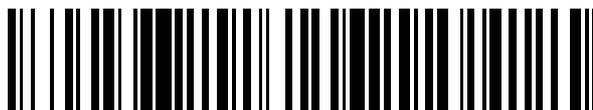


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 464 316**

51 Int. Cl.:

**F42D 1/055** (2006.01)

**F42C 13/04** (2006.01)

**F42D 3/04** (2006.01)

**F42C 11/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2007 E 07718799 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2014 EP 2013565**

54 Título: **Métodos de control de componentes de aparatos detonadores, aparatos detonadores y componentes de los mismos**

30 Prioridad:

**28.04.2006 US 795568 P**

**14.06.2006 US 813361 P**

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

**02.06.2014**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**STEWART, RONALD F. y  
MCCANN, MICHAEL JOHN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 464 316 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

Métodos de control de componentes de aparatos detonadores, aparatos detonadores y componentes de los mismos

5 **Campo de la invención**

La invención se refiere al campo de los aparatos, y componentes de los mismos, para efectuar la detonación de rocas, que emplean comunicación inalámbrica, y a métodos de detonación que emplean tales aparatos y componentes de los mismos.

10

**Antecedentes de la invención**

En operaciones de minería, la fragmentación eficaz y la rotura de rocas por medio de cargas explosivas requieren considerable habilidad y pericia. En la mayoría de las operaciones de minería las cargas explosivas, incluyendo los impulsores, se colocan en posiciones predeterminadas cerca o dentro de la roca. Las cargas explosivas son luego activadas mediante detonadores con retardos temporales predeterminados, proporcionando por ello un patrón deseado de detonación y fragmentación de rocas. Tradicionalmente, las señales son transmitidas a los detonadores desde una máquina detonadora asociada, mediante sistemas no eléctricos que emplean un cordón detonante de baja energía (LEDC) o un tubo de impacto. Alternativamente, pueden usarse cables eléctricos para transmitir señales más sofisticadas a y desde los detonadores electrónicos. Por ejemplo, tal señalización puede incluir instrucciones de ARMAR, DESARMAR y de tiempo de retardo para la programación remota de la secuencia de disparo del detonador. Además, como característica de seguridad, los detonadores pueden almacenar códigos de disparo y responder a las señales de ARMAR y FUEGO solamente al recibir códigos de disparo coincidentes desde la máquina detonadora. Los detonadores electrónicos pueden ser programados con retardos temporales con una precisión de 1 ms, o menos.

15

20

25

El establecimiento de una disposición detonadora cableada implica la correcta colocación de cargas explosivas en la roca, y la debida conexión de cables entre una máquina detonadora asociada y los detonadores. El proceso es a menudo intensivo en términos de trabajo y sumamente dependiente de la precisión y la escrupulosidad del operador de detonación. Es importante que el operador de detonación deba asegurarse de que los detonadores estén en la debida relación de transmisión de señales con una máquina detonadora, de manera tal que la máquina detonadora pueda al menos transmitir señales de comando para controlar cada detonador y, en su momento, activar cada carga explosiva. Las conexiones inadecuadas entre componentes de la disposición detonadora pueden llevar a la pérdida de comunicación entre máquinas detonadoras y detonadores y, por lo tanto, a preocupaciones crecientes por la seguridad. Se requiere un cuidado significativo para garantizar que los cables discurren entre los detonadores y una máquina detonadora asociada sin interrupción, tropiezo, daño ni otra interferencia que pudiera impedir el control adecuado y el funcionamiento del detonador mediante la máquina detonadora adjunta.

30

35

Los sistemas detonadores inalámbricos ofrecen el potencial para eludir estos problemas, mejorando por ello la seguridad en la sede de la detonación. Al evitar el uso de conexiones físicas (p. ej., cables eléctricos, tubos de impacto, LEDC o cables ópticos) entre los detonadores, y otros componentes en la sede de la detonación (p. ej., máquinas detonadoras), se reduce la posibilidad de una configuración indebida de la disposición detonadora. Otra ventaja de los sistemas detonadores inalámbricos se refiere a la facilitación del establecimiento automatizado de las cargas explosivas y los detonadores asociados en la sede de la detonación. Esto puede incluir, por ejemplo, la carga automatizada de detonadores en perforaciones y la asociación automatizada de un correspondiente detonador a cada carga explosiva, por ejemplo, que implique a sistemas robóticos. Esto proporcionaría mejoras drásticas en la seguridad de la sede de detonación, dado que los operadores de detonación podrían establecer la formación detonadora desde ubicaciones totalmente remotas. Sin embargo, tales sistemas presentan formidables retos tecnológicos, muchos de los cuales permanecen irresueltos. Un obstáculo para la automatización es la dificultad de la manipulación robótica y el manejo de los componentes de aparatos detonadores en la sede de detonación, en particular, allí donde los componentes requieren ligadura u otras formas de enganche a cables eléctricos, tubos de impacto o similares. La comunicación inalámbrica entre componentes del aparato detonador puede ayudar a eludir tales dificultades, y es claramente más dócil para su aplicación con operaciones automatizadas de minería.

40

45

50

Se ha avanzado en el desarrollo de aparatos y componentes para el establecimiento de un aparato detonador inalámbrico en una sede de detonación. No obstante, los sistemas existentes de detonación inalámbrica aún presentan significativas preocupaciones de seguridad, y se requieren mejoras si los sistemas de detonación inalámbrica han de convertirse en una alternativa más viable para los tradicionales sistemas "cableados" de detonación.

60

El documento WO 2001/059401 revela un sistema detonador inalámbrico en el cual una señal de iniciación de detonación que emana de un controlador programable es emitida a detonadores individuales remotos programables, asociados a cargas explosivas específicas. El controlador se comunica con un transceptor programable de base de RF (Frecuencia de Radio). Al interpretar la señal de iniciación de detonación, el transceptor de base de RF difunde instrucciones a los detonadores. Al asignar un único detonador sacrificial a una única carga, puede ser creada una secuencia detonadora sincronizada sin necesidad de un cableado manual de las cargas, consumidor de tiempo y

65

caro. Sin embargo, el sistema se apoya en una infraestructura de cable y red para llevar señales desde el controlador bajo tierra al transceptor de base. Además, la conexión inalámbrica bajo tierra entre el transceptor y los detonadores es adecuada solamente en situaciones de visión en línea recta y sobre una distancia de hasta alrededor de 1,6 km.

5 El documento US 4.685.396 está orientado al disparo de elementos de ignición por medio de señales de control generadas remotamente, en particular, a sistemas de disparo de control remoto en los cuales no hay ninguna línea fija de transmisión de señales, tal como un cable o cuerda-fusible explosiva, sobre al menos parte de la distancia entre la sede de control y los elementos de ignición, por ejemplo, en detonadores explosivos usados para detonar explosivos detonantes en operaciones de explosión de rocas. En esta disposición, el disparo secuencial de una serie de elementos de ignición es efectuado transmitiendo una serie sincronizada de señales de control de disparo a los elementos de ignición, estando el medio discriminador de señales de cada elemento de ignición dispuesto para contar las señales de control de disparo y para identificar señales predeterminadas de dicha serie sincronizada como las señales características primera y segunda de control de disparo para ese elemento de ignición específico.

### 15 **Sumario de la invención**

Es un objeto de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un método de detonación mediante la comunicación inalámbrica con componentes de aparatos detonadores tales como montajes detonadores inalámbricos y/o montajes impulsores inalámbricos.

Es otro objeto de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un método de sincronización de montajes detonadores inalámbricos y/o impulsores electrónicos inalámbricos para la activación sincronizada de cargas explosivas asociadas a los mismos.

Es otro objeto de la presente invención, al menos en realizaciones preferidas, proporcionar un aparato detonador, o un componente detonador, adecuado para su uso en el logro de la activación sincronizada de cargas explosivas.

En un aspecto, la presente invención proporciona un método para la comunicación entre al menos una máquina detonadora de un aparato detonador y al menos un componente detonador del aparato detonador, según lo especificado en las reivindicaciones.

Debería observarse que los métodos de la presente invención pueden ser empleados para controlar cualquier tipo de componente detonador, o dispositivo que forme parte de un aparato detonador, adaptado para recibir calibración inalámbrica y/o señales de comando desde un origen remoto, tal como una máquina detonadora. Los métodos pueden ser adaptados, al menos en realizaciones seleccionadas, para su uso en operaciones de minería que impliquen la colocación bajo tierra de componentes detonadores. Sin embargo, los métodos pueden ser igualmente útiles para operaciones de minería sobre tierra, por ejemplo, las que impliquen el uso de montajes detonadores inalámbricos tales como los revelados en el documento WO 2006/047823 publicado el 11 de mayo de 2006.

En el caso de operaciones de minería bajo tierra, los métodos de la presente invención pueden implicar el uso de impulsores electrónicos inalámbricos, o montajes impulsores inalámbricos, tales como los revelados, por ejemplo, en la solicitud de patente de EE.UU. 60/795.569 en tramitación junto con la presente, presentada el 28 de abril de 2006, titulada "Wireless electronic booster, and methods of blasting".

La invención abarca además, en un aspecto adicional, un aparato detonador y un componente detonador, según lo especificado en las reivindicaciones.

### 50 **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 ilustra esquemáticamente un método preferido de la presente invención.

La figura 2 ilustra esquemáticamente un método preferido de la presente invención.

55 La figura 3 proporciona un gráfico de tiempos entre sucesivos cruces por cero, recibidos por un componente detonador en un aparato detonador de prueba.

La figura 4 proporciona un gráfico para comparar una gama de frecuencias de radio para diversas transmisiones de señales a través del suelo.

60 La figura 5 ilustra esquemáticamente un método preferido de la presente invención.

### **Definiciones**

65 Señal de activación: cualquier señal transmitida por cualquier componente de un aparato detonador que provoca que los componentes detonadores se conviertan en componentes activos del aparato detonador. Habitualmente, en

realizaciones seleccionadas, los componentes detonadores pueden estar en un estado inactivo, pero “escuchan” periódicamente para comprobar si pueden recibir o no una señal de activación. A falta de recepción de una tal señal de activación, los componentes detonadores pueden recaer en el estado inactivo. Sin embargo, tras la recepción exitosa de una señal de activación, por ejemplo, transmitida a todos los componentes detonadores en una sede de detonación, por ejemplo, por una máquina detonadora, puede provocarse efectivamente que los componentes detonadores se “despierten” totalmente, y por tanto se conviertan en un componente totalmente activo y totalmente operativo del aparato detonador.

Origen de energía activo: se refiere a cualquier fuente de energía que pueda proporcionar un suministro continuo o constante de energía eléctrica. Esta definición abarca dispositivos de corriente continua, tal como una batería, o un dispositivo que proporciona una corriente continua o alterna. Habitualmente, un origen de energía activo proporciona energía a un medio receptor y/o procesador de señales de comando, para permitir la recepción fiable y la interpretación de señales de comando obtenidas desde una máquina detonadora.

Suceso detonador automatizado / automático: abarca todos los métodos y sistemas detonadores que son dóciles para el establecimiento mediante un medio remoto, por ejemplo, empleando sistemas robóticos en la sede de detonación. De esta manera, los operadores de detonación pueden establecer un sistema de detonación, incluyendo una formación de detonadores y cargas explosivas, en la sede de la detonación, desde una ubicación remota, y controlar los sistemas robóticos para establecer el sistema de detonación sin necesidad de estar en la vecindad de la sede de detonación.

Carga base: se refiere a cualquier parte discreta de material explosivo en la proximidad de otros componentes del detonador, y asociada a esos componentes de manera que permita que el material explosivo actúe al recibir las señales adecuadas desde los otros componentes. La carga base puede ser retenida dentro de la cubierta principal de un detonador o bien, alternativamente, puede estar situada cerca de la cubierta principal de un detonador. La carga base puede ser usada para suministrar energía de salida a una carga externa de explosivos, para iniciar la carga externa de explosivos.

Componente detonador: se refiere a cualquier dispositivo que pueda recibir una o más señales de comando desde una máquina detonadora asociada, procesar esas señales y, si se requiere (por ejemplo, al recibir una señal de comando para DISPARAR), provocar la activación de un material o carga explosiva asociada, que forme parte integral de, o esté asociada de alguna manera a, el componente detonador. Habitualmente, un componente detonador incluirá medios para recibir la señal de comando y medios para procesar la señal de comando, así como un detonador que incluye un circuito de disparo y una carga base, en asociación operable con los medios de recepción y procesamiento. El componente detonador puede comprender cualquier tipo de detonador conocido en la técnica, incluyendo, pero sin limitarse a, un detonador no eléctrico, un detonador eléctrico y un detonador de retardo pirotécnico, y un detonador electrónico programable. Habitualmente, un componente detonador abarcará, por ejemplo, un montaje detonador inalámbrico, un impulsor electrónico inalámbrico, etc. Un componente detonador, y cualquier componente del mismo, puede incluir un medio de memoria para almacenar un tiempo de retardo y/o un reloj para contar regresivamente un tiempo de retardo almacenado, por ejemplo, en un medio de memoria asociado. Por ejemplo, un transceptor y el detonador son ejemplos de componentes que pueden comprender un medio de memoria y/o un reloj.

Máquina detonadora: cualquier dispositivo que sea capaz de estar en comunicación por señales 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 detonadora también puede ser capaz de recibir información tal como los tiempos de retardo o los códigos de disparo directamente desde los detonadores, o bien esto puede lograrse mediante un dispositivo intermedio para recoger información de detonador y transferir la información a la máquina detonadora.

Impulsor: se refiere a cualquier dispositivo de la presente invención que pueda recibir señales de comando inalámbricas desde una máquina detonadora asociada y, en respuesta a señales adecuadas, tales como una señal inalámbrica para DISPARAR, pueda provocar la activación de una carga explosiva que forma un componente integral del impulsor. De esta manera, la activación de la carga explosiva puede inducir la activación de una cantidad externa de material explosivo, tal como el material cargado en una perforación en la roca. En realizaciones seleccionadas, un impulsor puede comprender la siguiente lista no limitadora de componentes:

un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base;

una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base mediante el circuito de disparo provoque la activación de la carga explosiva; y

un transceptor para recibir y procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica desde la máquina detonadora, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, al recibir una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva. En realizaciones preferidas, el impulsor será un impulsor electrónico inalámbrico de

modo que el transceptor pueda recibir calibración inalámbrica y/o señales de comando desde un origen remoto. Muy preferiblemente, el transceptor puede recibir y delinear ondas de radio de baja frecuencia transmitidas a través de la roca.

- 5 Señal de calibración: se refiere a una señal inalámbrica recibida por un componente detonador con la intención de que la señal de calibración pueda ser usada por el componente detonador para establecer un cronometraje para un reloj interno en el componente detonador. Preferiblemente, la señal de calibración es tal que los cronómetros para los componentes detonadores están sincronizados de manera que, tras la recepción por los componentes detonadores de una señal de comando para DISPARAR, los componentes detonadores puedan establecer una hora  
10 cero sincronizada, a partir de la cual se cronometran los tiempos de retardo y, al extinguirse los tiempos de retardo, sean activadas las cargas explosivas que forman parte integral de, o están asociadas a, un componente detonador.

- Estación central de comando: se refiere a cualquier dispositivo que transmite señales mediante la transmisión por radio, o por conexión directa, a una o más máquinas detonadoras. Las señales transmitidas pueden estar  
15 codificadas, o cifradas. Habitualmente, la estación central detonadora permite la comunicación por radio con múltiples máquinas detonadoras desde una ubicación remota con respecto a la sede de detonación.

- Carga / recarga: se refiere a un proceso de suministro de energía eléctrica desde una fuente de alimentación a un dispositivo de almacenamiento de carga, con el objetivo de aumentar una cantidad de carga eléctrica almacenada por el dispositivo de almacenamiento de carga. Según lo deseado en realizaciones preferidas, la carga en el dispositivo de almacenamiento de carga sobrepasa un umbral suficientemente alto, de modo que la descarga del dispositivo de almacenamiento de carga, mediante un circuito de disparo, provoque la activación de una carga base asociada al circuito de disparo.  
20

- Dispositivo de almacenamiento de carga: se refiere a cualquier dispositivo capaz de almacenar carga eléctrica. Un dispositivo de ese tipo puede incluir, por ejemplo, un condensador, un diodo, una batería recargable o una batería activable. Al menos en realizaciones preferidas, la diferencia potencial de la energía eléctrica usada para cargar el dispositivo de almacenamiento de carga es menor, o significativamente menor, que la diferencia potencial de la energía eléctrica tras la descarga del dispositivo de almacenamiento de carga en un circuito de disparo. De esta  
25 manera, el dispositivo de almacenamiento de carga puede actuar como un multiplicador de voltaje, en donde el dispositivo habilita la generación de un voltaje que supera un voltaje de umbral predeterminado, para provocar la activación de una carga base conectada con el circuito de disparo.  
30

- Reloj: abarca a cualquier reloj adecuado para su uso con relación a cualquier componente de un sistema detonador de la invención, por ejemplo, para retardar los tiempos para la activación de detonadores durante un suceso de detonación. Por lo tanto, un reloj también puede formar parte de una máquina detonadora, un componente detonador o cualquier otra pieza de un aparato detonador, o puede constituir un módulo independiente. El reloj puede ser independiente, o formar parte integral, de cualquier componente de un componente detonador. En realizaciones preferidas en particular, el término reloj se refiere a un reloj de cristal que comprende, por ejemplo, un  
35 cristal de cuarzo oscilante del tipo bien conocido, por ejemplo, en los relojes de cuarzo y dispositivos sincronizadores convencionales. Los relojes de cristal pueden proporcionar una sincronización particularmente precisa, de acuerdo a aspectos preferidos de la invención. En condiciones específicas, sin embargo, algunos relojes, tales como los relojes de cristal, pueden ser frágiles y propensos a rotura durante el uso, especialmente si el reloj está expuesto a las fuerzas de detonación. Por lo tanto, en realizaciones preferidas, un reloj puede estar protegido en una coraza o cubierta protectora. Alternativamente, puede ser usado un tipo distinto de reloj que es más robusto, y son conocidos muchos relojes de ese tipo en la técnica. Por ejemplo, los relojes robustos sencillos pueden incluir, por ejemplo, un  
40 circuito sencillo de RC (Resistencia – Capacitancia) de un tipo conocido en la técnica, que comprende un resistor y un condensador. En otras realizaciones, un reloj puede formar una característica integral de un circuito integrado, tal como un circuito integrado programable (PIC) o un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). Además, un circuito integrado de ese tipo puede formar parte de, o conformar, una máquina de estados para cualquier parte de un aparato detonador según lo descrito en la presente memoria, tal como un componente detonador. De esta manera, el reloj, ya sea independientemente o en combinación con señales entrantes procesadas, puede provocar que los componentes detonadores adopten estados específicos predeterminados para el funcionamiento normal del aparato detonador. Un 'reloj maestro' se refiere a cualquier reloj según lo descrito en la presente memoria, que  
45 además ha sido designado como el reloj con el cual todos los otros relojes sean sincronizados, ya sea una vez o más de una vez, durante el funcionamiento de los métodos y aparatos de la invención. Por ejemplo, un reloj maestro puede comunicarse con otro reloj, ya sea por contacto eléctrico directo (p. ej., antes de la colocación de un componente detonador que comprende otro reloj en la sede de detonación), mediante la comunicación inalámbrica a corta distancia con el otro reloj (p. ej., antes de la colocación de un componente detonador que comprende otro reloj  
50 en la sede de detonación), mediante la comunicación inalámbrica a distancia más larga (p. ej., después de la colocación de un componente detonador que comprende otro reloj en la sede de detonación) o, preferiblemente, mediante ondas de radio de LF (Larga Frecuencia) (p. ej., después de la colocación de un componente detonador que comprende un reloj bajo tierra en la sede de detonación).  
55

- Señal de sincronización de reloj / señal adicional de sincronización de reloj: se refiere a cualquier señal transmitida por un reloj maestro a uno o más componentes distintos de un aparato detonador que incluye en sí mismo un reloj,  
60

de modo que la recepción y el procesamiento de la señal por el otro componente provoque la sincronización de su reloj interno con el reloj maestro. Habitualmente, pero no necesariamente, una señal de sincronización de reloj puede ser una primera señal de ese tipo transmitida por un reloj maestro para lograr la calibración inicial y/o la sincronización de un reloj con el reloj maestro. Por el contrario, una señal "adicional" de sincronización de reloj se refiere a cualquier señal de sincronización de reloj posterior a la señal inicial de sincronización de reloj, para su uso, p. ej., en la re-sincronización de relojes con el reloj maestro para corregir la 'deriva'. Una señal adicional de sincronización de reloj (o un tiempo tomado con respecto a una señal adicional de sincronización de reloj) también puede ser designada por un componente detonador como una "hora cero" para empezar a contar regresivamente un tiempo de retardo pre-programado, supuesto que una señal de comando para DISPARAR sea recibida por el componente detonador de antemano, por ejemplo, desde que fuera recibida la señal precedente de sincronización de reloj. Las señales de sincronización de reloj, alternativamente, en realizaciones seleccionadas, pueden funcionar para "despertar" a un componente detonador inactivo (o un componente detonador en un "estado de escucha") para llevar el componente detonador a un estado totalmente activo en el aparato detonador. Una señal de sincronización de reloj puede ser, al menos en realizaciones seleccionadas, sinónimo de una señal de calibración.

Medio de delineación: se refiere a cualquier componente que sea capaz de delinear, o descifrar de otro modo, la presencia de oscilaciones (o partes de las mismas) de una señal de calibración entre toda otra información, señales o ruido recibidos por un transceptor o receptor. Por ejemplo, la transmisión de una señal de calibración en una sede de detonación puede ser llevada a cabo mediante la transmisión de señales, cableada o inalámbrica, sobre tierra, a través o alrededor de objetos superficiales, o a través de capas del suelo, tales como la roca. Tales señales pueden ser propensas a la interferencia, el ruido, reflejos / refracciones indeseados de señales, etc., todos los cuales pueden contribuir a señales extrañas y ruido, por demás y por encima de la señal de calibración que está siendo difundida. Un medio de delineación intenta asistir en la recepción, extracción y procesamiento de una señal de calibración, mediante la modificación de las señales y el ruido recibidos. Por ejemplo, un medio de delineación puede incluir, optativamente, uno o más filtros para filtrar longitudes de onda o frecuencias de energía recibida, distintas a las esperadas para la señal de calibración y, optativamente, puede incluir uno o más amplificadores para amplificar partes seleccionadas (p. ej., frecuencias o longitudes de onda seleccionadas) de la energía recibida. De esta manera, la señal de calibración puede ser mejor diferenciada del ruido de fondo recibido, el ruido extraño y otras señales. Otras características y/o componentes de un medio de delineación serán evidentes para el artesano experto, y un medio de delineación puede incluir cualquiera de tales otras características y/o componentes, según se requiera para lograr el resultado deseado de la delineación de la señal de calibración.

Energía electromagnética: abarca energía de todas las longitudes de onda halladas en los espectros electromagnéticos. Esto incluye las longitudes de onda de la división de espectros electromagnéticos de los rayos  $\gamma$ , los rayos X, las ondas ultravioletas, visibles, infrarrojas, las microondas y las de radio, incluyendo UHF, VHF, Onda Corta, Onda Media, Onda Larga, VLF y ULF. Las realizaciones preferidas usan longitudes de onda halladas en la división de ondas de radio, visibles o microondas del espectro electromagnético.

Carga explosiva: incluye una parte discreta de una sustancia explosiva contenida, o esencialmente contenida, dentro de un impulsor. La carga explosiva tiene habitualmente una forma y un tamaño suficiente para recibir la energía obtenida de la activación de una carga base de un detonador, para provocar por ello la ignición de la carga explosiva. Allí donde la carga explosiva está situada adyacente a, o cerca de, una cantidad adicional de material explosivo, tal como, por ejemplo, material explosivo cargado en una perforación en la roca, entonces la ignición de la carga explosiva, en ciertas circunstancias, puede ser suficiente para provocar la ignición de la cantidad total del material explosivo, para provocar por ello la detonación de la roca. La constitución química de la carga explosiva puede tomar cualquier forma que sea conocida en la técnica; muy preferiblemente, la carga explosiva puede comprender TNT o pentolita.

Material explosivo: se refiere a cualquier cantidad y tipo de material explosivo que esté situado fuera de un impulsor, pero que esté en asociación operable con el impulsor, de modo que la ignición de la carga explosiva dentro del impulsor provoque la posterior ignición del material explosivo. Por ejemplo, el material explosivo puede estar colocado o situado dentro de una perforación en la roca, y un impulsor puede estar colocado en asociación operativa con el material explosivo por debajo o cerca de la perforación. En realizaciones preferidas, el material explosivo puede comprender pentolita o TNT.

Filtrado: se refiere a cualquier técnica de filtrado conocida para filtrar información de señales recibidas entre el ruido, tal como el ruido de fondo o la interferencia. En ejemplos seleccionados, el filtrado puede emplear un dispositivo para excluir señales que tengan una frecuencia fuera de una gama predeterminada. En realizaciones preferidas el filtro puede ser, por ejemplo, un filtro de paso de banda. Sin embargo, pueden ser usados otros filtros y técnicas de filtrado, de acuerdo a métodos o aparatos cualesquiera de la invención. El filtro puede ser pasivo, activo, analógico, digital, de tiempo discreto (muestreado), de tiempo continuo, lineal, no lineal o de cualquier otro tipo conocido en la técnica.

Formas de energía: De acuerdo a la presente invención, las "formas" de energía pueden tomar cualquier forma adecuada para la comunicación inalámbrica y/o la carga inalámbrica de los detonadores. Por ejemplo, tales formas de energía pueden incluir, pero no están limitadas, a la energía electromagnética, incluyendo a la luz, los infrarrojos,

las ondas de radio (incluyendo la ULF) y las microondas o, alternativamente, pueden tomar alguna otra forma, tal como la inducción electromagnética o la energía acústica. Además, las “formas” de energía pueden corresponder al mismo tipo de energía (p. ej., luz, infrarrojos, ondas de radio, micro-ondas, etc.), pero implicar a distintas longitudes de onda o frecuencias de la energía.

5 Señal de “supervivencia”: se refiere a cualquier señal originada a partir de una máquina detonadora y transmitida a un componente detonador, ya sea directamente o indirectamente (p. ej., mediante otros componentes o retransmitida mediante otros montajes detonadores inalámbricos), que provoca que un dispositivo de almacenamiento de carga sea cargado por una fuente de energía y/o que retenga carga ya almacenada en el mismo. De esta manera, el dispositivo de almacenamiento de carga retiene carga suficiente a fin de que, al recibir una señal de DISPARAR, la carga sea descargada en el circuito de disparo, para provocar que una carga base asociada al circuito de disparo sea activada. La señal de “supervivencia” puede comprender cualquier forma de energía adecuada identificada en la presente memoria. Además, la señal de “supervivencia” puede ser una señal constante, de modo que el montaje detonador inalámbrico sea cebado para DISPARAR en cualquier momento durante la señal, en respuesta a la señal adecuada de DISPARAR. Alternativamente, la señal de “supervivencia” puede comprender una única señal para cebar el montaje detonador inalámbrico para DISPARAR en cualquier momento durante un periodo de tiempo predeterminado, en respuesta a una señal para DISPARAR. De esta manera, el componente detonador puede retener un estado adecuado para disparar al recibir una serie de señales de “supervivencia” temporalmente separadas.

20 Registrador / Dispositivo de registro: incluye a cualquier dispositivo adecuado para registrar información con respecto a un componente detonador, o un detonador contenido en el mismo. Por ejemplo, el registrador puede transmitir o recibir información, a o desde un componente detonador de la invención, o componentes de la misma. Por ejemplo, el registrador puede transmitir datos a un componente detonador tal como, pero no limitado a, códigos de identificación del componente detonador, tiempos de retardo, señales de sincronización, códigos de disparo, datos de posición, etc. Además, el registrador puede recibir información desde un componente detonador que incluye, pero no está limitado, a códigos de identificación del componente detonador, códigos de disparo, tiempos de retardo, información respecto al entorno o estado del componente detonador, e información respecto a la capacidad del componente detonador para comunicarse con una máquina detonadora asociada (p. ej., a través de comunicaciones de la roca). Preferiblemente, el dispositivo registrador también puede registrar información adicional tal como, por ejemplo, los códigos de identificación para cada detonador, información respecto al entorno del detonador, la naturaleza de la carga explosiva con relación al detonador, etc. En realizaciones seleccionadas, un dispositivo registrador puede formar parte integral de una máquina detonadora o, alternativamente, puede corresponder a un dispositivo distinto, tal como, por ejemplo, una unidad programable portátil que comprenda medios de memoria para almacenar datos referidos a cada detonador y, preferiblemente, medios para transferir estos datos a una estación de comando central o a una o más máquinas detonadoras. Una función principal del dispositivo registrador es leer el componente detonador de modo que el componente detonador, o el detonador contenido en el mismo, pueda ser “hallado” por una máquina detonadora asociada, y tener comandos, tales como los comandos de DISPARO, dirigidos al mismo según corresponda. Un registrador puede comunicarse con un componente detonador, ya sea por conexión eléctrica directa (interfaz) o una conexión inalámbrica de cualquier tipo conocido en la técnica, tal como, por ejemplo, RF de corto alcance, infrarrojos, Bluetooth, etc.

45 Fuente de energía micro-nuclear: se refiere a cualquier fuente de energía adecuada para alimentar los circuitos operativos, los circuitos de comunicaciones o los circuitos de disparo de un detonador o montaje detonador inalámbrico, de acuerdo a la presente invención. La naturaleza del material nuclear en el dispositivo es variable y puede incluir, por ejemplo, una batería basada en el tritio.

50 Fuente de energía pasiva: incluye cualquier fuente eléctrica de energía que no proporcione energía de manera continua, sino que, en cambio, proporcione energía cuando sea inducida a hacerlo mediante un estímulo externo. Tales fuentes de energía incluyen, pero no están limitadas, a un diodo, un condensador, una batería recargable o una batería activable. Preferiblemente, una fuente de energía pasiva es una fuente de energía que puede ser cargada y descargada con facilidad, de acuerdo a la energía recibida y a otras señales. Muy preferiblemente, la fuente de energía pasiva es un condensador.

55 Fuente de energía (sin mención de que la fuente de energía sea una ‘fuente de energía activa’ o una ‘fuente de energía pasiva’): se refiere a una fuente de energía que sea capaz de proveer un suministro bastante constante de energía eléctrica, o al menos pueda proporcionar energía eléctrica como, y cuando, sea requerido por los componentes conectados. Por ejemplo, tales fuentes de energía pueden incluir, pero no están limitadas, a una batería.

60 Preferiblemente: identifica características preferidas de la invención. A menos que se especifique otra cosa, el término ‘preferiblemente’ se refiere a características preferidas de las realizaciones más amplias de la invención, según lo definido, por ejemplo, por las reivindicaciones independientes, y otras invenciones reveladas en la presente memoria.

65 Tiempos de referencia / Tiempos adicionales de referencia: se refiere a puntos en la oscilación de una señal

recibida, tal como una señal de radio de baja frecuencia, más inmediatamente calculados por un componente detonador de un aparato detonador de la presente invención. Por ejemplo, un componente detonador de ese tipo puede recibir una señal entrante de calibración inalámbrica (p. ej., a través de la roca) desde una máquina detonadora, amplificar optativamente y/o filtrar la señal, y determinar cruces por cero para la señal, que forman los  
 5 tiempos de referencia para la calibración temporal. En realizaciones seleccionadas, los tiempos adicionales de referencia pueden ser calculados a partir de los tiempos de referencia, determinando momentos entre los tiempos de referencia, para aumentar por ello la resolución temporal de la señal de calibración.

Hora cero: se refiere a cualquier momento a partir del cual comienza la cuenta regresiva de un tiempo de retardo  
 10 pre-programado en un componente detonador, de modo que la terminación de la cuenta regresiva dé como resultado la activación de una carga base de un detonador integrado y, optativamente, la activación de una carga explosiva asociada. De acuerdo a los métodos y aparatos de la invención, una hora cero puede ser establecida de manera síncrona, o esencialmente síncrona, entre componentes detonadores, a fin de que los tiempos de retardo pre-programados puedan ser contados regresivamente a partir de un momento de inicio (hora cero) sincronizado, o  
 15 esencialmente sincronizado, permitiendo por ello la activación sincronizada de un suceso de detonación. Habitualmente, pero no necesariamente, una hora cero puede coincidir con la recepción de una señal adicional de sincronización de reloj, u otra hora referida a una señal de sincronización de reloj.

Caja superior: se refiere a cualquier dispositivo que forme parte de un componente detonador que esté adaptado para su ubicación en, o cerca de, la superficie del suelo cuando el componente detonador esté en uso en una sede de detonación, en asociación con una perforación y la carga explosiva colocada en la misma. Las cajas superiores están habitualmente situadas sobre tierra, o al menos en una posición en, o cerca de, la perforación que sea la más adecuada para la recepción y transmisión de señales inalámbricas, y para retransmitir estas señales al detonador dentro de la perforación. En realizaciones preferidas, cada caja superior comprende uno o más componentes  
 20 seleccionados del componente detonador de la presente invención.

Transceptor: se refiere a cualquier dispositivo que pueda recibir y/o transmitir señales inalámbricas. Aunque el término "transceptor" abarca tradicionalmente a un dispositivo que pueda tanto transmitir como recibir señales, un transceptor, cuando se usa de acuerdo a la presente invención, incluye un dispositivo que puede funcionar  
 30 solamente como un receptor de señales inalámbricas, y no transmitir señales inalámbricas, o que transmite solamente señales inalámbricas limitadas. Por ejemplo, en circunstancias específicas, el transceptor puede estar situado en una posición donde sea capaz de recibir señales desde un origen, pero no capaz de transmitir las señales de vuelta al origen, o a otra parte. En realizaciones muy específicas, donde el transceptor forma parte de un impulsor colocado bajo tierra, el transceptor puede ser capaz de recibir señales a través de la roca desde un origen  
 35 inalámbrico situado sobre una superficie del suelo, pero ser incapaz de transmitir señales de vuelta a través de la roca hasta la superficie. En estas circunstancias, el transceptor, optativamente, puede tener la función de transmisión de señales inhabilitada o ausente. En otras realizaciones, el transceptor puede transmitir señales solamente a un registrador mediante conexión eléctrica directa o, alternativamente, mediante señales inalámbricas de corto alcance. En otras realizaciones, un transceptor puede comprender una memoria para almacenar un tiempo de retardo, y puede ser programable con un tiempo de retardo (esto es especialmente útil cuando el detonador y los componentes del mismo no son programables, como puede ser el caso, por ejemplo, para un detonador no eléctrico, eléctrico o pirotécnico seleccionado).

Inalámbrico: se refiere a la ausencia de cables físicos (tales como cables eléctricos, tubos de impacto, LEDC o cables ópticos) que conecten el detonador o un componente detonador, o componentes del mismo, con una máquina detonadora asociada o fuente de energía.  
 45

Impulsor inalámbrico: En general, la expresión "impulsor inalámbrico" o "impulsor electrónico" abarca un dispositivo que comprende un detonador, muy preferiblemente, un detonador electrónico (que comprende habitualmente al menos una coraza de detonador y una carga base), así como medios para provocar la activación de la carga base tras la recepción por el impulsor de una señal para DISPARAR desde al menos una máquina detonadora asociada. Por ejemplo, tales medios para provocar la activación pueden incluir un transceptor o medios receptores de señales, o medios procesadores de señales; y un circuito de disparo, a activar en el caso de la recepción de una señal de DISPARAR. Los componentes preferidos del impulsor inalámbrico pueden incluir adicionalmente medios para  
 50 transmitir información, referida al montaje, a otros montajes o a una máquina detonadora, o medios para retransmitir señales inalámbricas a otros componentes del aparato detonador. Tales medios para transmitir o retransmitir pueden formar parte de la función del transceptor. Otros componentes preferidos de un impulsor inalámbrico devendrán evidentes a partir de la especificación en su totalidad.

Cruce(s) por cero: se refiere a un punto instantáneo en el cual, para una onda de seno, el valor de  $y = \text{cero}$ . En una onda de seno u otra onda sencilla, esto ocurre normalmente dos veces durante cada ciclo. En el caso de la presente invención, una onda de seno de ese tipo puede ser obtenida a partir de una señal de calibración, en forma de una onda de radio de baja frecuencia, en donde los cruces por cero ocurren en los puntos al principio y a mitad de camino de cada oscilación en el ciclo. Sin embargo, los cruces por cero no están limitados a las ondas de seno.  
 60 Debería observarse que los cruces por cero también pueden ser determinados en circunstancias, por ejemplo, donde la modulación por desplazamiento de frecuencia genera una transmisión de señal binaria, donde el análisis  
 65

de cruces por cero puede facilitar la determinación de desplazamientos de frecuencia en la señal recibida.

**Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

5 Los inventores han tenido éxito en el desarrollo de métodos para controlar y, optativamente, calibrar o sincronizar, los componentes de un aparato detonador que se comunica con una máquina detonadora mediante señales de comunicación inalámbrica. En realizaciones seleccionadas, los métodos son especialmente útiles para operaciones de minería subterránea, donde los impulsores electrónicos inalámbricos colocados bajo tierra se comunican con una o más máquinas detonadoras colocadas en, o sobre, una superficie del suelo. Tales impulsores electrónicos inalámbricos están descritos, por ejemplo, en la presente solicitud, así como, por ejemplo, en la solicitud provisional de EE.UU. 60/795.569 en tramitación junto con la presente, presentada el 28 de abril de 2006, titulada "Wireless electronic booster, and methods of blasting".

10 Los sistemas detonadores inalámbricos ayudan a eludir la necesidad de un cableado complejo entre componentes de un aparato detonador en la sede de detonación, y los riesgos asociados de una colocación, asociación y conexión indebidas de los componentes del sistema detonador.

15 Mediante una investigación cuidadosa, y significativo ingenio inventivo, los inventores han desarrollado métodos para comunicarse con, y controlar, componentes detonadores tales como los montajes detonadores inalámbricos, o los montajes impulsores inalámbricos, mediante señales de comunicación inalámbrica. Tales señales de comunicación inalámbrica pueden incluir, pero no se limitan a, señales de comando obtenidas, por ejemplo, de una máquina detonadora, así como señales de calibración obtenidas, por ejemplo, de una máquina detonadora u otro componente de un aparato detonador. Muy preferiblemente, los métodos admiten el control y la activación de cargas explosivas asociadas a impulsores electrónicos inalámbricos y montajes impulsores inalámbricos colocados bajo tierra. De esta manera, puede lograrse la transmisión a través de rocas de las señales. Un impulsor electrónico inalámbrico de ese tipo está descrito, por ejemplo, en la solicitud de patente de EE.UU. 60/795.569 en tramitación junto con la presente, presentada el 28 de abril de 2006, titulada "Wireless electronic booster, and methods of blasting". Por ejemplo, un dispositivo de ese tipo puede incluir:

20 un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base;

una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva;

25 un transceptor para recibir y procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de la máquina detonadora, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, a fin de que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva.

30 La presente invención abarca, al menos en parte, métodos de comunicación entre al menos una máquina detonadora de un aparato detonador, y al menos algún otro componente de un aparato detonador que comprenda, o esté en asociación operativa con, una carga explosiva, o una cantidad de material explosivo. Tales componentes detonadores pueden incluir, pero no están limitados a, montajes detonadores inalámbricos o montajes impulsores inalámbricos. Tales montajes detonadores inalámbricos están descritos, por ejemplo, en el documento WO 2006 / 096920 publicado el 21 de septiembre de 2006.

Tales montajes impulsores inalámbricos están descritos, por ejemplo, en la solicitud de patente de EE.UU. 60 / 795.569 presentada el 28 de abril de 2006, titulada "Wireless electronic booster, and methods of blasting".

35 Los métodos pueden implicar transmitir, desde dicha al menos una máquina detonadora, al menos una señal de comando. Por ejemplo, tales señales de comando pueden ser seleccionadas entre, pero no están limitadas a, señales para ARMAR, DESARMAR, DISPARAR, ACTIVAR o DESACTIVAR el componente detonador. En realizaciones preferidas, las señales inalámbricas son transmitidas usando ondas de radio de baja frecuencia, tales como las que tienen una frecuencia en la gama entre 20 y 2.500 Hz. De esta manera, las señales, optativamente, pueden ser transmitidas a través del suelo, a través de la roca o de otros medios, y ser exitosamente recibidas y delineadas por un componente detonador.

40 En realizaciones preferidas, las señales inalámbricas pueden ser moduladas mediante cualquier técnica conocida antes de su transmisión y, al ser recibidas por un componente detonador, pueden ser demoduladas. Como se conoce en la técnica, tal procesamiento de señales puede ayudar al componente detonador a delinear cada señal entre el ruido de fondo, o la interferencia provocada, por ejemplo, por la transmisión de señales a través de rocas o a través de agua. En otros aspectos, también pueden usarse filtros para reducir un nivel de ruido de las señales recibidas. Por ejemplo, tales filtros, allí donde están presentes, pueden extraer solamente aquellas señales que tengan una frecuencia que caiga dentro de una gama predeterminada. Los niveles aumentados de ruido de radio también pueden ser experimentados para las frecuencias de alrededor de 50 Hz y los armónicos de las mismas, debido en parte al uso local de equipos eléctricos que funcionan con una corriente alterna de 50 Hz. Optativamente,

pueden ser empleadas frecuencias operativas y filtros para evitar tales gamas de frecuencia propensas al ruido.

En otros aspectos, las señales de comando inalámbricas pueden ser transmitidas usando técnicas de modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK) que son bien conocidas en la técnica. La FSK es una técnica bien conocida para modular datos que usa dos frecuencias. Los desplazamientos de frecuencia entre las dos frecuencias son generados cuando cambia el nivel digital binario. Una frecuencia específica es usada para representar un uno binario, y una segunda frecuencia es usada para representar un cero binario. Tales técnicas de modulación son especialmente útiles, de acuerdo a la presente invención, para la transmisión de señales inalámbricas a través de la roca. Por ejemplo, señales de comando inalámbricas más complejas, tales como los tiempos de retardo, pueden ser dóciles para la transmisión a través de la roca, usando la modulación FSK. La naturaleza binaria de la señal recibida, modulada por FSK, puede ser más fácil de extraer e interpretar a partir de datos de señales recibidos a través de la roca, en comparación con una señal analógica no modulada por FSK.

En realizaciones preferidas de los métodos de la invención, las señales de radio comprenden entre 20 y 2.500 Hz, más preferiblemente entre 100 y 2.000 Hz, y muy preferiblemente alrededor de 300 Hz. La frecuencia de ondas de radio será seleccionada en base a consideraciones de penetración en la roca y de ruido. En términos generales, las frecuencias inferiores darán origen a una mayor penetración en la roca. Sin embargo, las señales de muy baja frecuencia estarán limitadas en términos de complejidad, y requieren transmisores muy grandes y caros para producir las correspondientes ondas de radio.

En otras realizaciones de los métodos de la invención, cada uno de los componentes detonadores del aparato detonador puede incluir un reloj, preferiblemente, un reloj de cristal, y una memoria para almacenar un tiempo de retardo. El reloj y la memoria, optativamente, pueden formar parte integral de un detonador electrónico que forme parte del componente detonador, o pueden estar colocados en otra parte en el componente detonador. Los métodos de la invención, en realizaciones seleccionadas, proporcionan además un mecanismo para la calibración y sincronización del reloj, incluso en circunstancias donde los componentes detonadores están colocados bajo tierra. La máquina detonadora, o cualquier otro componente del aparato detonador situado en o cerca de una superficie del suelo, puede transmitir a los componentes detonadores una señal de calibración que comprende, preferiblemente, ondas de radio de LF en la gama entre 20 y 2.500 Hz. A continuación de la recepción de la señal de calibración, cada componente detonador puede analizar la señal recibida para delinear a partir de la señal los tiempos de referencia para la oscilación de señales. Preferiblemente, tales tiempos de referencia pueden incluir cruces por cero para la señal, con dos cruces por cero para cada periodo (uno al comienzo y uno a medio camino de una oscilación). En efecto, estos puntos de referencia pueden servir para proporcionar un "reloj marcador" que permita la calibración de cada reloj, o reloj de cristal, de cada componente detonador.

A menudo, los componentes detonadores pueden comprender detonadores electrónicos de retardo, capaces de ser programados con tiempos de retardo de 1 ms, o inferiores. Sin embargo, a frecuencias muy bajas, los puntos de referencia de cruces por cero pueden no proporcionar una resolución temporal suficiente para permitir la programación de tiempos de retardo y la sincronización hasta 1 ms, o menos. Por ejemplo, si la señal de calibración tiene una frecuencia de 30 Hz, habrá solamente 60 cruces por cero por segundo, proporcionando una resolución de 1 cruce por cero cada 16,67 ms. En otras palabras, el uso de una señal de calibración con una frecuencia portadora de 30 Hz puede proporcionar una excelente penetración en la roca pero, sobre la base de los cruces por cero, puede proporcionar una resolución temporal insuficiente para los fines de la calibración de relojes y los tiempos de retardo. De acuerdo a aspectos preferidos de la presente invención, se proporcionan métodos adicionales para aumentar la resolución temporal de la señal de calibración. Esto puede lograrse calculando tiempos adicionales de referencia entre los tiempos de referencia de cruces por cero. En el caso de una frecuencia de radio de 30 Hz, cada separación temporal media entre cruces por cero puede ser igualmente dividida, por ejemplo, en 20 partes iguales para proporcionar una resolución temporal del orden de  $16,67 \text{ ms} / 20 = 0,838 \text{ ms}$ , es decir, menos de un milisegundo. Por lo tanto, la presente invención abarca métodos que permiten el análisis de una señal de calibración, analizando no solamente los puntos de referencia fácilmente alcanzables (tales como los cruces por cero), sino también puntos adicionales de referencia entre los mismos. De esta manera, los métodos permiten la calibración de relojes y la sincronización hasta una resolución temporal que por lo menos coincida con, o supere, la precisión de los detonadores electrónicos conocidos en la técnica.

En realizaciones adicionales de los métodos de la invención, se proporcionan métodos de detonación de rocas usando un aparato detonador que comprende al menos una máquina detonadora situada en o sobre una superficie del suelo, para transmitir al menos una señal de comando inalámbrica, y al menos un componente detonador situado por debajo de una superficie del suelo, para recibir y, optativamente, reaccionar a dicha al menos una señal de comando inalámbrica. Cada componente detonador puede comprender un reloj, así como una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado, y estar en asociación operable con una carga explosiva, o una cantidad de material explosivo. Las etapas del método preferido pueden incluir:

transmitir a través de la roca, desde cada máquina detonadora u otro componente del aparato detonador, una señal de calibración que tenga una frecuencia portadora de onda de radio de LF entre 20 y 2.500 Hz;

recibir a través de la roca la señal de calibración por parte de cada componente detonador;

procesar la señal de calibración recibida:

- filtrando optativamente la señal de calibración;

5 - determinando, a partir de la señal de calibración, tiempos de referencia, tales como tiempos de cruce por cero; y  
 - calculando, optativamente, tiempos adicionales de referencia entre los tiempos de referencia, para establecer por  
 10 ello un cronómetro sincronizado para cada componente detonador;

transmitir a través de la roca al menos una señal de comando con una frecuencia de onda de radio de LF entre 20 y  
 2.500 Hz, distinta a la frecuencia de la señal de calibración;

recibir a través de la roca dicha al menos una señal de comando, por parte de cada componente detonador; y

15 procesar dicha al menos una señal de comando recibida y reaccionar ante dicha al menos una señal de comando,  
 según se requiera.

20 Si dicha al menos una señal de comando incluye una señal para DISPARAR, cada reloj del componente detonador  
 establece una hora cero sincronizada y cuenta regresivamente, desde la hora cero sincronizada, su propio tiempo de  
 retardo programado, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada  
 componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación. A pesar de su colocación bajo tierra,  
 los componentes detonadores pueden ser optativamente programados con tiempos de retardo, y el reloj puede ser  
 25 calibrado y/o sincronizado para contar regresivamente esos tiempos de retardo en respuesta a una señal de  
 comando para DISPARAR, todo ello a través de la comunicación remota con una máquina detonadora u otros  
 dispositivos colocados sobre el suelo.

30 La invención abarca métodos en los cuales los componentes detonadores están sencillamente colocados según se  
 requiera en ubicaciones bajo tierra en la sede de detonación, y son posteriormente programados con tiempos de  
 retardo, códigos de disparo e información de identificación, y son controlados por señales de comando inalámbricas  
 desde la superficie, después de la colocación.

35 La invención también abarca métodos alternativos en los cuales los componentes detonadores son colocados según  
 se requiera en ubicaciones bajo tierra en la sede de detonación, programados *in situ*, por ejemplo, con tiempos de  
 retardo, códigos de disparo o información de identificación, mediante la comunicación inalámbrica, eléctrica directa o  
 de corta distancia, con un registrador o dispositivo de registro. Posteriormente, los componentes detonadores  
 reciben solamente señales de comando inalámbricas desde una máquina detonadora asociada sobre la superficie.  
 Esto puede ser especialmente útil allí donde, por ejemplo, hay una interferencia significativa como para impedir la  
 40 transmisión clara a través de la roca de señales más complejas, tales como aquellas para programar tiempos de  
 retardo, códigos de disparo, información de identificación, etc., a los componentes detonadores.

45 Debería observarse que los métodos de la presente invención pueden ser empleados para controlar cualquier tipo  
 de componente detonador, o dispositivo, que forme parte de un aparato detonador, adaptado para recibir calibración  
 inalámbrica y/o señales de comando desde un origen remoto, tal como una máquina detonadora. Los métodos  
 pueden ser adaptados, al menos en realizaciones seleccionadas, para su uso en operaciones de minería que  
 impliquen la colocación bajo tierra de componentes detonadores. Sin embargo, los métodos pueden ser igualmente  
 útiles para operaciones de minería de superficie, por ejemplo, que impliquen el uso de montajes detonadores  
 inalámbricos tales como los revelados en el documento WO2006 / 047823 editado el 11 de mayo de 2006.

50 En el caso de operaciones de minería subterránea, los métodos de la presente invención pueden implicar el uso de  
 impulsores electrónicos inalámbricos, o montajes impulsores inalámbricos, tales como los revelados, por ejemplo, en  
 la solicitud de patente estadounidense co-pendiente 60 / 795.569 presentada el 28 de abril de 2006, titulada  
 "Impulsor electrónico inalámbrico y métodos de detonación".

55 La invención será descrita adicionalmente con referencia a ejemplos específicos, que no están concebidos en modo  
 alguno para ser limitadores con respecto a las reivindicaciones adjuntas:

Ejemplo 1 – Método para la comunicación entre componentes de un aparato detonador

60 Un método preferido de la invención será descrito con referencia a la figura 1. En este método se proporciona un  
 método de comunicación de al menos una señal de comando inalámbrica, desde al menos una máquina detonadora  
 hasta al menos un componente detonador que comprende, o que está en asociación cooperativa con, una carga  
 explosiva. La etapa 100 implica la transmisión de al menos una señal de comando inalámbrica desde dicha al menos  
 una máquina detonadora a dicho al menos un componente detonador, usando ondas de radio de baja frecuencia. En  
 65 la etapa 101 está incluida la etapa de recibir dicha al menos una señal de comando inalámbrica por parte de dicho al  
 menos un componente detonador y, en la etapa 102, la de procesar cada componente detonador dicha al menos

una señal de comando inalámbrica recibida, y reaccionar optativamente a las instrucciones proporcionadas en dicha al menos una señal de comando inalámbrica, según se requiera.

Ejemplo 2 – Método que implica una señal de calibración

5 Un método preferido de la invención será descrito con referencia a la figura 2. En este método se proporciona un método para detonar la roca usando un aparato detonador que comprende al menos una máquina detonadora sobre, o por encima de, el suelo, para transmitir al menos una señal de comando inalámbrica, y al menos un componente detonador situado debajo de una superficie del suelo, para recibir y reaccionar ante dicha al menos una  
10 señal de comando inalámbrica según se requiera, incluyendo cada componente detonador, o estando cada componente detonador en asociación operativa con, una carga explosiva, y comprendiendo un reloj y una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado. La etapa 200 implica transmitir a través de la roca, desde cada máquina detonadora u otro componente del aparato detonador, una señal de calibración que tenga una frecuencia portadora de onda de radio de LF entre 20 y 2.500 Hz. La etapa 201 implica recibir a través de la roca la señal de calibración por parte de cada componente detonador. La etapa 202 implica procesar la señal de calibración recibida:  
15 filtrando optativamente la señal de calibración; determinando a partir de la señal de calibración tiempos de referencia tales como los tiempos de cruce por cero y, optativamente, calculando tiempos adicionales de referencia entre los tiempos de referencia, para establecer por ello un cronómetro sincronizado para cada componente detonador. La etapa 203 implica transmitir a través de la roca al menos una señal de comando con una frecuencia de onda de radio de LF entre 20 y 2.500 Hz, distinta a la frecuencia de la señal de calibración. La etapa 204 implica recibir a través de la roca dicha al menos una señal de comando, por parte de cada componente detonador, y la etapa 205 implica procesar dicha al menos una señal de comando recibida y reaccionar ante dicha al menos una señal de comando, según se requiera. De esta manera, si dicha al menos una señal de comando incluye una señal para DISPARAR, cada reloj de cada componente detonador establece una hora cero sincronizada y cuenta  
20 regresivamente, desde la hora cero sincronizada, su propio tiempo de retardo programado, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación.

Ejemplo 3 – Codificación binaria de una señal de calibración

30 Según lo anteriormente expuesto, las señales de calibración para la sincronización de relojes pueden ser útiles si las separaciones temporales entre, por ejemplo, los cruces por cero son debidamente calculadas. Preferiblemente, la frecuencia de la señal permanecerá relativamente constante a fin de que la magnitud de la "arritmia" en las oscilaciones de señales sea reducida, y el componente detonador pueda detectar una separación temporal bastante regular entre los cruces por cero. Promediando las separaciones temporales, cualquier arritmia en la señal puede ser compensada.

Con referencia a la figura 3, se muestra un gráfico de los tiempos entre sucesivos cruces por cero, recibidos por un componente detonador en un sistema detonador de prueba. Se observará que, para los primeros 35 cruces por cero detectados, se detecta una separación temporal de un promedio de 48 microsegundos. La figura también muestra alguna experimentación con la modulación por FSK para generar un código binario para la transmisión de señales como parte de la señal de calibración. Para los intervalos entre 38 y 43, 48 a 53, 58 a 63 y 68 a 73, existe un intervalo temporal más pequeño entre sucesivas separaciones de valor cero: en este caso, se registra una separación temporal media de 32 microsegundos. Por el contrario, para los intervalos 44 a 47, 54 a 57, 64 a 67 y a partir de 74, hay un intervalo temporal medio de 48 microsegundos. De esta manera, la información binaria puede ser integrada en la misma señal de calibración. Por ejemplo, en la figura 3 los intervalos 38 a 43 pueden representar un "0" en código binario, mientras que los intervalos 44 a 47 pueden representar un "1" en código binario. No obstante, los bits binarios existen durante la misma cantidad de tiempo (alrededor de 190 ms) debido a los intervalos temporales más pequeños para las lecturas de valor "0".

50 Aunque la figura 3 es meramente ejemplar, una persona experta en la técnica apreciará la posible integración de señales de comando en una señal de calibración. Alterando la frecuencia de la señal de calibración, por modulación FSK, la información binaria puede ser incorporada al "reloj marcador" de la señal de calibración.

Ejemplo 4 – Variación de la frecuencia de radio con la distancia

55 Pasando ahora a la figura 4, se muestra un gráfico que compara una gama de frecuencias de radio para distintas transmisiones de señales a través del suelo. El gráfico indica que hay una frecuencia óptima para cualquier distancia dada (permaneciendo constante el tipo de suelo). La ventaja de una mayor frecuencia en el detector es contrarrestada por la atenuación exponencialmente creciente, debido a la conductividad en el suelo. Otro suelo o tipo de roca puede dar varianza en estos resultados.

Ejemplo 5 – Método que implica un reloj maestro

65 Un método específicamente preferido de la invención será descrito ahora con referencia a la figura 5. Este método extiende el método descrito con referencia a la figura 1, para proporcionar un medio alternativo sencillo para

asegurar la activación sincronizada de cargas explosivas con un alto grado de precisión. En este método, cada uno de dichos al menos un componente detonador comprende un reloj y una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado para la activación de la carga explosiva, y el método comprende adicionalmente:

5 en la etapa 300, transmitir desde un reloj maestro una señal de sincronización de reloj a cada uno de dicho al menos un componente detonador, para sincronizar por ello a todos los relojes de dicho al menos un componente detonador con el reloj maestro; y

10 en la etapa 301, establecer al menos una hora cero sincronizada con respecto a la transmisión de la señal de sincronización de reloj, para todos los relojes de dicho al menos un componente detonador. La recepción, por parte de dicho al menos un componente detonador, de una señal de comando para DISPARAR provoca que cada uno de dicho al menos un componente detonador espere una siguiente hora cero sincronizada, y luego cuente regresivamente su tiempo de retardo programado. Una vez que el tiempo de retardo ha completado su cuenta regresiva, el agotamiento del tiempo de retardo da como resultado la activación de una carga explosiva asociada, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación. De esta manera, el reloj maestro funciona para mantener a todos los otros relojes del aparato detonador "en línea" y sincronizados. Todos los componentes detonadores del aparato detonador están listos para iniciar una secuencia de detonación en la siguiente hora cero, efectivamente especificada por el reloj maestro, a fin de que todos los componentes detonadores logren una hora cero sincronizada para comenzar la cuenta regresiva del tiempo de retardo.

25 El reloj maestro puede adoptar cualquier forma, y estar colocado ya sea remotamente con respecto a la sede de detonación (por ejemplo, en una oficina de un operador de detonación, tal vez en otra ubicación o incluso en otro país con respecto a la sede de detonación). Alternativamente, el reloj maestro puede estar colocado en, o cerca de, la sede de detonación, por ejemplo, como un componente integral de una o más máquinas detonadoras. En realizaciones específicamente preferidas, el reloj maestro puede ser adecuado para sincronizar los relojes de los componentes detonadores, mediante comunicación de corto alcance en la sede de detonación, por ejemplo, justo antes, o a continuación, del establecimiento de un aparato detonador, mediante la colocación de los componentes detonadores (y las cargas explosivas asociadas). Por ejemplo, un reloj maestro puede comunicarse con otros componentes del aparato detonador, al menos con el propósito de una sincronización inicial, mediante la comunicación inalámbrica cableada o inalámbrica de corto alcance. Un reloj maestro, en realizaciones seleccionadas, puede estar asociado a una máquina detonadora, de modo que los componentes detonadores sean puestos en estrecha proximidad con la máquina detonadora, para la sincronización de relojes con el reloj maestro antes de la colocación en la sede de detonación. Un método de sincronización de ese tipo puede ser especialmente adecuado para componentes detonadores que han de ser colocados bajo tierra. Alternativamente, el reloj maestro puede estar asociado de algún modo con un dispositivo registrador, de modo que un reloj de cada componente detonador esté sincronizado con el reloj maestro del dispositivo registrador después de la colocación en la sede de detonación, por ejemplo, durante un proceso de registro.

40 El método del presente ejemplo es especialmente adecuado para operaciones explosivas bajo tierra. La comunicación a través de la roca implica habitualmente el uso de ondas de radio de baja frecuencia, por ejemplo, usando señales con una frecuencia entre 20 y 2.500 Hz. Tales frecuencias no son siempre adecuadas para la transmisión de señales inalámbricas complejas a componentes subterráneos de un aparato detonador. Las capas de roca, los depósitos de agua y el ruido general de señales pueden perturbar el proceso de transmisión de señales. Métodos seleccionados de la presente invención admiten la sincronización (o al menos la sincronización inicial) de los relojes asociados a componentes detonadores con un reloj maestro antes de la colocación bajo tierra en la sede de detonación. Esto elude la necesidad de transmitir importantes señales de sincronización de reloj a través de la roca o de capas del suelo.

50 Ejemplo 6 – Método que implica la re-sincronización con un reloj maestro

Aunque los métodos de la invención implican, al menos en realizaciones preferidas, el uso de relojes de cristal de alta calidad, alguien experto en la técnica apreciará que todos los relojes pueden ser propensos a un cierto grado de inexactitud y deriva entre sí, o con respecto a un estándar absoluto: las realizaciones preferidas de la invención admiten la corrección de tal deriva. Por lo tanto, en mejoras adicionales de los métodos del EJEMPLO 5 y otros métodos descritos en la presente memoria, la invención admite la re-sincronización de relojes, o la corrección a continuación de la sincronización inicial con el reloj maestro. Por ejemplo, los métodos de la invención pueden implicar adicionalmente las etapas de: transmitir desde el reloj maestro al menos una señal adicional de sincronización de reloj a dicho al menos un componente detonador; y, si se requiere, re-sincronizar cada reloj de dicho al menos un componente detonador, de acuerdo a dicha al menos una señal de sincronización de reloj, para corregir por ello la deriva de cada reloj con respecto al reloj maestro. En realizaciones seleccionadas adicionales, dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj puede ser transmitida a dicho al menos un componente detonador a continuación de la colocación de dicho al menos un componente detonador en la sede de detonación. De esta manera, la sincronización inicial de relojes puede ser lograda mediante la comunicación fiable a corta distancia con el reloj maestro, mientras que la corrección de la deriva en los relojes de componentes detonadores puede ser lograda mediante la comunicación inalámbrica de mayor alcance, por ejemplo, a través de la

roca. De esta manera, el mantenimiento de la sincronía de relojes en la sede de detonación después del establecimiento de una formación de detonación puede apoyarse en la corrección de la deriva, en lugar del establecimiento de sincronía absoluta sin referencia previa a un reloj maestro. Allí donde los componentes detonadores son colocados bajo tierra, la comunicación posterior a la colocación con los componentes detonadores  
5 solamente debe implicar señales de comando tales como una señal para DISPARAR y, si se requiere, al menos una señal adicional de sincronización de reloj, a fin de mantener la sincronía y corregir la deriva.

En realizaciones especialmente preferidas, el reloj maestro puede transmitir una pluralidad de señales adicionales de sincronización de reloj, de manera periódica. De esta manera, la recepción por un componente detonador de una  
10 señal de comando para DISPARAR provocará que el componente detonador comience a contar regresivamente su tiempo de retardo, tras la recepción de una próxima señal adicional de sincronización de reloj. En efecto, la recepción de una señal de comando para DISPARAR, por parte de dicho al menos un componente detonador, dentro de un periodo de tiempo predeterminado entre la recepción de dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj, provoca que sea establecida una hora cero tras la recepción de una segunda señal de las  
15 dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj, provocando por ello que los tiempos de retardo sean contados regresivamente a partir de la hora cero establecida.

Las señales adicionales de sincronización de reloj pueden ser transmitidas de manera periódica, y cada componente detonador puede corregir su propio reloj en base a las señales adicionales de sincronización de reloj, para  
20 mantenerse por ello en línea con el reloj maestro. Las señales adicionales de sincronización de reloj pueden estar separadas temporalmente por cualquier intervalo temporal, para lograr el objetivo deseado. En realizaciones preferidas, las señales adicionales de sincronización de reloj son transmitidas separadas por entre 1 y 60 segundos. De esta manera, se admite un tiempo suficiente entre las señales para la recepción y procesamiento de señales de comando inalámbricas (para reaccionar ante las mismas en la siguiente señal adicional de sincronización de reloj) y,  
25 sin embargo, las señales adicionales de sincronización de reloj no están tan separadas entre sí como para que la seguridad del operador, o los operadores, de detonación sea puesta en peligro en gran medida. No obstante, en realizaciones preferidas, las señales adicionales de sincronización están separadas entre sí por entre 10 y 30 segundos, muy preferiblemente, por alrededor de 15 segundos. El valor óptimo de alrededor de 15 segundos es considerado el más adecuado, ya que este periodo de tiempo puede ser lo bastante largo para la recepción de  
30 señales de comando entre señales adicionales de sincronización y, sin embargo, tolerable para un operador de detonación. El solicitante aprecia los problemas de seguridad que puedan presentarse si el intervalo temporal entre señales adicionales de sincronización (y, por lo tanto, el posible tiempo de retardo extendido entre la recepción por un componente detonador de una señal de comando para DISPARAR y una hora cero recientemente establecida) es mayor que 60 segundos. Si el retardo es demasiado largo, un operador de detonación puede considerar que el  
35 aparato detonador se ha averiado, y visitar la sede de detonación para comprobar los componentes: este es, claramente, un escenario a evitar a toda costa, ya que el aparato puede aún estar activo para un suceso de detonación. Se prefiere, por lo tanto, mantener un intervalo temporal 'pequeño' entre señales adicionales de sincronización de reloj.

En realizaciones preferidas adicionales, las señales de comando solamente pueden ser transmitidas por una  
40 máquina detonadora, y/o un componente detonador puede solamente estar receptivo para recibir señales de comando, dentro de un periodo de tiempo pre-determinado que tenga lugar entre dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj. De esta manera, un componente detonador sabrá cuándo "buscar" una señal de comando o, alternativamente, una señal adicional de sincronización, para evitar la confusión entre los dos  
45 tipos de señales. Además, el uso de tales ventanas temporales para la recepción de señales de comando puede evitar un escenario donde un componente detonador recibe una señal de sincronización de reloj y una señal de comando para DISPARAR al mismo tiempo, o prácticamente al mismo tiempo. Después de todo, el componente detonador, al menos en realizaciones preferidas, no debe tener ninguna duda en cuanto a cuál señal adicional de sincronización constituye la "siguiente" señal de sincronización a partir de la cual ha de establecerse una hora cero.  
50 En otras realizaciones, el periodo de tiempo pre-determinado tiene lugar justo antes, o justo a continuación, de la recepción de las señales adicionales de sincronización de reloj. Si el periodo de tiempo pre-determinado para la recepción de señales de comando tiene lugar inmediatamente después de la recepción de una señal de sincronización de reloj, entonces cualquier duda, por parte del componente detonador, en cuanto a cuál señal adicional de sincronización sea la "próxima" señal de ese tipo, puede ser esencialmente eliminada.

En realizaciones preferidas, cada reloj de cada componente detonador puede oscilar con una frecuencia levemente  
55 más lenta que el reloj maestro, de modo que la corrección de la deriva en todos los relojes de dicho al menos un componente detonador requiera una corrección positiva que requiera que los relojes adelanten para alcanzar al reloj maestro. Alternativamente, cada reloj de cada componente detonador puede oscilar con una frecuencia levemente más rápida que el reloj maestro, de modo que la corrección de la deriva en todos los relojes de dicho al menos un  
60 componente detonador requiera una corrección negativa, para provocar que los relojes atrasen y se realíen con el reloj maestro. En cualquier escenario, la corrección de la deriva en una única dirección puede facilitar el proceso de corrección.

65 Ejemplo 7 – Método que implica la re-sincronización con un reloj maestro, con ráfagas de señales de comando

El presente ejemplo describe mejoras adicionales para métodos seleccionados descritos con referencia al ejemplo 6, y otros métodos descritos en la presente solicitud. En realizaciones seleccionadas, la invención presenta ventajas significativas, al admitir la transmisión de más de una señal de comando con el mismo propósito concebido (p. ej., una señal de comando para DISPARAR), por lo cual la recepción por un componente detonador de una cualquiera, o más, de tales señales idénticas de comando será suficiente para provocar que el componente detonador reaccione debidamente ante la señal de comando. La transmisión de múltiples señales de comando idénticas puede ser especialmente útil allí donde la transmisión y recepción de las señales inalámbricas sean menos que fiables, tal como, por ejemplo, la transmisión de señales a través de la roca. Por lo tanto, en realizaciones seleccionadas, una pluralidad de señales de comando para DISPARAR puede ser transmitida por una máquina detonadora, y tras lo cual, la recepción de una cualquiera, o más, entre la pluralidad de señales de comando para DISPARAR, por parte de dicho al menos un componente detonador, provoca el establecimiento de una hora cero y la cuenta regresiva de los tiempos de retardo, al recibir una próxima señal adicional de sincronización de reloj desde el reloj maestro. En efecto, este enfoque de 'fuerza bruta' intenta forzar muchas señales de comando a través de la roca, con la esperanza de que al menos una sea debidamente recibida y delineada por un componente detonador, mejorando por ello la seguridad del aparato y la posibilidad de una detonación exitosa. Los métodos de la invención presentan una oportunidad para enviar múltiples señales de comando idénticas, ya que tales señales de comando no causarán una reacción inmediatamente, sino solamente cuando sea recibida otra señal de sincronización de reloj.

Preferiblemente, la pluralidad de señales de comando para DISPARAR son transmitidas en una ráfaga de señales de comando para DISPARAR, transmitidas en rápida sucesión, estando la ráfaga sincronizada para comenzar y acabar entre dos señales adicionales consecutivas de calibración de reloj. De esta manera, la recepción exitosa, por dicho al menos un componente detonador, de una o más entre la pluralidad de señales de comando para DISPARAR, provoca el establecimiento de una hora cero y la cuenta regresiva de los tiempos de retardo, tras la recepción de la segunda señal de dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj. Además, la recepción de múltiples señales de comando, antes y después de la recepción de una señal de sincronización de reloj, es esencialmente evitada. Más preferiblemente, cada ráfaga dura no más de 5 segundos y está sincronizada para tener lugar entre las dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj.

#### Ejemplo 8 – *Componentes detonadores con ahorro de energía de baterías*

En realizaciones preferidas adicionales de los métodos de la invención, cada componente detonador comprende una batería para proporcionar energía al mismo, y es conmutable entre un "estado activo", para la recepción de la señal de sincronización de reloj, dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj y, optativamente, dicha al menos una señal de comando, y un "estado inactivo" para conservar la energía de la batería. Más preferiblemente, dicho al menos un componente detonador conmuta periódicamente desde un estado activo, para recibir cada una entre dichas al menos una señales adicionales de sincronización de reloj. Más preferiblemente, dicha al menos una señal de comando es transmitida, según se requiera, a dicho al menos un componente detonador, dentro de un periodo de tiempo pre-determinado con respecto a una señal adicional de sincronización de reloj, y dicho al menos un componente detonador está adaptado para mantener el estado activo para cada uno de los periodos de tiempo pre-determinados, para garantizar por ello la recepción adecuada de dicha al menos una señal de comando y dichas al menos una señales adicionales de sincronización de reloj. De esta manera, el componente detonador usa la energía de la batería para "escuchar" señales entrantes, solamente cuando sea requerido, y la energía de la batería es conservada cuando no se espera ninguna señal.

#### Ejemplo 9 – *Aparatos detonadores seleccionados de la invención*

La presente invención abarca además los aparatos detonadores y los componentes detonadores adecuados para su uso, por ejemplo, con los aparatos detonadores de la invención. Tales aparatos detonadores, y los componentes de los mismos, están especialmente adaptados para su uso con relación a los métodos de la invención, pero también pueden ser adecuados para su uso con otros métodos de detonación.

Por ejemplo, la invención abarca adicionalmente un aparato detonador diseñado para llevar a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 18 (y realizaciones afines, según lo descrito en la presente memoria), pero que también puede ser adecuado para su uso para cualquier otro método detonador conocido en la técnica. Un aparato detonador de ese tipo puede comprender:

al menos una máquina detonadora para transmitir dicha al menos una señal de comando;

un medio de generación de señales de calibración para generar una señal portadora con una frecuencia entre 20 y 2.500 Hz;

al menos un componente detonador para recibir dicha al menos una señal de comando y la señal de calibración, comprendiendo cada componente detonador: un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base, estando una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva; un tranceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica, proveniente de la máquina detonadora, y la señal de calibración,

5 proveniente del medio de generación de señales de calibración, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva; un reloj; una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y un medio de delineación para delinear las oscilaciones de la señal de calibración, o partes de las oscilaciones, para permitir por ello la sincronización de todos los relojes en todos los componentes detonadores entre sí, y el establecimiento de una hora cero, de modo que, tras la recepción, por parte de dicho al menos un componente detonador, de una señal de comando para DISPARAR, se cuenten regresivamente los tiempos de retardo desde una hora cero sincronizada, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación.

10 En otras realizaciones de la invención se proporcionan componentes detonadores para su uso con relación, por ejemplo, al aparato detonador descrito anteriormente. Un componente detonador de ese tipo puede comprender:

15 un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base, estando una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva;

20 un transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de la máquina detonadora y la señal de calibración proveniente del medio de generación de señales de calibración, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, al recibir una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva;

25 un reloj;

una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y

30 un medio de delineación para delinear las oscilaciones de la señal de calibración, o partes de las oscilaciones, para permitir por ello la sincronización de todos los relojes en los componentes detonadores entre sí, y el establecimiento de una hora cero, de modo que, al recibir, por parte de dicho al menos un componente detonador, una señal de comando para DISPARAR, se cuenten regresivamente los tiempos de retardo a partir de una hora cero sincronizada, para efectuar por ello la activación de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación. Preferiblemente, dicha al menos una señal de comando, y la señal de calibración, son señales inalámbricas.

35 En otras realizaciones de la presente invención se proporcionan aparatos detonadores para llevar a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 19 a 31 (y las realizaciones afines, según lo descrito en la presente memoria), pero que pueden ser adecuados para su uso para cualquier otro método de detonación conocido en la técnica. Un aparato detonador de ese tipo puede comprender:

al menos una máquina detonadora para transmitir dicha al menos una señal de comando;

45 un reloj maestro para generar una señal de sincronización de reloj y transmitir la señal de sincronización de reloj a cada uno de dicho al menos un componente detonador, para sincronizar por ello a todos los relojes de dicho al menos un componente detonador; y

50 al menos un componente detonador para recibir dicha al menos una señal de comando, y la señal de calibración de reloj, comprendiendo cada componente detonador: un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base, estando una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva; un transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de la máquina detonadora y la señal de calibración de reloj proveniente del reloj maestro, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, al recibir una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva; un reloj; una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y un medio de calibración de reloj para delinear la señal de calibración de reloj, para sincronizar por ello el reloj con el reloj maestro, y establecer al menos una hora cero sincronizada, de modo que, tras la recepción, por parte de dicho al menos un componente detonador, de una señal de comando para DISPARAR, cada uno de dicho al menos un componente detonador espere una próxima hora cero sincronizada y luego cuente regresivamente su tiempo de retardo programado, cuyo agotamiento dé como resultado la activación de una carga explosiva asociada, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación.

65 Preferiblemente, el reloj maestro transmite adicionalmente al menos una señal adicional de sincronización de reloj a dicho al menos un componente detonador, re-sincronizando el medio de calibración de reloj a cada reloj de dicho al menos un componente detonador, si se requiere, de acuerdo a dicha al menos una señal adicional de sincronización

de reloj, para corregir por ello la deriva entre cada reloj y el reloj maestro.

En más realizaciones adicionales, la invención proporciona un componente detonador para su uso con relación al aparato detonador de la invención que comprende un reloj maestro, comprendiendo el componente detonador:

5 al menos un componente detonador para recibir dicha al menos una señal de comando y la señal de calibración de reloj, comprendiendo cada componente detonador:

10 un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base, estando una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva;

15 un transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrico proveniente de la máquina detonadora, y la señal de calibración de reloj proveniente del reloj maestro y, optativamente, al menos una señal adicional de calibración de reloj proveniente del reloj maestro, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva;

20 un reloj;

una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y

25 un medio de calibración de reloj para delinear la señal de calibración de reloj, para sincronizar por ello el reloj con el reloj maestro, y establecer al menos una hora cero sincronizada, de modo que, tras la recepción, por al menos un componente detonador, de una señal de comando para DISPARAR, cada uno entre dicho al menos un componente detonador espere una próxima hora cero sincronizada y luego cuente regresivamente su tiempo de retardo programado, cuyo agotamiento dé por resultado la activación de una carga explosiva asociada, para efectuar por ello la activación de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación. Preferiblemente, dicha al menos una señal de comando, la señal de sincronización de reloj y dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj, allí donde estén presentes, son señales inalámbricas.

Ejemplo 10 – Métodos y aparatos que implican un componente detonador y que ahorran energía de baterías

35 Los métodos de la presente invención incluyen realizaciones adicionales, en las cuales los componentes detonadores mantienen (en su mayor parte) un estado inactivo para ahorrar baterías u otra energía interna, y que periódicamente conmutan a un estado de escucha durante un periodo de tiempo limitado, con suficientes circuitos activos para que puedan “escuchar” señales provenientes de otros componentes del aparato detonador (tales como una máquina detonadora o un reloj maestro).

40 Efectivamente, los componentes detonadores están “dormidos” en la sede de detonación, pero siguen verificando periódicamente, para ver si es hora o no de “despertar” y formar parte activa, totalmente a la escucha, del aparato detonador. Una máquina detonadora, un reloj maestro u otro componente del aparato detonador puede provocar efectivamente que los componentes detonadores se “despierten”, por la transmisión de una señal adecuada, tal como una señal de activación o una señal de sincronización de reloj. Sin embargo, para garantizar que las señales sean transmitidas durante un periodo de “escucha” por cada componente detonador, cada señal de activación, o señal de calibración de reloj, es preferiblemente sincronizada, o tiene preferiblemente una duración suficientemente larga, como para garantizar la recepción adecuada por parte de cada componente detonador mientras esté en un estado de escucha.

50 Cuando un operador de detonación desea ejecutar un suceso de detonación, puede provocar que una máquina detonadora transmita una señal de activación, o que un reloj maestro transmita una señal de calibración de reloj. Cualquiera de tales señales (o incluso otras señales) puede ser adecuada para activar todos los componentes detonadores en la sede de detonación de manera bastante rápida. Preferiblemente, la señal de activación, o la señal de calibración de señal, es transmitida en un momento, o tiene una duración suficientemente larga, como para que los componentes detonadores “escuchen” y reciban la señal durante una de sus conmutaciones periódicas a un estado de escucha. Cualquier señal de calibración de reloj, por supuesto, puede servir también para calibrar los relojes de los componentes detonadores con un reloj maestro, según se requiera.

60 Por lo tanto, los métodos de la invención incluyen aquellos en los cuales cada componente detonador es conmutable entre un estado inactivo de baja energía, para ahorrar energía de batería, y un estado de escucha, para escuchar la recepción de una señal de activación desde una máquina detonadora asociada y/o una señal de sincronización de reloj desde un reloj maestro. Tales métodos pueden comprender adicionalmente la etapa de:

65 conmutar periódicamente el componente, o los componentes, de detonación desde el estado inactivo al estado de escucha durante un periodo de tiempo limitado, tras lo cual la incapacidad, por parte de cada componente

detonador, para recibir una señal de activación y/o una señal de sincronización de reloj, mientras está en el estado de escucha, provoca que cada componente detonador re-adopte el estado inactivo, ahorrando por ello energía de batería, y tras lo cual la recepción, por el componente detonador, de una señal de activación y/o una señal de sincronización de reloj, mientras está en el estado de escucha, provoca que cada componente detonador adopte un estado activo, adecuado para que cada componente detonador forme parte activa y funcional del aparato detonador.

Tales métodos pueden comprender adicionalmente una etapa de:

transmitir una señal de activación desde una máquina detonadora, y/o una señal de sincronización desde un reloj maestro, en un momento, o por un periodo de tiempo suficiente, como para activar cada componente detonador del aparato detonador, para llevar por ello a cada componente detonador a un estado activo y funcional, adecuado para conformar un componente activo del aparato detonador. En realizaciones específicas, la señal de activación y/o la señal de calibración de reloj pueden tener una duración mayor que un periodo de tiempo entre la conmutación periódica, para asegurar por ello que cada componente detonador esté en un estado de escucha adecuado para la recepción de la señal de activación y/o la señal de calibración de reloj, antes de que cada componente detonador vuelva a un estado inactivo.

La invención también abarca los correspondientes aparatos detonadores para llevar a cabo los métodos revelados en este ejemplo. Un tal aparato detonador puede comprender:

al menos una máquina detonadora para transmitir dicha al menos una señal de comando y, optativamente, la señal de activación, para conmutar los componentes detonadores a un estado activo, para conformar componentes activos del aparato detonador;

optativamente, un reloj maestro para generar una señal de sincronización de reloj y transmitir la señal de sincronización de reloj a cada uno entre dicho al menos un componente detonador, para sincronizar por ello a todos los relojes de dicho al menos un componente detonador con el reloj maestro, y/o para conmutar los componentes detonadores a un estado activo, para conformar componentes activos del aparato detonador; y

al menos un componente detonador para recibir dicha al menos una señal de comando, la señal de sincronización de reloj, si está presente, y la señal de activación, si está presente, comprendiendo cada componente detonador: un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base, estando una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva; un transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de la máquina detonadora, la señal de sincronización de reloj proveniente del reloj maestro, si está presente, y la señal de activación, si está presente, estando el transceptor en comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva, si el componente detonador está en el estado activo; un reloj; una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y un medio de conmutación para conmutar periódicamente cada componente detonador desde el estado inactivo al estado de escucha, adecuado para recibir la señal de calibración de reloj o la señal de activación.

La invención también proporciona: un componente detonador para su uso con relación al aparato detonador descrito anteriormente, comprendiendo el componente detonador:

un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base;

una carga explosiva en asociación operativa con el detonador, de modo que la activación de la carga base, mediante el circuito de disparo, provoque la activación de la carga explosiva;

un transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de la máquina detonadora, la señal de sincronización de reloj proveniente del reloj maestro, si está presente, y la señal de activación, si está presente, estando el transceptor con comunicación por señales con el circuito de disparo, de modo que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, el circuito de disparo provoque la activación de la carga base y la activación de la carga explosiva, si el componente detonador está en el estado activo;

un reloj;

una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y

un medio de conmutación para conmutar periódicamente el componente detonador desde el estado inactivo al estado de escucha, adecuado para recibir la señal de calibración de reloj o la señal de activación.

En toda la extensión de esta especificación, y de las reivindicaciones siguientes, a menos que el contexto requiera otra cosa, la palabra "comprender", y variaciones tales como "comprende" y "comprendiendo", se entenderán como que implican la inclusión de un entero o etapa indicados, o un grupo de enteros o etapas, pero no la exclusión de

cualquier otro entero o etapa o grupo de enteros o etapas.

5 La referencia en esta especificación a cualquier publicación anterior (o información obtenida de ella), o a cualquier asunto que sea conocido, no es, y no debería ser tomada como, un reconocimiento o admisión, o cualquier forma de sugerencia, de que la publicación anterior (o la información obtenida de ella), o el asunto conocido, forme parte del conocimiento general común en el campo de empeño al cual se refiere esta especificación.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para la comunicación inalámbrica entre al menos una máquina detonadora de un aparato detonador y al menos un componente detonador del aparato detonador en una sede de detonación para minería, comprendiendo dicho al menos un componente detonador, o estando el mismo en asociación operativa con, una carga explosiva asociada, y comprendiendo un reloj y una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado para la activación de la carga explosiva, comprendiendo el método las etapas de:
- 5 transmitir al menos una señal de comando inalámbrica desde dicha al menos una máquina detonadora, comprendiendo dicha al menos una señal de comando inalámbrica ondas de radio con una frecuencia entre 20 Hz y 2.500 Hz;
- 10 recibir dicha al menos una señal de comando inalámbrica, por parte de dicho al menos un componente detonador; y
- 15 procesar y reducir el ruido, amplificando / filtrando optativamente dicha al menos una señal de comando inalámbrica recibida;
- en el cual dicha al menos una máquina detonadora, u otro componente del aparato detonador, transmite una señal de calibración que comprende ondas de radio con una frecuencia portadora entre 20 y 2.500 Hz, distinta a la frecuencia de dicha al menos una señal de comando, para permitir por ello la sincronización de todos los relojes en los componentes detonadores entre sí; y
- 20 comprendiendo además el método la etapa de establecer una hora cero sincronizada para todos los relojes de dicho al menos un componente detonador;
- 25 de modo que, tras la recepción por dicho al menos un componente detonador de una señal de comando para DISPARAR, dicho tiempo de retardo de cada uno de dicho al menos un componente detonador se cuente regresivamente desde la hora cero sincronizada, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada, y lograr un patrón deseado de detonación.
- 30
2. El método de la reivindicación 1, en el cual cada uno entre dicho al menos un componente detonador es seleccionado entre un montaje detonador inalámbrico y un impulsor electrónico inalámbrico.
3. El método de la reivindicación 1, en el cual dicha al menos una señal de comando está modulada, y la etapa de recepción incluye la demodulación de dicha al menos una señal de comando.
- 35
4. El método de la reivindicación 3, en el cual dicha al menos una señal de comando se somete a la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK), y la etapa de recepción incluye la demodulación por FSK para reconstruir dicha al menos una señal de comando.
- 40
5. El método de la reivindicación 1, en el cual dicha al menos una señal de comando comprende ondas de radio con una frecuencia entre 100 y 2.000 Hz, más preferiblemente entre 200 y 1.200 Hz, y más preferiblemente de alrededor de 300 Hz.
- 45
6. El método de la reivindicación 1, en el cual dicha al menos una señal de comando inalámbrica comprende ondas de radio con una frecuencia distinta a la de alrededor de 50 Hz, o los armónicos de la misma, para evitar por ello la interferencia de dicha al menos una señal de comando por parte de fuentes de ruido que operan a 50 Hz o los armónicos de dicha frecuencia.
- 50
7. El método de la reivindicación 1, en el cual dicha al menos una señal de comando es transmitida desde dicha al menos una máquina detonadora a dicho al menos un componente detonador, a través de la roca.
8. El método de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente la delineación de las oscilaciones de la señal de calibración, o partes de dichas oscilaciones, por dicho al menos un componente detonador, para permitir por ello dicha sincronización de todos los relojes en los componentes detonadores entre sí.
- 55
9. El método de la reivindicación 8, en el cual cada oscilación de la señal de calibración comprende tiempos de cruce por cero en un principio, y en un momento intermedio, para cada oscilación, estableciendo dichos tiempos de cruce por cero tiempos de referencia para asistir en la delineación, por parte de cada uno de dicho al menos un componente detonador, de la señal de calibración sobre el ruido, y en el cual tiempos de referencia adicionales son calculados, optativamente, entre los tiempos de cruce por cero, para aumentar por ello una resolución temporal de la señal de calibración, según es recibida por dicho al menos un componente detonador.
- 60
10. El método de la reivindicación 1, en el cual la señal de calibración tiene una resolución de menos de 1 ms.
- 65
11. El método de la reivindicación 1, en el cual la señal de calibración es transmitida continuamente.

12. El método de la reivindicación 1, en el cual dicha al menos una señal de comando está integrada en la señal de calibración, variando la frecuencia de la señal de calibración periódicamente entre al menos dos frecuencias, para introducir por ello la codificación binaria en la señal de calibración.
- 5
13. Un método para detonar rocas usando un aparato detonador que comprende al menos una máquina detonadora colocada en, o por encima de, una superficie del suelo, para transmitir al menos una señal de comando inalámbrica, y al menos un componente detonador colocado por debajo de una superficie del suelo, para recibir y reaccionar ante dicha al menos una señal de comando inalámbrica, incluyendo cada componente detonador, o estando el mismo en asociación operativa con, una carga explosiva, y comprendiendo un reloj y una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado, incluyendo el método un método para la comunicación inalámbrica de acuerdo a la reivindicación 1, y comprendiendo adicionalmente las etapas de:
- 10
- procesar la señal de calibración recibida:
- 15
- amplificando y/o filtrando optativamente la señal de calibración para reducir el ruido de baja frecuencia;
  - determinando a partir de la señal de calibración tiempos de referencia, tales como tiempos de cruce por cero; y
  - 20 - calculando optativamente tiempos adicionales de referencia entre los tiempos de referencia;
- para establecer por ello un cronómetro sincronizado para cada componente detonador;
- en el cual, si dicha al menos una señal de comando incluye una señal para DISPARAR y tras la recepción, por parte de dicho al menos un componente detonador, de dicha al menos una señal de comando, cada reloj de cada componente detonador establece una hora cero sincronizada y cuenta regresivamente desde dicha hora cero sincronizada su propio tiempo de retardo programado, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador y lograr el deseado patrón de detonación.
- 25
14. El método de la reivindicación 13, en el cual cada uno entre dicho al menos un componente detonador es seleccionado entre un montaje detonador inalámbrico y un impulsor electrónico inalámbrico.
- 30
15. El método de la reivindicación 13, en el cual dicha al menos una señal de comando, y/o la señal de calibración, está modulada, y cada etapa de la recepción incluye la demodulación de la(s) señal(es).
- 35
16. El método de la reivindicación 15, en el cual dicha al menos una señal de comando se somete a la modulación por desplazamiento de frecuencia (FSK), y la etapa de recepción incluye la demodulación por FSK para reconstruir dicha al menos una señal de comando y/o la señal de calibración.
- 40
17. El método de la reivindicación 13, en el cual dicha al menos una señal de comando comprende ondas de radio con una frecuencia entre 100 y 2.000 Hz, más preferiblemente entre 200 y 1.200 Hz y más preferiblemente de alrededor de 300 Hz.
- 45
18. El método de la reivindicación 13, en el cual dicha al menos una señal de comando inalámbrica, y/o la señal de calibración, comprende ondas de radio con una frecuencia distinta a la de alrededor de 50 Hz, o los armónicos de la misma, para evitar por ello la interferencia por fuentes de ruido que operan a 50 Hz, o los armónicos de dicha frecuencia.
- 50
19. El método de la reivindicación 1, en el cual cada uno entre dicho al menos un componente detonador comprende un reloj y una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado para la activación de la carga explosiva, comprendiendo adicionalmente el método las etapas de:
- transmitir desde un reloj maestro una señal de sincronización de reloj a cada uno de dicho al menos un componente detonador, para sincronizar por ello a todos los relojes de dicho al menos un componente detonador con dicho reloj maestro; y
- 55
- establecer al menos una hora cero sincronizada con respecto a la transmisión de dicha señal de sincronización de reloj, para todos los relojes de dicho al menos un componente detonador;
- 60
- de modo que, tras la recepción, por parte de dicho al menos un componente detonador, de una señal de comando para DISPARAR, cada uno de dicho al menos un componente detonador espere una próxima hora cero sincronizada y cuente luego regresivamente su tiempo de retardo programado, dando como resultado la activación de una carga explosiva asociada, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello un patrón deseado de detonación.
- 65
20. El método de la reivindicación 19, en el cual al menos la etapa de transmitir dicha señal de sincronización de

reloj tiene lugar mediante la comunicación a corta distancia, implicando ya sea el contacto eléctrico directo o la comunicación inalámbrica a corta distancia entre el reloj maestro y dicho al menos un componente detonador, optativamente, antes de la colocación de dicho al menos un componente detonador en la sede de detonación.

- 5 21. El método de la reivindicación 19, en el cual dicha colocación de dicho al menos un componente detonador comprende la colocación bajo tierra, y dicha al menos una señal de comando inalámbrica es transmitida desde dicha al menos una máquina detonadora a través de la roca.
- 10 22. El método de la reivindicación 19, que comprende adicionalmente las etapas de:  
transmitir desde dicho reloj maestro al menos una señal adicional de sincronización de reloj a dicho al menos un componente detonador; y
- 15 si se requiere, re-sincronizar cada reloj de dicho al menos un componente detonador, de acuerdo a dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj, para corregir por ello la deriva entre cada reloj y dicho reloj maestro.
- 20 23. El método de la reivindicación 22, en el cual dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj es transmitida a dicho al menos un componente detonador a continuación de la colocación de dicho al menos un componente detonador en dicha sede de detonación bajo tierra, de modo que al menos tanto dicha al menos una señal de comando inalámbrica como dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj sean transmitidas a través de la roca mediante ondas de radio con una frecuencia entre 20 y 2.500 Hz.
- 25 24. El método de la reivindicación 22, comprendiendo dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj una pluralidad de señales adicionales de sincronización de reloj, transmitidas por dicho reloj maestro periódicamente, y la recepción de dicha al menos una señal de comando para DISPARAR, por parte de dicho al menos un componente detonador, dentro de un periodo de tiempo determinado entre la recepción de dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj, provoca que sea establecida una hora cero tras la recepción de una segunda señal de dichas dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj, provocando por ello que dichos tiempos de retardo sean contados regresivamente desde dicha hora cero, provocando la posterior activación de las cargas explosivas asociadas a dicho al menos un componente detonador, dando como resultado por ello un patrón deseado de detonación.
- 30 25. El método de la reivindicación 24, en el cual dichas señales adicionales de sincronización de reloj son transmitidas con entre 1 y 60 segundos de separación, preferiblemente con entre 10 y 30 segundos de separación, y más preferiblemente con más de 15 segundos de separación.
- 35 26. El método de la reivindicación 22, en el cual dicha al menos una señal de comando para DISPARAR comprende una pluralidad de señales de comando para DISPARAR, transmitidas en una ráfaga de señales de comando transmitidas en rápida sucesión, estando sincronizada dicha ráfaga para empezar y acabar entre dos señales adicionales consecutivas de calibración de reloj, de modo que la recepción exitosa, por dicho al menos un componente detonador, de una o más entre dicha pluralidad de señales de comando para DISPARAR provoque el establecimiento de una hora cero y una cuenta regresiva de tiempos de retardo, tras la recepción de dicha segunda señal de dichas dos señales adicionales consecutivas de sincronización de reloj.
- 40 27. El método de la reivindicación 22, en el cual cada uno de dicho al menos un componente detonador comprende una batería para proporcionar energía al mismo, y es conmutable entre un estado activo, para la recepción de dicha señal de sincronización de reloj, dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj y, optativamente, dicha al menos una señal de comando, y un estado inactivo, para conservar energía de batería.
- 45 28. El método de la reivindicación 27, en el cual dicho al menos un componente detonador conmuta desde un estado activo periódicamente, para recibir cada una de dichas al menos una señales adicionales de sincronización de reloj.
- 50 29. El método de la reivindicación 28, en el cual dicha al menos una señal de comando es transmitida según se requiera a dicho al menos un componente detonador dentro de un periodo de tiempo pre-determinado, con respecto a una señal adicional de sincronización de reloj, y dicho al menos un componente detonador está adaptado para mantener dicho estado activo solamente por cada uno de dichos periodos de tiempo pre-determinados, para garantizar por ello la recepción de dicha al menos una señal de comando y dichas al menos una señales adicionales de sincronización de reloj, y para conservar por ello la energía de batería cuando no se espera ninguna señal.
- 55 30. El método de la reivindicación 22, en el cual cada reloj de cada componente detonador oscila con una frecuencia levemente más lenta que dicho reloj maestro; de modo que la corrección de la deriva en todos los relojes de dicho al menos un componente detonador requiera una corrección positiva para provocar que dichos relojes adelanten para alcanzar a dicho reloj maestro.
- 60 31. El método de la reivindicación 22, en el cual cada reloj de cada componente detonador oscila con una frecuencia levemente más rápida que dicho reloj maestro, de modo que la corrección de la deriva en todos los relojes de dicho
- 65

al menos un componente detonador requiera una corrección negativa para provocar que dichos relojes atrasen y se realineen con dicho reloj maestro.

5 32. El método de la reivindicación 1, en el cual cada componente detonador es conmutable entre un estado inactivo de baja energía para ahorrar energía de batería, y un estado de escucha, para escuchar la recepción de una señal de activación desde una máquina detonadora asociada u otro componente, y/o una señal de sincronización de reloj desde un reloj maestro, comprendiendo adicionalmente el método las etapas de:

10 conmutar periódicamente el componente, o los componentes, de detonación desde dicho estado inactivo a dicho estado de escucha durante un periodo de tiempo limitado, tras lo cual la falta de recepción, por cada componente detonador, de una señal de activación y/o una señal de sincronización mientras estén en dicho estado de escucha, provoca que cada componente detonador re-adopte dicho estado inactivo, ahorrando por ello energía de batería, y tras lo cual, la recepción, por dicho componente detonador, de una señal de activación y/o una señal de sincronización de reloj, mientras esté en dicho estado de escucha, provoca que cada componente detonador adopte un estado activo adecuado para que cada componente detonador conforme una parte activa y funcional de dicho aparato detonador.

33. El método de la reivindicación 32, comprendiendo adicionalmente el método una etapa de:

20 transmitir una señal de activación, desde una máquina detonadora u otro componente, y/o una señal de sincronización de reloj, desde un reloj maestro, en un momento, o durante un periodo de tiempo, suficiente como para activar a cada componente detonador del aparato detonador, para llevar por ello a cada componente detonador a un estado activo y funcional, adecuado para conformar un componente activo de dicho aparato detonador.

25 34. El método de la reivindicación 33, en el cual dicha señal de activación, y/o dicha señal de sincronización de reloj, tiene una duración mayor que un periodo de tiempo entre dicha conmutación periódica, para garantizar por ello que cada componente detonador esté en un estado de escucha, adecuado para recibir dicha señal de activación y/o dicha señal de sincronización de reloj, antes de que cada componente detonador vuelva a un estado inactivo.

30 35. Un aparato detonador para llevar a cabo el método de una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 34, comprendiendo el aparato detonador:

al menos una máquina detonadora para transmitir dicha al menos una señal de comando que comprende ondas de radio a una frecuencia entre 20 Hz y 2.500 Hz;

35 un medio de generación de señales de calibración para generar una señal portadora que comprenda ondas de radio con una frecuencia entre 20 y 2.500 Hz, distinta a la frecuencia de dicha al menos una señal de comando inalámbrica;

40 al menos un componente detonador para recibir dicha al menos una señal de comando y dicha señal de calibración, comprendiendo cada componente detonador: un detonador que comprende un circuito de disparo y una carga base, estando una carga explosiva en asociación operativa con dicho detonador, de modo que la activación de dicha carga base mediante dicho circuito de disparo provoque la activación de dicha carga explosiva; un transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de dicha máquina detonadora, y dicha  
45 señal de calibración proveniente de dicho medio de generación de señales de calibración, estando dicho transceptor en comunicación por señales con dicho circuito de disparo, de modo que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, dicho circuito de disparo provoque la activación de dicha carga base y la activación de dicha carga explosiva; un reloj; una memoria para almacenar un tiempo de retardo programado; y un medio para procesar la señal de calibración, para permitir la sincronización de todos los relojes en los componentes detonadores entre sí, y el establecimiento de una hora cero, de modo que, tras la recepción por dicho al menos un componente  
50 detonador de una señal de comando para DISPARAR, se cuenten regresivamente dichos tiempos de retardo a partir de la hora cero sincronizada, para efectuar por ello la activación sincronizada de cada carga explosiva asociada a cada componente detonador, para lograr por ello el patrón deseado de detonación.

55 36. Un aparato detonador de acuerdo a la reivindicación 35, en el cual el medio para procesar la señal de calibración comprende un medio de delineación para delinear las oscilaciones de la señal de calibración, o partes de dichas oscilaciones.

60 37. Un aparato detonador de acuerdo a la reivindicación 35, en el cual el medio de generación de señales de calibración comprende:

un reloj maestro para generar la señal de calibración como una señal de sincronización de reloj y transmitir la señal de sincronización de reloj a cada uno de dicho al menos un componente detonador, para sincronizar por ello a todos los relojes de dicho al menos un componente detonador con dicho reloj maestro, y dicho al menos un componente  
65 detonador comprende un medio de calibración de reloj para sincronizar dicho reloj con dicho reloj maestro, y establecer dicha al menos una hora cero sincronizada.

5 38. Un aparato detonador de acuerdo a la reivindicación 37, en el cual el reloj maestro transmite adicionalmente al menos una señal adicional de sincronización de reloj a dicho al menos un componente detonador, re-sincronizando dicho medio de calibración de reloj a cada reloj de dicho al menos un componente detonador, si se requiere, de acuerdo a dicha al menos una señal adicional de sincronización de reloj, para corregir por ello la deriva entre cada reloj y dicho reloj maestro.

10 39. Un aparato detonador de acuerdo a la reivindicación 35, en el cual dicha al menos una máquina detonadora transmite una señal de activación para conmutar a dicho al menos un componente detonador a un estado activo, para conformar componentes activos del aparato detonador, recibiendo y/o procesando cada uno de dicho al menos un componente detonador dicha señal de activación a través del transceptor, y comprendiendo adicionalmente un medio de conmutación para conmutar periódicamente a cada componente detonador desde un estado inactivo a un estado de escucha, adecuado para recibir dicha señal de activación.

15 40. Un aparato detonador de acuerdo a la reivindicación 35, en el cual la señal de sincronización de reloj generada por el reloj maestro conmuta a cada uno entre dicho al menos un componente detonador a un estado activo, para conformar componentes activos del aparato detonador, comprendiendo adicionalmente cada uno, entre dicho al menos un componente detonador, un medio de conmutación para conmutar periódicamente a cada componente detonador desde un estado inactivo a un estado de escucha, adecuado para recibir dicha señal de calibración de reloj.

20 41. El aparato detonador de la reivindicación 36, en donde el componente detonador comprende:  
 dicho detonador;  
 25 dicha carga explosiva;  
 dicho transceptor;  
 30 dicho reloj;  
 dicha memoria; y  
 dicho medio de delineación para delinear las oscilaciones de la señal de calibración, o partes de dichas oscilaciones, para permitir por ello la sincronización de todos los relojes en los componentes detonadores del aparato detonador entre sí, y establecer una hora cero sincronizada, de modo que, tras la recepción por dicho componente detonador de una señal de comando para DISPARAR, dicho tiempo de retardo se cuente regresivamente desde la hora cero sincronizada, para efectuar por ello la activación sincronizada de la carga explosiva asociada al componente detonador.

40 42. El aparato detonador de la reivindicación 37, en donde el componente detonador comprende:  
 dicho detonador;  
 45 dicha carga explosiva;  
 dicho transceptor;  
 dicho reloj;  
 50 dicha memoria; y  
 dicho medio de calibración de reloj para delinear la señal de sincronización de reloj, para sincronizar por ello dicho reloj con dicho reloj maestro, y establecer al menos una hora cero sincronizada, de modo que, tras la recepción por dicho componente detonador de una señal de comando para DISPARAR, dicho componente detonador espere una próxima hora cero sincronizada y luego cuente regresivamente su tiempo de retardo programado, dando como resultado la activación de la carga explosiva asociada, para efectuar por ello la activación sincronizada de la carga explosiva asociada al componente detonador.

60 43. El aparato detonador de la reivindicación 39 o 40, en donde el componente detonador comprende:  
 dicho detonador;  
 dicha carga explosiva;  
 65 dicho transceptor para recibir y/o procesar dicha al menos una señal de comando inalámbrica proveniente de dicha

máquina detonadora, y dicha señal de sincronización de reloj proveniente de dicho reloj maestro, o dicha señal de activación, estando dicho transceptor en comunicación por señales con dicho circuito de disparo, de modo que, tras la recepción de una señal de comando para DISPARAR, dicho circuito de disparo provoque la activación de dicha carga base y la activación de dicha carga explosiva si dicho componente detonador está en un estado activo;

5

dicho reloj;

dicha memoria; y

- 10 dicho medio de conmutación para conmutar periódicamente a dicho componente detonador desde un estado inactivo a un estado de escucha, adecuado para recibir dicha señal de calibración de reloj o dicha señal de activación, para cambiar el componente detonador a su estado activo.

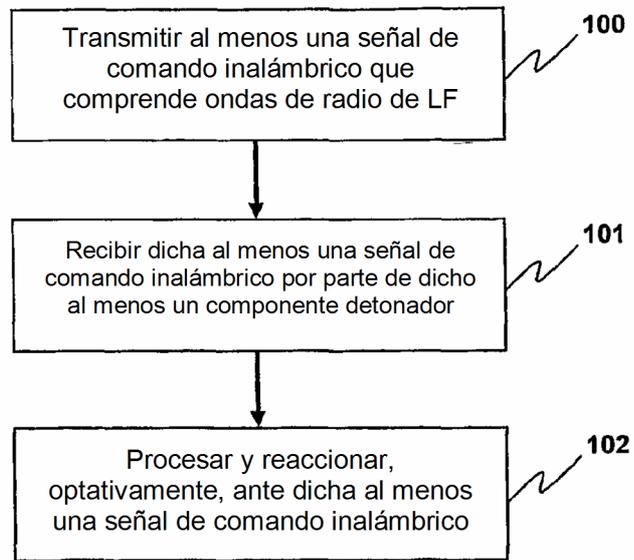


Fig. 1

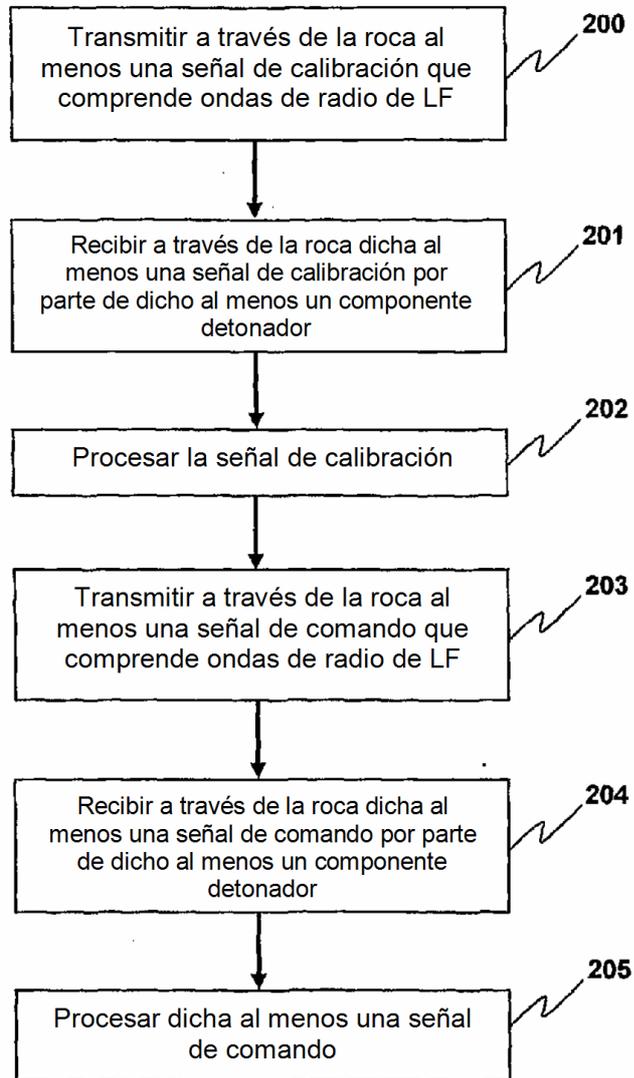


Fig. 2

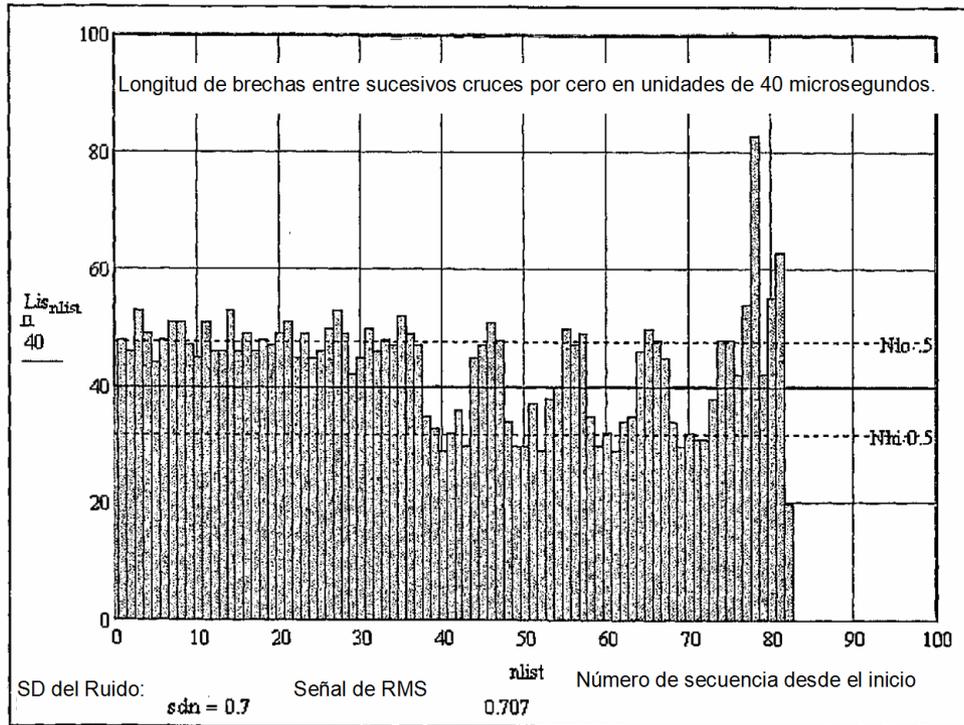
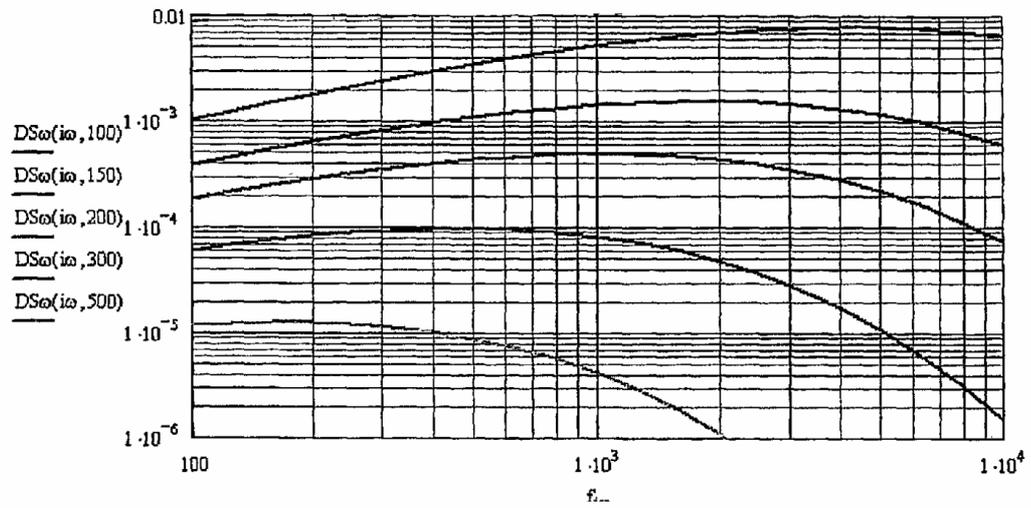


Fig. 3



La prueba de distintas distancias muestra que hay una frecuencia óptima para cualquier distancia dada (sin cambios en el tipo de suelo). La ventaja de la mayor frecuencia en el detector es contrarrestada por la atenuación exponencialmente creciente debido a la conductividad en el suelo.

Fig. 4

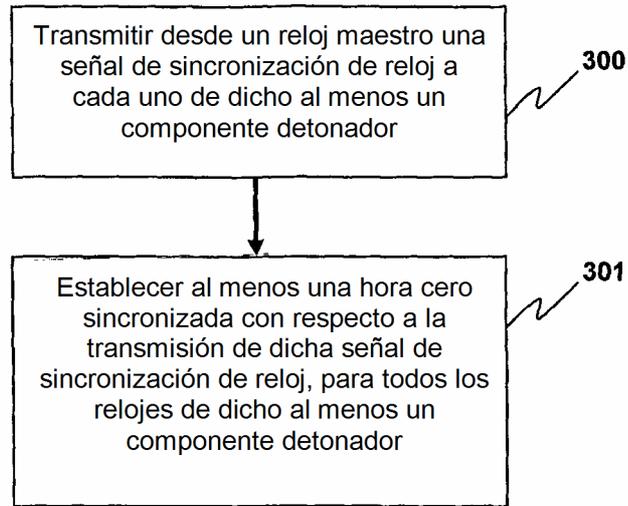


Fig. 5