accionar dicha carga de base;

un circuito de disparo en conexión eléctrica con dicho dispositivo de almacenamiento de carga;

caracterizado porque el conjunto de detonador inalámbrico comprende además un conmutador de carga entre el generador y el dispositivo de almacenamiento de carga, teniendo dicho conmutador de carga una posición abierta y una posición cerrada, estableciéndose un contacto eléctrico entre dicho generador y dicho dispositivo de almacenamiento de carga cuando dicho conmutador de carga adopta dicha posición cerrada, para provocar de ese modo la carga de dicho dispositivo de almacenamiento de carga; y

medios de descarga para extraer carga de dicho dispositivo de almacenamiento de carga a través de cualquier trayecto excepto dicho circuito de disparo;

en el que dicho conmutador de carga está polarizado hacia una posición abierta de tal manera que dicho dispositivo de almacenamiento de carga se descarga a través de dichos medios de descarga, y la recepción de al menos una señal de orden de "mantener activo" por dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden hace que dicho conmutador de carga adopte una posición cerrada, para provocar de ese modo la carga de dicho dispositivo de almacenamiento de carga;

en el que tras la recepción por dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden de una señal de orden de DISPARAR hace que dicha energía eléctrica almacenada en dicho dispositivo de almacenamiento de carga se descargue a dicho circuito de disparo, actuando dicha carga de base si una tensión o corriente en dicho circuito de disparo resultante de la descarga de dicha energía eléctrica desde dicho dispositivo de almacenamiento de carga supera dicha tensión o corriente umbral.

Preferiblemente, la carga de base se acciona en respuesta a una señal de DISPARAR sólo si la corriente eléctrica en el circuito de disparo es al menos un 20% mayor que una corriente umbral para el disparo.

El conjunto de detonador inalámbrico comprende medios de descarga para extraer carga del dispositivo de almacenamiento de carga a través de cualquier trayecto excepto el circuito de disparo. Preferiblemente, los medios de descarga comprenden una toma de tierra.

Preferiblemente, la señal de orden de "mantener activo" comprende una señal continua transmitida por la máquina de voladura, adoptando el conmutador de carga una posición abierta tras la eliminación de, o en ausencia de la señal continua. Alternativamente, la señal de orden de "mantener activo" hace que el conmutador de carga mantenga una posición cerrada durante un periodo de tiempo tras la recepción de la señal de "mantener activo" por los medios de recepción y procesamiento de señal de orden, adoptando el conmutador de carga una posición abierta al final del periodo de tiempo a menos que los medios de recepción y procesamiento de señal de orden hayan recibido otra señal de "mantener activo" desde la máquina de voladura durante el periodo de tiempo. Preferiblemente, la máquina de voladura transmite una serie de señales de "mantener activo" para mantener el conmutador de carga en la posición cerrada de modo que el dispositivo de almacenamiento de carga permanezca al menos sustancialmente cargado, pudiendo accionarse la carga de base mediante la descarga de la energía eléctrica al circuito de disparo tras la recepción de una señal de orden de DISPARAR.

5 Preferiblemente, los medios de descarga están en conexión eléctrica con el conmutador de carga, de tal manera que cuando el conmutador de carga está en una posición abierta el dispositivo de almacenamiento de carga está conectado a los medios de descarga pero no está conectado a la fuente de alimentación para provocar de ese modo la extracción de la carga en el dispositivo de almacenamiento de carga, y cuando el conmutador de carga está en una posición cerrada el dispositivo de almacenamiento de carga está conectado a la fuente de alimentación pero no está conectado a los medios de descarga para provocar de ese modo la carga del dispositivo de almacenamiento de carga.

10 Preferiblemente, el dispositivo de almacenamiento de carga se selecciona del grupo que consiste en: un condensador, un diodo, una batería recargable o una batería activable.

15 Preferiblemente, las señales de orden se seleccionan del grupo que consiste en: señales de ARMAR, señales de DESARMAR, señales de DISPARAR, tiempos de retardo de detonador y códigos de disparo de detonador.

20 Preferiblemente, el conjunto de detonador inalámbrico comprende además medios de transmisión de señal para generar y transmitir al menos una señal de comunicación para la recepción por la máquina de voladura. Más preferiblemente, cada señal de comunicación comprende tiempos de retardo de detonador, códigos de disparo de detonador o información de estado de detonador.

25 Preferiblemente, las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio, energía electromagnética o energía acústica. Más preferiblemente, las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio ULF. Preferiblemente, las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio que tienen una frecuencia de desde 100 hasta 2000 Hz. Más preferiblemente, las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio que tienen una frecuencia de desde 200 hasta 1200 Hz.

30 Preferiblemente, en uso la carga de base está ubicada en una carcasa de detonador en una perforación en asociación con una carga explosiva, y al menos los medios de recepción y procesamiento de señal, el dispositivo de almacenamiento de carga y la fuente de alimentación están ubicados en o cerca de una superficie del terreno. Más preferiblemente, al menos los medios de recepción y procesamiento de señal, el dispositivo de almacenamiento de carga y la fuente de alimentación están ubicados en una caja superior en o cerca de una superficie del terreno.

35 Preferiblemente, el al menos un generador comprende un generador activo para proporcionar potencia al menos a los medios de recepción y procesamiento de señal, y medios de recepción de energía para recibir energía desde una fuente de energía remota, transfiriendo los medios de recepción de energía la energía a medios de conversión para convertir la energía en energía eléctrica, proporcionando los medios de conversión la energía eléctrica para cargar el dispositivo de almacenamiento de carga.

40 Preferiblemente, la fuente de energía remota es un láser, los medios de recepción de energía son un dispositivo de captura de luz, y los medios de conversión son un fotodiodo.

En otro aspecto, la presente invención proporciona un aparato de voladura que comprende:

45 al menos una máquina de voladura que puede transmitir señales de orden a conjuntos de detonador inalámbrico asociados a través de comunicaciones inalámbricas;

al menos una carga explosiva;

50 al menos un conjunto de detonador inalámbrico de la presente invención asociado con cada carga explosiva y en comunicación de señal inalámbrica con la al menos una máquina de voladura.

55 Preferiblemente, el aparato de voladura comprende además una estación de comunicación central, transmitiendo la estación de comunicación central señales de orden a la al menos una máquina de voladura, respondiendo la al menos una máquina de voladura a las señales de orden o retransmitiendo las señales de orden al al menos un conjunto de detonador inalámbrico.

En otro aspecto la presente invención proporciona un método de voladura en un sitio de voladura, comprendiendo el método las etapas de:

60 proporcionar un sistema de voladura de la invención;

colocar una pluralidad de cargas explosivas en el sitio de voladura;

65 asociar un conjunto de detonador inalámbrico de la presente invención con cada carga explosiva de tal manera que el accionamiento de cada carga de base provoque el accionamiento de cada carga explosiva asociada;

transmitir al menos una señal de orden de “mantener activo” desde la al menos una máquina de voladura a cada conjunto de detonador inalámbrico, para hacer que cada conmutador de carga de cada conjunto de detonador inalámbrico adopte una posición cerrada, para cargar de ese modo cada dispositivo de almacenamiento de carga;

5 transmitir una señal de DISPARAR desde la al menos una máquina de voladura a cada conjunto de detonador inalámbrico, para provocar la descarga de energía eléctrica desde cada dispositivo de almacenamiento de carga a cada circuito de disparo, provocando de ese modo el accionamiento de cada carga de base.

10 Preferiblemente, según los métodos de la invención, las señales de orden comprenden además tiempos de retardo para cada detonador, para provocar de ese modo que los detonadores se disparen en un patrón de temporización específico.

15 Preferiblemente, según los métodos de la invención, cada detonador comprende un código de disparo almacenado, y las señales de orden comprenden además códigos de disparo, disparando cada detonador sólo si se corresponden un código de disparo almacenado y un código de disparo a partir de una señal de orden.

20 En otro aspecto de la invención se proporciona un uso del conjunto de detonador inalámbrico o aparato de voladura de la presente invención, en una operación de minería. Preferiblemente, la operación de minería es una operación de minería automatizada que comprende colocación robotizada de cargas explosivas y conjuntos de detonador inalámbrico en el sitio de voladura.

25 En otro aspecto se proporciona un conjunto de detonador inalámbrico para su uso en relación con una máquina de voladura que transmite al menos una señal de orden inalámbrica al conjunto de detonador inalámbrico, comprendiendo el conjunto de detonador inalámbrico:

un detonador que comprende una carga de base;

30 medios de recepción y procesamiento de señal de orden para recibir y procesar dicha al menos una señal de orden inalámbrica desde dicha máquina de voladura;

35 un dispositivo de almacenamiento de carga para almacenar energía eléctrica al menos un generador para alimentar dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden, y para cargar dicho dispositivo de almacenamiento de carga, pudiendo cada uno de dicho al menos un generador suministrar una tensión o corriente máxima que es menor que una tensión o corriente umbral para accionar dicha carga de base;

un circuito de disparo en conexión eléctrica con dicha carga de base;

40 un conmutador de carga entre un generador de carga y el dispositivo de almacenamiento de carga, teniendo dicho conmutador de carga una posición abierta y una posición cerrada, estableciéndose un contacto eléctrico entre dicho generador y dicho dispositivo de almacenamiento de carga cuando dicho conmutador de carga adopta dicha posición cerrada, para provocar de ese modo la carga de dicho dispositivo de almacenamiento de carga; y

45 medios de descarga para extraer carga de dicho dispositivo de almacenamiento de carga a través de cualquier trayecto excepto dicho circuito de disparo, estando los medios de descarga en conexión eléctrica con el conmutador de carga, de tal manera que cuando el conmutador de carga está en una posición abierta el dispositivo de almacenamiento de carga está conectado a los medios de descarga pero no está conectado a la fuente de alimentación para provocar de ese modo la extracción de la carga en el dispositivo de almacenamiento de carga, y tras la recepción por dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden de al menos una señal de orden de “mantener activo”, adoptando dicho conmutador de carga una posición cerrada de tal manera que el dispositivo de almacenamiento de carga está conectado a la fuente de alimentación pero no está conectado a los medios de descarga para provocar de ese modo la carga del dispositivo de almacenamiento de carga;

50 tras lo cual la recepción por dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden de una señal de orden de DISPARAR dicha energía eléctrica almacenada en dicho dispositivo de almacenamiento de carga se descarga a dicho circuito de disparo, actuando dicha carga de base si una tensión o corriente en dicho circuito de disparo resultante de la descarga de dicha energía eléctrica desde dicho dispositivo de almacenamiento de carga supera dicha tensión o corriente umbral.

Breve descripción de los dibujos

60 La figura 1 ilustra esquemáticamente aspectos de un conjunto de detonador inalámbrico de la invención.

La figura 2 ilustra esquemáticamente aspectos de un conjunto de detonador inalámbrico de la invención.

65 La figura 3 ilustra esquemáticamente un conjunto de detonador inalámbrico de la invención.

La figura 4 ilustra esquemáticamente una realización preferida de un conjunto de detonador inalámbrico de la invención.

5 La figura 5 es un diagrama de flujo de una realización preferida de un método para voladura que usa un conjunto de detonador inalámbrico de y sistema de voladura de la invención.

Definiciones

10 Generador activo: se refiere a cualquier generador que puede proporcionar un suministro continuo o constante de energía eléctrica. Esta definición engloba dispositivos que dirigen corriente tal como una batería o un dispositivo que proporciona una corriente continua o alterna. Normalmente, un generador activo proporciona potencia a medios de recepción o procesamiento de señal de orden, para permitir la recepción e interpretación fiables de señales de orden derivadas de una máquina de voladura.

15 Evento de voladura automatizada/automática: engloba todos los métodos y sistemas de voladura que pueden manejarse para el establecimiento a través de medios remotos, por ejemplo, empleando sistemas robotizados en el sitio de voladura. De este modo, los operarios de voladura pueden montar un sistema de voladura, incluyendo un despliegue de detonadores y cargas explosivas, en el sitio de voladura desde una ubicación remota, y controlar los sistemas robotizados para montar el sistema de voladura sin necesidad de estar en la proximidad del sitio de voladura.

20 Carga de base: se refiere a cualquier parte discreta de material explosivo en la proximidad de otros componentes del detonador y asociada con estos componentes de una manera que permita que el material explosivo actúe tras la recepción de señales apropiadas desde los otros componentes. La carga de base puede retenerse dentro de la carcasa principal de un detonador, o alternativamente puede ubicarse cerca de la carcasa principal de un detonador. La carga de base puede usarse para suministrar potencia de salida a una carga de explosivos externa para iniciar la carga de explosivos externa.

30 Máquina de voladura: se refiere a cualquier dispositivo que puede estar en comunicación de señal con detonadores electrónicos, por ejemplo para enviar señales de ARMAR, DESARMAR y DISPARAR a los detonadores, y/o para programar los detonadores con tiempos de retardo y/o códigos de disparo. La máquina de voladura también puede recibir información tal como tiempos de retardo o códigos de disparo desde los detonadores directamente, o esto puede lograrse a través de un dispositivo intermedio tal como un registrador para recoger información de detonador y transferir la información a la máquina de voladura.

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

40 Carga / cargar: se refiere a un proceso de suministro de potencia eléctrica desde una fuente de alimentación a un dispositivo de almacenamiento de carga, con el objetivo de aumentar la cantidad de carga eléctrica almacenada por el dispositivo de almacenamiento de carga. Tal como se desea en realizaciones preferidas, la carga en el dispositivo de almacenamiento de carga puede superar un umbral suficientemente alto de tal manera que la descarga del dispositivo de almacenamiento de carga a través de un circuito de disparo provoca el accionamiento de una carga de base asociada con el circuito de disparo.

45 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, un diodo, una batería recargable o una batería activable. Al menos en realizaciones preferidas, la diferencia de potencial de la 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 a un circuito de disparo. De este modo, el dispositivo de almacenamiento de carga puede actuar como un multiplicador de tensión, en el que el dispositivo permite la generación de una tensión que supera una tensión umbral predeterminada para provocar el accionamiento de una carga de base conectada al circuito de disparo.

60 Reloj: engloba a cualquier reloj adecuado para su uso en relación con un conjunto de detonador inalámbrico y sistema de voladura de la invención, por ejemplo, para temporizar tiempos de retardo para el accionamiento de detonador durante un evento de voladura. En realizaciones particularmente preferidas, el término reloj se refiere a un reloj de cristal, por ejemplo, que comprende un cristal de cuarzo oscilante del tipo que es ampliamente conocido, por ejemplo, en relojes de pulsera de cuarzo y dispositivos de temporización convencionales. Los relojes de cristal pueden proporcionar temporización particularmente precisa según aspectos preferidos de la invención, y su naturaleza frágil puede superarse en parte por las enseñanzas de la presente solicitud.

65 Energía electromagnética: engloba energía de todas las longitudes de onda encontradas en los espectros electromagnéticos. Esto incluye longitudes de onda de la división de espectro electromagnético de rayos γ , rayos X,

ultravioleta, visible, infrarrojo, microonda y ondas de radio incluyendo UHF, VHF, onda corta, onda media, onda larga, VLF y ULF. Realizaciones preferidas usan longitudes de onda encontradas en la división radio, visible o microonda del espectro electromagnético.

5 Formas de energía: según la presente invención, las “formas” de energía pueden adoptar cualquier forma apropiada para la comunicación inalámbrica y/o carga inalámbrica de los detonadores. Por ejemplo, tales formas de energía pueden incluir, aunque no se limitan a, energía electromagnética incluyendo luz, infrarroja, ondas de radio (incluyendo ULF) y microondas, o alternativamente puede adoptar alguna otra forma tal como inducción electromagnética o energía acústica. Además, “formas” de energía puede referirse al mismo tipo de energía (por ejemplo luz, infrarroja, ondas de radio, microondas, etc.) pero implicar diferentes longitudes de onda o frecuencias de la energía.

15 Señal de “mantener activo”: se refiere a cualquier señal que se origina desde una máquina de voladura y se transmite a un conjunto de detonador inalámbrico, o bien directamente o bien indirectamente (por ejemplo, a través de otros componentes o retransmitida a través de otros conjuntos de detonador inalámbrico), que hace que un dispositivo de almacenamiento de carga del conjunto de detonador inalámbrico se cargue por un generador y/o conserve carga ya almacenada en el mismo. De este modo, el dispositivo de almacenamiento de carga retiene suficiente carga de modo que tras la recepción de una señal de DISPARAR, la carga se descarga al circuito de disparo para hacer que se accione una carga de base asociada con el circuito de disparo. La señal de “mantener activo” puede comprender cualquier forma de energía adecuada identificada en el presente documento. Además, la señal de “mantener activo” puede ser una señal constante, de tal manera que el conjunto de detonador inalámbrico se ceba para DISPARAR en cualquier momento a lo largo de la duración de la señal en respuesta a una señal apropiada de DISPARAR. Alternativamente, la señal de “mantener activo” puede comprender una única señal para cebar el conjunto de detonador inalámbrico para DISPARAR en cualquier momento durante un periodo de tiempo predeterminado en respuesta a una señal de DISPARAR. De este modo, el conjunto de detonador inalámbrico puede conservar un estatus adecuado para el disparo tras la recepción de una serie de señales de “mantener activo” espaciadas temporalmente.

30 Dispositivo de registro: incluye cualquier dispositivo adecuado para grabar información con respecto a un detonador en el sitio de voladura. Preferiblemente, el dispositivo de registro también puede registrar información adicional tal como, por ejemplo, códigos de identificación para cada detonador, información relativa al entorno del detonador, la naturaleza de la carga explosiva en relación con el detonador, etc. En realizaciones seleccionadas, un dispositivo de registro puede formar una parte integrada de una máquina de voladura, o alternativamente puede referirse a un dispositivo distinto tal como por ejemplo, una unidad programable portátil que comprende medios de memoria para almacenar datos relativos a cada detonador, y preferiblemente medios para transferir estos datos a una estación de comunicación central o una o más máquinas de voladura. Una función principal del dispositivo de registro, es leer el ID de detonador/conjunto de modo que una máquina de voladura asociada puede “encontrar” el detonador, y tener órdenes tales como órdenes de DISPARAR dirigidas al mismo según sea apropiado.

40 Generador micro-nuclear: se refiere a cualquier generador adecuado para alimentar el conjunto de circuitos operativo, conjunto de circuitos de comunicaciones o conjunto de circuitos de disparo de un detonador o conjunto de detonador inalámbrico según la presente invención. La naturaleza del material nuclear en el dispositivo es variable y puede incluir, por ejemplo, una batería basada en tritio.

45 Generador pasivo: incluye cualquier fuente de potencia eléctrica que no proporcione potencia de manera continua, sino que más bien proporciona potencia cuando se le induce a ello a través de estímulos externos. Tales generadores incluyen, aunque no se limitan a, un diodo, un condensador, una batería recargable o una batería activable. Preferiblemente, un generador pasivo es un generador que puede cargarse y descargarse con facilidad según la energía recibida y otras señales. Lo más preferiblemente el generador pasivo es un condensador.

50 Fuente de alimentación (sin mencionar que el generador sea un ‘generador activo’ o un “generador pasivo”): se refiere a una fuente de alimentación que puede suministrar un suministro de potencia eléctrica bastante constante, o al menos puede proporcionar potencia eléctrica según y cuando se requiera mediante componentes conectados. Por ejemplo, tales fuentes de alimentación pueden incluir aunque no se limitan a una batería.

55 Preferiblemente: identifica características preferidas de la invención. A menos que se especifique otra cosa, el término se refiere preferiblemente a características preferidas de las realizaciones más amplias de la invención, tal como se define por ejemplo mediante las reivindicaciones independientes, y otras invenciones dadas a conocer en el presente documento.

60 Caja superior: se refiere a cualquier dispositivo que forma parte de un conjunto de detonador inalámbrico que está adaptado para la ubicación en o cerca de la superficie del terreno cuando el conjunto de detonador inalámbrico está en uso en un sitio de voladura en asociación con una perforación y carga explosiva situada en la misma. Las cajas superiores están ubicadas normalmente por encima del terreno o al menos en una posición en, o cerca de la perforación más adecuada para la recepción y la transmisión de señales inalámbricas, y para retransmitir estas señales al detonador a lo largo de la perforación. En realizaciones preferidas, cada caja superior comprende uno o

más componentes seleccionados del conjunto de detonador inalámbrico de la presente invención.

Inalámbrico: se refiere a que no haya cables físicos (tales como cables eléctricos, tubos de transmisión, LEDC o cables ópticos) que conecten el detonador de la invención o componentes del mismo a una máquina de voladura asociada o generador.

Conjunto de detonador inalámbrico: en general la expresión “conjunto de detonador inalámbrico” engloba un detonador, lo más preferiblemente un detonador electrónico (normalmente que comprende al menos una carcasa de detonador y una carga de base) así como medios para provocar el accionamiento de la carga de base tras la recepción por dicho conjunto de detonador inalámbrico de una señal de DISPARAR desde al menos una máquina de voladura asociada. Por ejemplo, tales medios para provocar el accionamiento pueden incluir medios de recepción de señal, medios de procesamiento de señal, y que se active un circuito de disparo en caso de recepción de una señal de DISPARAR. Componentes preferidos del conjunto de detonador inalámbrico pueden incluir además medios para transmitir información que relacionan el conjunto a otros conjuntos o a una máquina de voladura, o medios para retransmitir señales inalámbricas a otros componentes del aparato de voladura. Otros componentes preferidos de un conjunto de detonador inalámbrico serán evidentes a partir de la memoria descriptiva en su conjunto. La expresión “conjunto de detonador inalámbrico” puede referirse en realizaciones muy específicas simplemente a un dispositivo de retransmisión de señal inalámbrica, sin ninguna asociación con una unidad de detonador. En tales realizaciones, tales dispositivos de retransmisión pueden formar líneas troncales inalámbricas para simplemente retransmitir señales inalámbricas a y desde máquinas de voladura, mientras que otros conjuntos de detonador inalámbrico en comunicación con los dispositivos de retransmisión pueden comprender todas las características habituales de un conjunto de detonador inalámbrico, incluyendo un detonador para su accionamiento, en efecto que forma líneas ramificadas inalámbricas en la red inalámbrica. Un conjunto de detonador inalámbrico puede incluir además una caja superior tal como se define en el presente documento, para conservar componentes específicos del conjunto alejados de una parte subterránea del conjunto durante el funcionamiento, y para la ubicación en una posición más adecuada para la recepción de señales inalámbricas derivadas, por ejemplo, de una máquina de voladura o retransmitidas por otro conjunto de detonador inalámbrico.

Descripción detallada de las realizaciones preferidas

Los sistemas de voladura inalámbrica ayudan a sortear la necesidad de sistemas de cableado complejos en el sitio de voladura, y los riesgos asociados de colocación, asociación y conexión incorrectas de los componentes del sistema de voladura. Sin embargo, el desarrollo de comunicaciones sistemas inalámbricos para operaciones de voladura ha presentado nuevos retos significativos para la industria, incluyendo nuevos problemas de seguridad.

A través de una investigación esmerada, los inventores han determinado que los detonadores y los sistemas de voladura inalámbricos de la técnica anterior son problemáticos en cuanto al accionamiento involuntario o accidental de los detonadores. La comunicación rápida y precisa entre una máquina de voladura y los detonadores asociados presenta un reto difícil, independientemente de la naturaleza de los sistemas de comunicación inalámbrica. Una de las señales más importantes que deben procesarse correctamente y con precisión por un detonador inalámbrico es la señal de DISPARAR. Si los sistemas de comunicación no disparan los detonadores a la orden, o un accionamiento de detonador incorrecto en cualquier otro momento, puede dar como resultado un riesgo significativo de lesiones graves o de muerte para los operarios de voladura que trabajen en el sitio de voladura. Por tanto, la evitación del accionamiento de detonador involuntario o accidental es de importancia fundamental en las operaciones de voladura.

La presente invención proporciona un conjunto de detonador inalámbrico, un aparato de voladura correspondiente que comprende el conjunto de detonador inalámbrico, y un método que implica el conjunto de detonador inalámbrico. El conjunto de detonador inalámbrico de la presente invención utiliza una combinación de componentes para proporcionar un modo para evitar sustancialmente el accionamiento involuntario de detonador. En una característica particularmente preferida, el conjunto de detonador inalámbrico de la invención implica el uso de un generador de suficiente potencia para hacer funcionar el conjunto de circuitos de recepción y procesamiento de señal de orden del conjunto, pero una potencia insuficiente para activar accidentalmente el conjunto de circuitos de disparo, o accionar la carga de base. De este modo, la comunicación inalámbrica mediante una máquina de voladura asociada con el conjunto de detonador inalámbrico, por ejemplo, para comunicar señales de ARMAR, DESARMAR o DISPARAR, así como tiempos de retardo y códigos de disparo, evitará sustancialmente el disparo involuntario de detonador dado que la naturaleza intrínseca del detonador es estar en un “modo seguro”.

El conjunto de detonador inalámbrico de la invención comprende generalmente un detonador que comprende una carga de base; medios de recepción y procesamiento de señal de orden para recibir y procesar al menos una señal de orden inalámbrica desde una máquina de voladura asociada; un dispositivo de almacenamiento de carga para almacenar energía eléctrica; al menos un generador para alimentar dichos medios de recepción y procesamiento de señal de orden, y para cargar dicho dispositivo de almacenamiento de carga; y un circuito de disparo en conexión eléctrica con dicho dispositivo de almacenamiento de carga. Tras la recepción de una señal de DISPARAR desde una máquina de voladura asociada, la energía eléctrica almacenada en el dispositivo de almacenamiento de carga se descarga al circuito de disparo para generar una corriente eléctrica en el circuito de disparo, para accionar de ese

modo la carga de base.

Aspectos de la invención se ilustran en la figura 1. El conjunto de detonador mostrado generalmente en 10 comprende medios 11 de recepción de señal de orden y medios 12 de procesamiento de señal de orden. Los
5 medios de recepción y procesamiento pueden adoptar la forma de dispositivos unitarios individuales, o pueden comprender un único dispositivo para recepción y procesamiento de señal. La naturaleza de los medios de recepción dependerá de la naturaleza de la señal de orden inalámbrica entrante desde la máquina de voladura. Por ejemplo, si las señales de orden inalámbricas se transmiten como ondas de radio desde la máquina de voladura entonces los medios de recepción pueden incluir alguna forma de antenas RF. Alternativamente si la señal de orden
10 inalámbrica desde la máquina de voladura incluye alguna forma de energía electromagnética tal como luz láser, entonces los medios de recepción pueden comprender alguna forma de dispositivo de captura de luz. En cualquier caso, el conjunto de detonador inalámbrico responde a señales recibidas y procesadas por los medios 11 de recepción y los medios 12 de procesamiento.

15 El conjunto 10 de detonador inalámbrico comprende además un dispositivo 13 de almacenamiento de carga adecuado para almacenar carga eléctrica y liberar la carga eléctrica almacenada según se requiera. El dispositivo 13 de almacenamiento de carga puede adoptar la forma de cualquier dispositivo adecuado que pueda cargarse mediante la aplicación al mismo de una corriente eléctrica, y que pueda descargarse en respuesta a una señal adecuada, tal como será evidente a continuación. En la realización ilustrada en la figura 1, el dispositivo 13 de
20 almacenamiento de carga está en conexión eléctrica con una fuente 14 de alimentación, de tal manera que la fuente 14 de alimentación es adecuada para cargar el dispositivo 13 de almacenamiento de carga, y retener el dispositivo de almacenamiento de carga en un estado cargado o sustancialmente cargado.

El conmutador 16 está ubicado entre el dispositivo 13 de almacenamiento de carga y el circuito 15 de disparo, que
25 incluye la carga 18 de base. En otras realizaciones, el conmutador 16 puede formar parte del circuito 15 de disparo para conseguir un efecto similar. Los medios 12 de procesamiento de señal controlan el conmutador 16 para determinar si el conmutador 16 adopta un estado abierto, en el que no existe conexión eléctrica entre el dispositivo 13 de almacenamiento de carga y la carga 18 de base. Sin embargo, tras la recepción por los medios de recepción de una señal de orden inalámbrica de DISPARAR, los medios 12 de procesamiento de señal proporcionan una señal
30 eléctrica para hacer que el conmutador 16 se cierre, estableciendo de ese modo la conexión eléctrica entre el dispositivo 13 de almacenamiento de carga y la carga 18 de base. Como resultado, la carga en el dispositivo 13 de almacenamiento de carga se descarga al circuito 15 de disparo, y si la corriente eléctrica o tensión resultante en el circuito de disparo es suficientemente alta, se induce a que actúe la carga de base.

35 La figura 1 también ilustra una realización particularmente preferida de la invención, que implica el uso de una caja 19 superior. Normalmente, un receptor es una unidad para contener componentes seleccionados del conjunto de detonador inalámbrico y conservar aquellos componentes en o cerca de una superficie del terreno cuando el conjunto de detonador inalámbrico está en uso en un sitio de voladura en asociación con una perforación y carga explosiva ubicada en el mismo. Las cajas superiores están ubicadas normalmente por encima del terreno o al menos
40 en a posición dentro de, en o cerca de la perforación más adecuada para la recepción y la transmisión de señales inalámbricas, y para retransmitir estas señales al detonador a lo largo de la perforación. En realizaciones preferidas, cada caja superior comprende uno o más componentes seleccionados del conjunto de detonador inalámbrico de la presente invención. Además, el uso de una caja superior permite conservar componentes sensibles (por ejemplo, componentes de reloj) alejados de la perforación, y la carga explosiva contenida en el mismo.

45 En la figura 1, la fuente 14 de alimentación se muestra para suministrar potencia a tres componentes, concretamente los medios 11 de recepción de señal, los medios 12 de procesamiento de señal y el dispositivo 13 de almacenamiento de carga. De este modo, la fuente de alimentación puede comprender una tensión suficiente para alimentar los dispositivos 11 y 12 de comunicaciones del conjunto de detonador inalámbrico, y suficiente para
50 suministrar carga al dispositivo de almacenamiento de carga. Sin embargo, la fuente 14 de alimentación tiene una tensión insuficiente para provocar el accionamiento de la carga de base, en circunstancias en las que la fuente de alimentación está en cierto modo accidental o involuntariamente en contacto directo con el circuito de disparo. De este modo, la carga de base puede actuar sólo en respuesta a una tensión que es mayor que una tensión umbral predeterminada, y la tensión umbral es mayor que cualquier tensión que pueda suministrarse por la fuente de
55 alimentación. En efecto, el dispositivo 13 de almacenamiento de carga funciona como un multiplicador de tensión. Al aceptar energía eléctrica suministrada por la fuente de alimentación, almacenar temporalmente esta energía, y descargar la energía en el circuito de disparo en respuesta a una señal de DISPARAR, el dispositivo de almacenamiento de carga puede suministrar una tensión o corriente al circuito de disparo que supera la tensión o corriente umbral para el accionamiento de la carga de base.

60 En la realización ilustrada en la figura 1, y de nuevo en cualquiera de las realizaciones descritas en el presente documento, la fuente 14 de alimentación puede suministrar potencia sólo a los componentes 11, 12 de comunicaciones del conjunto de detonador inalámbrico. Una fuente de alimentación separada (no mostrada) puede usarse para proporcionar potencia al dispositivo de almacenamiento de carga. Esta fuente de alimentación separada
65 puede formar un componente integrado del conjunto de detonador inalámbrico, y por ejemplo puede adoptar la forma de una batería.

Alternativamente, la fuente de alimentación separada puede comprender una fuente de potencia externa que suministra energía para cargar el dispositivo de almacenamiento de carga desde una ubicación remota desde el conjunto de detonador inalámbrico. Por ejemplo, se conocen un conjunto de detonador inalámbrico, un sistema de voladura correspondiente y un método de uso del mismo, que implican el uso de detonadores intrínsecamente seguros que pueden "energizarse" o "cargarse" mediante una fuente de energía remota que es completamente distinta de la energía usada por el conjunto de detonador inalámbrico para comunicaciones de señal de orden generales. Los conjuntos de detonador inalámbrico pueden incluir además un generador activo para suministrar suficiente potencia para comunicaciones inalámbricas, pero potencia insuficiente para provocar el accionamiento accidental de la carga de base del detonador. De este modo, los conjuntos de detonador inalámbrico se alimentan mediante dos formas de energía completamente distintas, una forma (por ejemplo, ondas de radio) para comunicaciones generales, y otra forma (por ejemplo, energía de luz, que se convierte en energía eléctrica mediante componentes del conjunto de detonador inalámbrico) para proporcionar energía eléctrica al circuito de disparo.

En realizaciones preferidas la presente invención puede usarse en combinación con la tecnología enseñada en la solicitud de patente estadounidense 60/623.941. Por ejemplo, tal como se ilustra en la figura 2, el conjunto de detonador inalámbrico de la presente invención puede incluir un generador 25 activo adecuado para proporcionar potencia a los medios 11 de recepción de señal y a los medios 12 de procesamiento de señal. Además, el conjunto de detonador inalámbrico puede incluir medios 26 de recepción de energía para recibir de manera inalámbrica otra forma de energía (es decir, una forma de energía que sea diferente de la energía del generador activo) transmitida por una fuente 27 de energía remota; y medios 28 de conversión para convertir la otra forma de energía recibida por los medios de recepción de energía en energía eléctrica. En esta realización, el dispositivo 13 de almacenamiento de carga está en conexión eléctrica con los medios 28 de conversión y puede cargarse mediante energía eléctrica derivada de los medios de conversión. Normalmente, la tensión de energía eléctrica derivada de los medios de conversión será insuficiente para provocar el accionamiento accidental de la carga de base. Por otro lado, la realización ilustrada en la figura 2 es similar a la figura 1, en que tras la recepción de una señal de orden de DISPARAR por dichos medios de recepción de señal de orden la energía eléctrica almacenada en el dispositivo de almacenamiento de carga se descarga al circuito de disparo para accionar de ese modo la carga de base. El uso de un generador externo para cargar el dispositivo de almacenamiento de carga, y "cebar" eficazmente el conjunto de detonador inalámbrico para el accionamiento de la carga de base, se ha ilustrado con referencia comparativa a la figura 1. Sin embargo, esta tecnología puede aplicarse a cualquiera de las realizaciones de la presente invención específicamente descritas en el presente documento, y otras realizaciones que están dentro del alcance de la invención.

En referencia ahora a la figura 3, se ilustra una realización de la invención que es similar a la realización ilustrada por la figura 1. Sin embargo, se han añadido dos características. En primer lugar, se ha añadido un conmutador 20 de carga entre la fuente 14 de alimentación y el dispositivo 13 de almacenamiento de carga. Cuando el conmutador 20 de carga adopta una posición abierta, no existe contacto eléctrico entre la fuente de alimentación y el dispositivo de almacenamiento de carga. Tras la transmisión por una máquina de voladura asociada de una señal de "mantener activo", y la recepción de la señal de "mantener activo" por los medios 11 de recepción de señal, los medios 12 de procesamiento de señal provocan que el conmutador 20 de carga se cierre, estableciendo de ese modo un contacto eléctrico entre la fuente 14 de alimentación y el dispositivo 13 de almacenamiento de carga. Esto provoca a su vez que el dispositivo de almacenamiento de carga se cargue y/o permanezca cargado hasta un grado adecuado para el accionamiento de la base tras la recepción por el conjunto de detonador inalámbrico de una señal de DISPARAR. La señal de "mantener activo" puede ser una señal constante, de tal manera que el conjunto de detonador inalámbrico se cebe para DISPARAR en cualquier momento a lo largo de la duración de la señal en respuesta a una señal de DISPARAR apropiada. Alternativamente, la señal de "mantener activo" puede comprender una única señal para cebar el conjunto de detonador inalámbrico de DISPARO en cualquier momento durante un periodo de tiempo predeterminado en respuesta a una señal de DISPARAR. De este modo, el conjunto de detonador inalámbrico puede retener un estatus adecuado para el disparo tras la recepción de una serie de señales espaciadas temporalmente de "mantener activo".

La segunda característica ilustrada en la figura 3 son los medios 21 de descarga. Tal como se ilustra, los medios de descarga tienen un enlace directo simple al dispositivo 13 de almacenamiento de carga, y extrae carga desde el dispositivo de almacenamiento de carga a través de una ruta distinta del circuito de disparo. Si el conmutador 20 de carga adopta una posición abierta, no se transfiere energía eléctrica desde la fuente 14 de alimentación al dispositivo 13 de almacenamiento de carga, lo que da como resultado una reducción a lo largo del tiempo de la cantidad de carga almacenada por el dispositivo de almacenamiento de carga. Si la descarga desde el dispositivo de almacenamiento de carga es suficientemente grande, el dispositivo de almacenamiento de carga puede mantener insuficiente carga para provocar el accionamiento de la carga de base, incluso tras la recepción de una señal de DISPARAR desde una máquina de voladura asociada. De este modo, la ausencia de una señal de "mantener activo" desde la máquina de voladura provoca la descarga del dispositivo de almacenamiento de carga, y el conjunto de detonador inalámbrico de ese modo adopta un modo seguro, en el que el accionamiento de la carga de base se evita sustancialmente, incluso en presencia de otras influencias que podrían provocar el accionamiento involuntario o accidental de la carga de base (por ejemplo, una señal de DISPARAR errante, interferencia electrostática, dirección incorrecta de energía desde la fuente de alimentación).

Los medios 21 de descarga pueden adoptar cualquier forma que consiga una reducción de carga en el dispositivo de almacenamiento de carga, siempre que la carga se disipe mediante una ruta distinta de a través del circuito de disparo. En realizaciones seleccionadas los medios de descarga pueden adoptar la forma de una toma de tierra. La tasa de descarga a través de los medios de descarga puede variarse según las circunstancias operacionales. Por ejemplo, una tasa de descarga lenta puede ser adecuada cuando las circunstancias requieran que el conjunto de detonador inalámbrico mantenga un estado cebado o cargado para el disparo a lo largo de un periodo prologando tras la recepción por el conjunto de detonador inalámbrico de una señal de "mantener activo". Por otro lado, puede ser deseable poner cada conjunto de detonador inalámbrico rápidamente por defecto en un modo seguro en ausencia de, o tras la retirada de, una señal de "mantener activo", por ejemplo, de modo que pueda accederse rápidamente al sitio de voladura y modificarse la disposición de voladura. En estas circunstancias, puede ser deseable usar medios de descarga que consigan una descarga rápida del dispositivo de almacenamiento de carga de modo que el conjunto de detonador inalámbrico adopte un modo seguro con retardo mínimo.

Aunque una toma de tierra (puesta a tierra) se ilustra en la figura 3, puede usarse cualquier forma de medios de descarga según la presente invención para extraer de manera continua o selectiva carga desde el generador pasivo, por ejemplo, a través de resistencias de extracción o similares. Por este motivo, un condensador u otro dispositivo de almacenamiento de carga "con fugas" también se engloba en la expresión "medios de descarga" simplemente debido a su propiedad de fuga de carga. Otra alternativa incluiría un conmutador de cortocircuito y conjunto de circuitos asociado que esté activado si la señal de "mantener activo" no se recibe, por ejemplo, en un intervalo de tiempo determinado.

La desactivación del aparato de voladura también puede lograrse a través de rutas alternativas a la extracción del generador pasivo. Por ejemplo, el aparato de voladura puede incluir la conmutación para aislar eléctricamente uno cualquiera o más del generador pasivo, generador activo, cabeza fusible, circuito de disparo o cualquier otro componente del aparato de voladura. Este enfoque puede, al menos en realizaciones seleccionadas, usarse en combinación con medios de descarga, condensador con fugas o equivalentes.

Una variante de la realización ilustrada en la figura 3, se muestra en la figura 4. Esta realización incluye sustancialmente los mismos componentes descritos anteriormente. Sin embargo, los componentes están dispuestos de diferente manera para lograr ventajas adicionales. Específicamente, los medios 21 de descarga, en lugar de estar conectados directamente al dispositivo 13 de almacenamiento de carga están conectados indirectamente al dispositivo de almacenamiento de carga a través del conmutador 20 de carga. Cuando el conmutador 20 de carga adopta una posición abierta existe una conexión eléctrica entre el dispositivo 13 de almacenamiento de carga y los medios 21 de descarga. Sin embargo, a diferencia de la realización en la figura 3, cuando el conmutador de carga está en una posición abierta la fuente 14 de alimentación no está conectada al dispositivo de almacenamiento de carga. De este modo, los medios de descarga pueden descargar el dispositivo de almacenamiento de carga sin trabajar contra la fuente de alimentación. Cuando el conjunto de detonador inalámbrico responde a una señal de "mantener activo" desde una máquina de voladura asociada, el conmutador de carga se cierra lo que da como resultado una pérdida de conexión eléctrica entre el dispositivo de almacenamiento de carga y los medios de descarga, y el establecimiento de una conexión eléctrica entre el dispositivo de almacenamiento de carga y la fuente 14 de alimentación. De este modo, el dispositivo de almacenamiento de carga se carga mediante la fuente de alimentación sin extracción simultánea de carga mediante los medios de descarga. Como resultado la carga y descarga del dispositivo de almacenamiento de carga es más eficaz y rápida en comparación con la realización ilustrada en la figura 3. Además, en la realización ilustrada en la figura 3 es necesario para la tasa de carga por la fuente 14 de alimentación superar la tasa de descarga por los medios de descarga cuando el conmutador 20 de carga está en la posición cerrada, si no los medios 13 de almacenamiento de carga no se cargarían en respuesta a una señal de "mantener activo". Esto no se requiere en la realización ilustrada en la figura 4, dado que la carga se producirá cuando el conmutador 20 de carga esté en la posición cerrada, incluso si la tasa de carga por la fuente de alimentación (cuando el conmutador de carga está en la posición cerrada) es generalmente menor que la tasa de descarga por los medios de descarga (cuando el conmutador de carga está en la posición abierta).

En otras realizaciones, la invención proporciona un aparato de voladura que comprende al menos un conjunto de detonador inalámbrico de la invención junto con otras unidades y dispositivos necesarios para llevar a cabo un evento de voladura en un sitio de voladura. Por ejemplo, tales unidades o dispositivos adicionales pueden incluir, aunque no se limitan a: al menos una máquina de voladura que puede recibir señales de orden desde una estación de comunicación central, y transferir dichas señales de orden a conjuntos de detonador inalámbrico asociados a través de comunicaciones inalámbricas; y al menos una carga explosiva cada una adecuada para la asociación con una carga de base de un conjunto de detonador inalámbrico. Preferiblemente, el aparato de voladura puede incluir además una estación de comunicación central para transmitir señales de orden a cada máquina de voladura, en el que tras cada máquina de voladura puede cumplir las señales de orden, y/o retransmitir las señales de orden al al menos un conjunto de detonador inalámbrico.

La presente invención también engloba el uso de los conjuntos de detonador inalámbrico descritos en el presente documento, como parte de una red de conjuntos de detonador inalámbrico y al menos una máquina de voladura. Una solicitud anterior enseña aparatos de voladuras, y métodos para su uso, que emplean una red de máquinas de

voladura y conjuntos de detonador inalámbrico, pudiendo soportar cada conjunto de detonador inalámbrico comunicación inalámbrica no sólo con la(s) máquina(s) de voladura, sino también con otros conjuntos de detonador inalámbrico, de modo que los conjuntos de detonador inalámbrico (y componentes asociados) que son “ciegos” para la comunicación con las máquinas de voladura puedan permanecer funcionales en la red de voladura. Por ejemplo,
 5 se conoce un aparato de voladura para la fragmentación de roca por accionamiento temporizado de una pluralidad de cargas explosivas cada una montada en una perforación en la roca, comprendiendo el aparato de voladura: al menos una máquina de voladura para transmitir al menos una señal de orden inalámbrica; y una pluralidad de conjuntos de detonador inalámbrico, algunos de los cuales al menos están dentro del alcance para recibir dicha al menos una señal inalámbrica desde dicha al menos una máquina de voladura, estando cada conjunto de detonador
 10 inalámbrico asociado con una carga explosiva correspondiente para provocar su accionamiento tras la transmisión de una señal de DISPARAR por una máquina de voladura asociada, comprendiendo cada conjunto de detonador inalámbrico:

15 (a) una carga de base;

(b) medios de recepción de señal inalámbricos, para recibir al menos una señal inalámbrica, transmitiéndose cada señal inalámbrica desde o bien una máquina de voladura u otro conjunto de detonador inalámbrico cercano;

20 (c) medios de procesamiento de señal inalámbricos para determinar una acción requerida por dicho conjunto de detonador inalámbrico en respuesta a cada señal inalámbrica recibida por (b), y si retransmitir dicha señal inalámbrica a otro conjunto de detonador inalámbrico y/o a una máquina de voladura; y

(d) medios de transmisión de señal inalámbrica para transmitir dicha al menos una señal inalámbrica según se requiera por (c);

25 mediante lo cual los conjuntos de detonador inalámbrico forman una red de comunicación cruzada de conjuntos de detonador inalámbrico, cada uno o bien en comunicación directa con dicha al menos una máquina de voladura, o bien en comunicación indirecta con dicha al menos una máquina de voladura a través de la retransmisión de señales inalámbricas a o desde dicha al menos una máquina de voladura a través de uno o más nodos en la red,
 30 comprendiendo cada nodo un conjunto de detonador inalámbrico. Dentro del alcance de la presente solicitud está englobar aparatos de voladura del tipo tal como se ha descrito anteriormente en el presente documento que emplean los conjuntos de detonador inalámbrico de la presente invención para formar la red de comunicación cruzada.

35 Con referencia a la figura 5, la invención también proporciona un método de voladura en un sitio de voladura, comprendiendo el método las etapas de: proporcionar en la etapa 50 un aparato de voladura de la presente invención; en la etapa 51 colocar una pluralidad de cargas explosivas en el sitio de voladura; en la etapa 52 asociar un conjunto de detonador inalámbrico con cada carga explosiva de tal manera que el accionamiento de cada carga de base provoca el accionamiento de cada carga explosiva asociada; en la etapa 53 transmitir al menos una señal
 40 de orden de “mantener activo” desde dicha al menos una máquina de voladura a cada conjunto de detonador inalámbrico, de tal manera que cada conmutador de carga de cada conjunto de detonador inalámbrico adopta una posición cerrada, para cargar de ese modo cada dispositivo de almacenamiento de carga; en la etapa 54 transmitir una señal de DISPARAR desde dicha al menos una máquina de voladura a cada conjunto de detonador inalámbrico, para provocar la descarga de energía eléctrica desde cada dispositivo de almacenamiento de carga a cada circuito
 45 de disparo, provocando de ese modo el accionamiento de cada carga de base. En realizaciones preferidas las señales de orden pueden comprender además tiempos de retardo para cada detonador, para provocar de ese modo que los detonadores se disparen en un patrón de temporización específico. En realizaciones adicionales preferidas cada detonador puede comprender un código de disparo almacenado, y las señales de orden pueden comprender además códigos de disparo, disparándose cada detonador sólo si se corresponden un código de disparo
 50 almacenado y un código de disparo a partir de una señal de orden.

La presente invención también proporciona el uso de cualquier conjunto de detonador inalámbrico de cualquier realización de la invención, en una operación de minería. En realizaciones preferidas, la operación de minería es una operación de minería automatizada que comprende la colocación robotizada de cargas explosivas y conjuntos de
 55 detonador inalámbrico en el sitio de voladura.

REIVINDICACIONES

1. Conjunto (10) de detonador inalámbrico para su uso en relación con una máquina de voladura que transmite al menos una señal de orden inalámbrica al conjunto de detonador inalámbrico, comprendiendo el conjunto de detonador inalámbrico:
- 5 un detonador que comprende una carga (18) de base;
- medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal de orden para recibir y procesar dicha al menos una señal de orden inalámbrica desde dicha máquina de voladura;
- 10 un dispositivo (13) de almacenamiento de carga para almacenar energía eléctrica;
- al menos un generador (14) para alimentar dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal de orden, y para cargar dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga, pudiendo cada uno de dicho al menos un generador (14) suministrar una tensión o corriente máxima que es menor que una tensión o corriente umbral para accionar dicha carga (18) de base;
- 15 un circuito (15) de disparo en conexión eléctrica con dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga;
- 20 caracterizado porque el conjunto de detonador inalámbrico comprende además un conmutador (20) de carga entre el generador (14) y el dispositivo (13) de almacenamiento de carga, teniendo dicho conmutador (20) de carga una posición abierta y una posición cerrada, estableciéndose un contacto eléctrico entre dicho generador (14) y dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga cuando dicho conmutador (20) de carga adopta dicha posición cerrada, para provocar de ese modo la carga de dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga; y
- 25 medios (21) de descarga para extraer carga de dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga a través de cualquier trayecto excepto dicho circuito (15) de disparo;
- 30 en el que dicho conmutador (20) de carga está polarizado hacia una posición abierta de tal manera que dicho dispositivo de almacenamiento de carga se descarga a través de dichos medios (21) de descarga, y la recepción de al menos una señal de orden de "mantener activo" por dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal de orden hace que dicho conmutador (20) de carga adopte una posición cerrada, para provocar de ese modo la carga de dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga;
- 35 en el que tras la recepción por dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal de orden de una señal de orden de DISPARAR hace que dicha energía eléctrica almacenada en dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga se descargue a dicho circuito (15) de disparo, actuando dicha carga (18) de base si una tensión o corriente en dicho circuito (15) de disparo resultante de la descarga de dicha energía eléctrica desde dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga supera dicha tensión o corriente umbral.
- 40
2. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que dicha carga (18) de base se acciona en respuesta a una señal de DISPARAR sólo si dicha corriente eléctrica en dicho circuito (15) de disparo es al menos un 20% mayor que una corriente umbral para el disparo.
- 45
3. Conjunto de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que dichos medios (21) de descarga comprenden una toma de tierra.
4. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que dicha señal de orden de "mantener activo" comprende una señal continua transmitida por dicha máquina de voladura, adoptando dicho conmutador (20) de carga una posición abierta tras la eliminación de, o en ausencia de dicha señal continua.
- 50
5. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que dicha señal de orden de "mantener activo" hace que dicho conmutador (20) de carga mantenga una posición cerrada durante un periodo de tiempo tras la recepción de dicha señal de "mantener activo" por dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal de orden, adoptando dicho conmutador (20) de carga una posición abierta al final de dicho periodo de tiempo a menos que dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal de orden hayan recibido otra señal de "mantener activo" desde dicha máquina de voladura durante dicho periodo de tiempo.
- 55
6. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 5, en el que dicha máquina de voladura transmite una serie de señales de "mantener activo" para mantener dicho conmutador (20) de carga en dicha posición cerrada de modo que el dispositivo (13) de almacenamiento de carga permanezca al menos sustancialmente cargado, pudiendo accionarse dicha carga (18) de base mediante la descarga de dicha energía eléctrica a dicho circuito (15) de disparo tras la recepción de una señal de orden de DISPARAR.
- 60
7. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que los medios (21) de descarga están en
- 65

- conexión eléctrica con el conmutador (20) de carga, de tal manera que cuando el conmutador (20) de carga está en una posición abierta el dispositivo (13) de almacenamiento de carga está conectado a los medios (21) de descarga pero no está conectado al generador (14) para provocar de ese modo la extracción de la carga en el dispositivo (13) de almacenamiento de carga, y cuando el conmutador (20) de carga está en una posición cerrada el dispositivo (13) de almacenamiento de carga está conectado al generador (14) pero no está conectado a los medios (21) de descarga para provocar de ese modo la carga del dispositivo (13) de almacenamiento de carga.
- 5
8. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que el dispositivo (13) de almacenamiento de carga se selecciona del grupo que consiste en: un condensador, un diodo, una batería recargable o una batería activable.
- 10
9. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que las señales de orden se seleccionan del grupo que consiste en: señales de ARMAR, señales de DESARMAR, señales de DISPARAR, tiempos de retardo de detonador y códigos de disparo de detonador.
- 15
10. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, que comprende además medios de transmisión de señal para generar y transmitir al menos una señal de comunicación para la recepción por la máquina de voladura.
- 20
11. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 10, en el que cada señal de comunicación comprende tiempos de retardo de detonador, códigos de disparo de detonador o información de estado de detonador.
- 25
12. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en el que las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio, energía electromagnética o energía acústica.
- 30
13. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 12, en el que las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio ULF.
- 35
14. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 12, en el que las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio que tienen una frecuencia de desde 100 hasta 2000 Hz.
- 40
15. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 12, en el que las señales de orden inalámbricas comprenden ondas de radio que tienen una frecuencia de desde 200 hasta 1200 Hz.
- 45
16. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 15, en el que al menos dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal, dicho dispositivo (13) de almacenamiento de carga y dicho generador (14) están ubicados en una caja (19) superior en o cerca de una superficie del terreno.
- 50
17. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que dicho al menos un generador (14) comprende un generador activo para proporcionar potencia al menos a dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de señal, y medios de recepción de energía para recibir energía desde una fuente de energía remota, transfiriendo dichos medios de recepción de energía dicha energía a medios de conversión para convertir dicha energía en energía eléctrica, proporcionando dichos medios de conversión dicha energía eléctrica para cargar dicho dispositivo de almacenamiento de carga.
- 55
18. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 17, en el que dichos medios de recepción de energía son un dispositivo de captura de luz láser, y dichos medios de conversión son un fotodiodo.
- 60
19. Conjunto (10) de detonador inalámbrico según la reivindicación 1, en el que los medios (21) de descarga están en conexión eléctrica con el conmutador (20) de carga, de tal manera que cuando el conmutador (20) de carga está en una posición abierta el dispositivo (13) de almacenamiento de carga está conectado a los medios (21) de descarga pero no está conectado al generador (14) para provocar de ese modo la extracción de la carga en el dispositivo (13) de almacenamiento de carga, y tras la recepción por dichos medios de recepción (11) y procesamiento (12) de una señal de orden de al menos una señal de orden de "mantener activo", adoptando dicho conmutador (20) de carga una posición cerrada de tal manera que el dispositivo (13) de almacenamiento de carga está conectado al generador (14) pero no está conectado a los medios (21) de descarga para provocar de ese modo la carga del dispositivo (13) de almacenamiento de carga.
- 65
20. Aparato de voladura que comprende:
- al menos una máquina de voladura que puede transmitir señales de orden a conjuntos de detonador inalámbrico asociados a través de comunicaciones inalámbricas;
- al menos una carga explosiva;

al menos un conjunto (10) de detonador inalámbrico según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19 asociado con cada carga explosiva y en comunicación de señal inalámbrica con dicha al menos una máquina de voladura.

5 21. Aparato de voladura según la reivindicación 20, que comprende además una estación de comunicación central, transmitiendo dicha estación de comunicación central señales de orden a dicha al menos una máquina de voladura, respondiendo dicha al menos una máquina de voladura a dichas señales de orden o retransmitiendo dichas señales de orden a dicho al menos un conjunto de detonador inalámbrico.

10 22. Método de voladura en un sitio de voladura, comprendiendo el método las etapas de:
proporcionar un aparato de voladura según la reivindicación 21;

colocar una pluralidad de cargas explosivas en el sitio de voladura;

15 23. Método según la reivindicación 22, en el que las señales de orden comprenden además tiempos de retardo para cada detonador, para provocar de ese modo que los detonadores se disparen en un patrón de temporización específico.

20 24. Método según la reivindicación 22, en el que cada detonador comprende un código de disparo almacenado, y las señales de orden comprenden además códigos de disparo, disparándose cada detonador sólo si se corresponden un código de disparo almacenado y un código de disparo de una señal de orden.

25 25. Método según la reivindicación 22, en el que las señales de orden comprenden además tiempos de retardo para cada detonador, para provocar de ese modo que los detonadores se disparen en un patrón de temporización específico.

30 26. Método según la reivindicación 22, en el que las señales de orden comprenden además tiempos de retardo para cada detonador, para provocar de ese modo que los detonadores se disparen en un patrón de temporización específico.

27. Método según la reivindicación 22, en el que las señales de orden comprenden además tiempos de retardo para cada detonador, para provocar de ese modo que los detonadores se disparen en un patrón de temporización específico.

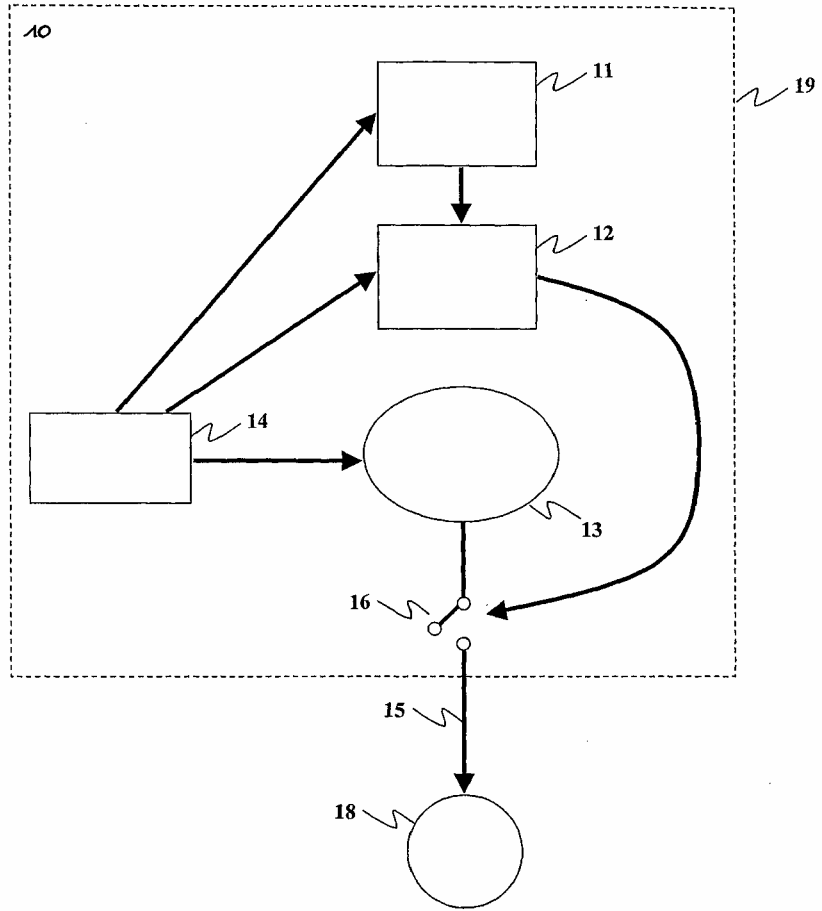


Fig. 1

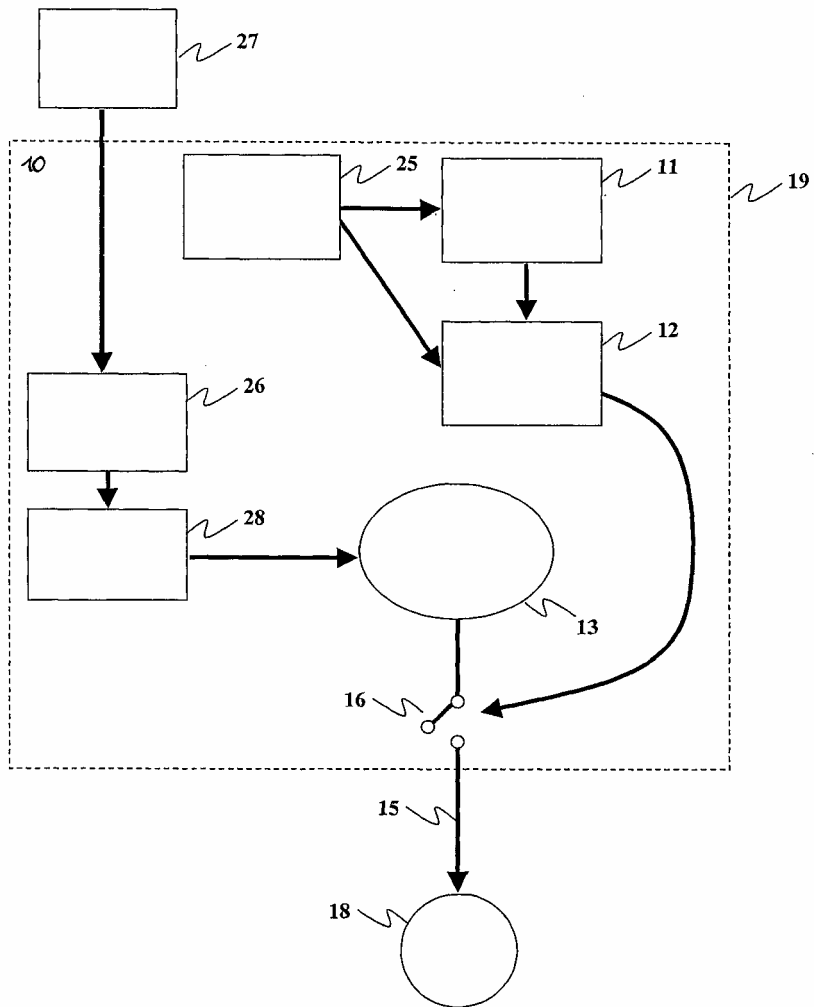


Fig. 2

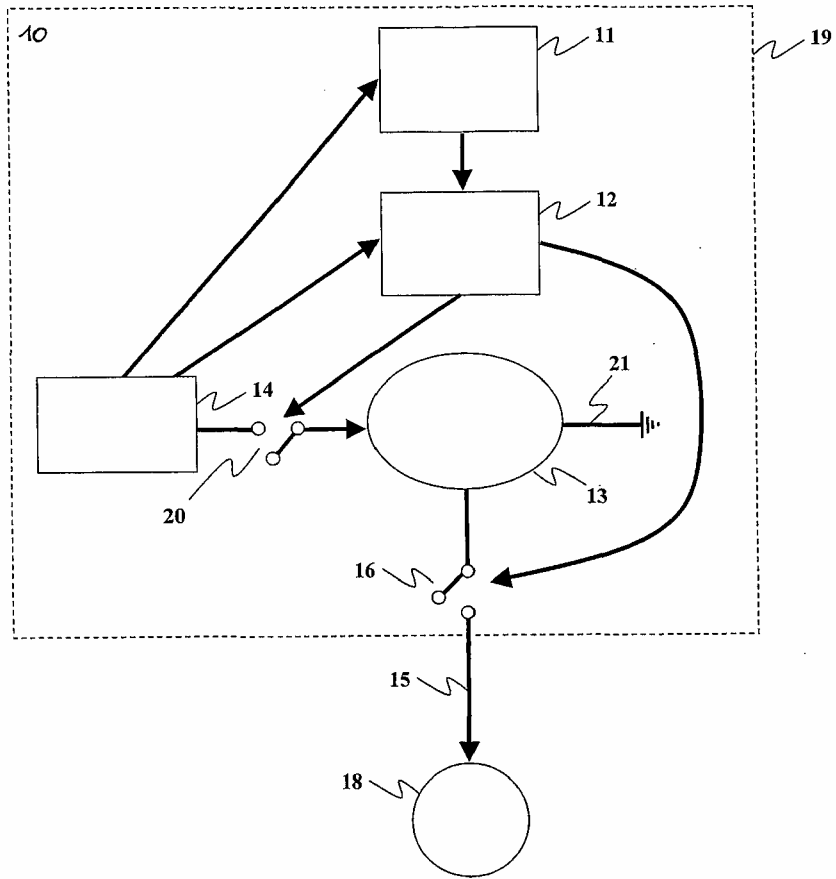


Fig. 3

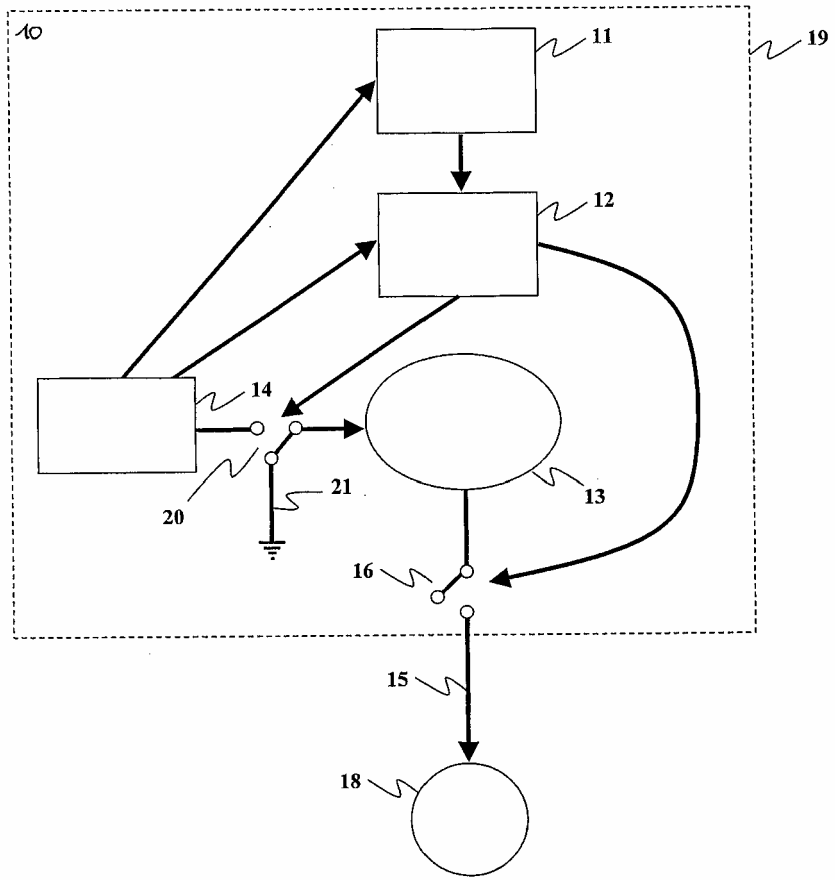


Fig. 4

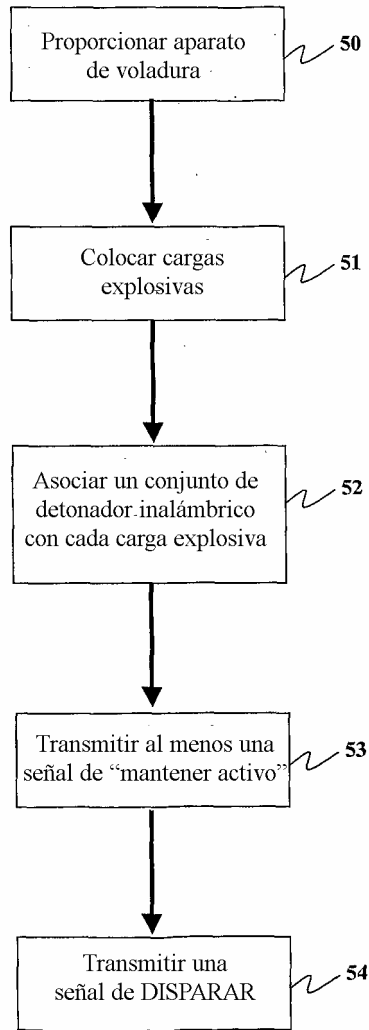


Fig. 5