

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 698 102**

51 Int. Cl.:

**F42D 1/10** (2006.01)

**F42D 5/06** (2006.01)

**F42D 3/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.06.2013 PCT/US2013/044082**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO14123562**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.06.2013 E 13874262 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.09.2018 EP 2954281**

54 Título: **Sistemas para suministrar explosivos y métodos relacionados con ellos**

30 Prioridad:

**07.02.2013 US 201361762149 P**

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

**31.01.2019**

73 Titular/es:

**DYNO NOBEL INC. (100.0%)  
2795 East Cottonwood Parkway Suite 500  
Salt Lake City, Utah 84121, US**

72 Inventor/es:

**HALANDER, JOHN B.;  
KOME, CORNELIS L.;  
NELSON, CASEY L. y  
BRUNER, JON**

74 Agente/Representante:

**DEL VALLE VALIENTE, Sonia**

ES 2 698 102 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**

Sistemas para suministrar explosivos y métodos relacionados con ellos

**5 Campo técnico**

La presente descripción se refiere, en general, a explosivos. Más específicamente, la presente descripción se refiere a sistemas para suministrar explosivos y métodos relacionados con ellos. En algunas realizaciones, los métodos se refieren a métodos para variar la energía explosiva de los explosivos en un barreno.

10

Los sistemas para suministrar explosivos son conocidos por ejemplo de WO 03/055830 A1.

**Breve descripción de los dibujos**

15 Las realizaciones descritas en la presente memoria se harán aún más evidentes a partir de la siguiente descripción y de las reivindicaciones adjuntas, tomadas junto con los dibujos que se acompañan. Los dibujos representan principalmente realizaciones generalizadas, cuyas realizaciones se describirán de manera más específica y con mayor detalle en relación con los dibujos, en los que:

20 La Figura 1 es un diagrama de flujo del proceso de una realización de un sistema para suministrar explosivos.

La Figura 2 ilustra un corte en sección transversal de una realización de un conducto de suministro.

25 La Figura 3 ilustra una vista lateral de una realización de un camión equipado con realizaciones particulares del sistema de la Figura 1, con el conducto de suministro introducido en un barreno.

La Figura 4 es un diagrama de flujo de una realización de un método para suministrar explosivos.

30 La Figura 5 es un diagrama de flujo de una realización de un método para variar la energía explosiva de explosivos en un barreno.

La Figura 6 ilustra un barreno llenado según una realización del método ilustrado en la Figura 5.

35 La Figura 7 ilustra una realización de un barreno de diámetro variable para usar con los métodos descritos en la presente memoria, tales como los ilustrados en las Figuras 4 y 5.

**Descripción detallada**

40 Los explosivos en emulsión se utilizan habitualmente en la industria de la explotación de minas, canteras y excavaciones para romper rocas y mena. Generalmente, se perfora un orificio, denominado "barreno", en una superficie, tal como en el suelo. A continuación se pueden bombear o introducir explosivos en emulsión en el barreno. Los explosivos en emulsión se transportan generalmente a una zona de trabajo como una emulsión que es demasiado densa para detonar completamente. En general, la emulsión necesita ser "sensibilizada" para que la emulsión detone satisfactoriamente. La sensibilización se suele llevar a cabo introduciendo pequeños huecos en la emulsión. Estos huecos actúan como puntos calientes para propagar la detonación. Estos huecos pueden introducirse soplando un gas en la emulsión y, de ese modo, formando burbujas de gas, añadiendo microesferas, otros medios porosos y/o inyectando agentes gasificantes químicos que reaccionen en la emulsión y formen gas de este modo.

50 Para los barrenos, dependiendo de la longitud o profundidad, los detonadores se pueden colocar al final, también denominado "fondo" del barreno y al comienzo de los explosivos en emulsión. A menudo, en dichas situaciones, la parte superior del barreno no se llenará con explosivos, sino que se llenará con un material inerte, denominado "taco inerte" para probar y mantener la fuerza de una explosión dentro del material que rodea el barreno, en lugar de permitir que los gases y la energía escapen de la parte superior del barreno.

55 La invención es un método según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 12 y un sistema según la reivindicación 5. Las realizaciones preferidas se describen en sus reivindicaciones dependientes.

60 En la presente memoria se describen sistemas para suministrar explosivos y métodos relacionados con ellos. Se entenderá fácilmente que los componentes de las realizaciones, como se describen de forma general a continuación y se ilustran en las figuras de la presente memoria, podrían disponerse y diseñarse en una amplia variedad de configuraciones diferentes. Por lo tanto, no está previsto que la siguiente descripción más detallada de las diferentes realizaciones, como se describen a continuación y se representan en las figuras, limite el alcance de la descripción, sino que es meramente representativa de las diferentes realizaciones. Si bien los diversos aspectos de las realizaciones se presentan en los dibujos, los dibujos no están necesariamente dibujados a escala, a menos que se indique específicamente.

65

Las frases “conectado funcionalmente a”, “conectado a” y “acoplado a” se refieren a cualquier forma de interacción entre dos o más entidades, incluida la interacción mecánica, eléctrica, magnética, electromagnética, fluidica y térmica. Del mismo modo, “conectado fluidicamente a” se refiere a cualquier forma de interacción fluidica entre dos o más entidades. Dos entidades pueden interactuar entre sí aunque no estén en contacto directo entre sí. Por ejemplo, dos entidades pueden interactuar entre sí a través de una entidad intermedia.

El término “prácticamente” se usa en la presente para referirse a casi e incluido el 100 %, incluido al menos aproximadamente 80 %, al menos aproximadamente 90 %, al menos aproximadamente 91 %, al menos aproximadamente 92 %, al menos aproximadamente 93 %, al menos aproximadamente el 94 %, al menos aproximadamente el 95 %, al menos aproximadamente el 96 %, al menos aproximadamente 97 %, al menos aproximadamente 98 %, al menos aproximadamente 99 %.

El término “próximo” se usa en la presente descripción para referirse a “cerca” o “en” el objeto descrito. Por ejemplo, “próximo a la salida del conducto de suministro” se refiere a cerca de o en la salida del conducto de suministro.

En la realización preferida de un sistema de suministro de explosivos, el sistema comprende:  
 un primer depósito configurado para almacenar un primer agente gasificante;  
 un segundo depósito configurado para almacenar un segundo agente gasificante;  
 un tercer depósito configurado para almacenar una matriz de emulsión;  
 un homogeneizador configurado para mezclar la matriz de emulsión y el primer agente gasificante en un producto homogeneizado, estando el homogeneizador conectado funcionalmente al primer depósito y al tercer depósito;  
 un conducto de suministro conectado funcionalmente al homogeneizador, en donde el conducto de suministro está configurado para transportar el producto homogeneizado, en donde el conducto de suministro está configurado para la introducción en un barreno y en donde el segundo depósito se conecta funcionalmente al conducto de suministro cerca de una salida del conducto de suministro; y  
 un mezclador ubicado próximo a la salida del conducto de suministro, en donde el mezclador está configurado para mezclar el producto homogeneizado con al menos el segundo agente gasificante para formar un producto sensibilizado.

En algunas realizaciones de los métodos para suministrar explosivos, los métodos comprenden suministrar un primer agente gasificante, suministrar un segundo agente gasificante y suministrar una matriz de emulsión. El método además comprende introducir un conducto de suministro en un barreno. El método comprende, además, homogeneizar la matriz de emulsión y el primer agente gasificante en un producto homogeneizado, hacer fluir el producto homogeneizado a través del conducto de suministro e introducir el segundo agente gasificante cerca de una salida del conducto de suministro. El método comprende, además, mezclar, cerca de la salida del conducto de suministro, el segundo agente gasificante y el producto homogeneizado para formar un producto sensibilizado y transportar el producto sensibilizado al barreno.

En algunas realizaciones de los métodos para variar la energía explosiva de explosivos en un barreno, los métodos comprenden introducir un conducto de suministro en un barreno y hacer fluir un producto homogeneizado que comprende una matriz de emulsión a través del conducto de suministro. Los métodos comprenden además introducir, a un primer caudal, un agente gasificante cerca de una salida del conducto de suministro, mezclar el producto homogeneizado con el agente gasificante al primer caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un primer producto sensibilizado que tiene una primera densidad y transportar el primer producto sensibilizado al interior del barreno. Los métodos comprenden además introducir, a un segundo caudal, el agente gasificante cerca de la salida del conducto de suministro, mezclar el producto homogeneizado con el agente gasificante al segundo caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un segundo producto sensibilizado que tiene una segunda densidad y transportar el segundo producto sensibilizado al interior del barreno.

La Figura 1 ilustra un diagrama de flujo del proceso de una realización de un sistema 100 de suministro de explosivos. El sistema 100 de suministro de explosivos de la Figura 1 comprende varios componentes y materiales como se detalla a continuación. De forma adicional, cualquier combinación de los componentes individuales puede comprender un conjunto o subconjunto para usar en relación con un sistema de suministro de explosivos.

En las realizaciones de la Figura 1, el sistema 100 de suministro de explosivos comprende primer depósito 10 configurado para almacenar el primer agente gasificante 11, segundo depósito 20 configurado para almacenar el segundo agente gasificante 21 y tercer depósito 30 configurado para almacenar matriz 31 de emulsión. El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende un homogeneizador 40 configurado para mezclar la matriz 31 de emulsión y el primer agente gasificante 11 en un producto homogeneizado 41.

En algunas realizaciones, el primer agente gasificante 11 comprende un agente controlador del pH. El agente controlador del pH puede comprender un ácido. Los ejemplos de ácidos incluyen, aunque no de forma limitativa, ácidos orgánicos tales como ácido cítrico, ácido acético y ácido tartárico. Puede utilizarse cualquier agente controlador del pH conocido en la técnica y compatible con el segundo agente gasificante y acelerador de gasificación, en caso de estar presente. El agente controlador del pH puede disolverse en una solución acuosa.

En algunas realizaciones, el primer depósito 10 está configurado además para almacenar un acelerador de gasificación mezclado con el primer agente gasificante 11. El homogeneizador puede configurarse para mezclar la matriz de

emulsión y la mezcla del acelerador de gasificación y el primer agente gasificante en el producto homogeneizado. Los ejemplos de aceleradores de gasificación incluyen, aunque no de forma limitativa, tiourea, urea, tiocianato, yoduro, cianato, acetato, ácido sulfónico y sus sales, y combinaciones de los mismos. Puede utilizarse cualquier acelerador de gasificación conocido en la técnica y compatible con el primer agente gasificante y segundo agente gasificante. El agente controlador del pH y el acelerador de gasificación se pueden disolver en una solución acuosa.

En algunas realizaciones, el segundo agente gasificante 21 comprende un agente gasificante químico configurado para reaccionar en la matriz 31 de emulsión y con el acelerador de gasificación, en caso de estar presente. Los ejemplos de agente gasificante químico incluyen, aunque no de forma limitativa, peróxidos tales como peróxido de hidrógeno, sales de nitrito inorgánico tales como nitrito de sodio, nitrosaminas tales como N,N'-dinitrosopentametilentetramina, borohidruros de metales alcalinos tales como borohidruro de sodio, y bases tales como carbonatos, incluido el carbonato sódico. Puede utilizarse cualquier agente gasificante químico conocido en la técnica y compatible con la matriz 31 de emulsión y el acelerador de gasificación, en caso de estar presente. El agente gasificante químico puede disolverse en una solución acuosa.

En algunas realizaciones, la matriz 31 de emulsión comprende una fase continua combustible y una fase discontinua oxidante. Se puede usar cualquier matriz de emulsión conocida en la técnica, tal como, a modo de ejemplo no limitativo, Titan® 1000 G de Dyno Nobel.

Los ejemplos de la fase combustible incluyen, aunque no de forma limitativa, combustibles líquidos tales como fueloil, gasoil, destilado, aceite para calderas, queroseno, gasolina y nafta; ceras como cera microcristalina, cera de parafina y mezcla de cera de parafina; aceites, tales como aceites de parafina, benceno, tolueno y xileno, materiales asfálticos, aceites poliméricos tales como los polímeros de bajo peso molecular de olefinas, aceites animales, tales como aceites de pescado, y otros aceites minerales, hidrocarburos o grasos; y mezclas de los mismos. Puede utilizarse cualquier fase combustible conocida en la técnica y compatible con la fase oxidante y un emulsionante, en caso de estar presente.

La matriz de emulsión puede proporcionar al menos aproximadamente 95 %, al menos aproximadamente 96 %, o al menos aproximadamente 97 % del contenido de oxígeno del producto sensibilizado.

Los ejemplos de fase oxidante incluyen, aunque no de forma limitativa, sales liberadoras de oxígeno. Los ejemplos de sales liberadoras de oxígeno incluyen, aunque no de forma limitativa, nitratos de metales alcalinos y alcalinotérreos, cloratos de metales alcalinos y alcalinotérreos, percloratos de metales alcalinos y alcalinotérreos, nitrato de amonio, clorato de amonio, perclorato de amonio y mezclas de los mismos, tales como una mezcla de nitrato de amonio y nitratos de sodio o calcio. Puede utilizarse cualquier fase oxidante conocida en la técnica y compatible con la fase combustible y un emulsionante, en caso de estar presente. La fase oxidante puede disolverse en una solución acuosa, dando como resultado una matriz de emulsión conocida en la técnica como una emulsión de “agua en aceite”. La fase oxidante puede no disolverse en una solución acuosa, dando como resultado una matriz de emulsión conocida en la técnica como una emulsión “fundida en aceite”.

En algunas realizaciones, la matriz 31 de emulsión además comprende un emulsionante. Los ejemplos de emulsionantes incluyen, aunque no de forma limitativa, emulsionantes basados en los productos de reacción de anhídridos poli[alqu(en)]succínicos y alquilaminas, incluidos los derivados de anhídrido poliisobutilen-succínico (PIBSA) de alcanolaminas. Otros ejemplos de emulsionantes incluyen, aunque no de forma limitativa, alcoxilatos de alcohol, alcoxilatos de fenol, poli(oxialquilen)glicoles, ésteres de ácidos grasos s derivados de poli(oxi)alquileno, alcoxilatos de amina, ésteres de ácidos grasos de sorbitol y glicerol, sales de ácidos grasos, ésteres de sorbitán, ésteres de sorbitán de poli(oxi)alquileno, alcoxilatos de aminas grasas, ésteres de poli(oxialquilen)glicol, aminas de ácidos grasos, alcoxilatos de amidas de ácidos grasos, aminas grasas, aminas cuaternarias, alquinoxazolinas, alqueniloxazolinas, imidazolinas, alquilsulfonatos, alquilsulfosuccinatos, alquilarilsulfonatos, alquifosfatos, alquenilfosfatos, ésteres de fosfato, lecitina, copolímeros de poli(oxialquilen)glicol y ácido poli(12-hidroxiesteárico), 2-alquil- y 2-alquenil-4,4'-bis(hidroximetil)oxazolina, monooleato de sorbitán, sesquioleato de sorbitán, 2-oleil-4,4'-bis(hidroximetil)oxazolina, y mezclas de los mismos. Puede utilizarse cualquier emulsionante conocido en la técnica y compatible con la fase combustible y la fase oxidante.

El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende una primera bomba 12 configurada para bombear el primer agente gasificante 11. La entrada de la primera bomba 12 se conecta fluidicamente al primer depósito 10. La salida de la primera bomba 12 se conecta fluidicamente al primer caudalímetro configurado para medir la corriente 15 del primer agente gasificante 11. El primer caudalímetro 14 se conecta fluidicamente al homogeneizador 40. La corriente 15 del primer agente gasificante 11 pueden introducirse en la corriente 35 de la matriz 31 de emulsión ascendente de homogeneizador 40, incluido antes o después de la tercera bomba 32 o antes o después del tercer caudalímetro 34. La corriente 15 puede introducirse a lo largo de la línea central de la corriente 35. La Figura 1 ilustra el flujo de corriente 15 del primer agente gasificante 11 desde el primer depósito 10 a través de la primera bomba 12 y el primer caudalímetro 14 y al interior del homogeneizador 40.

El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende una segunda bomba 22 configurada para bombear el segundo agente gasificante 21. La entrada de la segunda bomba 22 está conectada funcionalmente al segundo depósito 20. La salida de la segunda bomba 22 está conectada fluidicamente al segundo caudalímetro 24 configurado para medir el flujo de la corriente 25 del segundo agente gasificante 21. El segundo caudalímetro 24

- 5 está conectado fluidicamente a la válvula 26. La válvula 26 está configurada para controlar la corriente 25 del segundo agente gasificante 21. La válvula 26 está conectada fluidicamente a un conducto de suministro (que no se muestra) próximo a la salida del conducto de suministro y próximo a la entrada del mezclador 60. La válvula 26 puede comprender una válvula de control. Los ejemplos de válvulas de control incluyen, aunque no de forma limitativa, válvulas angulares de asiento, válvulas esféricas, válvulas de mariposa y válvulas de diafragma. Puede utilizarse cualquier válvula conocida en la técnica y compatible con el control del flujo del segundo agente gasificante 21. La Figura 1 ilustra el flujo de corriente 25 del segundo agente gasificante 21 desde el segundo depósito 20, a través de la segunda bomba 22, el segundo caudalímetro 24 y la válvula 26 hacia el interior de la corriente 47.
- 10 El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende una tercera bomba 32 configurada para bombear la matriz 31 de emulsión. La entrada de la tercera bomba 32 está conectada fluidicamente al tercer depósito 30. La salida de la tercera bomba 32 está conectada fluidicamente al tercer caudalímetro 34 configurado para medir la corriente 35 de la matriz 31 de emulsión. El tercer caudalímetro 34 está conectado fluidicamente al
- 15 homogeneizador 40. La Figura 1 ilustra el flujo de corriente 35 de la matriz 31 de emulsión desde el tercer depósito 30 a través de la tercera bomba 32 y el tercer caudalímetro 34 y al interior del homogeneizador 40.
- 20 En algunas realizaciones, el sistema 100 de suministro de explosivos está configurado para transportar el segundo agente gasificante 21 a un caudal másico de menos de aproximadamente 5 %, menos de aproximadamente 4 %, menos de aproximadamente 2 %, o menos de aproximadamente 1 % en masa de un caudal másico de la matriz 31 de emulsión.
- 25 El homogeneizador 40 puede configurarse para homogeneizar la matriz 31 de emulsión cuando se forma producto homogeneizado 41. Como se utiliza en la presente memoria, “homogeneizar” u “homogeneización” se refiere a reducir el tamaño de las gotículas de la fase oxidante en la fase combustible de una matriz de emulsión, tal como la matriz 31 de emulsión. La homogeneización de la matriz 31 de emulsión aumenta la viscosidad del producto homogeneizado 41 en comparación con la matriz 31 de emulsión. El homogeneizador 40 también puede estar configurado para mezclar la corriente 35 de la matriz 31 de emulsión y la corriente 15 del primer agente gasificante 11 en el interior del producto homogeneizado 41. La corriente 45 de producto homogeneizado 41 sale del homogeneizador 40. La presión de la corriente 35 y la corriente 15 puede suministrar la presión para hacer fluir la corriente 45.
- 30 El homogeneizador 40 puede reducir el tamaño de las gotículas de la fase de oxidante introduciendo una tensión cizallante en la matriz 31 de la emulsión y el primer agente gasificante 11. El homogeneizador 40 puede comprender una válvula configurada para introducir una tensión cizallante en la matriz 31 de la emulsión y el primer agente gasificante 11. El homogeneizador 40 puede también comprender elementos de mezclado, tales como, a modo de ejemplo no limitativo, mezcladores estáticos y/o mezcladores dinámicos, tales como tornillos sinfín, para mezclar la
- 35 corriente 15 del primer agente gasificante 11 con la corriente 35 de la matriz 31 de emulsión.
- 40 La homogeneización de la matriz 31 de emulsión cuando se forma el producto homogeneizado 41 puede ser ventajosa para el producto sensibilizado 61. Por ejemplo, el menor tamaño de la gotícula de la fase oxidante y la mayor viscosidad del producto sensibilizado 61, en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado, pueden mitigar la coalescencia de las burbujas de gas de las burbujas de gas generadas por la introducción del segundo agente gasificante 21. Asimismo, los efectos de la presión de la carga estática en la densidad de burbujas de gas en un producto sensibilizado 61 homogeneizado se reducen en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado. Por lo tanto, la migración de burbujas de gas es menor en el producto sensibilizado 61 homogeneizado en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado. Como resultado, la densidad de la
- 45 carga en bruto del producto sensibilizado 61 homogeneizado a una profundidad específica de un barreno se encuentra más cerca de la densidad transportada del producto sensibilizado 61 homogeneizado a esa profundidad de lo que estaría para la densidad de la carga en bruto de un producto sensibilizado no homogeneizado transportado. La mayor viscosidad del producto sensibilizado 61 homogeneizado también tiende a reducir la migración del producto en grietas y huecos en el material circundante de un barreno, en comparación con un producto sensibilizado no homogeneizado.
- 50 En algunas realizaciones, el homogeneizador 40 no homogeneiza prácticamente la matriz 31 de emulsión. En estas realizaciones, el homogeneizador 40 comprende elementos configurados principalmente para mezclar la corriente 35 y la corriente 15, pero no incluye elementos configurados principalmente para reducir el tamaño de las gotículas de la fase oxidante en la matriz 31 de emulsión. En estas realizaciones, el producto sensibilizado 61 sería un producto sensibilizado no homogeneizado. “Configurado principalmente” como se utiliza en la presente memoria se refiere a la función principal con la que un elemento está configurado para funcionar. Por ejemplo, cualquier elemento de mezclado del homogeneizador 40 puede tener algún efecto sobre el tamaño de las gotículas de la fase oxidante, pero la función principal de los elementos de mezclado puede ser mezclar la corriente 15 y la corriente 35.
- 55 El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende un cuarto depósito 50 configurado para almacenar lubricante 51 y un inyector 52 de lubricante configurado para lubricar la conducción de producto homogeneizado 41 por la parte interior del conducto de suministro. El cuarto depósito 50 está conectado fluidicamente al inyector 52 de lubricante. El inyector 52 de lubricante puede configurarse para inyectar un anillo de lubricante 51 que rodee la corriente 45 de producto homogeneizado 41 y lubrique el flujo de producto homogeneizado dentro del conducto de suministro. El lubricante 51 puede comprender agua. El homogeneizador 40 está conectado fluidicamente al inyector 52 de lubricante. El inyector 52 de lubricante está conectado funcionalmente al conducto de suministro. La corriente
- 60
- 65

45 de producto homogeneizado 41 entra en el inyector 52 de lubricante. La corriente 55 de lubricante 51 sale del cuarto depósito 50 y se introduce mediante el inyector 52 de lubricante a la corriente 45. La corriente 55 puede inyectarse como un anillo que rodea prácticamente de forma radial la corriente 45. La corriente 47 sale del inyector 52 de lubricante y comprende una corriente 45 rodeada prácticamente de forma radial por la corriente 55. La corriente 55 de lubricante 51 lubrica el flujo de la corriente 45 a través del conducto de suministro.

El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende un conducto de suministro. El conducto de suministro se conecta funcionalmente al inyector de lubricante. El conducto de suministro está configurado para transportar corriente 47 al mezclador 60. El conducto de suministro está configurado para su introducción en un barreno.

El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende un mezclador 60 ubicado cerca de la salida del conducto de suministro. El mezclador 60 está configurado para mezclar producto homogeneizado 41 y lubricante 51 en la corriente 47 con el segundo agente gasificante 21 en la corriente 25 para formar producto sensibilizado 61 en la corriente 65. El mezclador puede comprender un mezclador estático. Un ejemplo de un mezclador estático incluye, aunque no de forma limitativa, un mezclador estático helicoidal. Se puede utilizar cualquier mezclador estático conocido en la técnica y compatible con el segundo agente gasificante 21, el producto homogeneizado 41 y el lubricante 51.

En algunas realizaciones, la corriente 15 del primer agente gasificante 11 no se introduce en la corriente ascendente 35 del homogeneizador 40. En su lugar, la corriente 15 del primer agente gasificante 11 puede introducirse en la corriente 45 de producto homogeneizado 41 después del homogeneizador 40 o en la corriente 47 después del inyector 52 de lubricante. La corriente 15 puede inyectarse a lo largo de la línea central de la corriente 45 o la corriente 47. En estas realizaciones, el primer agente gasificante 11 de la corriente 15 puede mezclarse con producto homogeneizado 41 y el segundo agente gasificante 25 en el mezclador 60.

El sistema 100 de suministro de explosivos además comprende un sistema 70 de control configurado para variar el caudal de la corriente 25 con respecto al caudal de la corriente 47. El sistema 70 de control puede estar configurado para variar el caudal de la corriente 25 mientras se forma y transporta producto sensibilizado 61 continuamente al barreno. El sistema 70 de control puede estar configurado para variar el caudal de la corriente 25 mientras también varía el caudal de la corriente 15, la corriente 35 y la corriente 55 para cambiar el caudal de la corriente 47.

El sistema 70 de control puede estar configurado para variar automáticamente el caudal de la corriente 25 cuando el barreno está lleno de producto sensibilizado 61, dependiendo de una densidad de producto sensibilizado deseada del producto sensibilizado 61 a una profundidad determinada del barreno. El sistema 70 de control puede configurarse para determinar la densidad del producto sensibilizado deseada en base a un perfil de energía explosiva deseada dentro del barreno. El sistema 70 de control puede estar configurado para ajustar el caudal de la corriente 15 del primer agente gasificante 11 en función de la temperatura de la matriz 31 de emulsión y la velocidad de reacción deseada del segundo agente gasificante 21 en el producto homogeneizado 41. La temperatura de la matriz 31 de emulsión puede medirse en el tercer depósito 30. El sistema 70 de control puede estar configurado para variar el caudal de la corriente 25 para mantener una densidad del producto sensibilizado deseada en función, al menos en parte, de las variaciones en el caudal de la corriente 35 al homogeneizador 40.

El sistema 70 de control comprende un ordenador (no se muestra) que comprende un procesador (no se muestra) conectado funcionalmente a un dispositivo de memoria (no se muestra). El dispositivo de memoria almacena la programación para realizar las funciones deseadas del sistema 70 de control y el procesador ejecuta la programación. El sistema 70 de control se comunica con la primera bomba 12 mediante el sistema 71 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con la segunda bomba 22 mediante el sistema 72 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con la tercera bomba 32 mediante el sistema 73 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con el primer caudalímetro 14 mediante el sistema 74 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con el segundo caudalímetro 24 mediante el sistema 75 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con el tercer caudalímetro 34 mediante el sistema 76 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con la válvula 26 mediante el sistema 77 de comunicación. El sistema 70 de control se comunica con el inyector 52 de lubricante mediante el sistema 78 de comunicación. Los sistemas 71, 72, 73, 74, 75, 76, 77 y 78 de comunicación pueden comprender uno o más sistemas de comunicación por cable y/o inalámbricos.

En algunas realizaciones, el sistema 100 de suministro de explosivos está configurado para suministrar una mezcla de producto sensibilizado 61 con oxidantes sólidos y combustibles líquidos adicionales. En estas realizaciones, el conducto de suministro puede no introducirse dentro del barreno sino que, en su lugar, se puede mezclar producto sensibilizado 61 con oxidante sólido y combustible líquido adicional. La mezcla resultante puede verse en un barreno, tal como desde la descarga de una canaleta con tornillo sinfín ubicada sobre la boca de un barreno.

Por ejemplo, el sistema 100 de suministro de explosivos puede comprender un quinto depósito configurado para almacenar el oxidante sólido. El sistema 100 de suministro de explosivos puede comprender además un sexto depósito configurado para almacenar un combustible líquido adicional, separado del combustible líquido que forma parte de la matriz 31 de emulsión. Una tolva puede conectar funcionalmente el quinto depósito a un elemento de mezclado, tal como un tornillo sinfín. El elemento de mezclado puede estar conectado fluidicamente al sexto depósito. El elemento de mezclado también puede estar conectado fluidicamente a la salida del conducto de

suministro configurado para formar el producto sensibilizado 61. El elemento de mezclado puede configurarse para mezclar producto sensibilizado 61 con el oxidante sólido del quinto depósito y el combustible líquido del sexto depósito. Se puede conectar una canaleta a la descarga del elemento de mezclado y configurarla para transportar el producto sensibilizado 61 mezclado a un barreno. Por ejemplo, el producto sensibilizado 61 se puede mezclar en un tornillo sinfín con nitrato de amonio y fueloil del n.º 2 para formar una mezcla de "ANFO" pesado.

El sistema 100 de suministro de explosivos puede comprender otros depósitos para almacenar sensibilizadores sólidos y/o agentes de aumento de la energía. Estos componentes adicionales pueden mezclarse con el oxidante sólido del quinto depósito o pueden mezclarse directamente con el producto homogeneizado 41 o producto sensibilizado 61. En algunas realizaciones, el oxidante sólido, el sensibilizador sólido y/o el agente de aumento de la energía pueden mezclarse con el producto sensibilizado 61 sin la adición de ningún combustible líquido del sexto depósito.

Los ejemplos de sensibilizadores sólidos incluyen, aunque no de forma limitativa, microesferas de vidrio o hidrocarburo, agentes de carga celulósicos, agentes de carga minerales expandidos y similares. Los ejemplos de agentes de aumento de la energía incluyen, aunque no de forma limitativa, polvos metálicos, tales como polvo de aluminio. Los ejemplos de oxidante sólido incluyen, aunque no de forma limitativa, sales liberadoras de oxígeno formadas en esferas porosas, también conocidas en la técnica como "pellets". Los ejemplos de sales liberadoras de oxígeno son los descritos anteriormente con respecto a la fase oxidante de la matriz 31 de emulsión. Se pueden usar pellets de sales liberadoras de oxígeno como oxidante sólido. Se puede utilizar cualquier oxidante sólido conocido en la técnica y compatible con el combustible líquido. Los ejemplos de combustible líquido son los descritos anteriormente con respecto a la fase combustible de la matriz 31 de emulsión. Se puede utilizar cualquier combustible líquido conocido en la técnica y compatible con el oxidante sólido.

Se debe entender que el sistema 100 de suministro de explosivos puede también comprender componentes adicionales compatibles con el suministro de explosivos.

Debe entenderse que el sistema 100 de suministro de explosivos puede modificarse para excluir los componentes que no son necesarios para hacer fluir las corrientes 15, 25, 35 y 45. Por ejemplo, el inyector 52 de lubricante y el cuarto depósito 50 pueden no estar presentes. En otro ejemplo, uno o más de la primera bomba 12, la segunda bomba 22, la tercera bomba 32, el primer caudalímetro 14, el segundo caudalímetro 24 y el tercer caudalímetro 34 pueden no estar presentes. Por ejemplo, en vez de estar presente la primera bomba 12, el sistema 100 de suministro de explosivos puede depender de la carga de presión en el primer depósito 10 para suministrar la presión suficiente para hacer fluir la corriente 15 del primer agente gasificante 11. En otro ejemplo, el sistema 70 de control puede no estar presente y en su lugar puede haber controles manuales para controlar el flujo de las corrientes 15, 25, 35 y 45.

Debe entenderse además que la Figura 1 es un diagrama de flujo del proceso y no dicta la ubicación física de cualquiera de los componentes. Por ejemplo, la tercera bomba 32 puede estar situada internamente dentro del tercer depósito 30.

La Figura 2 ilustra un corte en sección transversal de una realización del conducto 80 de suministro utilizable con el sistema 100 de suministro de explosivos. En esta realización, el conducto 80 de suministro comprende un tubo flexible 82. El tubo flexible 82 comprende un primer anillo 87 que comprende una superficie interior 84 y una superficie exterior 86. La superficie interior 84 está separada de la superficie exterior 86 por un primer espesor 88. El primer anillo 87 está configurado para transportar la corriente 47 que comprende la corriente 45 de producto homogeneizado 41 y la corriente 55 de lubricante 51.

En estas realizaciones, el tubo flexible 82 comprende además un segundo anillo 85 longitudinalmente paralelo al primer anillo 87 y desplazado radialmente del primer anillo 87. El segundo anillo 85 está ubicado radialmente, con relación al centro del primer anillo 87, entre la superficie interior 84 y la superficie exterior 86. El diámetro del segundo anillo 85 es menor que la longitud del primer espesor 88. El segundo anillo 85 está configurado para transportar la corriente 25 que comprende el segundo agente gasificante 21. La dimensión longitudinal del segundo anillo 85 puede ser prácticamente igual a la dimensión longitudinal del primer anillo 87.

En la Figura 2, el segundo anillo 85 crea un tubo separado dentro de la pared lateral del tubo flexible 82. En una realización alternativa, un tubo separado puede ubicarse externo al tubo flexible 82 para transportar la corriente 25 del segundo agente gasificante 21. Por ejemplo, el tubo separado puede estar unido a la superficie exterior 86 del tubo flexible 82. Además, de forma alternativa, el tubo separado puede estar situado en el interior del tubo flexible 82, tal como unido a la superficie interior 84.

La Figura 3 ilustra una vista lateral de una realización de un camión 200 equipado con realizaciones particulares del sistema 100 de suministro de explosivos. La Figura 3 presenta un camión 200 simplificado y no ilustra todos los componentes del sistema 100 de suministro de explosivos de la Figura 1. La Figura 3 ilustra el primer depósito 10, el segundo depósito 20, el tercer depósito 30 y el homogeneizador 40 montados en un camión 200. El camión 200 se coloca cerca del barreno 300 vertical. El conducto 80 de suministro se desenrolla del carretel 92 de manguera y se introduce en el barreno 300 vertical. El conducto 42 conecta fluidicamente el homogeneizador 40 al primer anillo 87 (no se muestra) dentro del conducto 80 de suministro. El conducto 95 conecta fluidicamente el

segundo depósito 20 al segundo anillo 85 (mostrado en transparencia) del conducto 80 de suministro. El conducto 95 está separado flúidicamente del homogeneizador 40.

5 La Figura 3 ilustra la boquilla 90 conectada al extremo del conducto 80 de suministro. La boquilla 90 está configurada para transportar la corriente 65 de producto sensibilizado 61 al barreno 300. La boquilla 90 puede incluir un mezclador 60 (no se muestra) dentro de una superficie interior de la boquilla 90. La superficie interior de la boquilla 90 puede acoplarse con la superficie interior 84 del primer anillo 87. La boquilla 90 puede comprender al menos una abertura configurada para introducir la corriente 25 del segundo agente gasificante 21 en la corriente 47 que comprende el producto homogeneizado 41. La al menos una abertura puede conectar la superficie exterior y la superficie interior de la boquilla. La salida del segundo anillo 85 del tubo flexible 82 puede conectarse funcionalmente a la superficie exterior de la boquilla 90 y la al menos una abertura. La superficie exterior de la boquilla 90 puede comprender un canal para conectar flúidicamente la salida del segundo anillo 85 a la al menos una abertura de la boquilla 90. La al menos una abertura puede estar ubicada corriente arriba del mezclador 60 dentro de la boquilla 90.

15 La Figura 4 es un diagrama de flujo de una realización de un método para suministrar explosivos. En estas realizaciones, el método comprende suministrar, Etapa 401, un primer agente gasificante; suministrar, Etapa 402, un segundo agente gasificante; y suministrar, Etapa 403, una matriz de emulsión. El método además comprende introducir, Etapa 404, un conducto de suministro en un barreno. El método además comprende homogeneizar, Etapa 405, la matriz de emulsión y el primer agente gasificante en un producto homogeneizado; hacer fluir, Etapa 406, el producto homogeneizado a través del conducto de suministro; e introducir, Etapa 407, el segundo agente gasificante cerca de una salida del conducto de suministro. El método comprende, además, mezclar, Etapa 408, cerca de la salida del conducto de suministro, el segundo agente gasificante y el producto homogeneizado para formar un producto sensibilizado; y transportar, Etapa 409, el producto sensibilizado al barreno.

25 En algunas realizaciones, el método puede también comprender variar un caudal del segundo agente gasificante con respecto a un caudal del producto homogeneizado. Los métodos pueden también comprender variar el caudal del segundo agente gasificante mientras se forma y transporta producto sensibilizado continuamente al barreno. Los métodos también pueden comprender variar automáticamente el caudal del segundo agente gasificante cuando el barreno está lleno de producto sensibilizado, dependiendo de una densidad de producto sensibilizado deseada a una profundidad determinada del barreno. Los métodos pueden también comprender determinar un caudal del segundo agente gasificante que produzca una densidad del producto sensibilizado deseada en función, al menos en parte, de un caudal de la matriz de emulsión al homogeneizador. Los métodos pueden también comprender seleccionar varias densidades deseadas del producto sensibilizado.

35 En algunas realizaciones, la homogeneización de la matriz de emulsión y el primer agente gasificante en un producto homogeneizado comprende homogeneizar primero la matriz de emulsión y a continuación mezclar el primer agente gasificante con la matriz de emulsión homogeneizada.

40 En algunas realizaciones los barrenos pueden comprender barrenos verticales. Los barrenos se pueden formar en la superficie de tierra o los barrenos pueden formarse bajo tierra.

45 La Figura 5 es un diagrama de flujo de algunas realizaciones de métodos para variar la energía explosiva de explosivos en un barreno. En estas realizaciones, los métodos comprenden introducir, Etapa 501, un conducto de suministro en un barreno y hacer fluir, Etapa 502, un producto homogeneizado que comprende una matriz de emulsión a través del conducto de suministro. Los métodos además comprenden introducir, Etapa 503, a un primer caudal, un agente gasificante cerca de una salida del conducto de suministro; mezclar, Etapa 504, el producto homogeneizado con el agente gasificante al primer caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un primer producto sensibilizado que tiene una primera densidad; y transportar, Etapa 505, el primer producto sensibilizado al interior del barreno. Los métodos además comprenden introducir, Etapa 506, a un segundo caudal, el agente gasificante cerca de la salida del conducto de suministro; mezclar, Etapa 507, el producto homogeneizado con el agente gasificante al segundo caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un segundo producto sensibilizado que tiene una segunda densidad; y transportar, Etapa 508, el segundo producto sensibilizado al interior del barreno.

55 En algunas realizaciones, el agente gasificante introducido cerca de la salida del conducto de suministro puede comprender un segundo agente gasificante y el producto homogeneizado puede comprender una matriz de emulsión mezclada con un primer agente gasificante. El producto homogeneizado puede comprender una matriz de emulsión homogeneizada.

60 En algunas realizaciones, se hace fluir el producto homogeneizado continuamente a través del conducto de suministro a un caudal constante mientras que el primer caudal del agente gasificante se varía al segundo caudal del agente gasificante.

65 En algunas realizaciones, los métodos además comprenden introducir a un tercer caudal el agente gasificante cerca de la salida del conducto de suministro; mezclar el producto homogeneizado con el agente gasificante al tercer caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un tercer producto sensibilizado que tiene una tercera densidad; y transportar el tercer producto sensibilizado al interior del barreno.



En algunas realizaciones, los métodos además comprenden introducir a un cuarto caudal el agente gasificante cerca de la salida del conducto de suministro; mezclar el producto homogeneizado con el agente gasificante al cuarto caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un cuarto producto sensibilizado que tiene una cuarta densidad; y transportar el cuarto producto sensibilizado al interior del barreno.

En algunas realizaciones, los métodos comprenden hacer fluir continuamente el producto homogeneizado a través del conducto de suministro mientras el caudal del agente gasificante se varía continuamente o se varía según sea conveniente para formar productos sensibilizados que tienen densidades deseadas en distintos lugares a lo largo del barreno. De forma alternativa, el producto homogeneizado se puede hacer fluir continuamente a través del conducto de suministro a caudales variables.

En algunas realizaciones, los métodos además comprenden determinar las propiedades de la roca y/o mena a lo largo de la longitud o profundidad del barreno. Los ejemplos de propiedades de la roca y/o mena incluyen, aunque no de forma limitativa, la densidad del sólido, la resistencia a la compresión no confinada, el módulo de Young y la relación de Poisson. Los métodos para determinar las propiedades de la roca y/o mena se conocen en la técnica y, por lo tanto, no se describen en la presente memoria. El experto en la técnica puede utilizar el conocimiento de las propiedades de la roca y/o mena para variar la densidad del producto sensibilizado a lo largo de la longitud o profundidad de los barrenos para lograr un rendimiento óptimo del explosivo.

En algunas realizaciones, los métodos además comprenden determinar un perfil de energía explosiva deseado dentro del barreno y determinar a continuación un perfil de densidad de producto sensibilizado deseado capaz de suministrar el perfil de energía explosiva deseado.

La Figura 6 ilustra una sección transversal de un barreno vertical 310 lleno de producto sensibilizado 61 que comprende un primer producto sensibilizado 61a transportado a una primera densidad A, un segundo producto sensibilizado 61b transportado a una segunda densidad B, un tercer producto sensibilizado 61c transportado a una tercera densidad C y un cuarto producto sensibilizado 61d transportado a una cuarta densidad D. Se debe entender que el producto sensibilizado 61 puede también comprender segmentos transportados adicionales a diferentes densidades. También debe entenderse que la densidad del producto sensibilizado 61 puede variarse continuamente. En la Figura 6, la primera densidad A es mayor que la segunda densidad B, que es mayor que la tercera densidad C, que es mayor que la cuarta densidad D.

La Figura 6 ilustra la distribución de la energía explosiva relativa a lo largo del barreno 310 con el gráfico de barras E a ambos lados del barreno 310. Aunque el producto sensibilizado 61 se ilustra con cuatro densidades transportadas diferentes, la distribución de la energía explosiva relativa, en la realización ilustrada, cambia gradualmente desde la parte superior del producto sensibilizado 61 hasta la parte inferior del producto sensibilizado 61. Como se explicó anteriormente, la densidad de la carga en bruto del producto sensibilizado 61 homogeneizado a una profundidad específica de un barreno se encuentra más cerca de la densidad transportada del producto sensibilizado 61 homogeneizado a esa profundidad de lo que estaría para la densidad de la carga en bruto de un producto sensibilizado no homogeneizado transportado. En general, la energía explosiva se correlaciona con la densidad del producto sensibilizado 61 transportado. A medida que disminuye la densidad del producto sensibilizado 61 homogeneizado transportado disminuye también la energía explosiva.

La cantidad de agente gasificante introducido al producto homogeneizado determina la sensibilidad y la densidad del producto sensibilizado. Por ello, la variación del caudal del agente gasificante controla la densidad del producto sensibilizado. Por ejemplo, un mayor flujo del segundo agente gasificante aumenta la cantidad de burbujas de gas. El aumento de las burbujas de gas aumenta la sensibilidad a la detonación y disminuye la densidad, disminuyendo de este modo la energía explosiva del producto sensibilizado. En comparación, un descenso del flujo del agente gasificante disminuye la cantidad de burbujas de gas. La disminución de la cantidad de burbujas de gas disminuye la sensibilidad a la detonación y aumenta la densidad, aumentando de este modo la energía explosiva del producto sensibilizado.

La Figura 6 ilustra un perfil de energía explosiva que tiene una forma aproximadamente piramidal. Debe entenderse que los métodos descritos para variar la energía explosiva de explosivos en un barreno pueden usarse para implementar cualquier número de perfiles de energía explosiva deseados del producto sensibilizado. Por ejemplo, con un barreno vertical puede ser deseable tener una primera densidad A que sea menor que la cuarta densidad D. En esa situación, el gráfico de barras E de la energía explosiva relativa puede parecerse más a una pirámide invertida. En otro ejemplo, puede ser deseable tener una segunda densidad B y/o tercera densidad C que sea mayor que la cuarta densidad D. En esa situación, el gráfico de barras E de la energía explosiva relativa puede tener una forma convexa en cualquiera de los lados del barreno vertical 310.

En algunas realizaciones, los métodos para variar la energía explosiva en un barreno además comprenden aumentar el diámetro del barreno en regiones del barreno donde se desee aumentar la energía explosiva. El aumento del diámetro en una región del barreno permite colocar un mayor volumen de explosivos en esa región en comparación con otras regiones del barreno. De forma adicional, la densidad del producto sensibilizado transportado se puede aumentar en esa región controlando el caudal del agente gasificante (p. ej., el segundo agente gasificante) a medida que el producto sensibilizado se transporta a esa región del barreno. Por tanto, no solo se aumenta la energía explosiva al aumentar la densidad de los explosivos, sino que la energía explosiva aumenta por el mayor volumen de los explosivos.

La Figura 7 ilustra una realización de un barreno 400 con diámetros variables. En esta realización, la primera región 410 tiene un primer diámetro y la segunda región 420 tiene un segundo diámetro que es mayor que el primer diámetro. En la Figura 7, la segunda región 420 está en el fondo del barreno 400. Sin embargo, debe entenderse que el diámetro del barreno 400 puede aumentarse en cualquier región del barreno en la que se desee un mayor volumen relativo de explosivos. Por ejemplo, para la voladura de canteras, si existe una capa de roca dura veinticinco metros por debajo de la superficie del suelo con otros veinticinco metros de roca más blanda que se extienda debajo de la capa de roca dura, entonces la segunda región 420 puede formarse a medio camino debajo de un barreno de cincuenta metros de profundidad. En ese ejemplo, la primera región 410 se extendería por encima y por debajo de la segunda región 420.

De forma adicional, puede haber múltiples regiones de mayor diámetro. Por ejemplo, en la explotación de minas de carbón en la superficie, puede existir una capa de roca dura encima de una capa de carbón. Sin embargo, entre esa capa de roca dura y la superficie puede haber una capa de roca dura adicional. Por lo tanto, en ese ejemplo, el barreno 400 puede incluir una segunda región 420 en el fondo del barreno 400 y también una segunda región 420 a la profundidad correspondiente de la capa de roca dura adicional. En ese ejemplo, la primera región 410 se extendería entre las dos segundas regiones 420 y también encima de la segunda región superior 420.

La longitud de la segunda región 420 puede corresponder a la longitud del barreno para el cual se desea una mayor energía explosiva. Por lo tanto, en realizaciones con múltiples segundas regiones 420, la longitud de cada segunda región 420 individual puede ser diferente, dependiendo de la topología a lo largo de la longitud del barreno 400.

En la presente memoria se describen métodos para aumentar el diámetro de una región particular de un barreno. Por ejemplo, se puede perforar el barreno 400 para que tenga el diámetro de la primera región 410 a lo largo de toda la longitud del barreno 400. A continuación se puede introducir un ensanchador en el barreno 400. En la parte superior de la segunda región 420 se puede accionar el ensanchador y aumentar el diámetro del barreno 400 a lo largo de la longitud deseada de la segunda región 420. Después de formarse la segunda región 420, se puede desactivar el ensanchador y retirar del barreno 400 sin cambiar el diámetro de la primera región 410.

La tecnología de ensanchamiento ilustrativa puede incluir brocas montadas en brazos accionados hidráulicamente. Si los brazos no se accionan hidráulicamente, los brazos se recogen juntos de forma cilíndrica. Con los brazos recogidos, el ensanchador puede moverse dentro y fuera del barreno sin modificar el diámetro del barreno. El ensanchador puede accionarse de forma selectiva para formar regiones de diámetro más ancho según se desee. De forma adicional, la cantidad de presión hidráulica aplicada a los brazos puede determinar el diámetro del orificio creado por el ensanchador.

Se debe entender que puede utilizarse cualquier tecnología de perforación de diámetro variable conocida en la técnica. De forma adicional, se debe entender que los métodos para aumentar el diámetro de solo una región particular de un barreno pueden usarse también con el método para suministrar explosivos descrito en la presente memoria, tal como el método ilustrado en la Figura 4.

Debe entenderse que el sistema 100 de suministro de explosivos puede usarse para realizar las etapas de los métodos ilustrados en las Figuras 4 y 5.

Una ventaja de introducir el agente gasificante, tal como el segundo agente gasificante 21, cerca de la salida del conducto de suministro es que la densidad del producto sensibilizado se puede cambiar casi instantáneamente cuando se deseen diferentes densidades. Esto proporciona a un operador un control preciso sobre la densidad del producto sensibilizado transportado. Por lo tanto, un operador puede llenar un barreno con el producto sensibilizado que más se ajuste al perfil de densidad deseado para el barreno. Esto a su vez tiene la ventaja de que, tras la detonación, la explosión resultante puede conseguir los resultados deseados. La capacidad de obtener resultados deseados con los explosivos puede ayudar a lograr objetivos de protección medioambiental y reducir los costes totales asociados a un proyecto de voladura.

Sin entrar en otros detalles, se cree que el experto en la técnica puede usar la descripción anterior para utilizar la presente descripción en toda su extensión. Los ejemplos y realizaciones descritos en la presente memoria deben interpretarse como meramente ilustrativos y ejemplares y en ningún modo como una limitación del alcance de la presente descripción. Será evidente para el experto en la materia y contando con la ventaja de esta descripción, que se pueden realizar cambios en los detalles de las realizaciones anteriormente descritas sin alejarse de los principios subyacentes de la descripción en la presente memoria.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para variar la energía explosiva de explosivos en un barreno, comprendiendo el método:
  - 5 introducir un conducto (80) de suministro en un barreno;  
hacer fluir un producto homogeneizado que comprende una matriz (31) de emulsión a través del conducto de suministro;
  - 10 introducir, a un primer caudal, un agente gasificante (21) cerca de una salida del conducto de suministro;
  - mezclar el producto homogeneizado con el agente gasificante al primer caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un primer producto sensibilizado (61) que tiene una primera densidad;
  - 15 transportar el primer producto sensibilizado al interior del barreno;
  - introducir, a un segundo caudal, el agente gasificante cerca de la salida del conducto de suministro;
  - mezclar el producto homogeneizado con el agente gasificante al segundo caudal cerca de la salida del conducto de suministro para formar un segundo producto sensibilizado que tiene una segunda densidad; y
  - 20 transportar el segundo producto sensibilizado (61) al interior del barreno.
2. El método de la reivindicación 1, en donde el producto homogeneizado además comprende un primer agente gasificante y el agente gasificante introducido cerca de la salida del conducto de suministro comprende un segundo agente gasificante.
- 25 3. El método de la reivindicación 1 o reivindicación 2, en donde el producto homogeneizado se hace fluir continuamente a través del conducto de suministro mientras se varía el primer caudal al segundo caudal.
4. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, que además comprende variar el caudal del agente gasificante para formar un producto sensibilizado que tiene diferentes densidades en diferentes ubicaciones a lo largo de barreno.
- 30 5. Un sistema (100) de suministro de explosivos que comprende:
  - 35 un primer depósito (10) configurado para almacenar un primer agente gasificante (11);
  - un segundo depósito (20) configurado para almacenar un segundo agente gasificante (21);
  - un tercer depósito (30) configurado para almacenar una matriz (31) de emulsión;
  - un homogeneizador (40) configurado para mezclar la matriz de emulsión y el primer agente gasificante en un producto homogeneizado (41), conectado funcionalmente el homogeneizador al primer depósito y al tercer depósito;
  - 40 un conducto (80) de suministro conectado funcionalmente al homogeneizador, en donde el conducto de suministro está configurado para transportar el producto homogeneizado, en donde el conducto de suministro está configurado para la introducción en un barreno y en donde el segundo depósito se conecta funcionalmente al conducto de suministro cerca de una salida del conducto de suministro; y
  - 45 un mezclador (60) ubicado cerca de la salida del conducto de suministro, en donde el mezclador está configurado para mezclar el producto homogeneizado con al menos el segundo agente gasificante para formar un producto sensibilizado (61).
- 50 6. El sistema de suministro de explosivos de la reivindicación 5, en donde el primer depósito está configurado además para almacenar un acelerador de gasificación mezclado con el primer agente gasificante, y en donde el homogeneizador está configurado para mezclar la matriz de emulsión y la mezcla del acelerador de gasificación y el primer agente gasificante en el producto homogeneizado.
7. El sistema de suministro de explosivos de la reivindicación 5 o la reivindicación 6, en donde una corriente del segundo agente gasificante está configurada para transportarse a un caudal volumétrico de menos de 5 % de un caudal másico de una corriente de la matriz de emulsión.
- 55 8. El sistema de suministro de explosivos de una cualquiera de las reivindicaciones 5-7, que además comprende una boquilla situada y conectada funcionalmente a la salida del conducto de suministro, en donde la boquilla está configurada para transportar el producto sensibilizado al barreno, en donde el mezclador está situado dentro de una superficie interior de la boquilla.
- 60 9. El sistema de suministro de explosivos de una cualquiera de las reivindicaciones 5-8, que además comprende un inyector de lubricante conectado funcionalmente al homogeneizador y al conducto de suministro, en donde el inyector de lubricante está configurado para lubricar la conducción del producto homogeneizado a lo largo del conducto de suministro.
- 65

10. El sistema de suministro de explosivos de la reivindicación 9, en donde el mezclador está configurado para mezclar el lubricante con el producto homogeneizado y el segundo agente gasificante para formar el producto sensibilizado.
- 5
11. El sistema de suministro de explosivos de una cualquiera de las reivindicaciones 5-10, en donde el homogeneizador está configurado para introducir una tensión cizallante en la matriz de emulsión y el primer agente gasificante.
- 10
12. Un método para suministrar explosivos que comprende:
- 15
- suministrar una matriz (31) de emulsión;
  - suministrar un primer agente gasificante (11);
  - suministrar un segundo agente gasificante (21);
  - introducir un conducto (80) de suministro en un barreno;
  - homogeneizar la matriz de emulsión y el primer agente gasificante en un producto homogeneizado (41);
  - hacer fluir el producto homogeneizado a través del conducto de suministro;
  - introducir el segundo agente gasificante cerca de una salida del conducto de suministro;
  - mezclar, cerca de la salida del conducto de suministro, el segundo agente gasificante y el producto homogeneizado para formar un producto sensibilizado (61); y
  - transportar el producto sensibilizado al barreno.
- 20
13. El método de la reivindicación 12, que además comprende variar un caudal del segundo agente gasificante con respecto a un caudal del producto homogeneizado.
- 25
14. El método de la reivindicación 12 o la reivindicación 13, en donde el primer agente gasificante comprende un agente controlador del pH.
- 30
15. El método de una cualquiera de las reivindicaciones 12-14, en donde el segundo agente gasificante comprende un agente gasificante químico.

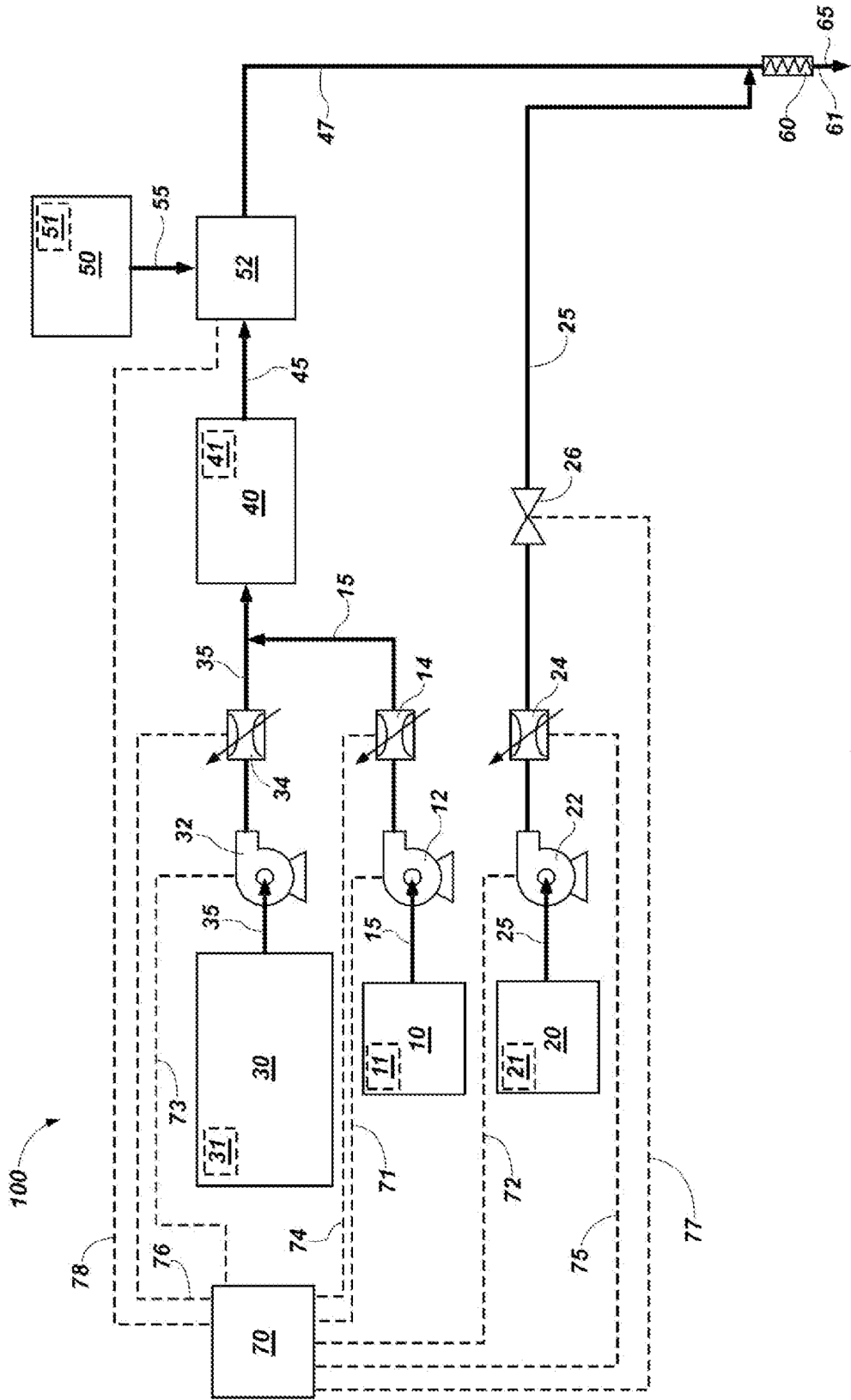


FIG. 1

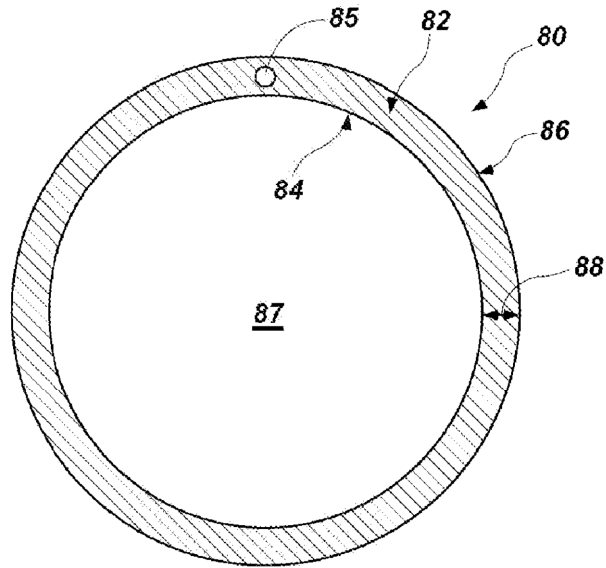


FIG. 2

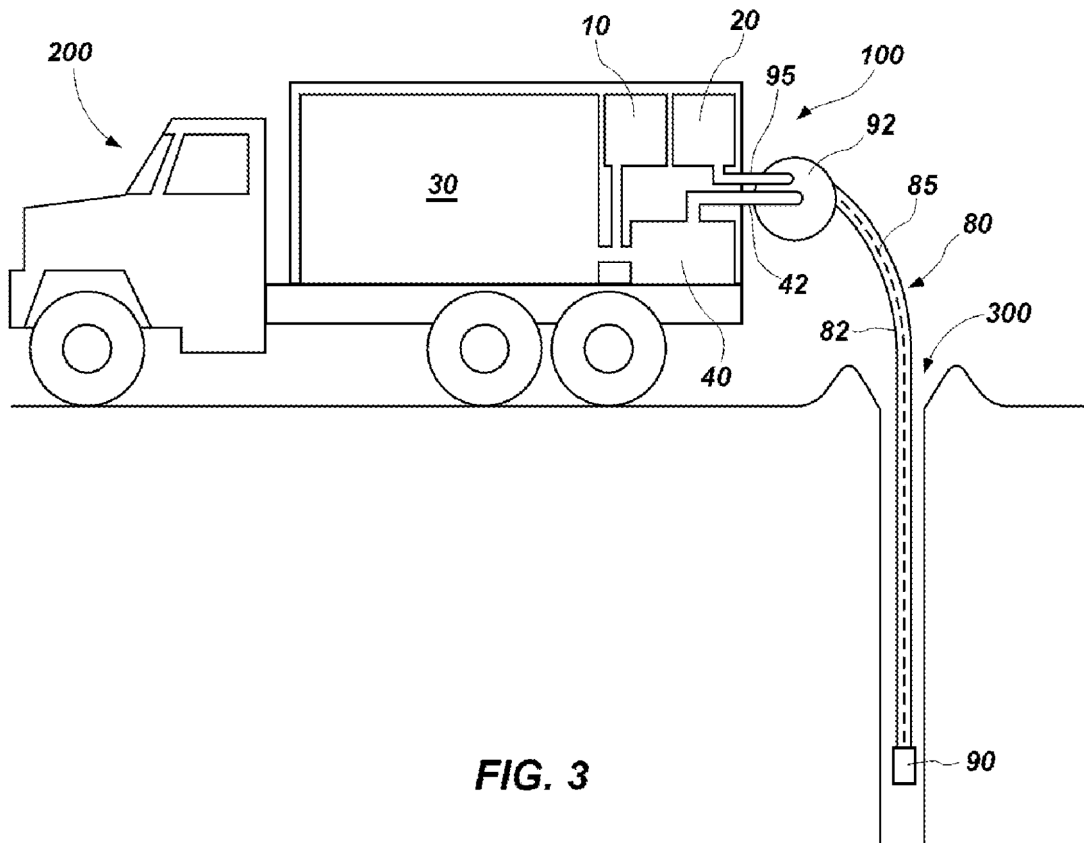
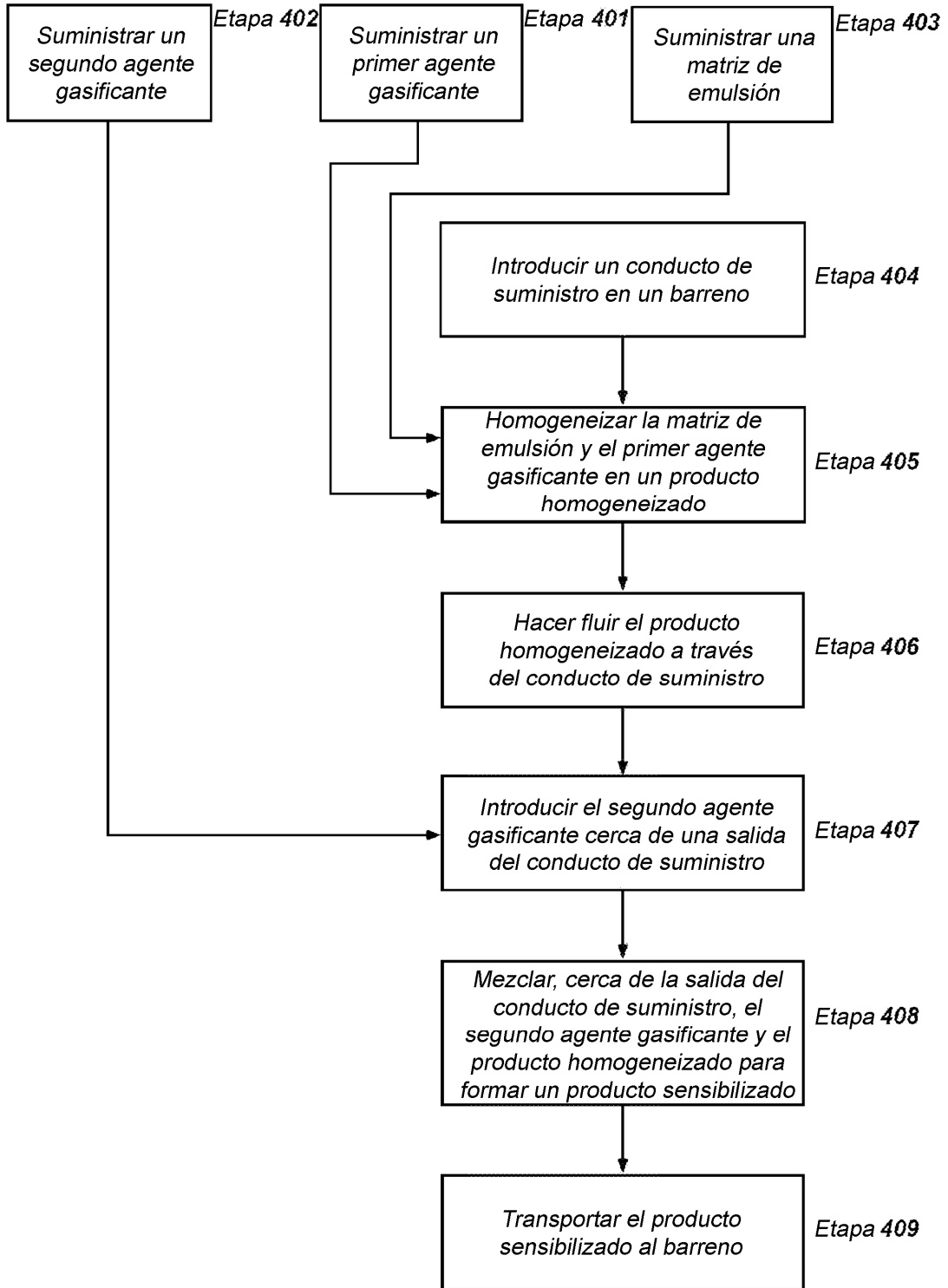
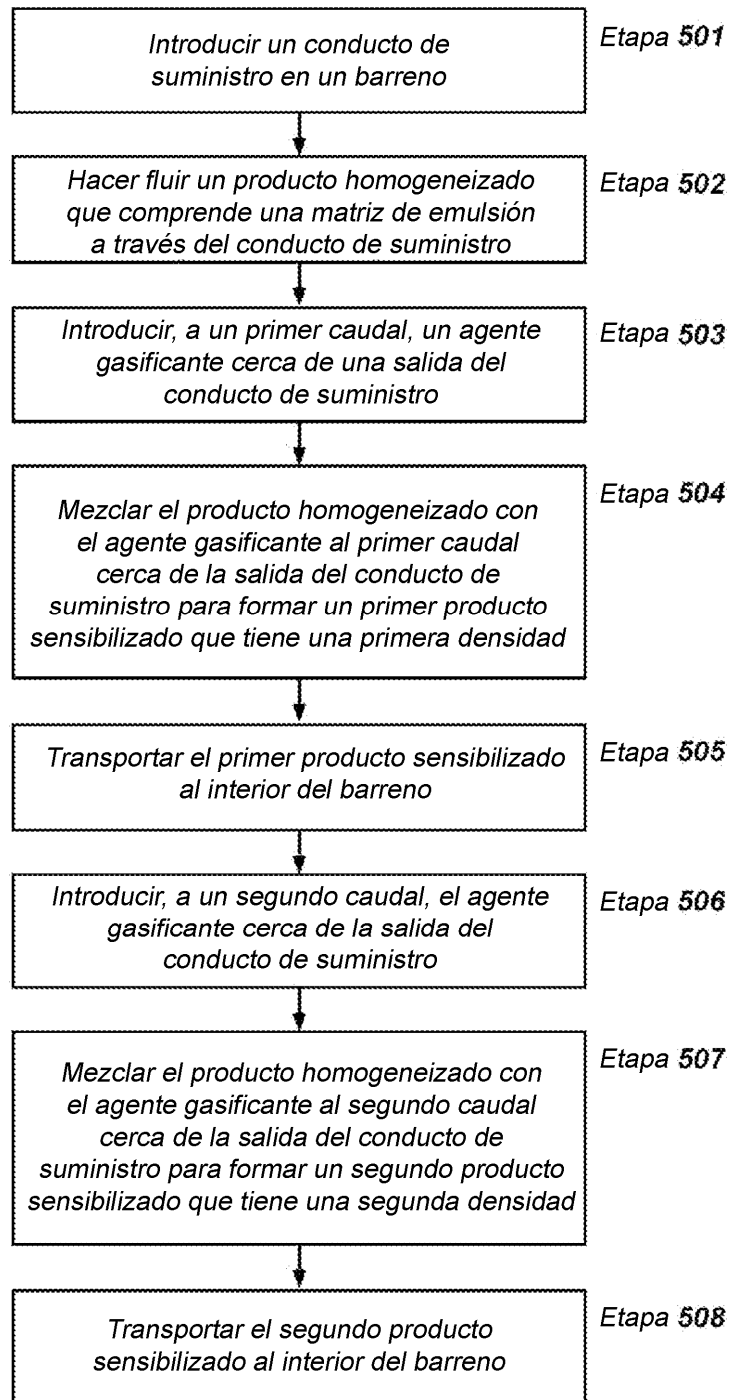


FIG. 3

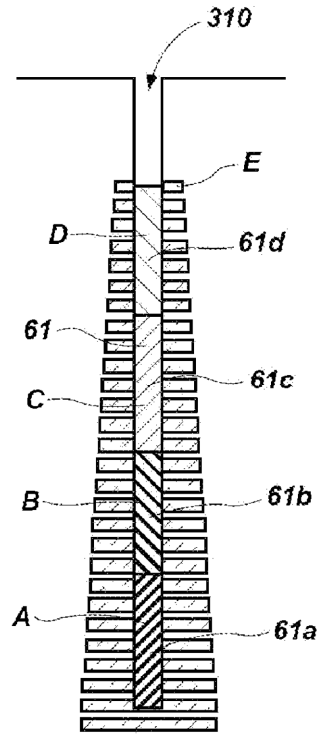


**FIG. 4**

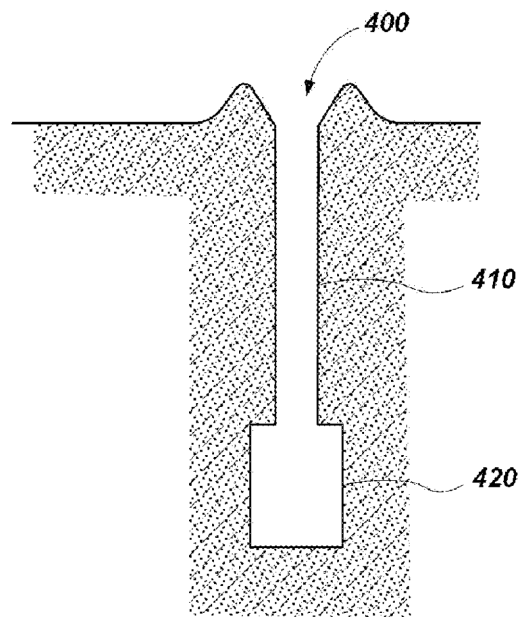


**FIG. 5**





**FIG. 6**



**FIG. 7**