

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 666 239**

51 Int. Cl.:

**F42D 5/00**

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.04.2015 PCT/ZA2015/000021**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.11.2015 WO15168709**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.04.2015 E 15784540 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.03.2018 EP 3134703**

54 Título: **Control de un sistema de voladura**

30 Prioridad:

**22.04.2014 ZA 201402861**

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

**03.05.2018**

73 Titular/es:

**DETNET SOUTH AFRICA (PTY) LIMITED (100.0%)  
AECI Place The Woodlands Woodlandsdrive  
Woodmead  
Sandton2146, ZA**

72 Inventor/es:

**KRUGER, MICHEL JACOBUS**

74 Agente/Representante:

**ELZABURU, S.L.P**

ES 2 666 239 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

Control de un sistema de voladura

### Antecedentes de la invención

Esta invención se refiere a un método para controlar el funcionamiento de un sistema de voladura.

5 Un sistema de voladura incluye típicamente una pluralidad de detonadores colocados en barrenos respectivos que están llenos de explosivos. Tras iniciar los detonadores, los explosivos fragmentan la roca. Este tipo de operación es potencialmente peligroso porque la carga incorrecta de los barrenos o su perforación incorrecta puede dar como resultado la producción de roca que sale volando, es decir, rocas que son expulsadas de una cara de voladura, lo que puede plantear un peligro para las personas o estructuras cercanas.

10 Aparte de la roca que sale volando, el disparo de los detonadores genera ondas de presión, humos y polvo. Estos factores son, en sí mismos, potencialmente dañinos o pueden tener efectos perjudiciales secundarios.

A fin de tratar la situación antes mencionada, se debería mantener una distancia mínima entre los detonadores en un banco de voladura y el lugar en el que se inicia el disparo de los detonadores. Usualmente, se confía en técnicas procedimentales para asegurar que se cumple el requisito de distancia mínima. Sin embargo, puede prevalecer un entorno exigente en un sitio de voladura y se pueden cometer errores, por ejemplo, al estimar las distancias entre los detonadores o entre cada detonador y una máquina de voladura.

15

El documento US7594471 describe un sistema de voladura en donde se permite que el equipo de control inicie la voladura solamente si el equipo está en un sitio seleccionado. Sin embargo, este documento no describe una solución satisfactoria al problema descrito.

20 La publicación de solicitud estadounidense de patente US 2002/0088620 A1 describe el uso de un sistema que verifica los derechos de acceso de un usuario para activar una herramienta. La herramienta puede ser una herramienta de perforación. Se proporciona un código de autorización para verificar a un usuario de la herramienta, permitiendo por ello la activación de dicha herramienta. La herramienta de perforación está dispuesta dentro de un barreno y se mide la profundidad de la herramienta dentro del barreno.

25 La publicación de solicitud internacional de patente WO 2012/149277 A2 propone un sistema que permite que un detonador no se dispare cuando ciertas condiciones medioambientales no están comprendidas dentro de un intervalo predeterminado. Unos sensores incluidos en el sistema miden estas condiciones medioambientales. Las condiciones medioambientales incluyen la luz visible, la radiación electromagnética, la temperatura, la humedad, el contenido de humedad, la densidad del material circundante, la presión, la vibración, la aceleración y el movimiento.

30 La publicación de solicitud estadounidense de patente US 2005/0103219 A1 se refiere a un sistema de voladura para detonar selectivamente una pluralidad de detonadores situados en una pluralidad de barrenos. Los datos de posición de los barrenos se usan para implementar el sistema y para asegurar que se consigue la secuencia de voladura correcta.

35 La publicación de solicitud estadounidense de patente US 2006/0027121 A1 hace referencia también a un sistema de voladura para detonar selectivamente una pluralidad de detonadores situados en una pluralidad de barrenos. Los datos de posición se usan para implementar el sistema y para asegurar que se consigue la secuencia de voladura correcta.

40 La publicación de solicitud internacional de patente WO 2006/086843 A1 hace referencia a un método de voladura donde se determinan los lugares geográficos de los componentes y se comparan con lugares probados antes de activar el sistema de voladura.

Un objeto de la presente invención es tratar, al menos en cierta medida, la situación antes mencionada.

### Compendio de la invención

Este objeto se consigue por un método según la reivindicación 1. Las realizaciones ventajosas de la invención se mencionan en las reivindicaciones dependientes.

45 La invención proporciona un método para controlar el funcionamiento de un sistema de voladura según la reivindicación 1 adjunta.

El método de la invención se puede implementar de diferentes modos. En un enfoque, el método incluye las etapas de medir la posición de cada detonador, medir la posición del dispositivo de control, a partir de estas mediciones, respecto a cada detonador, calcular la distancia entre el dispositivo de control y el detonador, y comparar la distancia calculada con un requisito de distancia mínima. Solamente si la distancia calculada para cada detonador excede el requisito de distancia mínima es cuando se permite que el dispositivo de control inicie los detonadores, sujeto a otros factores operativos.

50

Al implementar este enfoque, la posición de cada detonador se puede medir en un sentido absoluto, por ejemplo, determinando las coordenadas geográficas de cada detonador y, de modo similar, determinando las coordenadas geográficas del dispositivo de control.

5 Al medir la posición absoluta de cada detonador, se puede emplear cualquier técnica o dispositivo apropiado. Por ejemplo, en el establecimiento del sistema de voladura, se conoce cómo hacer uso de uno o más etiquetadores o dispositivos de registro, que son llevados por operarios respectivos a lugares de funcionamiento sucesivos, p. ej., a cada barreno en el que se usa un detonador. Tal dispositivo de registro puede llevar un GPS o un aparato de medición de posiciones similar. Los datos de posición generados por ese aparato se pueden almacenar en el dispositivo de registro y estar vinculados al detonador o a su lugar de funcionamiento por un número de  
10 identificación, que está asociado exclusivamente con el detonador. Los datos se transfieren a continuación a un mecanismo informático que, mediante el uso de los datos de posición que se refieren al lugar del dispositivo de control, permite que se calcule la separación precisa entre el dispositivo de control y cada detonador respectivo.

15 En un enfoque diferente, la posición de cada detonador se mide con respecto a un lugar de referencia. Preferiblemente, el lugar de referencia es el lugar en el que está situado el dispositivo de control. En esta forma de la invención, no se determina o se mide la posición absoluta de cada detonador. Sin embargo, la posición de cada detonador se establece con relación al lugar de referencia. No es necesario establecer el lugar geográfico absoluto de cada detonador. En el primer método, esa información solamente se usa al determinar la separación entre el dispositivo de control y el detonador.

20 Cualquier dispositivo de almacenamiento de datos apropiado se puede usar de la manera antes mencionada. Por ejemplo, los datos de posición se pueden almacenar en un dispositivo de almacenamiento extraíble y móvil, tal como un dispositivo de almacenamiento masivo USB, una etiqueta RFID, una etiqueta NFC, una tarjeta SD, una memoria flash o similar. Estos dispositivos son convenientes y fáciles de usar y permiten transferir los datos de posición, con facilidad y de manera segura, a una instalación informática en la que se puede calcular la separación entre cada detonador y el dispositivo de control.

25 En una variación de la invención, los datos de posición de cada detonador no se almacenan en el dispositivo de registro sino, en vez de eso, se transfieren al detonador y se mantienen en una memoria interna por dicho detonador. Los datos de posición se pueden recuperar del detonador interrogando a dicho detonador, p. ej., usando una señal desde el dispositivo de control.

30 Si no se mide la posición precisa de cada detonador, en un sentido absoluto, entonces, el dispositivo de registro, p. ej., el etiquetador al que se ha hecho referencia, se puede emplear para realizar una medición de distancia directa entre cada detonador y el dispositivo de control. El dispositivo de control puede incluir, por ejemplo, un reflector apropiado y el dispositivo de registro se puede usar para emitir una señal, cuando dicho dispositivo de registro está situado en cada detonador. La señal se transmite al reflector, que devuelve la señal al dispositivo de registro. Los  
35 datos obtenidos del proceso permiten hacer un cálculo de la distancia precisa entre el dispositivo de control y el detonador. Este tipo de método de medición es conocido en la técnica.

Los principios de la invención se pueden usar en un sistema detonador en donde los detonadores individuales están conectados a un dispositivo de control mediante una o más distribuciones eléctricas, o en el denominado sistema inalámbrico en donde el dispositivo de control puede comunicarse de manera inalámbrica con cada detonador y, opcionalmente, cada detonador puede comunicarse de manera inalámbrica con el dispositivo de control.

40 En el sistema inalámbrico, se puede obtener una indicación suficientemente precisa y aceptable de la separación entre el dispositivo de control y cada detonador midiendo, en cada detonador, la intensidad de una señal que se emite con un valor de señal controlado y conocido en el dispositivo de control. Un grado de atenuación de la señal, cuando se desplaza hasta cada detonador, es entonces una medida de la separación entre el dispositivo de control y el detonador.

#### 45 **Breve descripción de los dibujos**

La invención se describe adicionalmente a modo de ejemplo con relación a las figuras 1 y 2 de los dibujos que se acompañan, que representan de modo esquemático, respectivamente, un sistema de voladura, cuyo funcionamiento está controlado de acuerdo con los principios de la invención.

#### **Descripción de las realizaciones preferidas**

50 La figura 1 de los dibujos que se acompañan ilustra un sistema de voladura 10 que incluye una pluralidad de detonadores 12 que están cargados, respectivamente, junto con explosivos 16, en el interior de barrenos 18. Los detonadores están conectados a una máquina de voladura 20 a través de una distribución eléctrica 22 que incluye una línea principal 24 y una pluralidad de líneas secundarias 26.

55 Al implementar el método de la invención, un operario 30, que puede ser uno de varios operarios similares, lleva un dispositivo de registro 32, típicamente un etiquetador/máquina para ensayos. En este ejemplo, el etiquetador está

asociado con un módulo GPS 34 que, como es conocido en la técnica, suministra automáticamente datos que son una indicación precisa del lugar geográfico, en un sentido absoluto, del etiquetador.

5 El operario 30 va de barreno a barreno y, en cada barreno, lleva a cabo diversos procedimientos o etapas tales como el ensayo, la programación y similar, como es conocido en la técnica. Adicionalmente, en una forma de la invención, el etiquetador obtiene de cada detonador 12 respectivo un número de identificación 38 exclusivo que está asociado con ese detonador. El número de identificación se almacena en el etiquetador junto con los datos de posición que se refieren al detonador. Una vez que el operario ha recorrido todo el sistema de voladura, o una parte asignada del mismo, los datos que se mantienen en el etiquetador se transfieren a la máquina de voladura que puede tener, a su vez, un módulo GPS 42 que suministra información de posición que está asociada precisamente con la posición geográfica de la máquina de voladura. Alternativamente, el etiquetador 32 se puede transportar a la máquina de voladura de manera que el módulo GPS 34 se puede usar para medir la posición geográfica de dicha máquina de voladura.

10 En una forma diferente de la invención, los datos de posición para un detonador 12, obtenidos por el módulo 34, se transfieren al detonador 12 respectivo. Después de ello, los datos de posición se recuperan de cada detonador usando la máquina de voladura 20 para interrogar a cada detonador. Los datos de posición están vinculados al detonador respectivo mediante el número de identificación 38 asociado.

15 En cada forma de la invención, la máquina de voladura puede ejecutar un programa para determinar la distancia entre dicha máquina de voladura y cada detonador. De acuerdo con protocolos de seguridad conocidos, una distancia calculada, para cada detonador, debe ser superior a un requisito de distancia mínima predeterminado si se ha de llevar a cabo de modo seguro la voladura. Así, a menos que la separación, respecto a cada detonador, exceda el requisito de distancia mínima, se impide el funcionamiento de la máquina de voladura de manera que no se puede usar para iniciar los detonadores. En estas circunstancias, se debe realizar una acción correctora.

20 La figura 2 ilustra un sistema de voladura inalámbrico 50 en donde unos detonadores 52 individuales, junto con explosivos 54, están cargados en el interior de barrenos 56 respectivos. Como es el caso de la realización de la figura 1, un operario 30, que usa un etiquetador 32 y un módulo GPS 34, ejecuta una secuencia de ensayo y programación, de acuerdo con los requisitos conocidos y, al mismo tiempo, obtiene datos de posición para cada detonador. Estos datos de posición se transfieren posteriormente a un calculador, p. ej., en la máquina de voladura 20, que lleva a cabo cálculos de distancia, de la manera descrita. La máquina de voladura solamente es entonces capaz de disparar los detonadores individuales si se excede el requisito de distancia mínima, para cada detonador.

25 Si la disposición es una en la que la máquina de voladura puede comunicarse con los detonadores, pero las señales no se pueden transferir desde cada detonador hasta la máquina de voladura, entonces, no es factible normalmente transferir datos de posición desde el módulo GPS hasta cada detonador.

30 Como una alternativa al uso del módulo 34, se usa un transmisor 60, situado en la máquina de voladura, para transmitir una señal 62 que, en el transmisor, tiene una intensidad conocida y controlada. El módulo GPS 34 se reemplaza entonces por un dispositivo de medición 34A que puede medir la intensidad de la señal 62 en cada barreno. La intensidad de la señal disminuye con la distancia al transmisor y está así relacionada inversamente con la separación entre el transmisor y cada detonador. Este enfoque elimina la necesidad de datos de posición absolutos para que se proporcione automáticamente con eficacia una medición directa de la distancia entre el dispositivo de control y cada detonador. De nuevo, si no se satisface la distancia mínima requerida para cada detonador, se impide la voladura.

35 En otra técnica que se puede usar con cualquier realización, un reflector 66 está situado en la máquina de voladura o en un lugar intermedio. Cada operario lleva un transmisor 68 apropiado que transmite una señal al reflector 66. Esta señal se devuelve al operario y es detectada por un receptor 70. Usando métodos que son conocidos en la técnica, se puede hacer automática e inmediatamente un cálculo preciso, por ejemplo usando un procesador asociado con el etiquetador, de la distancia entre cada barreno y el reflector, es decir, el dispositivo de control (o el lugar intermedio) y, en el momento, se puede proporcionar una indicación sobre si se satisface, o no, el requisito de distancia mínima.

40 Se adopta una variación de esta técnica, que requiere el uso de múltiples reflectores, si no hay ninguna línea directa de visión entre el transmisor y cada barreno.

50

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un método para controlar el funcionamiento de un sistema de voladura que incluye una pluralidad de detonadores (12) que están cargados en el interior de barrenos (18) respectivos y un dispositivo de control (20) para iniciar los detonadores (12), incluyendo el método las etapas de medir la posición de cada detonador (12), medir la posición del dispositivo de control (20), a partir de estas mediciones, respecto a cada detonador (12), calcular la distancia entre el dispositivo de control (20) y el detonador (12), comparar la distancia calculada con un requisito de distancia mínima y permitir que el dispositivo de control (20) inicie los detonadores (12) solamente si la distancia calculada respectiva entre cada detonador (12) y el dispositivo de control (20) excede un requisito de distancia mínima.
- 10 2. El método según la reivindicación 1, en donde se obtienen datos de posición de cada detonador (12) a partir de una determinación absoluta de las coordenadas geográficas del detonador (12) y de las coordenadas geográficas del dispositivo de control (20).
3. El método según la reivindicación 2, en donde las coordenadas geográficas de cada detonador (12) se miden usando un aparato de medición de lugares (34).
- 15 4. El método según la reivindicación 3, en donde los datos de posición para un detonador (12), producidos por el aparato de medición de lugares (34), están vinculados al detonador (12) o a su barreno (18) respectivo por un número de identificación (38) que está asociado exclusivamente con el detonador (12).
5. El método según la reivindicación 4, en donde los datos de posición de cada detonador (12) se transfieren a un dispositivo de almacenamiento (32) móvil.
- 20 6. El método según la reivindicación 3 o 4, en donde los datos de posición de cada detonador (12) se transfieren al detonador (12) y se mantienen en una memoria interna por dicho detonador (12).
7. El método según la reivindicación 6, que incluye la etapa de recuperar los datos de posición interrogando al detonador (12).
8. El método según la reivindicación 7, en donde se interroga al detonador (12) usando una señal desde el dispositivo de control (20).
- 25 9. El método según la reivindicación 1, en donde se realiza una medición de distancia directa respectiva entre cada detonador (12) y el dispositivo de control (20).
- 30 10. El método según la reivindicación 9, en donde, para cada detonador (12), la distancia directa respectiva entre el dispositivo de control (20) y el detonador (12) se calcula usando datos producidos por la transmisión de una señal desde el detonador (12) hasta el dispositivo de control (20) y devolviendo a continuación la señal desde el dispositivo de control (20) al detonador (12).
11. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde los detonadores (12) están conectados al dispositivo de control (20) mediante al menos una distribución eléctrica (24, 26).
- 35 12. El método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde el dispositivo de control (20) se comunica de manera inalámbrica con cada detonador (12) y, opcionalmente, cada detonador (12) se comunica de manera inalámbrica con el dispositivo de control (20).
13. El método según la reivindicación 9, en donde una medición de la distancia respectiva entre el dispositivo de control (20) y cada detonador (12) se obtiene midiendo en el detonador (12) la intensidad de una señal (62) que un transmisor (60) en el dispositivo de control (20) emite en un valor de señal controlado y conocido.

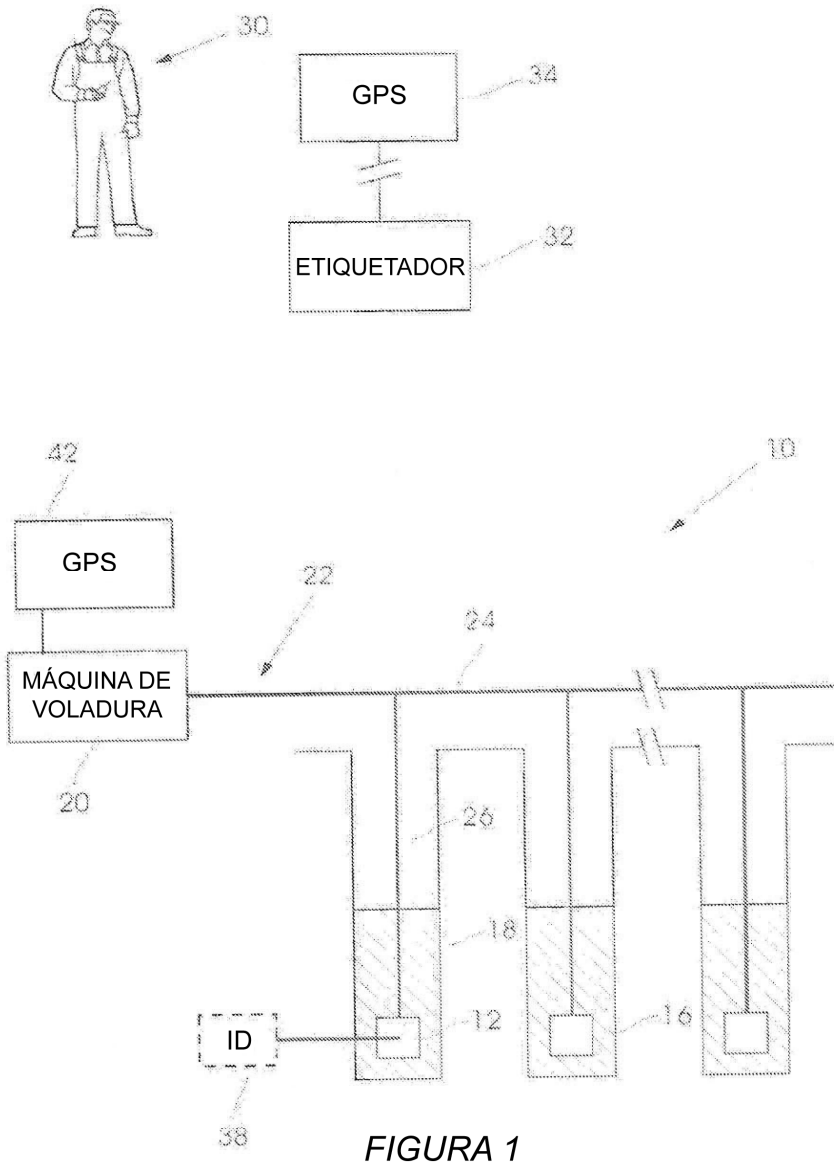


FIGURA 1

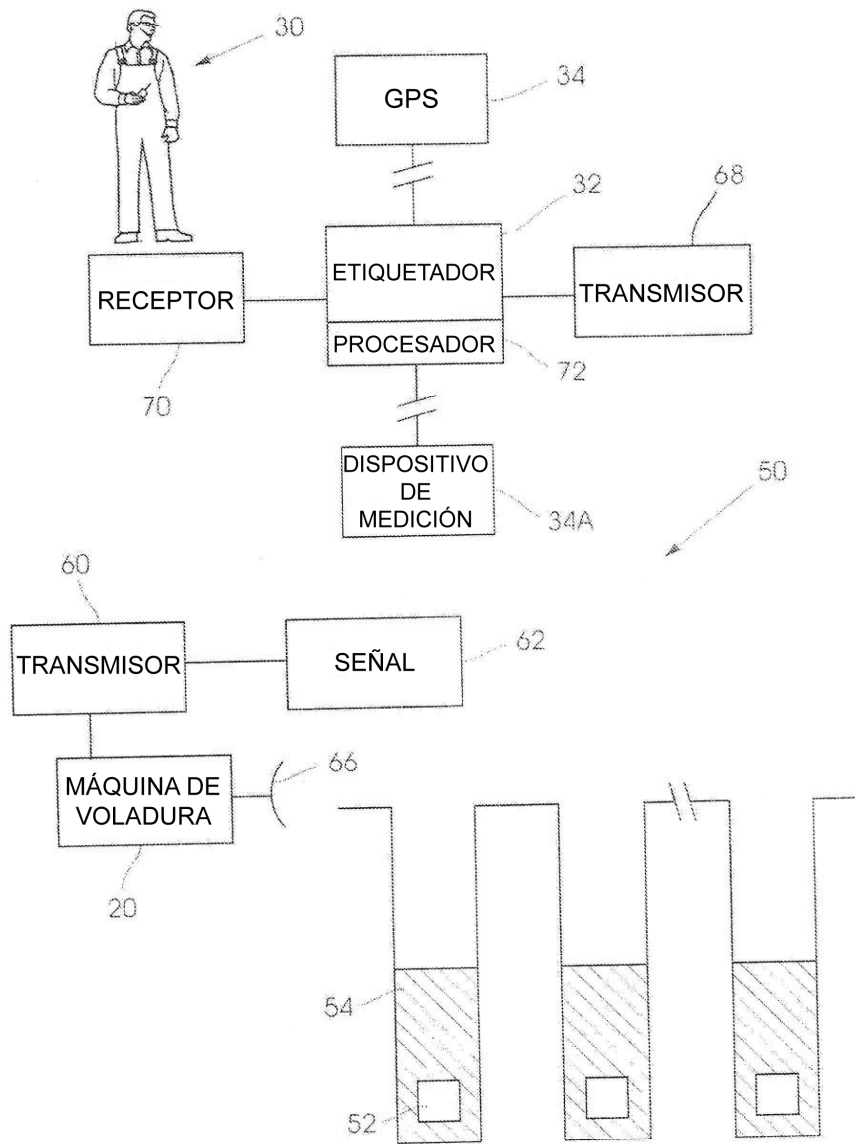


FIGURA 2