

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 443 890**

51 Int. Cl.:

F42B 3/113 (2006.01)

F42B 3/12 (2006.01)

F42C 15/42 (2006.01)

F42D 1/045 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.11.2005** **E 05799332 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.10.2013** **EP 1809981**

54 Título: **Conjuntos detonadores inalámbricos, aparatos de voladura correspondientes, y métodos de voladura**

30 Prioridad:

02.11.2004 US 623941 P

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

20.02.2014

73 Titular/es:

**ORICA EXPLOSIVES TECHNOLOGY PTY LTD
(100.0%)
(ACN 075 659 353) 1 NICHOLSON STREET
MELBOURNE, VIC 3000, AU**

72 Inventor/es:

**CHAN, SEK KWAN;
STEWART, RONALD, F. y
BAMPFIELD, HOWARD, A.**

74 Agente/Representante:

LINAGE GONZÁLEZ, Rafael

ES 2 443 890 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

Conjuntos detonadores inalámbricos, aparatos de voladura correspondientes, y métodos de voladura

5 **Campo técnico**

Esta invención se refiere al campo de aparatos y métodos para mejorar la seguridad de detonadores, conjuntos detonadores, y aparatos de voladura que emplean tales detonadores y conjuntos detonadores. En particular, la invención se refiere a conjuntos, aparatos y métodos para controlar y disparar detonadores que están libres o
10 sustancialmente libres de conexión física a explosores correspondientes por medio de, por ejemplo, hilos electrónicos o tubo de choque.

Técnica antecedente

15 En las operaciones mineras, la fragmentación y rotura eficiente de la roca por medio de cargas explosivas exige considerable destreza y pericia. En la mayoría de las operaciones mineras se plantan cargas explosivas en cantidades apropiadas en posiciones calculadas en la roca. Después, las cargas explosivas son accionadas mediante detonadores con retardos predeterminados, proporcionando de este modo el patrón deseado de voladura y fragmentación de roca. Típicamente, se transmiten señales a los detonadores mediante sistemas no eléctricos que
20 emplean cordón detonante de baja energía (LEDC) o tubo de choque. Alternativamente, pueden usarse hilos eléctricos para transmitir señales a detonadores eléctricos. Más recientemente, el uso de detonadores electrónicos ha permitido el uso de retardos programables con una exactitud de 1 ms o menos.

El establecimiento de la configuración de voladura, y la colocación de cargas explosivas, a menudo requiere mucho
25 trabajo y depende en gran medida de la exactitud y la meticulosidad del operador de voladura. El operador de voladura debe colocar correctamente las cargas explosivas, por ejemplo dentro de perforaciones en la roca, y asegurarse de que los detonadores (y opcionalmente las cargas iniciadoras) se ponen en asociación correcta con las cargas explosivas. De manera importante, el operador de voladura debe asegurarse de que los detonadores estén en relación de transmisión de señal correcta con un explosor, de tal manera que el explosor pueda transmitir
30 una señal de DISPARAR para accionar cada detonador, y a su vez accionar cada carga explosiva.

Los sistemas de voladura electrónicos que implican la comunicación eléctrica directa entre el explosor y los detonadores pueden permitir el uso de transmisión de señales más sofisticada. Por ejemplo, tal transmisión de
35 señales puede incluir instrucciones de ARMAR, DESARMAR, y retardo para programación remota de la secuencia de disparo del detonador. Por otra parte, como característica de seguridad, los detonadores pueden almacenar códigos de disparo y responder a señales de ARMAR y DISPARAR sólo en el momento de recibir códigos de disparo coincidentes desde el explosor.

Para responder a tales señales de mando, los sistemas detonadores electrónicos pueden comprender un sistema de
40 circuitos programable que permite la recepción, el almacenamiento en memoria y el procesamiento de las señales entrantes. Sin embargo, este sistema de circuitos programable puede presentar en sí mismo problemas de seguridad. Por ejemplo, el suministro de alimentación para el sistema de circuitos programable puede activar inadvertidamente el sistema de circuitos de disparo del detonador, con el resultado del accionamiento involuntario de la carga base del detonador.

45 Se han desarrollado sistemas y métodos para ayudar a evitar la posibilidad de accionamiento inadvertido del detonador por señales de mando recibidas por el detonador, mejorando de este modo la seguridad de la configuración de voladura. Por ejemplo, la patente de Estados Unidos 6.644.202, concedida el 11 de noviembre de 2003, desvela un método de establecimiento de una configuración de voladura cargando al menos un detonador
50 dentro de cada uno de una pluralidad de barrenos, poniendo material explosivo en cada barreno, conectando a una línea troncal una unidad de control que tiene una fuente de alimentación incapaz de disparar los detonadores, conectando secuencialmente los detonadores, por medio de líneas secundarias respectivas, a la línea troncal y dejando cada detonador conectado a la línea troncal. En una realización preferida, la unidad de control incluye medios para recibir y almacenar en medios de memoria datos de identidad procedentes de cada detonador, medios
55 para generar una señal para probar la integridad de la conexión detonador/línea troncal y la funcionalidad del detonador, y medios para asignar un retardo predeterminado de cada detonador que ha de almacenarse en los medios de memoria. De este modo, la unidad de control puede comunicarse con los detonadores a través de una conexión eléctrica directa (es decir, la línea troncal). Sin embargo, la fuente de alimentación de la unidad de control que permite la comunicación es demasiado pequeña para arriesgar el accionamiento inadvertido del detonador.

60 El documento US 2002/0178955 describe un sistema de detonación por inducción electromagnética controlada para la iniciación de un sistema de material detonable que incluye un módulo de carga de radio automatizado (ARCH) conectable 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
65 transductor desde una ubicación alejada del detonador. En el momento de la terminación de 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 al módulo ARCH y proporcionar una corriente de detonación para el detonador. El módulo transductor es alimentado por una batería.

El documento US 4.777.880 describe un método de detonación de cargas explosivas para la rotura de roca y mineral que comprende el uso de dos juegos de componentes, un juego en el interior de la carga explosiva y el otro juego en la superficie del explosivo. El juego del interior del explosivo comprende un detonador, un primer elemento de retardo y un dispositivo de almacenamiento pasivo de energía como un condensador. El segundo juego que puede comunicarse con el primero comprende una fuente de alimentación, un segundo elemento de retardo y un medio para recibir señales desde una fuente de mando remota. En una realización preferida, el primer elemento de retardo tiene un retardo fijo y el segundo elemento de retardo tiene un retardo programable.

El documento US 4.870.902 describe un sistema para iniciar un fulminante en el que se convierte energía luminosa pulsante en energía eléctrica. Un acoplador óptico acopla la fuente de energía a una configuración de disparo remoto para transferir la energía luminosa pulsante generada a la configuración de disparo. Una conexión eléctrica conecta la configuración de disparo a una resistencia de ignición en un detonador. La energía luminosa 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.

Otras mejoras en la seguridad de la voladura se refieren al desarrollo de detonadores inalámbricos y sistemas detonadores correspondientes. Las personas expertas en la materia reconocen el potencial de los sistemas detonadores inalámbricos para la mejora significativa en la seguridad en el lugar de voladura. Evitando el uso de conexiones físicas (por ejemplo, hilos eléctricos, tubos de choque, LEDC, cables ópticos) entre los detonadores, y otros componentes en el lugar de voladura (por ejemplo, explosores), se reduce la posibilidad de instalación incorrecta de la configuración de voladura. Con las configuraciones de voladura "cableadas" tradicionales (en las que los hilos pueden incluir, por ejemplo, hilos eléctricos, tubos de choque, LEDC o cables ópticos), se requiere considerable pericia y cuidado por parte de un operador de voladura para establecer las conexiones correctas entre los hilos y los componentes de la configuración de voladura. Además, se requiere considerable cuidado para asegurarse de que los hilos conducen desde la carga explosiva (y el detonador asociado) hasta un explosor sin interrupción, enganchones, daño u otra interferencia que pudiera impedir el control y funcionamiento correcto del detonador mediante el explosor conectado. Los sistemas de voladura inalámbricos ofrecen la esperanza de soslayar estos problemas.

Otra ventaja de los detonadores inalámbricos se refiere a la facilitación del establecimiento automatizado de las cargas explosivas y los detonadores asociados en el lugar de voladura. Esto puede incluir, por ejemplo, la carga automatizada de detonadores en las perforaciones, y la asociación automatizada de un detonador correspondiente con cada carga explosiva. El establecimiento automatizado de una red de cargas explosivas y detonadores en un lugar de voladura, por ejemplo empleando sistemas robóticos, proporcionaría mejoras drásticas en la seguridad del lugar de voladura ya que los operadores de voladura podrían instalar la red de voladura desde ubicaciones completamente remotas. Sin embargo, tales sistemas presentan retos tecnológicos formidables, muchos de los cuales siguen sin resolver. Un obstáculo para la automatización es la dificultad de manipulación robótica y manejo de los detonadores en el lugar de voladura, particularmente cuando los detonadores requieren atadura u otras formas de conexión a hilos eléctricos, tubos de choque o similares. Los detonadores inalámbricos y los sistemas detonadores inalámbricos correspondientes pueden ayudar a soslayar tales dificultades, y se prestan más a aplicación con operaciones mineras automatizadas. Además, la instalación y atadura manual de detonadores mediante conexiones físicas exige mucho trabajo, requiriendo un tiempo considerable del tiempo del operador de voladura. En cambio, los sistemas de voladura automatizados exigen significativamente menos trabajo, ya que gran parte del procedimiento de instalación implica sistemas robóticos en lugar de tiempo del operador de voladura.

Se ha progresado en el desarrollo de detonadores inalámbricos, y sistemas de voladura inalámbricos que son adecuados para uso en operaciones mineras, incluyendo detonadores y sistemas que se prestan a instalación en el lugar de voladura. No obstante, los sistemas de voladura inalámbricos existentes aún presentan preocupaciones de seguridad significativas, y se requieren mejoras si los sistemas inalámbricos han de convertirse en una alternativa viable a los sistemas de voladura "cableados" tradicionales.

Exposición de la invención

Un objeto de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, es proporcionar un conjunto detonador o aparato de voladura correspondiente que sea inalámbrico con respecto a los enlaces de comunicación entre un explosor y los conjuntos detonadores asociados.

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

Otro objeto más de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, es proporcionar un método para comunicación inalámbrica entre un explosor y al menos un conjunto detonador.

En un aspecto, la invención prevé un conjunto detonador para uso en conexión con al menos un explosor que transmite al menos una señal de mando inalámbrica a través de un primer medio, comprendiendo el conjunto detonador:

- 5 una carga base;
- un medio de recepción y procesamiento de señales de mando para recibir y procesar inalámbricamente dicha al menos una señal de mando procedente de dicho al menos un explosor;
- 10 una fuente de alimentación activa para alimentar dicho medio de recepción y procesamiento de señales de mando;
- un receptor de alimentación para recibir inalámbricamente a través de un segundo medio la alimentación transmitida por un emisor de alimentación que no es parte del conjunto detonador;
- 15 medio de conversión para convertir dicha alimentación recibida desde el receptor de alimentación en alimentación eléctrica;

- 20 una fuente de alimentación pasiva en conexión eléctrica con el medio de conversión, la fuente de alimentación pasiva capaz de almacenar dicha alimentación eléctrica obtenida de dicho medio de conversión para cargar de este modo el detonador; y

- 25 un circuito de disparo en conexión con dicha carga base, para recibir selectivamente dicha alimentación eléctrica almacenada en dicha fuente de alimentación pasiva, generando dicha fuente de alimentación activa una alimentación insuficiente para activar dicho circuito de disparo y accionar dicha carga base; tras lo cual, la recepción de una señal de mando para DISPARAR por dicho medio de recepción de señales de mando causa la liberación de dicha alimentación eléctrica desde dicha fuente de alimentación pasiva en dicho circuito de disparo para accionar de este modo dicha carga base.

- 30 En otro aspecto, la invención prevé un aparato de voladura que comprende:

al menos un explosor capaz de transmitir señales de mando a detonadores asociados a través de comunicaciones inalámbricas a través de un primer medio;

- 35 al menos una carga explosiva;

al menos un conjunto detonador de la presente invención asociado con cada carga explosiva y en comunicación de señal con dicho al menos un explosor;

- 40 al menos un emisor de alimentación para transmitir alimentación a través de un segundo medio a cada conjunto detonador para recepción de este modo de una forma adecuada para cargar cada conjunto detonador para el disparo en respuesta a una señal de mando de DISPARAR procedente de dicho al menos un explosor; y

- 45 opcionalmente, una estación de mando central para controlar dicho al menos un explosor.

En otro aspecto, la invención prevé un método de voladura en un lugar de voladura, comprendiendo el método las etapas de:

- 50 proporcionar un aparato de voladura de la invención;

poner una pluralidad de cargas explosivas en el lugar de voladura;

- 55 asociar cada conjunto detonador con una carga explosiva de manera que el accionamiento de cada conjunto detonador causará el accionamiento de cada carga explosiva asociada;

apuntar dicha alimentación emitida desde dicho emisor de alimentación a dicho al menos un conjunto detonador para hacer que cada conjunto detonador reciba dicha alimentación emitida y convierta dicha alimentación emitida en energía eléctrica para cargar de este modo cada conjunto detonador para el disparo; y

- 60 transmitir al menos una señal de mando desde dicho al menos un explosor para hacer que cada conjunto detonador descargue dicha energía eléctrica en dicho circuito de disparo, causando de este modo el accionamiento de cada carga base.

- 65 En otro aspecto, la invención prevé un uso de un conjunto detonador de la invención, en una operación minera.

En otro aspecto, la invención prevé un uso del aparato de voladura de la invención, en una operación minera.

Breve descripción de los dibujos

5 La figura 1 ilustra esquemáticamente una realización preferida de un conjunto detonador inalámbrico de la invención en el contexto de un aparato de voladura correspondiente.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una realización preferida de un conjunto detonador inalámbrico de la invención en el contexto de un aparato de voladura correspondiente.

10 La figura 3 ilustra esquemáticamente una realización preferida de un conjunto detonador inalámbrico de la invención en el contexto de un aparato de voladura correspondiente.

La figura 4 ilustra esquemáticamente una realización alternativa de un conjunto detonador inalámbrico de la invención en el contexto de un aparato de voladura correspondiente.

15 La figura 5 es un organigrama de una realización preferida de un método para voladura que usa un conjunto detonador inalámbrico, y el aparato de voladura de la invención.

Definiciones:

20 Para los fines de esta memoria descriptiva, se considera que energía luminosa y energía óptica significan lo mismo y engloban el mismo intervalo de longitudes de onda electromagnéticas, incluyendo el intervalo longitudes de onda definidas por la división visible de los espectros electromagnéticos.

25 Fuente de alimentación activa: se refiere a cualquier fuente de alimentación que, cuando esté activa, pueda proporcionar un suministro sustancialmente continuo o generalmente constante de energía eléctrica. Esta definición engloba dispositivos que dirijan corriente tales como una batería o un dispositivo que proporcione una corriente continua o alterna. Típicamente, una fuente de alimentación activa proporciona alimentación a un medio de recepción y/o procesamiento de señales de mando, para permitir la recepción fiable e interpretación de señales de mando obtenidas, por ejemplo, de un explosor.

Evento de voladura automatizada/automática: engloba todos los métodos y sistemas de voladura que se prestan al establecimiento a través de medios remotos, por ejemplo, empleando sistemas robóticos, en el lugar de voladura. De este modo, los operadores de voladura pueden instalar un sistema de voladura, incluyendo una red de detonadores y cargas explosivas, en el lugar de voladura desde una ubicación remota, y controlar los sistemas robóticos para instalar el sistema de voladura sin necesidad de estar en las inmediaciones del lugar de voladura.

35 Carga base: se refiere a cualquier porción discreta de material explosivo en las proximidades de otros componentes del detonador y asociada con esos componentes de una manera que permita al material explosivo activarse en el momento de la recepción de señales apropiadas procedentes de los otros componentes. La carga base puede estar retenida dentro de la carcasa principal de un detonador o, alternativamente, puede estar ubicada cercana a la carcasa principal de un detonador. La carga base puede usarse para distribuir alimentación de salida a una carga de explosivos externos para iniciar la carga de explosivos externos.

45 Explosor: cualquier dispositivo que sea capaz de estar en comunicación de señal con detonadores electrónicos, por ejemplo para enviar señales de mando tales como señales de ARMAR, DESARMAR y DISPARAR a los detonadores, y/o para programar los detonadores con tiempos de retardo y/o códigos de disparo. El explosor también puede ser capaz de recibir información tal como tiempos de retardo o códigos de disparo procedentes de los detonadores directamente, o esto puede lograrse mediante un dispositivo intermedio para recopilar información de detonadores y transferir la información al explosor.

Medio de recepción de señales de mando/medio de procesamiento de señales de mando: se refiere a cualquier dispositivo o software capaz de llevar a cabo la recepción y/o procesamiento de señales de mando. Tales dispositivos pueden formar componentes separados o totalmente integrados.

55 Carga: En el contexto de esta memoria descriptiva, se refiere al acto de hacer que un detonador de la invención reciba energía o alimentación desde una fuente remota, y convierta la energía o alimentación en energía eléctrica que pueda usarse en última instancia en la activación de un circuito de disparo para causar el accionamiento de una carga base asociada en el momento de la recepción de señales de mando apropiadas. "Carga" y "suministro de alimentación" tienen sustancialmente el mismo significado en el contexto de la presente invención y pueden referirse a la carga de una fuente de alimentación pasiva.

60 Medio de conversión: se refiere a cualquier componente o dispositivo que pueda convertir la energía o alimentación recibida inalámbricamente desde una fuente remota, en energía eléctrica útil para cargar el conjunto detonador. Por ejemplo, cuando la energía es energía luminosa, el medio de conversión es una célula fotovoltaica o un fotodiodo.

Detonador: se refiere a cualquier dispositivo que comprenda una carga base, y medios para recibir una señal para accionar la carga base. Típicamente, pero no necesariamente, un detonador puede comprender un casquillo del detonador, de metal o algún otro material adecuado para encerrar componentes tales como la carga base. Típicamente, pero no necesariamente, la carga base puede estar colocada en un extremo de percusión/accionamiento de un detonador, opuesto a un extremo de recepción de señal.

Conjunto detonador: se refiere a cualquier conjunto de componentes que incluye componentes detonadores adecuados para recibir una o más señales de mando y causar el accionamiento de una carga base en el momento de la recepción de una señal de mando para DISPARAR. En las realizaciones seleccionadas presentadas en este documento, el conjunto detonador además puede incluir componente para impedir sustancialmente el accionamiento involuntario del detonador. Tales componentes pueden seleccionarse de uno o más de la siguiente lista no limitadora:

una carga base;

un medio de recepción de señales de mando para recibir inalámbricamente dicha al menos una señal de mando desde dicho al menos un explosor;

medio de procesamiento de señales de mando para procesar dicha al menos una señal de mando;

una fuente de alimentación activa para alimentar dicho medio de recepción y/o procesamiento de señales de mando;

un receptor de alimentación para recibir inalámbricamente la alimentación transmitida por un emisor de alimentación que no es parte del conjunto detonador;

medio de conversión para convertir dicha alimentación recibida desde el receptor de alimentación en alimentación eléctrica;

una fuente de alimentación pasiva en conexión eléctrica con el medio de conversión, la fuente de alimentación pasiva capaz de almacenar dicha alimentación eléctrica obtenida de dicho medio de conversión para cargar de este modo el detonador; y

un circuito de disparo en conexión con dicha carga base, para recibir selectivamente dicha alimentación eléctrica almacenada en dicha fuente de alimentación pasiva, generando dicha fuente de alimentación activa una alimentación insuficiente para activar dicho circuito de disparo y accionar dicha carga base; con lo cual, la recepción de una señal de mando para DISPARAR por dicho medio de recepción de señales de mando causa la liberación de dicha alimentación eléctrica desde dicha fuente de alimentación pasiva en dicho circuito de disparo para accionar de este modo dicha carga base.

Energía electromagnética: engloba la energía de todas las longitudes de onda encontradas en los espectros electromagnéticos. Esto incluye longitudes de onda de la división del espectro electromagnético de rayos γ , rayos X, ultravioleta, visible, infrarroja, 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 de radio, visible y de microondas del espectro electromagnético.

Emisor de alimentación: engloba cualquier fuente de alimentación o energía que sea capaz de transmitir inalámbricamente alimentación o energía a un detonador con el fin de "suministrar alimentación" o "cargar" el detonador para el disparo. En las realizaciones preferidas, el emisor de alimentación puede comprender una fuente de energía electromagnética tal como una fuente de láser o de microondas.

Medio/medios o "formas" de energía: De acuerdo con la presente invención, un medio para transmitir alimentación puede adoptar cualquier forma apropiada para comunicación inalámbrica y/o carga inalámbrica de los detonadores. Por ejemplo, tales formas de energía o alimentación pueden incluir, pero no están limitadas a, energía electromagnética incluyendo luz, infrarrojos, ondas de radio (incluyendo ULF), y microondas, o alternativamente puede adoptar alguna otra forma tal como inducción electromagnética o energía acústica. Además, las "formas" de energía pueden pertenecer al mismo tipo de energía (por ejemplo, luminosa, infrarroja, ondas de radio, microondas, etc.) pero implicar diferentes longitudes de onda o frecuencias de la energía. Generalmente, un conjunto detonador de la invención recibirá dos formas diferentes de energía que implican diferentes medios, y distinguir una forma de otra de acuerdo con las enseñanzas proporcionadas en este documento.

Medio de recepción de energía electromagnética: engloba cualquier medio que sea capaz de recibir energía electromagnética tal como energía luminosa, ondas de radio o microondas, y transferir al menos algo de la energía electromagnética a un medio de conversión para la conversión de la energía electromagnética en energía eléctrica. Por ejemplo, el medio puede incluir un dispositivo de captación de luz que puede incluir componentes ópticos tales como espejos o prismas para dirigir la energía luminosa de una manera deseada. Además, el medio de recepción de energía luminosa puede incluir medios para dirigir o transportar la energía luminosa a otra ubicación discreta, por

ejemplo a través de un cable óptico o fibra óptica.

Medio de recepción de energía de inducción electromagnética: incluye cualquier dispositivo capaz de recibir energía tal como energía eléctrica transferida al mismo mediante inducción electromagnética. Por ejemplo, tal medio puede comprender un dispositivo de acoplamiento magnético tal que comprenda un material magnético metálico. En realizaciones preferidas, el dispositivo de acoplamiento magnético puede comprender un dispositivo tal como el descrito, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos 6618237, que se incorpora en este documento por referencia. En realizaciones preferidas adicionales, el dispositivo de acoplamiento magnético puede tener una abertura en el mismo configurada para recibir un hilo conductor que se extiende a través del mismo, con dicho dispositivo de acoplamiento magnético generando señales de salida basadas en corrientes que pasan por el hilo. Por ejemplo, el hilo que se extiende a través del mismo puede transportar selectivamente una corriente adecuada para inducir flujo magnético en el dispositivo de acoplamiento magnético, por lo que el flujo magnético puede utilizarse para transferir corriente eléctrica dentro de un hilo enrollado alrededor del dispositivo de acoplamiento magnético. En la realización más preferida, el dispositivo de acoplamiento magnético comprende un elemento toroidal tal como se ilustra, por ejemplo, en la figura 4.

Fuente de alimentación pasiva: incluye cualquier fuente de alimentación eléctrica que no proporcione alimentación de manera continua, sino que, en cambio, proporcione alimentación cuando se le induzca a hacerlo mediante un estímulo externo. Tales fuentes de alimentación incluyen, pero no están limitadas a, un diodo, un condensador, una batería recargable, o una batería activable. Preferentemente, una fuente de alimentación pasiva es una fuente de alimentación que puede ser cargada y descargada con facilidad según la energía recibida y otras señales. Lo más preferible es que la fuente de alimentación pasiva sea un condensador.

Emisor de alimentación: cualquier fuente de alimentación o energía transmitida inalámbricamente en la que la alimentación o energía sea adecuada para recepción por un conjunto detonador de la invención. Tal transmisor de alimentación puede incluir cualquier emisor de energía óptica o electromagnética en el espacio libre, u otra fuente de energía tal como una fuente acústica o una fuente de energía eléctrica para inducción electromagnética.

Preferido/preferentemente: se refiere a características preferidas de las realizaciones más amplias de la invención, a menos que se indique otra cosa.

Fuente de energía luminosa: puede adoptar cualquier fuente que sea capaz de producir una forma de energía luminosa suficiente para "cargar" un detonador desde una ubicación remota. Tal fuente puede incluir, pero no está limitada a, una bombilla de filamento, un láser, un diodo láser, o un diodo LED o cualquier forma de transmisión óptica en el espacio libre. Por otra parte, la fuente de energía luminosa puede formar una parte integral de un explosor, pero, alternativamente, puede formar una fuente o entidad distinta que sea físicamente distinta del explosor y sea accionada por separado.

Inalámbrico: se refiere a no haber hilos físicos (tales como hilos eléctricos, tubos de choque, LEDC, o cables ópticos) que conecten el conjunto detonador de la invención o componentes de la misma a un explosor o fuente de alimentación asociados. Inalámbrico incluye la comunicación de señales de mando a un conjunto detonador de la invención, así como la transferencia de alimentación o energía a través de medios inalámbricos al conjunto detonador de la invención. Inalámbrico puede incluir, al menos en las realizaciones seleccionadas, el uso de sistemas de comunicaciones esencial o parcialmente inalámbricos. Por ejemplo, inalámbrico puede incluir el uso de inducción electromagnética para transferir energía eléctrica para "cargar" conjuntos detonadores para el disparo. Aunque pueden usarse hilos en tales realizaciones, y tales hilos se aproximan entre sí y con otros componentes, aun así no puede haber conexión física entre un explosor y el conjunto detonador. Como tales, estos sistemas que emplean inducción electromagnética entran dentro del ámbito de los sistemas inalámbricos dentro del alcance y el significado de las enseñanzas de la presente solicitud.

Modos para llevar a cabo la invención

Los sistemas de voladura inalámbricos soslayan la necesidad de sistemas de cableado complicados en el lugar de voladura, y los riesgos asociados de la incorrecta colocación, asociación y conexión de los componentes del sistema de voladura. Sin embargo, el desarrollo de sistemas de comunicaciones inalámbricas para operaciones de voladura ha presentado nuevos retos significativos para la industria, incluyendo nuevas cuestiones de seguridad.

Por medio de una cuidadosa investigación, los inventores han determinado que los detonadores inalámbricos y los sistemas de voladura de la técnica anterior son problemáticos con respecto al accionamiento inadvertido o accidental de los detonadores. La comunicación rápida y exacta entre un explosor y los detonadores asociados representa un reto difícil, independientemente de la naturaleza de los sistemas de comunicación inalámbrica. Una de las señales más importantes que deben ser procesadas correctamente y con exactitud por un detonador inalámbrico es la señal para DISPARAR. El fallo de los sistemas de comunicación para disparar los detonadores al ordenarlo puede resultar en un riesgo significativo o daño grave o la muerte para aquellos operadores que trabajan en el lugar de voladura. Por lo tanto, la prevención del accionamiento inadvertido del detonador es de primordial importancia para las operaciones de voladura.

La presente invención proporciona, al menos en realizaciones preferidas, para conjuntos detonadores, aparatos de voladura correspondientes que comprenden los conjuntos detonadores, y métodos que implican los conjuntos detonadores que reducen el riesgo de accionamiento inadvertido del detonador. Los conjuntos detonadores de la presente invención utilizan componentes conocidos para proporcionar una manera de evitar sustancialmente el accionamiento inadvertido del detonador. Los inventores han tenido éxito en el desarrollo de un conjunto detonador “intrínsecamente seguro” y un sistema de voladura correspondiente que evita la necesidad de hilos u otras conexiones físicas entre un explosor y uno o más conjuntos detonadores asociados con el explosor. De este modo, un operador de voladura que trabaje en el lugar de voladura puede colocar cargas explosivas, asociar conjuntos detonadores con las cargas explosivas y alejarse del lugar de voladura antes del disparo, sin la necesidad de establecer y tender una multitud de conexiones de hilo entre los componentes del aparato de voladura. Esto no sólo reduce el tiempo y el coste de la operación de voladura, sino que se mejora la seguridad del aparato en conjunto.

En aspectos preferidos de la invención, los desarrollos pueden facilitar la manipulación automatizada de los conjuntos detonadores. Sin la necesidad de efectuar conexiones físicas (por ejemplo, hilos eléctricos, tubos de choque, LEDC, o cables ópticos) entre conjuntos detonadores y explosores o fuentes de alimentación, los conjuntos detonadores pueden ser cargados dentro de las perforaciones más fácilmente mediante medios de instalación automatizados, por ejemplo, empleando sistemas robóticos. De este modo, un operador de voladura puede pasar menos tiempo en las proximidades de los explosivos en el lugar de voladura, alejando del peligro de este modo al trabajador.

La presente invención, al menos en parte, implica el uso de una forma de energía para comunicarse con los detonadores, y otra forma de energía distinta para “suministrar alimentación” o “cargar” los conjuntos detonadores y ponerlos en un estado adecuado para el disparo. Cada forma de energía es distinguible de la otra forma, y esta distinción es detectable por el detonador de la invención. Como resultará evidente a partir de la presente exposición, la forma de energía que se usa para comunicación general con los conjuntos detonadores de la invención es menos probable que active accidental o inadvertidamente el accionamiento de la carga base del detonador. Para que se produzca el accionamiento, dos formas de energía separadas y distintas deben apuntar al conjunto detonador, de lo contrario, el conjunto detonador permanecerá sustancialmente en un “modo seguro”.

Las “formas” de energía pueden adoptar cualquier forma apropiada para comunicación inalámbrica y/o carga inalámbrica de los conjuntos detonadores, transmitida, por ejemplo, a través de diferentes medios. Por ejemplo, tales formas de energía pueden incluir, pero no están limitadas a, energía electromagnética incluyendo luz, infrarrojos, ondas de radio (incluyendo ULF) y microondas, o, alternativamente, pueden adoptar alguna otra forma tal como inducción electromagnética o energía acústica. En aspectos preferidos, puede usarse el mismo tipo de energía, seleccionada, por ejemplo, del grupo anterior, tanto para comunicarse con el conjunto mediante señales de mando (por ejemplo, procedentes de un explosor) así como para “cargar” o “suministrar alimentación” al conjunto detonador. Sin embargo, en circunstancias tales en las que se usa el mismo tipo de energía para ambos fines, la naturaleza de la energía debe ser diferenciada por el conjunto detonador de la invención de manera que las señales de mando entrantes y la energía o alimentación entrante para suministrar alimentación al el conjunto detonador no se confundan. En un ejemplo, si el conjunto detonador de la invención emplea y recibe microondas tanto para los fines de comunicación con un explosor mediante señales de mando, como para recibir energía para suministro de alimentación para el disparo, luego el conjunto detonador debe diferenciar cada forma de energía de microondas basándose en longitudes de onda o frecuencias diferentes. Claramente, cuando un conjunto detonador de la invención emplea un tipo de energía diferente para comunicación comparado con el suministro de alimentación, entonces se reduce la necesidad de diferenciar las energías basándose en la longitud de onda o la frecuencia. Por ejemplo, un conjunto detonador de la invención puede recibir energía luminosa con el fin de suministrar alimentación al el conjunto detonador para el disparo, y ondas de radio para comunicaciones generales con un explosor. Ciertamente, esto pertenece a una realización particularmente preferida de la invención. Bajo tales circunstancias, dispositivos de recepción de luz y radio alternativos en el conjunto detonador asegurarán que las señales de suministro de alimentación y comunicación general siguen siendo distintas.

La invención contempla el uso de un conjunto detonador que comprende una pequeña fuente de alimentación de intensidad suficiente para alimentar un sistema de circuitos de radiocomunicaciones inalámbricas en el conjunto detonador, para recibir, por ejemplo, señales de ARMAR, DESARMAR y DISPARAR, tiempos de retardo del detonador y códigos de disparo asociados desde un explosor asociado. Sin embargo, la fuente de alimentación es preferentemente de intensidad insuficiente para causar el accionamiento de la carga base a través del sistema de circuitos de disparo. Tal como se ha analizado, se utiliza un sistema sustancialmente separado y distinto para “suministrar alimentación” o “cargar” el conjunto detonador, para permitir de este modo que la carga base sea disparada en respuesta a una o más señales de mando apropiadas. Por ejemplo, la invención contempla el uso de energía electromagnética recibida tal como energía luminosa o energía de microondas para alimentar el circuito de disparo para el accionamiento de la carga base. De este modo, cada conjunto detonador puede ser programado con, y responder a, señales de mando recibidas desde un explosor mediante comunicación RF. Sin embargo, cada conjunto detonador no responderá a una señal de mando para DISPARAR a menos que esté efectivamente cebado listo para disparar en virtud de la energía electromagnética recibida (que ha sido convertida en energía eléctrica para el circuito de disparo). Por lo tanto, la comunicación inalámbrica por parte de un explosor asociado con el conjunto

detonador, por ejemplo para comunicar señales de ARMAR, DESARMAR o DISPARAR, así como tiempos de retardo y códigos de disparo, no causará sustancialmente el accionamiento inadvertido de la carga base ya que la naturaleza intrínseca del conjunto detonador es estar en un “modo seguro”. De acuerdo con la invención, el conjunto detonador sólo estará en una posición para disparar si el conjunto detonador ya está “cargado”, o lo está posteriormente, por una fuente de energía de una forma totalmente distinta (por ejemplo, una longitud de onda o frecuencia diferente) comparada con los sistemas de comunicaciones de señales de mando del explosor. Esta forma de energía totalmente distinta es responsable de proporcionar una entrada de energía al conjunto detonador suficiente para activar el circuito de disparo y accionar la carga base en el momento de la recepción de una señal de DISPARAR procedente del explosor.

Una persona experta en la materia apreciará que la naturaleza de la señal o la fuente de alimentación para comunicación por parte del explosor, o para cargar el conjunto detonador puede variar. Por ejemplo, puede utilizarse cualquier medio inalámbrico de transferencia de señales y energía de acuerdo con los conjuntos detonadores de la presente invención para conseguir tanto comunicación inalámbrica desde un explosor (es decir, la transferencia de señales de mando), así como la transferencia de energía o alimentación para “cargar” o “suministrar alimentación” al conjunto detonador para el disparo. Los conjuntos detonadores de la invención pueden distinguir entre comunicaciones inalámbricas con los fines de comunicación general, y comunicaciones inalámbricas para cargar. Además, puede usarse un solo tipo de energía (por ejemplo, energía luminosa) tanto para suministrar alimentación a los conjuntos detonadores para el disparo como para transmitir señales de mando para controlar los detonadores, siempre que se use una longitud de onda para suministro de alimentación diferente de para transmitir señales de mando, de manera que el conjunto detonador pueda distinguir eficazmente entre las dos. Por ejemplo, en realizaciones particularmente preferidas, puede usarse una señal luminosa de longitud de onda más alta, y por lo tanto energía más baja, para transmitir señales de mando mientras que puede usarse una señal luminosa de longitud de onda más baja, y por lo tanto energía más alta, para transmitir energía luminosa para suministrar alimentación al conjunto detonador. Tales formas de energía luminosa pueden, por ejemplo, adoptar la forma de luz láser roja y azul respectivamente. Por otra parte, también pueden usarse otros medios inalámbricos para comunicación con los conjuntos detonadores, o para transferencia de energía para suministrar alimentación a los conjuntos detonadores, incluyendo, por ejemplo, infrarrojos, ondas de radio (incluyendo ULF), microondas y otras formas de energía electromagnética, inducción electromagnética y energía acústica.

En otras realizaciones, el conjunto detonador de la presente invención puede cargarse mediante la transferencia de energía desde un medio de recepción de energía de inducción electromagnética. Tal medio puede incluir cualquier dispositivo capaz de recibir energía tal como energía eléctrica transferida al mismo mediante inducción electromagnética. Por ejemplo, tales medios pueden comprender un dispositivo de acoplamiento magnético tal como un dispositivo que comprenda un material magnético/metálico. En realizaciones preferidas, el dispositivo de acoplamiento magnético puede comprender un dispositivo tal como el descrito, por ejemplo, en la patente de Estados Unidos 6.618.237, que se incorpora en este documento por referencia. En realizaciones preferidas adicionales, el dispositivo de acoplamiento magnético puede tener una abertura en el mismo configurada para recibir un hilo conductor que se extiende a través del mismo, con el dispositivo de acoplamiento magnético generando señales de salida basadas en corrientes que pasan por el hilo. Por ejemplo, el hilo que se extiende a través del mismo puede transportar selectivamente una corriente desde una fuente de energía para cargar el conjunto detonador, en el que la corriente del hilo es adecuada para inducir flujo magnético en el dispositivo de acoplamiento magnético, que puede utilizarse entonces para transferir corriente eléctrica dentro de un hilo enrollado alrededor del dispositivo de acoplamiento magnético para cargar el conjunto detonador. En las realizaciones más preferidas, el dispositivo de acoplamiento magnético comprende un elemento toroidal tal como se ilustra, por ejemplo, con referencia a la figura 4 (descrita más adelante). El uso de un dispositivo de acoplamiento magnético puede implicar conexión no física entre un hilo de transporte de corriente que corre a través del mismo, y el dispositivo de acoplamiento magnético. Por lo tanto, en el contexto de la presente invención, la inducción magnética constituye una forma de transmisión de energía inalámbrica (o al menos parcialmente inalámbrica).

A continuación se describirá una realización preferida de la invención con referencia a la figura 1. En 10 se muestra en general un conjunto detonador. El conjunto detonador comprende un medio de recepción de alimentación que en este caso es un medio de recepción de energía luminosa 11 para recibir luz 12 obtenida de un emisor de alimentación, que en este caso adopta la forma del láser 13. Sin embargo, el medio de recepción de energía luminosa puede ser alternativamente un medio de recepción de energía electromagnética (no mostrado) para recibir cualquier forma de energía electromagnética o cualquier otra forma de receptor de alimentación. En una realización preferida, se recibe energía de microondas desde cualquier fuente de energía de microondas conocida. En tal caso, el medio de recepción de energía electromagnética es un medio de recepción de energía de microondas. Además, el conjunto detonador 10 incluye un medio de recepción de señales de mando 14 para recibir y procesar opcionalmente señales de mando 15 transmitidas como ondas de radio desde un explosor 16. Las señales de mando recibidas son sometidas a procesamiento de señales 17.

Se observará en la figura 1 que el conjunto detonador 10 incluye una carga base 18 conectada a otros componentes del detonador a través de un circuito de disparo 19. Además, el conjunto detonador 10 incluye medios de conversión 20 para convertir la energía luminosa recibida por el medio de recepción de energía luminosa 11 en alimentación eléctrica. A su vez, la alimentación eléctrica es almacenada temporalmente en una fuente de alimentación pasiva 21

que, preferentemente, adopta la forma de un condensador. La fuente de alimentación pasiva está conectada al circuito de disparo a través de un interruptor de disparo 22. El interruptor de disparo 22 permanece abierto, impidiendo la comunicación eléctrica entre la fuente de alimentación pasiva 21 y el circuito de disparo 19. El medio de procesamiento de señales de mando 17 (que en realizaciones seleccionadas puede estar integrado con el medio de procesamiento de señales de mando 14) puede recibir y procesar varios tipos diferentes de señales de mando (no mostradas). Sin embargo, el medio de procesamiento de señales de mando sólo causará el cierre del interruptor de disparo 22 si se recibe una señal de mando de DISPARAR por el explosor 16.

Por lo tanto, el conjunto detonador 10 ilustrado en la figura 1 sólo disparará si se cumplen las dos condiciones siguientes:

en primer lugar, que el medio de recepción de energía luminosa 11 reciba suficiente energía luminosa 12 desde el láser 13 para causar la generación y almacenamiento de suficiente alimentación eléctrica a través del medio de conversión 20 y la fuente de alimentación pasiva 21 para activar el circuito de disparo 19 y accionar la carga base 18; y

en segundo lugar, que el medio de recepción de señales de mando 14 reciba una señal de DISPARAR a través de las señales de radio 15 recibidas desde el explosor 16 para causar el cierre del interruptor de disparo 22, para poner de este modo la fuente de alimentación pasiva 21 en comunicación eléctrica con el circuito de disparo 19, para permitir la descarga de la alimentación eléctrica almacenada en la fuente de alimentación pasiva 21 en el circuito de disparo 19 para accionar la carga base 18.

La realización de la invención ilustrada en la figura 1 además incluye una fuente de alimentación activa 25 para proporcionar alimentación al medio de recepción y procesamiento de señales de mando. De este modo, el sistema de circuitos de recepción y procesamiento para las señales de mando generalmente siempre está cebado listo para recibir señales de mando desde el explosor.

Se apreciará que la realización de la invención ilustrada en la figura 1 requiere la introducción de dos señales físicamente distintas procedentes de dos fuentes de energía distintas a través de dos medios distintos para accionar la carga base. No obstante, la invención también engloba realizaciones más complejas de la invención respecto a la ilustrada en la figura 1. Por ejemplo, las señales de mando obtenidas del explosor además pueden incluir tiempos de retardo y características de seguridad tales como códigos de disparo, que pueden ser procesados y almacenados por el conjunto detonador. Además, los códigos de disparo pueden ser comparados con códigos de disparo preprogramados para asegurarse de que las señales de mando son fiables y no un resultado de uso ilícito o accidental del explosor u otros componentes del sistema de voladura. Por ejemplo, de acuerdo con los sistemas de seguridad conocidos, el medio de procesamiento de señales de mando sólo puede procesar y aceptar una señal de DISPARAR si se ha recibido un código de disparo que corresponda a un código de disparo preprogramado. Las realizaciones y los aspectos de la presente invención están pensados para funcionar conjuntamente con la tecnología existente para voladura segura que es bien conocida en la técnica, según se desee. Aunque no se ilustra en la figura 1, se apreciará que los componentes del conjunto detonador pueden estar situados fuera del casquillo del detonador. Por ejemplo, el medio de recepción de energía luminosa puede adoptar la forma de una antena que se extiende hasta una posición alejada del casquillo del detonador. Una realización que engloba este concepto se ilustra con referencia a la figura 2, en la que todos los componentes del conjunto detonador son los mismos que los de la figura 1, con la excepción del medio de recepción de energía luminosa 11. Con el fin de claridad y detalle adicionales, el medio de recepción de energía luminosa adopta la forma de un dispositivo de captación de luz 30, y un cable óptico 31 que conecta el dispositivo de captación de luz 30 al medio de conversión 20. De este modo, el dispositivo de captación de luz puede estar colocado, por ejemplo, encima del terreno en una posición adecuada para recibir o interceptar la energía luminosa que emana del láser 13. En contraste, los otros componentes del conjunto detonador que pueden estar situados debajo del terreno, o enterrados en una perforación en la roca. Aunque no se ilustra, la invención además engloba el uso de un dispositivo de captación de luz situado alejado de los otros componentes del conjunto detonador (como se muestra en la figura 2) excepto que el medio de conversión y potencialmente otros componentes del conjunto detonador están situados en una posición similar adyacente o cerca del medio de captación de luz. En esta realización, la energía luminosa podría ser convertida en alimentación eléctrica encima del terreno o roca, y transferida debajo del terreno para accionar la carga base a través de una conexión eléctrica.

El láser 13 es preferentemente un láser dirigible o una serie de láseres que pueden proporcionar energía luminosa a una red de conjuntos detonadores. De este modo, los aparatos de voladura pueden establecerse de modo que cada conjunto detonador, o al menos cada medio de recepción de luz de cada conjunto detonador, estén dentro del sitio de una fuente de energía luminosa tal como un láser. La fuente de energía luminosa adopta la forma de un componente totalmente separado del grupo de componentes. De acuerdo con la presente invención, también cabe destacar que cada medio de recepción de luz de cada conjunto detonador puede ser el blanco de una o más fuentes de energía luminosa (por ejemplo, láseres). Esto ayudará a asegurar que los conjuntos detonadores sean "cargados" correctamente en el momento requerido, y ayudará a anular cualquier suciedad que pudiera estar presente en el medio de recepción de luz.

En una realización preferida, la comunicación inalámbrica con el explosor implica preferentemente comunicación bidireccional para permitir la recepción por el explosor de las transmisiones procedentes del conjunto detonador con respecto, por ejemplo, al estado del conjunto detonador, tiempos de retardo, códigos de disparo, etc.

5 En otra realización, la presente invención también prevé un aparato de voladura que comprende una estación de mando central alejada del lugar de voladura para controlar la operación de voladura, así como uno o más explosores capaces de recibir señales de mando desde la estación de mando central y retransmitir eficazmente las señales a una pluralidad de detonadores asociados.

10 Aunque no se ilustra en la figura 1 o la figura 2, se apreciará que puede usarse un solo tipo de energía, tal como energía luminosa, para transmitir tanto la energía requerida para suministrar alimentación al conjunto detonador como para transmitir señales de mando para controlar el conjunto detonador. En el caso de energía luminosa, esto puede hacerse usando una longitud de onda diferente para transmitir señales de mando y energía luminosa para suministro de alimentación del conjunto detonador. Una realización que ilustra esta característica se muestra en la
15 figura 3, donde dos láseres proporcionan cada uno energía luminosa de una longitud de onda diferente, una para transmitir señales de mando, la otra para proporcionar alimentación que ha de almacenarse para el accionamiento de la carga base. El explosor 16 usa un láser adicional 32 que transmite un haz de energía luminosa 33 al dispositivo de captación de luz 30. El haz de luz 33 es de una longitud de onda más alta, por lo tanto energía más baja, que la energía luminosa 12 producida por el láser 13. La energía luminosa de longitud de onda más alta 33 se
20 usa para transmitir señales de mando al detonador en lugar de las señales de radio 15 de la figura 1 o la figura 2. El explosor 16 comunica al láser adicional 32 usando métodos conocidos, pero preferentemente usando métodos inalámbricos o comunicación eléctrica directa. Alternativamente, el láser 32 puede formar un componente integral del explosor.

25 En una realización particularmente preferida, se usa un láser azul con longitud de onda corta para suministro de alimentación por su mayor eficiencia de transferencia energética y se usa un láser rojo con luz de longitud de onda más larga para transmitir señales de mando. El conjunto detonador 10 es sustancialmente el mismo que en las realizaciones previas excepto porque se añade un filtro óptico 34 para descifrar la longitud de onda de la energía luminosa entrante. La energía luminosa que tiene una longitud de onda más baja es filtrada y dirigida al medio de
30 conversión 20. La energía luminosa que tiene una longitud de onda más alta es filtrada y dirigida al medio de recepción de señales de mando 14. Una vez recibidas por el medio de conversión y el medio de recepción de señales de mando, las señales son procesadas como se describió anteriormente.

El filtro óptico 34 puede ser sustituido opcionalmente por un medio de recepción de energía luminosa adicional (no
35 mostrado en la figura 3). En tal configuración, la energía luminosa de una primera longitud de onda para la energía transmitida para almacenamiento sería dirigida al primer medio de recepción de energía luminosa para transferencia al medio de conversión de energía 20. La energía luminosa de una segunda longitud de onda para transmitir señales de mando es dirigida al segundo medio de recepción de energía luminosa para transferencia al medio de recepción y procesamiento de señales de mando 14. Usando un medio de recepción de energía luminosa para cada longitud
40 de onda recibida, no hay necesidad específica de un filtro óptico para separar las longitudes de onda de la luz. Si se requieren más de dos tipos de longitud de onda, entonces puede usarse una pluralidad de medios de recepción de energía luminosa, o puede usarse un filtro óptico. También puede usarse una pluralidad de medios de recepción de energía luminosa con uno o más filtros ópticos si es necesario. Se apreciará que la primera y la segunda longitudes de onda pueden transmitir señales de mando o energía para almacenamiento.

45 En realizaciones adicionales similares a la mostrada en la figura 3, la configuración de láser doble puede usarse con la configuración esquematizada en la figura 1, donde los medios de recepción de energía luminosa 11 son internos al conjunto detonador 10, o donde el medio de recepción de energía luminosa adopta la forma de un dispositivo de captación de luz 30 como se esquematiza en la figura 2. Además, se apreciará que puede usarse cualquier fuente
50 de energía luminosa conocida que sirva para emitir la longitud de onda de luz apropiada. Por otra parte, puede usarse una sola fuente de energía luminosa que sea capaz de emitir energía luminosa de dos longitudes de onda separadas y distintas para recepción por el detonador.

A continuación se describe, con referencia a la figura 4, una realización alternativa de la invención que implica
55 inducción electromagnética. Esta realización incluye muchos componentes similares o idénticos a los mostrados en la figura 1, 2 o 3. Sin embargo, la alimentación para cargar el conjunto detonador es, en este caso, captada o utilizada mediante inducción electromagnética en lugar de mediante algún otro medio inalámbrico. En la figura 4 se muestra un hilo 40 para transportar selectivamente corriente obtenida de una fuente de alimentación (no mostrada). La fuente de alimentación es una entidad separada. En cualquier caso, el hilo 40 está dispuesto de manera que
60 pasa a través de un dispositivo de acoplamiento magnético toroidal 41, y al hacerlo induce flujo magnético en el dispositivo de acoplamiento magnético cuando una corriente es transportada por el hilo. Este flujo magnético es convertido eficazmente de nuevo en energía eléctrica en el conductor del hilo 42, que está enrollado alrededor de una porción del dispositivo de acoplamiento magnético toroidal 41 y conectado a otro componente del conjunto detonador 10. En la realización ilustrada, el conductor del hilo 42 está conectado al medio de conversión 20, para
65 conversión en una forma de alimentación eléctrica más adecuada para cargar la fuente de alimentación pasiva 21. En realizaciones alternativas, puede ser posible conectar el conductor del hilo 42 directamente a la fuente de

alimentación pasiva para carga de la misma en el momento de la aplicación de una corriente apropiada procedente de la fuente de alimentación al hilo 40. En este caso, la necesidad de un medio de conversión puede eliminarse esencialmente, al menos en algunas realizaciones seleccionadas.

5 El uso de inducción magnética como medio para transferir energía para cargar el detonador puede proporcionar una forma alternativa de energía distinta de la usada para comunicaciones generales de señales de mando 15 desde el explosor 16. Por esta razón, el conjunto detonador 10 puede distinguir eficazmente señales de mando de señales para carga, y la carga base sólo se accionará si:

10 (1) la fuente de alimentación pasiva 21 es cargada o suficientemente cargada mediante inducción electromagnética a través del hilo 40, el dispositivo de acoplamiento magnético 41 y el conductor del hilo 42; y

(2) el explosor 16 transmite una señal de mando 15 (por ejemplo, mediante ondas de radio o energía electromagnética) para DISPARAR, recibida y procesada mediante el medio de recepción de señales de mando 14 (y procesada por el medio de procesamiento 17), para causar de este modo el cierre del interruptor de disparo 22 y la descarga de la energía eléctrica almacenada dentro del circuito de disparo 18, con el resultado del accionamiento de la carga base 18.

Aunque el uso de una transferencia toroidal del tipo ilustrado en la figura 4 es conocido en la técnica, tales usos implican tradicionalmente una señal de mando u otra comunicación general con un detonador/conjunto detonador. Esto contrasta con la presente invención, que contempla el uso de inducción magnética para comunicación de señales de mando, *o para carga de los conjuntos detonadores para el disparo*. Con los fines de carga, el devanado del conductor del hilo 42 alrededor del dispositivo de acoplamiento magnético toroidal 41 puede ser menos preciso comparado con dispositivos equivalentes para comunicar señales de mando. Después de todo, el fin del dispositivo toroidal en esta realización es para carga, y el fallo del dispositivo toroidal resultará en una falta o insuficiencia de carga. Esto puede no representar un peligro significativo para un operador de voladura, ya que el conjunto detonador no estará en una posición para actuar. Esto contrasta con un fallo de un dispositivo toroidal para transferir señales de mando, que puede hacer que el estado del conjunto detonador resulte incierto, con las inevitables preocupaciones de seguridad. Se deduce que los transformadores toroidales con fines de carga pueden ser menos precisos, y pueden ser aceptables mayores tolerancias de fabricación, comparados con los transformadores toroidales para transferir señales de mando. Por ejemplo, tales dispositivos pueden tener un devanado menos preciso del conductor del hilo 42 alrededor del toroide 41.

En otra realización la presente invención prevé un aparato de voladura que comprende:

al menos un explosor capaz de transmitir al menos una señal de mando a al menos un conjunto detonador de la invención a través de comunicaciones inalámbricas a través de un primer medio;

al menos una carga explosiva;

al menos un conjunto detonador según la presente invención asociado con cada carga explosiva y en comunicación de señal con dicho al menos un explosor;

al menos un emisor de alimentación para transmitir alimentación a través de un segundo medio a cada conjunto detonador para recepción de este modo de una forma adecuada para cargar cada conjunto detonador para el disparo al menos en respuesta a una señal de mando de DISPARAR procedente de dicho al menos un explosor; y

opcionalmente, al menos una estación de mando central para controlar dicho al menos un explosor.

Los conjuntos detonadores y aparatos de voladura de la presente invención se han descrito principalmente para emplear un solo dispositivo de comunicación para transmitir señales de mando, y una sola fuente de alimentación para transmitir energía para "cargar" el conjunto detonador. Sin embargo, se apreciará que la invención engloba conjuntos detonadores (y sistemas de voladura correspondientes) que pueden recibir señales de mando desde más de una fuente, por ejemplo una pluralidad de explosores. Además, se apreciará que la invención engloba conjuntos detonadores que pueden recibir inalámbricamente alimentación/energía con el fin de cargar desde dos o más fuentes. Por ejemplo, una pluralidad de láseres pueden apuntar a un solo conjunto detonador, y el conjunto detonador al que se apunta puede recibir la energía desde varios láseres. Sin querer estar limitados por la teoría, se considera que apuntando a un conjunto detonador por más de una fuente de energía, se reduce la posibilidad de carga incorrecta. Por ejemplo, algún detonador dado en el lugar de voladura puede estar "ciego" a la recepción de energía desde un láser seleccionado debido a la obstrucción inadvertida del trayecto de la luz hasta el conjunto detonador desde el láser. Apuntando al conjunto detonador con múltiples láseres desde diferentes ángulos se reduce esta posibilidad.

Además, se apreciará que los conjuntos detonadores de la presente invención pueden estar colocados en una red de voladura. Por otra parte, uno o más de los conjuntos detonadores de la red pueden ser colocados, manipulados y/o cargados dentro de perforaciones usando una instalación o sistemas automatizados, por ejemplo empleando

sistemas robóticos en el lugar de voladura. Además, puede usarse una instalación automatizada para incorporar los conjuntos detonadores de la presente invención dentro de una red de voladura. La adaptación y el uso de los conjuntos detonadores, aparatos de voladura y métodos para voladura de la presente invención para uso en el establecimiento automatizado y la ejecución de un evento de voladura se encuentran dentro del alcance de la presente invención.

En otra realización, la presente invención prevé un método de voladura que implica los conjuntos detonadores de la invención. Las etapas del método se ilustran con referencia a la figura 5. En la etapa 50 se proporciona un aparato de voladura de la presente invención. En la etapa 51, la pluralidad de cargas explosivas se pone en el lugar de voladura, preferentemente en posiciones pensadas para afectar a un patrón de voladura deseado. En la etapa 52, un conjunto detonador de la presente invención es asociado con cada carga explosiva de una manera adecuada para iniciar la carga explosiva en el momento del accionamiento de la carga base de cada conjunto detonador. En la etapa 53, se apunta la energía de una forma deseada desde cada fuente de energía a cada conjunto detonador para hacer que cada medio de recepción de energía de cada conjunto detonador reciba energía para cargar o suministrar alimentación a cada conjunto detonador, para poner de este modo cada conjunto detonador en una forma adecuada para el disparo. En la etapa 54, cada explosor transmite al menos una señal de mando, incluyendo, por ejemplo, una señal de mando para DISPARAR, a cada conjunto detonador, para hacer que cada conjunto detonador descargue la energía eléctrica almacenada en el mismo dentro de cada circuito de disparo, causando de este modo el accionamiento de cada carga base. Las etapas 53 y 54 pueden llevarse a cabo en cualquier orden. En realizaciones preferidas las señales de mando además comprenden tiempos de retardo y/o códigos de disparo para cada conjunto detonador, ayudando de este modo a efectuar un patrón de voladura deseado.

En otras realizaciones adicionales, los métodos de la invención pueden implicar además etapas de verificación 55, 56 para comprobar si la fuente de alimentación pasiva tiene o no suficiente alimentación almacenada para activar el circuito de disparo en el momento de la liberación de la alimentación eléctrica almacenada. En ausencia de carga suficiente, el método vuelve a la etapa 53 de apuntado. En presencia de energía suficiente, el método continúa en la etapa 54 de accionamiento de la carga base en el momento de la recepción de una señal para DISPARAR.

En cualquiera de las realizaciones ilustradas y descritas en este documento, cualquier referencia a energía electromagnética, energía luminosa, energía de microondas, señales de radio, energía acústica, energía de inducción electromagnética, y otras formas de transferencia de energía inalámbrica se menciona sólo a modo de ejemplo. Cualquiera de tales tipos o formas de energía puede sustituirse por cualquier otro tipo o forma de energía para ya sea comunicación de señales de mando, o para "suministro de alimentación" o "carga" de un conjunto detonador, para conseguir el resultado deseado de mejoras en el funcionamiento y la seguridad.

REIVINDICACIONES

1. Un conjunto detonador (10) para uso en conexión con al menos un explosor que transmite al menos una señal de mando inalámbrica a través de un primer medio, comprendiendo el conjunto detonador:
5 una carga base (18);
un medio de recepción y procesamiento de señales de mando (17) para recibir y procesar inalámbricamente dicha al menos una señal de mando procedente de dicho al menos un explosor;
10 una fuente de alimentación activa (25) para alimentar dicho medio de recepción y procesamiento de señales de mando (17);
un receptor de alimentación (11) para recibir inalámbricamente a través de un segundo medio la alimentación transmitida por un emisor de alimentación (13) que no es parte del conjunto detonador;
15 medio de conversión (20) para convertir dicha alimentación recibida desde el receptor de alimentación en alimentación eléctrica;
20 una fuente de alimentación pasiva (21) en conexión eléctrica con el medio de conversión (20), la fuente de alimentación pasiva capaz de almacenar dicha alimentación eléctrica obtenida de dicho medio de conversión (20) para cargar de este modo el detonador; y
un circuito de disparo (19) en conexión con dicha carga base (18), para recibir selectivamente dicha alimentación eléctrica almacenada en dicha fuente de alimentación pasiva (21), generando dicha fuente de alimentación activa una alimentación insuficiente para activar dicho circuito de disparo (19) y accionar dicha carga base (18); tras lo cual, la recepción de una señal de mando para DISPARAR por dicho medio de recepción de señales de mando causa la liberación de dicha alimentación eléctrica desde dicha fuente de alimentación pasiva (21) en dicho circuito de disparo (19) para accionar de este modo dicha carga base (18).
25
30
2. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que dicha al menos una señal de mando comprende: ondas de radio, energía electromagnética, energía acústica, o implica inducción electromagnética.
3. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que la alimentación procedente del emisor de alimentación comprende: ondas de radio, energía electromagnética, energía acústica o implica inducción electromagnética.
35
4. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de recepción de señales de mando (17) y el receptor de alimentación (11) comprenden un medio de recepción de energía electromagnética, comprendiendo dichas señales de mando energía electromagnética de una primera longitud de onda, comprendiendo dicha alimentación emitida desde dicho emisor de alimentación energía electromagnética de una segunda longitud de onda, comprendiendo además dicho conjunto detonador:
40 medio diferenciador en asociación con dicho medio de recepción de energía electromagnética para diferenciar dicha energía electromagnética de una primera longitud de onda de dicha energía electromagnética de una segunda longitud de onda, siendo dicha energía electromagnética de una primera longitud de onda recibida y procesada por dicho medio de recepción y procesamiento de señales de mando, siendo dicha energía electromagnética de una segunda longitud de onda convertida por dicho medio de conversión en dicha alimentación eléctrica.
45
5. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de recepción y procesamiento de señales de mando (17) comprende un medio de recepción de ondas de radio, comprendiendo dicha al menos una señal de mando transmisión de ondas de radio, y en el que dicho receptor de alimentación (11) comprende un medio de recepción de energía electromagnética, comprendiendo dicha alimentación emitida energía electromagnética distinta de ondas de radio.
50
6. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de recepción y procesamiento de señales de mando (17) comprende un medio de recepción de energía electromagnética, al menos una señal de mando que comprende energía electromagnética, y en el que dicho receptor de alimentación (11) comprende un medio de recepción de ondas de radio, comprendiendo dicha alimentación emitida ondas de radio.
55
7. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de recepción de señales de mando (17) comprende un primer medio de recepción de energía luminosa, comprendiendo dichas señales de mando energía luminosa de una primera longitud de onda, y en el que dicho receptor de alimentación (11) comprende un segundo medio de recepción de energía luminosa, comprendiendo dicha alimentación emitida energía luminosa de una segunda longitud de onda.
60
65
8. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 7, en el que la energía luminosa de una primera longitud de onda

se obtiene de al menos un láser rojo, y la energía luminosa de una segunda longitud de onda se obtiene de al menos un láser azul.

- 5 9. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que dicho receptor de alimentación (11) comprende un medio de recepción de energía de inducción electromagnética, comprendiendo dicha alimentación emitida energía eléctrica transmitida a dicho conjunto detonador al menos en parte a través de inducción electromagnética.
- 10 10. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 9, en el que el medio de recepción de energía de inducción electromagnética comprende al menos un dispositivo de acoplamiento magnético, cada uno en relación de inducción electromagnética con al menos un hilo conductor de transporte de corriente que transporta selectivamente corriente desde dicho emisor de alimentación.
- 15 11. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 10, en el que cada dispositivo de acoplamiento magnético es un transformador toroidal, que comprende opcionalmente ferrita.
- 20 12. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de recepción de señales de mando (17) y/o el receptor de alimentación (11) recibe energía electromagnética y comprende un medio de recepción de energía electromagnética.
- 25 13. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 2 o 3, en el que las ondas de radio comprenden transmisión de VLF, ULF o ELF.
- 30 14. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que dicha fuente de alimentación pasiva (21) se selecciona del grupo que está constituido por: un condensador, un diodo, una batería recargable, una pila de combustible, una pila de aire tal como una batería de audífono, una fuente de alimentación micronuclear, y una batería activable.
- 35 15. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, que además comprende un interruptor de disparo (22) situado entre dicha fuente de alimentación pasiva (21) y dicho circuito de disparo (19), cambiando dicho interruptor de disparo (22) de una posición de APAGADO a una posición de ENCENDIDO en el momento de la recepción de una señal de mando para DISPARAR por dicho medio de recepción de señales de mando (17), estableciendo de este modo conexión eléctrica entre dicha fuente de alimentación pasiva (21) y dicho circuito de disparo (19), para causar la descarga de la alimentación eléctrica almacenada en dicha fuente de alimentación pasiva (21) en dicho circuito de disparo (19), para accionar de este modo dicha carga base (18).
- 40 16. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de recepción y procesamiento de señales de mando (17) y/o el receptor de alimentación (11) recibe energía luminosa y comprende un dispositivo de captación de luz (30) y, opcionalmente, un cable óptico para transferir la luz recibida por el dispositivo de captación de luz al medio de conversión (20).
- 45 17. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 16, en el que el dispositivo de captación de luz (30) puede estar colocado encima del terreno para recibir dicha energía luminosa, transfiriendo dicho cable óptico dicha energía luminosa dentro del terreno hasta dicho medio de conversión.
- 50 18. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 16, en el que el dispositivo de captación de luz está adaptado para recibir energía luminosa obtenida de una bombilla de filamento, un láser, un diodo láser o un LED.
- 55 19. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 18, en el que la energía luminosa se obtiene de un láser.
20. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que el medio de conversión (20) comprende una célula fotovoltaica, un fotodiodo, o un fototransistor.
21. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, en el que cada señal de mando se selecciona del grupo que está constituido por: señales de ARMAR, señales de DESARMAR, señales de DISPARAR, tiempos de retardo del detonador, y códigos de disparo del detonador.
22. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 1, que además comprende un medio de transmisión de señales para generar y transmitir al menos una señal de comunicación para recepción por dicho al menos un explosor.
- 60 23. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 22, en el que cada señal de comunicación comprende tiempos de retardo del detonador, códigos de disparo del detonador, o información de estado del detonador.
24. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 4, en el que el medio diferenciador comprende uno o más filtros ópticos.
- 65 25. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 4, en el que la energía electromagnética de una primera longitud

de onda tiene una longitud de onda más larga que la energía electromagnética de una segunda longitud de onda.

26. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 4, en el que la energía electromagnética de una primera longitud de onda se obtiene de al menos un láser rojo.

27. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 4, en el que la energía electromagnética de una segunda longitud de onda se obtiene de al menos un láser azul.

28. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 13, en el que las ondas de radio tienen una frecuencia de 100 a 2000 Hz.

29. El conjunto detonador (10) de la reivindicación 28, en el que las ondas de radio tienen una frecuencia de 200 a 1200 Hz.

30. Un aparato de voladura que comprende:

al menos un explosor capaz de transmitir señales de mando a detonadores asociados a través de comunicaciones inalámbricas a través de un primer medio;

al menos una carga explosiva;

al menos un conjunto detonador (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 29 asociado con cada carga explosiva y en comunicación de señal con dicho al menos un explosor;

al menos un emisor de alimentación (13) para transmitir alimentación a través de un segundo medio a cada conjunto detonador (10) para recepción de este modo de una forma adecuada para cargar cada conjunto detonador (10) para el disparo en respuesta a una señal de mando de DISPARAR procedente de dicho al menos un explosor; y

opcionalmente, una estación de mando central para controlar dicho al menos un explosor.

31. El aparato de voladura de la reivindicación 30, en el que dicha al menos una señal de mando comprende: señales de radio, energía electromagnética tal como energía luminosa, energía de microondas, infrarrojos, energía acústica o implica inducción electromagnética.

32. El aparato de voladura de la reivindicación 30, en el que la alimentación emitida (13) comprende:

señales de radio, energía electromagnética tal como energía luminosa, energía de microondas, infrarrojos, energía acústica, o implica inducción electromagnética.

33. Un método de voladura en un lugar de voladura, comprendiendo el método las etapas de:

proporcionar un aparato de voladura de la reivindicación 30;

poner una pluralidad de cargas explosivas en el lugar de voladura;

asociar cada conjunto detonador (10) con una carga explosiva de manera que el accionamiento de cada conjunto detonador (10) causará el accionamiento de cada carga explosiva asociada;

apuntar dicha alimentación emitida desde dicho emisor de alimentación (13) a dicho al menos un conjunto detonador para hacer que cada conjunto detonador reciba dicha alimentación emitida y convierta dicha alimentación emitida en energía eléctrica para cargar de este modo cada conjunto detonador (10) para el disparo; y

transmitir al menos una señal de mando desde dicho al menos un explosor para hacer que cada conjunto detonador descargue dicha alimentación eléctrica en dicho circuito de disparo, causando de este modo el accionamiento de cada carga base (18).

34. El método de la reivindicación 33, en el que dicha al menos una señal de mando además comprende tiempos de retardo para cada conjunto detonador (10), para hacer de este modo que los conjuntos detonadores se disparen en un patrón de temporización específico.

35. El método de la reivindicación 33, en el que cada conjunto detonador (10) comprende un código de disparo almacenado, y dicha al menos una señal de mando además comprende códigos de disparo, que disparan cada conjunto detonador sólo si un código de disparo almacenado y un código de disparo procedente de una señal de comando se corresponden.

36. El método de la reivindicación 33, en el que dicha al menos una señal de mando y/o la alimentación emitida

comprende energía luminosa.

37. El método de la reivindicación 33, que además comprende la etapa de: verificar si cada conjunto detonador está suficientemente cargado para accionar la carga base y, si no, repetir entonces al menos la etapa de apuntado.

- 5 38. Uso del conjunto detonador (10) de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 29, en una operación minera.
39. Uso del aparato de voladura de la reivindicación 30, en una operación minera.
- 10 40. Uso de la reivindicación 38 o 39, en el que la operación minera es una operación minera automatizada que implica la colocación y el establecimiento robóticos de cargas explosivas y/o conjuntos detonadores en el lugar de voladura.

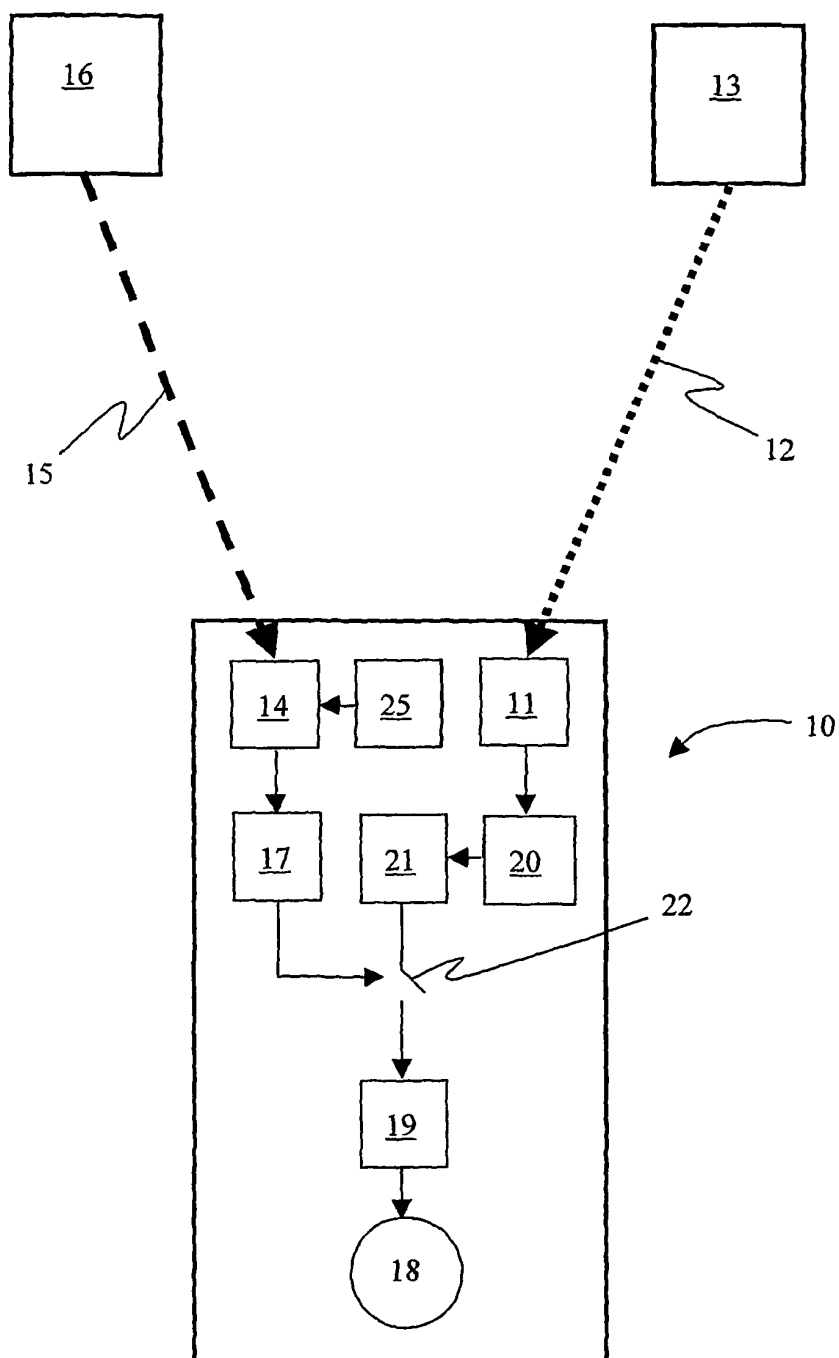


Fig. 1

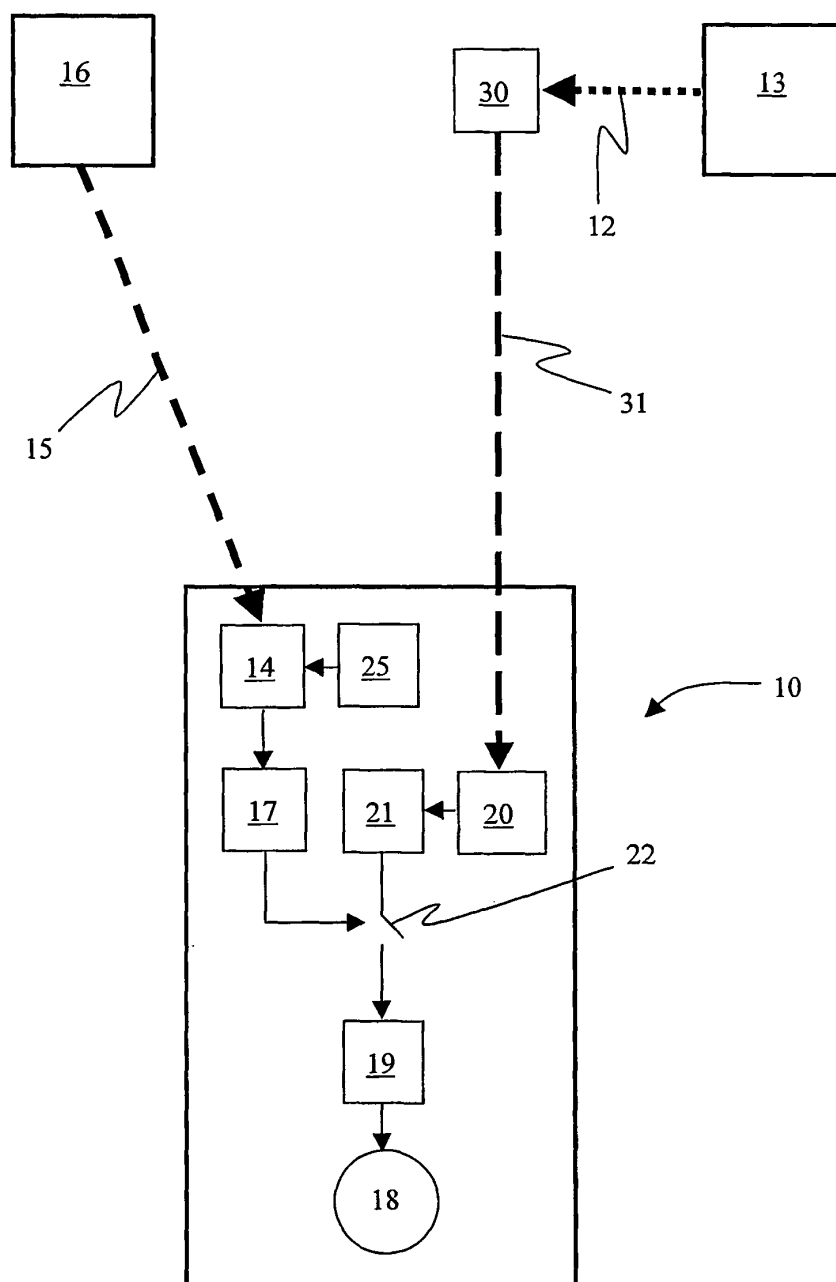


Fig. 2

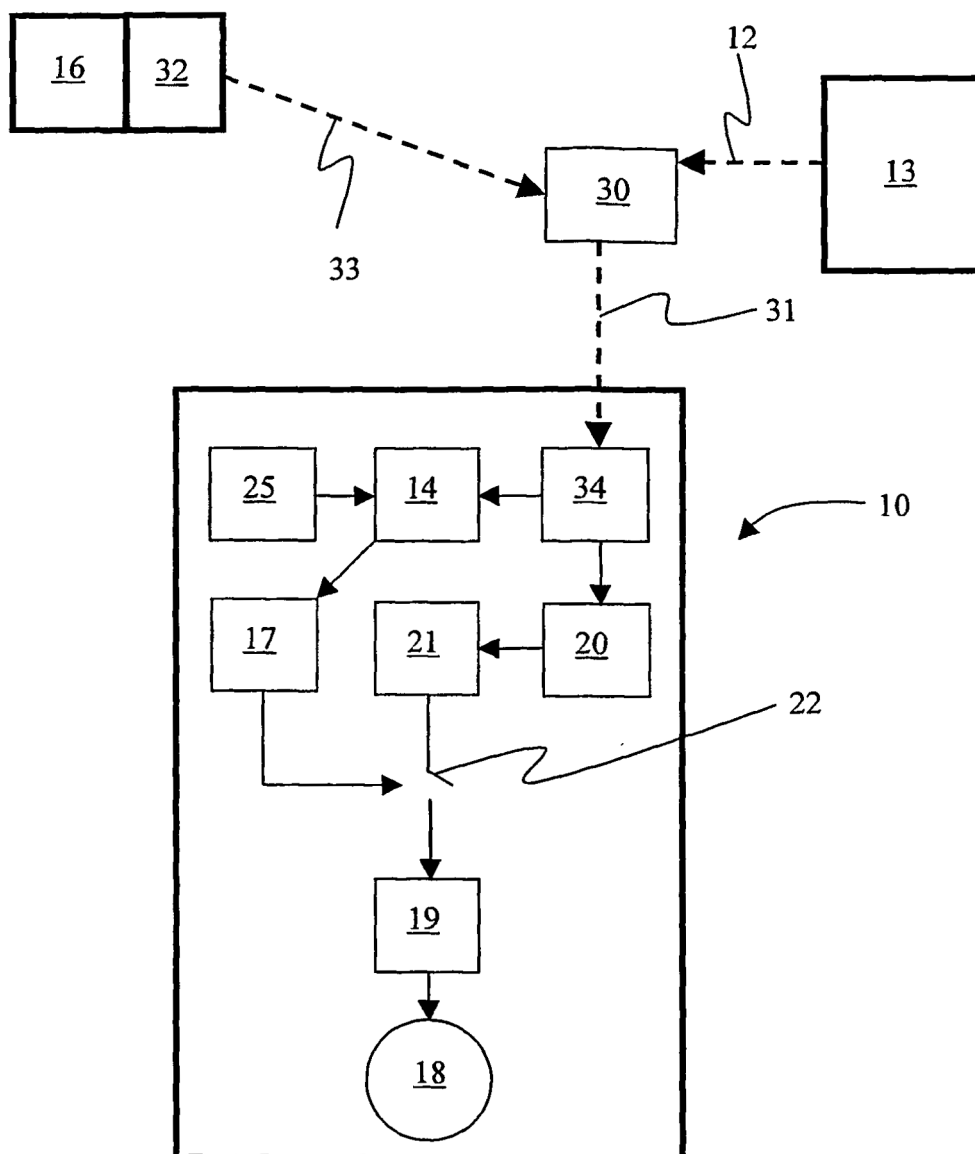


Fig. 3

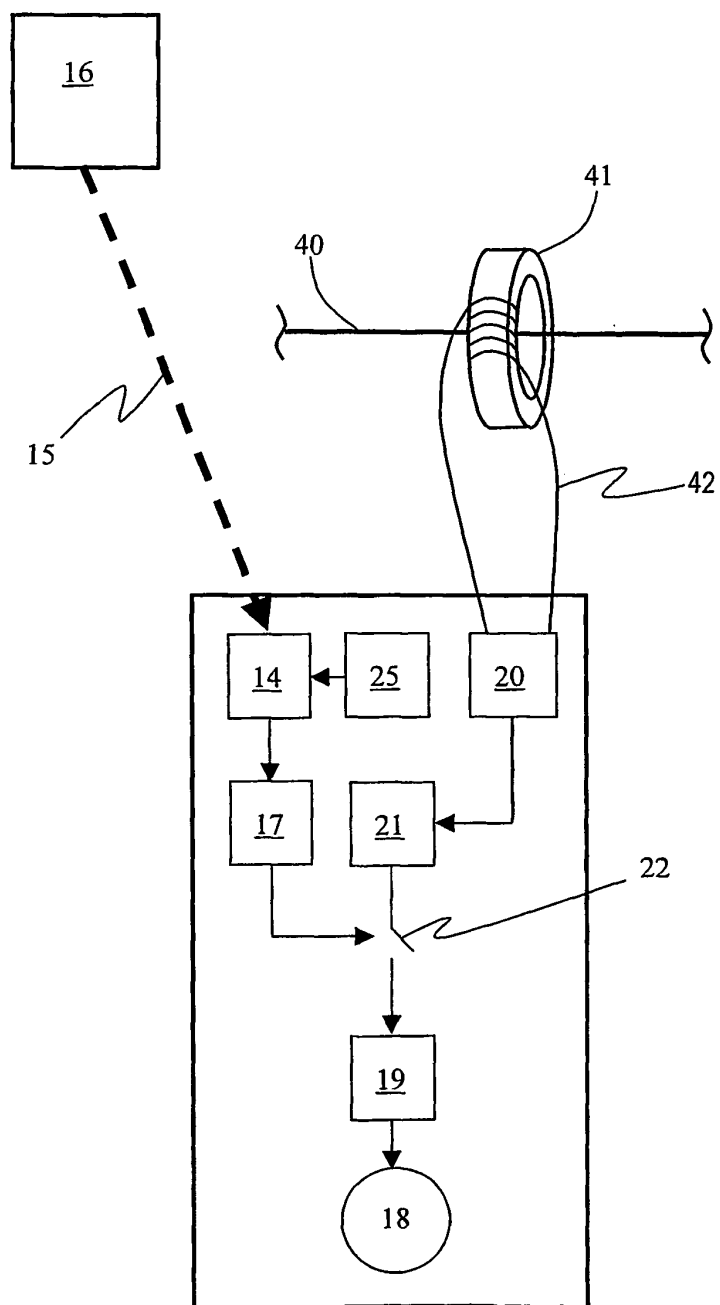


Fig. 4

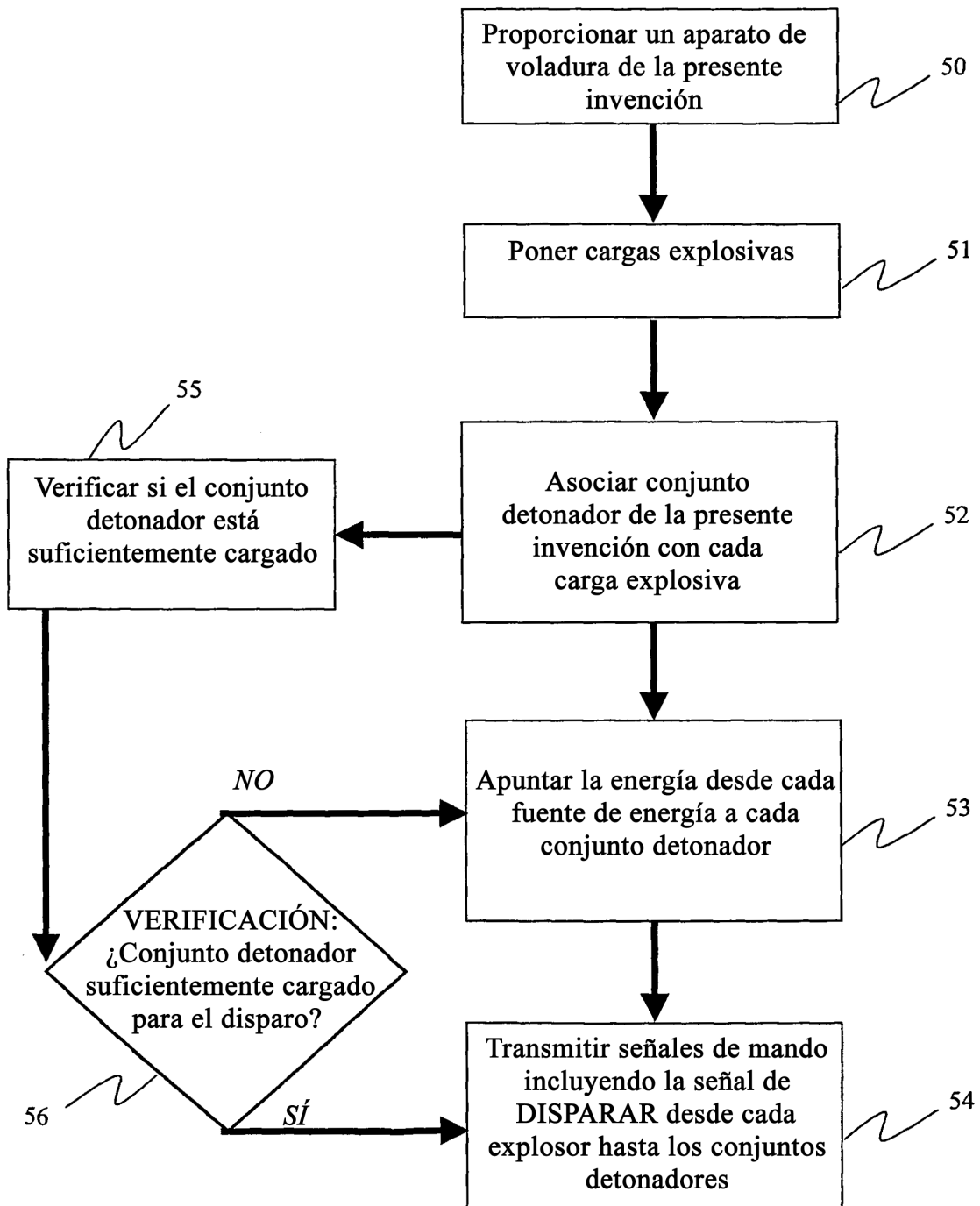


Fig. 5