

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 642 881**

51 Int. Cl.:

G05B 19/416 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.05.2009** **E 09160591 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.07.2017** **EP 2128729**

54 Título: **Perforación con sensor de empuje adaptativo**

30 Prioridad:

30.05.2008 US 130008

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

20.11.2017

73 Titular/es:

**THE BOEING COMPANY (100.0%)
100 North Riverside Plaza
Chicago, IL 60606-1596, US**

72 Inventor/es:

**BROWN, ROBERT A.;
MCCANN, LANCE O. y
ARNSTON, PAUL R.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 642 881 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

Perforación con sensor de empuje adaptativo

Información de antecedentes

1. Campo:

5 La presente divulgación se refiere, en general, a la fabricación y, en particular, a un método y aparato para perforar orificios. Aún más particularmente, la presente divulgación se refiere a un método y aparato para perforar un orificio en una pila de materiales.

2. Antecedentes:

10 La fabricación puede comportar el uso de herramientas y / o de mano de obra para crear elementos para su uso o venta. En la fabricación aeroespacial, estos elementos pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, aeronaves, partes de aeronaves, misiles, cohetes y / o naves espaciales. En la fabricación de diversos elementos, se puede realizar un número de diferentes operaciones. Por ejemplo, sin limitación, estas operaciones pueden incluir la extrusión, el prensado, el laminado, el punzonado, el mecanizado, la perforación, el encaminamiento y el curado.

15 Con respecto a la perforación, se puede usar una perforadora para crear orificios o canales que, por lo general, son cilíndricos en materiales sólidos. Una perforadora puede ser una herramienta con una sección rotatoria que puede contener una broca de perforación para perforar orificios. Una broca de perforación puede ser una herramienta de corte que se usa para crear orificios en un objeto. Estos orificios pueden ser, sin limitación, cilíndricos o no cilíndricos dependiendo de la puesta en práctica particular. La perforación puede comportar la perforación de un canal, tal como un orificio cilíndrico.

20 Un tipo de perforadora que se puede usar para perforar orificios puede ser una perforadora con una característica de alimentación positiva. Esta característica de alimentación positiva puede permitir que la perforadora empuje la broca de perforación al interior del objeto al tiempo que tiene lugar la perforación. También se pueden usar unas perforadoras en las que la característica de alimentación se puede usar para empujar la broca de perforación al interior del objeto y entonces retraer la broca de perforación al tiempo que tiene lugar la perforación. Este tipo de movimiento hacia delante y hacia atrás de la broca de perforación puede prever un orificio de mayor calidad. Además, este tipo de perforación también puede reducir la cantidad de calor que se aplica al objeto, lo que también puede aumentar la calidad del orificio.

30 Este tipo de perforación se puede realizar con un apilamiento de materiales. Un apilamiento de materiales es un conjunto de materiales. Un conjunto, tal como se usa en el presente documento, se refiere a uno o más elementos. Por ejemplo, un apilamiento de materiales puede ser una o más capas de diferentes tipos de materiales. También se puede hacer referencia a un apilamiento de materiales como apilamiento. Cuando se encuentran presentes múltiples capas en el apilamiento, un material puede requerir una perforación a una primera velocidad, mientras que otro material puede requerir una perforación a una segunda velocidad. Por ejemplo, sin limitación, una capa de titanio dentro del apilamiento puede requerir una velocidad de perforación más lenta en comparación con una capa de material compuesto dentro del apilamiento. Un apilamiento puede incluir a menudo una combinación de capas de materiales relativamente duras y blandas.

40 La perforación de apilamientos profundos que tienen capas tanto duras como blandas de materiales puede llevar mucho tiempo cuando la mayor parte del apilamiento contiene materiales blandos. Algunos tipos de aparato de perforación solo pueden prever una única velocidad de perforación. Esta velocidad de perforación se puede establecer antes de la perforación en un apilamiento. Con estos tipos de sistemas, la velocidad de perforación se puede establecer a una velocidad más lenta para el conjunto de capas que tienen el material más duro. Como resultado, el tiempo que es necesario para perforar a través de materiales blandos también se puede aumentar debido a la velocidad de perforación, más baja. Este tiempo aumentado puede tener lugar debido a que la velocidad de perforación se puede mantener lenta dar cuenta de un material más duro incluso si la mayor parte del apilamiento contiene un material más blando que se puede perforar a una velocidad más rápida. La velocidad de eje puede ser la velocidad a la que la perforadora rota la broca de perforación, y la tasa de alimentación puede ser la velocidad a la que la perforadora puede hacer que avance la broca de perforación al interior del material. En estos ejemplos, el nivel de empuje puede ser la fuerza de reacción sobre la perforadora que es causada por la velocidad de eje y / o la tasa de alimentación.

50 Otros tipos de aparato de perforación pueden permitir controlar la rotación del eje en el aparato de perforación. Estos tipos de aparato de perforación pueden usar un mecanismo mecánico para detectar cuándo se ha alcanzado una capa que tiene un material más duro o más blando. En este tipo de aparato de perforación, un sensor mecánico se puede usar para detectar cambios en los niveles de empuje. Un ejemplo de una arandela elástica que se puede usar

en los aparatos de perforación disponibles en la actualidad es una arandela Belleville. Este tipo de arandela se puede usar, por ejemplo, sin limitación, en conjunción con una válvula de aire abierta, que puede cambiar la velocidad de la perforadora cuando un material más duro es encontrado por el aparato de perforación.

5 Un inconveniente con este tipo de arandela es que puede que constantemente haya que realizar ajustes en las velocidades de perforación debido a que, a medida que se desgasta la broca de perforación, puede cambiar el nivel de empuje que se aplica al apilamiento.

10 El documento EP 0 339 659 A2 divulga un método y un aparato para controlar operaciones de perforación para perforar orificios a través de una pieza de trabajo de material compuesto que se fabrica de una pluralidad de materiales que tienen diferentes propiedades de mecanizado. La pieza de trabajo se perfora en primer lugar a una velocidad de alimentación y una velocidad de rotación de una perforadora que se seleccionan. Cuando se inicia la perforación de la pieza de trabajo, las cantidades de la velocidad de alimentación y la velocidad de rotación son detectadas por un sensor de velocidad de alimentación y un sensor de velocidad de rotación, y la fuerza de empuje que se aplica a la perforadora durante la perforación también es detectada por un sensor de empuje.

15 El documento WO 2006 / 077340 A1 se refiere a un método para la detección de un cambio de material en la operación de mecanizado mediante una herramienta, en el que se mide la corriente o la potencia que es extraída por un motor de accionamiento para la herramienta y se imponen umbrales para la detección de cada cambio en la medición de la corriente y / o la potencia. Los umbrales se disponen en la derivada de la corriente y / o la potencia absorbida.

20 El documento EP 1 132 789 A2 describe un sistema de control de mecanizado que es capaz de mantener los estados de mecanizado óptimos y de potenciar la eficiencia y la fiabilidad incluso en el caso en el que fluctúa un entorno de mecanizado real.

Por lo tanto, sería ventajoso tener un método y aparato que supere el problema en lo que antecede en la perforación de orificios en un apilamiento.

Sumario

25 Se describen un método puesto en práctica por ordenador, un aparato y un código de programa utilizable por ordenador para realizar una operación de perforación. El aparato de perforación comprende un alojamiento, un eje, un motor de eje, un motor de empuje, un sensor de carga y un controlador. El eje puede ser capaz de recibir una broca de perforación. El motor de eje puede ser capaz de girar el eje a un conjunto de diferentes velocidades durante la operación de perforación. El motor de empuje puede ser capaz de mover el eje en una dirección axial. El sensor de carga puede ser capaz de detectar una fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación para formar una fuerza de empuje de reacción detectada. El controlador puede ser capaz de controlar el motor de eje y el motor de empuje para cambiar una velocidad de perforación en respuesta a cambios en la fuerza de empuje de reacción detectada.

35 Se proporciona un aparato para realizar una operación de perforación sobre un apilamiento de materiales para una aeronave. El eje puede ser capaz de recibir una broca de perforación, en el que el eje tiene una base. El motor de eje puede ser capaz de girar el eje a un conjunto de diferentes velocidades durante una operación de perforación, en el que una velocidad de perforación comprende al menos una de una velocidad a la que gira el eje y una velocidad a la que un motor de empuje mueve el eje en una dirección axial. El motor de empuje puede ser capaz de mover el eje en la dirección axial, en el que el motor de empuje puede tener una velocidad rotatoria positiva cuando el motor de empuje mueve el eje en sentido axial lejos de la base, una velocidad rotatoria neutra cuando el motor de empuje no mueve el eje, y una velocidad rotatoria negativa cuando el motor de empuje mueve el eje en sentido axial hacia la base. El sensor de carga puede ser capaz de detectar una fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación para formar una fuerza de empuje de reacción detectada, en el que el sensor de carga se puede ubicar en torno a la base. El controlador puede ser capaz de controlar el motor de eje y el motor de empuje para cambiar la velocidad de perforación en respuesta a cambios en la fuerza de empuje de reacción detectada. Un código de programa puede ser ejecutable por el controlador para cambiar la velocidad de perforación durante la operación de perforación, en el que el código de programa comprende un proceso, unas definiciones de capas y unas definiciones de materiales. Las definiciones de capas pueden definir un conjunto de capas en un apilamiento para la operación de perforación, un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica cuándo se alcanza una nueva capa en el conjunto de capas, y un espesor de una capa que se usa para identificar una distancia para realizar la operación de perforación cuando un cambio en la fuerza de empuje de reacción detectada no se usa para controlar la velocidad de perforación. Las definiciones de materiales pueden definir la velocidad de perforación para un material en las definiciones de materiales y una dureza normalizada que se usa para identificar una transición de capas dentro del conjunto de capas.

55 En una realización ventajosa, un método identifica una capa actual en una pluralidad de capas en el apilamiento. El

método controla una velocidad de perforación para la operación de perforación en función de un material en la capa actual que se está perforando. El método supervisa una fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación. El método identifica una nueva capa en respuesta a un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica la nueva capa, en el que la nueva capa se vuelve la capa actual en la operación de perforación.

5 Se puede usar un método para realizar operaciones de perforación. Una capa actual en una pluralidad de capas en un apilamiento se puede identificar usando definiciones de capas. Se puede seleccionar una velocidad de perforación para los materiales en la capa actual a partir de definiciones de materiales para la pluralidad de capas para formar una velocidad de perforación seleccionada dando lugar a que un eje se mueva a la velocidad de perforación seleccionada usando la velocidad de perforación seleccionada, en el que la velocidad de perforación para una operación de perforación en función de un material en la capa actual que se está perforando incluye una
10 velocidad a la que gira el eje y controlar una velocidad a la que el eje se mueve en sentido axial. Una fuerza de empuje de reacción se puede supervisar durante la operación de perforación. Una nueva capa se identifica en respuesta a un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica la nueva capa, en la que la nueva capa se vuelve la capa actual en la operación de perforación. La operación de perforación puede finalizar cuando se ha perforado la totalidad de la pluralidad de capas. La velocidad de perforación de la operación de perforación se puede
15 controlar en función de una distancia que se ha desplazado una broca de perforación al interior del apilamiento si los cambios en la fuerza de empuje de reacción no se usan para controlar la velocidad de perforación. Una velocidad a la que el eje se mueve en sentido axial se puede controlar para realizar una operación de vaivén.

20 De acuerdo con la invención, se proporciona un aparato para realizar una operación de perforación, comprendiendo el aparato los rasgos distintivos que se definen en la reivindicación 1.

Preferiblemente, las definiciones de capas definen un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica cuándo se alcanza una nueva capa en el conjunto de capas.

Preferiblemente, las definiciones de capas definen un espesor de una capa.

25 Preferiblemente, el espesor se usa para identificar una distancia para realizar la operación de perforación cuando un cambio en la fuerza de empuje de reacción detectada no se usa para controlar la velocidad de perforación.

Preferiblemente, las definiciones de materiales definen la velocidad de perforación para un material en las definiciones de materiales.

Preferiblemente, las definiciones de materiales definen adicionalmente una dureza normalizada que se usa para identificar una transición de capas dentro del conjunto de capas.

30 Preferiblemente, la velocidad de perforación comprende al menos una de una velocidad a la que gira el eje y una velocidad a la que el motor de empuje mueve el eje en la dirección axial.

35 Preferiblemente, el eje tiene una base y en el que el motor de empuje tiene una velocidad de perforación positiva cuando el motor de empuje mueve el eje lejos de la base, una velocidad de perforación neutra cuando el motor de empuje no mueve el eje, y una velocidad de perforación negativa cuando el motor de empuje mueve el eje hacia la base.

Se proporciona un aparato para realizar una operación de perforación sobre un apilamiento de materiales para una aeronave, comprendiendo el aparato: un alojamiento; un eje capaz de recibir una broca de perforación, en el que el eje tiene una base; un motor de eje capaz de girar el eje a un conjunto de diferentes velocidades durante una
40 operación de perforación, en el que una velocidad de perforación comprende al menos una de una velocidad a la que gira el eje y una velocidad a la que un motor de empuje mueve el eje en una dirección axial; el motor de empuje capaz de mover el eje en la dirección axial, en el que el motor de empuje tiene una velocidad de perforación positiva cuando el motor de empuje mueve el eje en sentido axial lejos de la base, una velocidad de perforación neutra cuando el motor de empuje no mueve el eje, y una velocidad de perforación negativa cuando el motor de empuje mueve el eje en sentido axial hacia la base; un sensor de carga capaz de detectar una fuerza de empuje de reacción
45 durante la operación de perforación para formar una fuerza de empuje de reacción detectada, en el que el sensor de carga se ubica en torno a la base; un controlador capaz de controlar el motor de eje y el motor de empuje para cambiar la velocidad de perforación en respuesta a cambios en la fuerza de empuje de reacción detectada; y un código de programa ejecutable por el controlador para cambiar la velocidad de perforación durante la operación de perforación, en el que el código de programa comprende un proceso, unas definiciones de capas y unas definiciones
50 de materiales en las que las definiciones de capas definen un conjunto de capas en un apilamiento para la operación de perforación, un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica cuándo se alcanza una nueva capa en el conjunto de capas, y un espesor de una capa que se usa para identificar una distancia para realizar la operación de perforación cuando un cambio en la fuerza de empuje de reacción detectada no se usa para controlar la velocidad de perforación y en el que las definiciones de materiales definen la velocidad de perforación para un material en las

definiciones de materiales y una dureza normalizada que se usa para identificar una transición de capas dentro del conjunto de capas.

5 Se proporciona un método para realizar una operación de perforación sobre un apilamiento de materiales para una aeronave, comprendiendo el método: identificar una capa actual en una pluralidad de capas en el apilamiento usando definiciones de capas; seleccionar una velocidad de perforación para los materiales en la capa actual a partir de definiciones de materiales para la pluralidad de capas para formar una velocidad de perforación seleccionada; dar lugar a que un eje se mueva a la velocidad de perforación seleccionada usando la velocidad de perforación seleccionada, en el que la velocidad de perforación para la operación de perforación en función de un material en la capa actual que se está perforando incluye una velocidad a la que gira el eje y controlar una velocidad a la que el eje se mueve en sentido axial; supervisar una fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación; en respuesta a un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica una nueva capa, identificar la nueva capa, en el que la nueva capa se vuelve la capa actual en la operación de perforación; finalizar la operación de perforación cuando se ha perforado la totalidad de la pluralidad de capas; controlar la velocidad de perforación de la operación de perforación en función de una distancia que se ha desplazado una broca de perforación al interior del apilamiento 10 si los cambios en la fuerza de empuje de reacción no se usan para controlar la velocidad de perforación; y controlar una velocidad a la que el eje se mueve en sentido axial para realizar una operación de vaivén. 15

Se entenderá que los rasgos distintivos de la invención que se ha mencionado en lo que antecede y aquellas que aún quedan por mencionar en lo sucesivo se pueden usar no solo en la combinación respectiva que se indica, sino también en otras combinaciones o de forma aislada, sin abandonar el alcance de la presente invención.

20 Algunas realizaciones a modo de ejemplo de la invención se explican con más detalle en la siguiente descripción y se representan en los dibujos, en los que:

Los rasgos distintivos, funciones y ventajas se pueden lograr de forma independiente en diversas realizaciones de la presente divulgación o se pueden combinar en aún otras realizaciones en las que se pueden ver detalles adicionales con referencia a la siguiente descripción y dibujos.

25 Breve descripción de los dibujos

Los rasgos distintivos novedosos que se creen característicos de las realizaciones ventajosas se exponen en las reivindicaciones adjuntas. Las realizaciones ventajosas, no obstante, así como un modo de uso preferido, objetivos y ventajas adicionales de las mismas, se entenderán del mejor modo mediante referencia a la siguiente descripción detallada de una realización ventajosa de la presente divulgación cuando se lea en conjunción con los dibujos adjuntos, en los que: 30

la figura 1 es un diagrama que ilustra un método de fabricación y servicio de aeronaves en el que se puede poner en práctica una realización ventajosa;

la figura 2 es un diagrama de una aeronave en la que se puede poner en práctica una realización ventajosa;

35 **la figura 3** es un diagrama de bloques de un aparato de perforación para realizar operaciones de perforación de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 4 es un diagrama de una perforadora de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 5 es un diagrama de una vista lateral en sección transversal de una perforadora de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 6 es un diagrama de un controlador de acuerdo con una realización ventajosa;

40 **la figura 7** es un diagrama de bloques de un código de programa para controlar un aparato de perforación de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 8 es un diagrama de elementos de configuración de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 9 es un diagrama de unas definiciones de capas de acuerdo con una realización ventajosa;

45 **la figura 10** es un diagrama que ilustra unas definiciones de materiales de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 11 es un diagrama de flujo de un proceso para crear un programa de perforación de acuerdo con una

realización ventajosa;

la figura 12 es un diagrama de flujo de un proceso para realizar una operación de perforación de acuerdo con una realización ventajosa;

5 **las figuras 13A y 13B** son un diagrama de flujo de un proceso para realizar una operación de perforación de acuerdo con una realización ventajosa;

la figura 14 es un diagrama de flujo de un proceso para detectar si se ha dañado una broca de perforación de acuerdo con una realización ventajosa; y

la figura 15 un diagrama de flujo de un proceso para identificar si una broca de perforación está desgastada o ha quedado inutilizable de acuerdo con una realización ventajosa.

10 Descripción detallada

Haciendo referencia más particularmente a los dibujos, algunas realizaciones de la divulgación se pueden describir en el contexto del método de fabricación y servicio de aeronaves **100** tal como se muestra en **la figura 1** y la aeronave **200** tal como se muestra en **la figura 2**. Pasando en primer lugar a **la figura 1**, un diagrama que ilustra un método de fabricación y servicio de aeronaves se muestra de acuerdo con una realización ventajosa.

15 Durante la preproducción, el método de fabricación y servicio de aeronaves **100** a modo de ejemplo puede incluir la especificación y diseño **102** de la aeronave **200** en **la figura 2** y la adquisición de material **104**. Durante la producción, tiene lugar la fabricación de componentes y de subconjuntos **106** y la integración de sistemas **108** de la aeronave **200** en **la figura 2**.

20 A continuación de lo anterior, la aeronave **200** en **la figura 2** puede pasar por la certificación y entrega **110** con el fin de ponerse en servicio **112**. Mientras se encuentra en servicio por parte de un cliente, la aeronave **200** en **la figura 2** se programa para un mantenimiento y servicio de rutina **114**, que puede incluir la modificación, la reconfiguración, la restauración y otro mantenimiento o servicio.

25 Cada uno de los procesos del método de fabricación y servicio de aeronaves **100** se puede realizar o llevar a cabo por medio de un integrador de sistemas, una tercera parte y / o un operador. En estos ejemplos, el operador puede ser un cliente. Para los fines de la presente descripción, un integrador de sistemas puede incluir, sin limitación, cualquier número de fabricantes de aeronaves y subcontratistas de sistemas principales; una tercera parte puede incluir, sin limitación, cualquier número de proveedores, subcontratistas y suministradores; y un operador puede ser una línea aérea, una empresa de alquiler, una entidad militar, una organización de servicios, y así sucesivamente.

30 Con referencia a continuación a **la figura 2**, se muestra un diagrama de una aeronave en la que se puede poner en práctica una realización ventajosa. En este ejemplo, la aeronave **200** se produce mediante el método de fabricación y servicio de aeronaves **100** en **la figura 1** y puede incluir la célula **202** con una pluralidad de sistemas **204** y una parte interior **206**. Los ejemplos de los sistemas **204** incluyen uno o más del sistema de propulsión **208**, el sistema eléctrico **210**, el sistema hidráulico **212** y el sistema ambiental **214**. Se puede incluir cualquier número de otros sistemas. A pesar de que se muestra un ejemplo aeroespacial, diferentes realizaciones ventajosas se pueden aplicar a otros sectores industriales, tales como la industria del automóvil.

35 Los aparatos y métodos que se materializan en el presente documento se pueden emplear durante una o más cualesquiera de las fases del método de fabricación y servicio de aeronaves **100** en **la figura 1**. Por ejemplo, los componentes o subconjuntos que se producen en la fabricación de componentes y de subconjuntos **106** en **la figura 1** se pueden fabricar o manufacturar de una forma similar a la de los componentes o subconjuntos que se producen mientras la aeronave **200** se encuentra en servicio **112** en **la figura 1**.

40 Asimismo, una o más realizaciones de aparato, realizaciones de método, o una combinación de las mismas, se pueden utilizar durante las fases de producción, tales como la fabricación de componentes y de subconjuntos **106** y la integración de sistemas **108** en **la figura 1**, por ejemplo, al acelerar de forma sustancial el montaje de, o reducir de forma sustancial el coste de, la aeronave **200**. De forma similar, una o más de las realizaciones de aparato, las realizaciones de método, o una combinación de las mismas, se pueden utilizar mientras la aeronave **200** se encuentra en servicio **112**, por ejemplo y sin limitación al mantenimiento y servicio **114** en **la figura 1**.

45 Las diferentes realizaciones ventajosas reconocen que las máquinas numéricamente controladas que se usan en la actualidad para perforar se pueden programar para seguir una trayectoria preprogramada de velocidades de perforación. Estas velocidades de perforación pueden incluir la velocidad a la que gira el eje y la velocidad a la que el eje es movido hacia y / o lejos de un apilamiento. La velocidad a la que gira el eje se puede medir en revoluciones por minuto. Se puede hacer referencia a la velocidad a la que el eje se mueve hacia o lejos de un apilamiento como

tasa de alimentación.

5 Las diferentes realizaciones ventajosas tienen en cuenta que los aparatos que se usan en la actualidad pueden ser incapaces de adaptarse a un espesor de separación de aire y/o de material impredecible. Las diferentes realizaciones ventajosas también tienen en cuenta que los aparatos que se usan en la actualidad realizan mediciones en términos de la fuerza de empuje de reacción real, que puede cambiar con el paso del tiempo a medida que se desgasta una broca de perforación.

10 Por lo tanto, las diferentes realizaciones ventajosas tienen en cuenta que existe una necesidad de cambiar de forma adaptativa la velocidad de perforación que se usa en operaciones de perforación de una forma que selecciona una velocidad de perforación apropiada para cada capa en un apilamiento. Las diferentes realizaciones ventajosas detectan el cambio en el empuje de reacción durante una operación de perforación. El empuje de reacción es la fuerza que se puede detectar cuando se está perforando con una broca de perforación hacia o al interior de una capa.

15 Este cambio en el empuje de perforación se puede usar en las diferentes realizaciones ventajosas para determinar si se ha encontrado una capa con un tipo diferente de material. En función de este cambio, las diferentes realizaciones ventajosas pueden ajustar la velocidad de perforación de la operación de perforación. Se usa este cambio o delta en la fuerza de empuje de reacción en lugar del valor real de la fuerza de empuje.

20 Las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un aparato para realizar operaciones de perforación en un apilamiento. Este aparato puede incluir un alojamiento, un eje, un motor de eje, un motor de empuje, un sensor de empuje y un controlador. El eje puede ser capaz de recibir una broca de perforación, y el motor de eje puede ser capaz de girar el eje a un conjunto de diferentes velocidades durante una operación de perforación. El motor de empuje puede ser capaz de mover el eje en una dirección axial. El sensor de empuje puede ser capaz de detectar la fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación para formar una fuerza de empuje de reacción detectada. Un controlador puede ser capaz de controlar el motor de eje y el motor de empuje para cambiar la velocidad de perforación en respuesta a cambios en la fuerza de empuje de reacción detectada.

25 Con referencia a continuación a **la figura 3**, un diagrama de bloques de un aparato de perforación para realizar operaciones de perforación se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, el aparato de perforación **300** puede incluir el alojamiento **302**, el eje **304**, el motor de empuje **306**, el motor de eje **308**, el sensor de carga **310**, el controlador **312** y la broca de perforación **314**.

30 El eje **304** puede rotar en torno a un eje, tal como el eje **316**. Además, el eje **304** se puede mover en sentido axial a lo largo del eje **316** en estos ejemplos. El eje **304** puede incluir la base **317**, que puede ser opuesta al extremo **318**. El extremo **318** puede recibir la broca de perforación **314** en estos ejemplos. El eje **304** se puede girar o rotar en torno al eje **316** por medio del motor de eje **308**.

35 El motor de eje **308** puede girar el eje **304** a diferentes velocidades. Estas velocidades se pueden medir en revoluciones por minuto (RPM), en estos ejemplos. El motor de eje **308** puede cambiar la tasa a la que rota el eje **304** durante una operación de perforación. El motor de eje **308** puede adoptar diversas formas. Por ejemplo, el motor de eje **308** puede ser, por ejemplo, sin limitación, un servo motor, un motor de aire, o algún otro motor adecuado.

40 El eje **304** puede ser movido en sentido axial a lo largo del eje **316** by el motor de empuje **306**. Se puede hacer referencia a la velocidad a la que el eje **304** puede ser movido en sentido axial como tasa de alimentación. La tasa de alimentación se puede medir en pulgadas por revolución (IPR, *inches per revolution*). El motor de empuje **306** puede cambiar las velocidades durante una operación de perforación. En estos ejemplos, la velocidad de una operación de perforación puede incluir al menos una de la velocidad a la que el eje **304** se rota y la velocidad a la que el eje **304** se mueve en sentido axial.

45 Tal como se usa en el presente documento, la expresión “al menos uno de”, cuando se usa con una lista de elementos, quiere decir que se pueden usar diferentes combinaciones de uno o más de los elementos y que puede ser necesario solo uno de cada elemento en la lista. Por ejemplo, “al menos uno del elemento A, el elemento B y el elemento C” puede incluir, por ejemplo, sin limitación, el elemento A o el elemento A y el elemento B. Este ejemplo también puede incluir el elemento A, el elemento B y el elemento C, o el elemento B y el elemento C.

50 En estos ejemplos ilustrativos, el motor de empuje **306** y el motor de eje **308** se pueden controlar por medio del controlador **312**. El controlador **312** puede adoptar diversas formas. Por ejemplo, el controlador **312** puede ser un ordenador integrado dentro del alojamiento **302**, un circuito integrado para aplicaciones específicas, o algún otro dispositivo adecuado. El controlador **312** puede controlar la velocidad del eje **304** usando el código de programa **322** y la fuerza de empuje de reacción **320**, tal como es detectada por el sensor de carga **310**. En estos ejemplos, el controlador **312** usa los cambios o diferencias en la fuerza de empuje de reacción **320** en lugar de los valores reales

para la fuerza de empuje de reacción.

El sensor de carga **310** se puede ubicar en y / o en torno a la base **317** del eje **304**. El sensor de carga **310** puede detectar la fuerza de empuje de reacción **320**, lo que puede ser usado por el controlador **312** para controlar la velocidad de perforación del eje **304** usando el motor de empuje **306** y el motor de eje **308**. El sensor de carga **310** puede ser cualquier sensor que pueda detectar fuerza y generar una señal electrónica en función de la cantidad de fuerza que se detecta. El sensor de carga **310** puede ser, por ejemplo, sin limitación, un transductor de tipo galga extensométrica.

El aparato de perforación **300** se puede usar para perforar el orificio **324** en el apilamiento **326**. El apilamiento **326** puede contener las capas **328**. Estas capas pueden ser un conjunto de capas. Las capas **328** en el apilamiento **326** pueden incluir un número de diferentes materiales en las capas. Los materiales pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, titanio, un material compuesto, aluminio, acero, o algún otro material adecuado para el apilamiento **326**. Además, las capas **328** pueden incluir una capa de aire o una separación entre capas, dependiendo de la configuración particular del apilamiento **326**.

En la operación, el aparato de perforación **300** puede controlar la velocidad del eje **304** en la perforación del orificio **324**. El controlador **312** puede ejecutar el código de programa **322** en la perforación del orificio **324** a través de las capas **328**. Un cambio entre las capas puede ser detectado por el sensor de carga **310**. Este cambio es un cambio en la fuerza de empuje de reacción **320**, que se puede enviar al controlador **312**. Tras la detección de un cambio en la fuerza de empuje de reacción **320** que indica que se ha encontrado una nueva capa, el controlador **312** puede cambiar la velocidad del eje **304**. Esta velocidad puede incluir al menos una de la velocidad a la que gira el eje **304** y la velocidad a la que el eje **304** puede ser movido en sentido axial.

Al mover el eje **304** en sentido axial, el controlador **312** puede enviar señales al motor de empuje **306** para mover el eje **304** o bien en la dirección de la flecha **330** o bien en la dirección de la flecha **332**. Se puede hacer referencia a este movimiento, en estos dos sentidos diferentes, como movimiento de vaivén y de alimentación. En estos ejemplos, el código de programa **322** puede definir o establecer la velocidad relacional para una capa particular, así como la tasa de alimentación para una capa particular dentro de las capas **328**.

Puede que las diferentes realizaciones ventajosas no requieran ajustes a medida que se desgasta la broca de perforación **314**. Con los sistemas que se usan en la actualidad, a medida que se desgasta la broca de perforación **314**, puede que el sensor mecánico que se usa para cambiar la velocidad de perforación no detecte correctamente cuándo se ha alcanzado una nueva capa. Puede que las diferentes realizaciones ventajosas no usen la fuerza de empuje de reacción real que se detecta para cambiar la velocidad de perforación para el eje **304**.

En su lugar, las diferentes realizaciones ventajosas detectan cambios en la fuerza de empuje de reacción que pueden indicar que se ha alcanzado una nueva capa. Por ejemplo, sin limitación, si las capas **328** incluyen unas capas de material compuesto y de titanio, una capa de material compuesto puede dar lugar a una fuerza de empuje de reacción de aproximadamente 100 libras (45,36 kg), mientras que una capa de titanio puede dar lugar a una fuerza de empuje de reacción de aproximadamente 150 libras (68,04 kg) la primera vez que se alcanzan estas capas. En un instante de tiempo posterior, la capa de titanio puede tener un valor más alto para la fuerza de empuje de reacción **320** que es causada por el desgarro y desgaste de la broca de perforación **314**.

Los sistemas de perforación disponibles en la actualidad pueden requerir ajustes para formar una perforación correcta. Por el contrario, las diferentes realizaciones ventajosas detectan una diferencia entre la fuerza de empuje de reacción **320**. Por ejemplo, sin limitación, un cambio en la fuerza de empuje de reacción **320** entre una capa de material compuesto y una capa de titanio puede ser de aproximadamente **100** libras (45,36 kg). Este cambio o delta de empuje puede ser consistente incluso si el valor real de la fuerza de empuje de reacción **320** cambia a través del uso de la broca de perforación **314**. Estos cambios pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, el desgaste en la interacción del eje **304** y otros componentes dentro del aparato de perforación **300**.

Por lo tanto, las diferentes realizaciones ventajosas esperan unas diferencias o deltas de la fuerza de empuje de reacción para saber cuándo se han alcanzado diferentes capas dentro de las capas **328**. A medida que se identifican diferentes capas, el código de programa **322** puede controlar el motor de empuje **306** y el motor de eje **308** para cambiar la velocidad del eje **304**. Además, el sensor de carga **310** se puede usar para identificar cuándo se ha perforado por completo el orificio **324** a través de las capas **328** en el apilamiento **326**.

Adicionalmente, el sensor de carga **310** puede detectar cuándo se ha alcanzado una capa de aire dentro de las capas **328**. Una capa de aire se puede encontrar, por ejemplo, sin limitación, cuando las capas **328** en el apilamiento **326** incluyen la cuña delgada **334**, lo que puede no ser conocido. En este punto, esta capa de aire se puede ignorar usando el código de programa **322** cuando se detecta una capa de aire de ese tipo. Con la detección de los cambios en la fuerza de empuje de reacción **320**, el controlador **312** también puede ser capaz de detectar problemas con la broca de perforación **314**. El controlador **312** puede determinar si la broca de perforación **314** se puede haber roto o

si la broca de perforación **314** puede haber quedado embotada.

La ilustración del aparato de perforación **300** en **la figura 3** se presenta por razones de ilustración de diferentes componentes que se pueden hallar en un aparato de perforación y no para implicar limitaciones de arquitectura o físicas a una forma en la que se puede poner en práctica el aparato de perforación **300**. Por ejemplo, solo se muestran, por razones de ilustración de diferentes rasgos distintivos de las realizaciones ventajosas, algunos componentes que se usan en el aparato de perforación **300**. Otros componentes que se pueden incluir, pero que no se muestran, pueden ser, por ejemplo, sin limitación, un portaherramientas para recibir la broca de perforación **314**, una abrazadera de tipo collar para sujetar en su sitio la broca de perforación, un conmutador para operar el aparato de perforación **300**, y otros componentes adecuados.

Además, a pesar de que se muestran diferentes funciones en bloques, las diferentes funciones se pueden integrar en un único componente o una parte y / o dividirse en múltiples componentes o partes dependiendo de la puesta en práctica particular. Por ejemplo, el controlador **312** se puede poner en práctica usando dos controles. Un control se puede usar para ejecutar el código de programa **322**, mientras que otro controlador se puede usar para escribir el código de programa **322**. En diferentes realizaciones ventajosas, el segundo controlador se puede conectar con el primer controlador y puede que no esté ubicado dentro del alojamiento **302**.

Con referencia a continuación a **la figura 4**, un diagrama de una perforadora se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo se muestra una vista desde arriba de la perforadora **400**. La perforadora **400** puede ser un ejemplo de una puesta en práctica del aparato de perforación **300** en **la figura 3**. Tal como se puede ver en esta ilustración, la perforadora **400** puede incluir el eje de perforadora **402** dentro del alojamiento **404**. La perforadora **400** puede ser capaz de configurarse para diversas funciones tales como, por ejemplo, sin limitación, procesos de perforación de alimentación positiva, de perforación de vaivén y alimentación y / o de perforación y avellanado.

La perforadora **400** también puede incluir el motor de empuje **406** y el motor de eje **408**. En estos ejemplos, estos dos motores se pueden montar externamente en el alojamiento **404**. Resulta evidente que, en otras realizaciones ventajosas, uno o más de estos motores se pueden montar dentro del alojamiento **404**. En estos ejemplos, la perforadora **400** se puede poner en práctica usando cualquier perforadora disponible en la actualidad que se pueda modificar para incluir un sensor de carga tal como el sensor de carga **310** en **la figura 3**. Por ejemplo, sin limitación, se puede usar una perforadora Quackenbush 965QB. Esta perforadora puede ser facilitada por Cooper Industries, LLC. Resulta evidente que se puede usar cualquier perforadora adecuada.

Con referencia a continuación a **la figura 5**, un diagrama de una vista lateral en sección transversal de una perforadora se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo se ilustra una vista lateral en sección transversal de la perforadora **400**. En esta vista, los cojinetes de empuje de eje **500** se pueden usar para soportar el eje **402** en movimientos axiales a lo largo de la dirección de las flechas **502**. El husillo de bolas **504** se puede accionar para mover el eje **402** en sentido axial a lo largo de la dirección de las flechas **502**. Los cojinetes de accionamiento de velocidad **506** y **508** se pueden usar para soportar el eje **402** cuando se rota en la dirección de las flechas **510**.

En este ejemplo, el sensor de carga **512** se ubica en torno a la base **514** del eje **402**. El sensor de carga **512** puede ser un sensor electrónico que se usa para detectar una fuerza de empuje de reacción sobre el eje **402** cuando se realiza una operación de perforación. El sensor de carga **512** puede ser un sensor que convierte la fuerza axial en una señal eléctrica. En estos ejemplos, la fuerza axial puede ser una fuerza de compresión, tal como una fuerza de empuje de reacción sobre el eje **402**. El sensor de carga **512** se puede colocar para generar una señal electrónica que se corresponde con la cantidad de la fuerza axial que es experimentada por el eje **402**. Un ejemplo de un sensor de carga que se puede usar es, por ejemplo, sin limitación, una célula de carga de compresión de orificio de paso modelo D, que puede ser facilitada por RDP Group.

La ilustración en **la figura 5** se proporciona para mostrar una ubicación para un sensor de carga de acuerdo con una realización ventajosa. El sensor de carga **512** se puede ubicar en una trayectoria de la fuerza de empuje de reacción tal como se muestra en esta ilustración. Una fuerza de compresión que resulta de un movimiento de alimentación de perforación al interior de un material por parte del eje **402** puede ser detectada por el sensor de carga **512**. Cuando el eje **402** encuentra una fuerza de empuje de reacción, el sensor de carga **512** también puede experimentar la misma fuerza.

La ubicación del sensor de carga **512** puede variar dependiendo de la perforadora particular que se use. Una ubicación que se puede usar para el sensor de carga **512** se puede encontrar dentro del conjunto de cojinetes de empuje **516**, que pueden estar íntimamente acoplados con la fuerza de empuje de reacción. Esta ilustración no tiene por objeto implicar limitaciones físicas de arquitectura a la forma en la que se puede ubicar o poner en práctica un sensor de carga.

- 5 Pasando a continuación a **la figura 6**, un diagrama de un controlador se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, el controlador **600** es un ejemplo de una puesta en práctica para el controlador **312** en **la figura 3**. En este ejemplo ilustrativo, el controlador **600** incluye la estructura de comunicaciones **602**, que proporciona comunicaciones entre la unidad de procesador **604**, la memoria **606**, el almacenamiento persistente **608**, la unidad de comunicaciones **610**, la unidad de entrada / salida (E / S) **612** y el visualizador **614**.
- La unidad de procesador **604** sirve para ejecutar instrucciones para soporte lógico que se pueden cargar en la memoria **606**. La unidad de procesador **604** puede ser un conjunto de uno o más procesadores o puede ser un núcleo de múltiples procesadores, dependiendo de la puesta en práctica particular.
- 10 La memoria **606** y el almacenamiento persistente **608** son ejemplos de dispositivos de almacenamiento. Un dispositivo de almacenamiento es cualquier elemento de soporte físico que sea capaz de almacenar información o bien de una forma temporal y / o bien de una forma permanente. La memoria **606**, en estos ejemplos, puede ser, por ejemplo, una memoria de acceso aleatorio o cualquier otro dispositivo de almacenamiento volátil o no volátil adecuado. El almacenamiento persistente **608** puede adoptar diversas formas dependiendo de la puesta en práctica particular.
- 15 Por ejemplo, el almacenamiento persistente **608** puede contener uno o más componentes o dispositivos. Por ejemplo, el almacenamiento persistente **608** puede ser una unidad de disco duro, una memoria flash, un disco óptico regrabable, una cinta magnética regrabable, o una cierta combinación de lo anterior. Los soportes que son usados por el almacenamiento persistente **608** también pueden ser extraíbles. Por ejemplo, se puede usar una unidad de disco duro extraíble para el almacenamiento persistente **608**.
- 20 La unidad de comunicaciones **610**, en estos ejemplos, prevé unas comunicaciones con otros dispositivos o sistemas de procesamiento de datos. En estos ejemplos, la unidad de comunicaciones **610** es una tarjeta de interfaz de red. La unidad de comunicaciones **610** puede proporcionar comunicaciones a través del uso de enlaces de comunicaciones o bien físicos o bien inalámbricos o tanto físicos como inalámbricos.
- 25 La unidad de entrada / salida **612** prevé la entrada y la salida de datos con otros dispositivos que se pueden conectar con el controlador **600**. Por ejemplo, la unidad de entrada / salida **612** puede proporcionar una conexión para la entrada de usuario a través de un teclado y un ratón. Además, la unidad de entrada / salida **612** puede enviar una salida a una impresora. El visualizador **614** proporciona un mecanismo para presentar visualmente información a un usuario.
- 30 Las instrucciones para el sistema operativo y aplicaciones o programas se ubican en el almacenamiento persistente **608**. Estas instrucciones se pueden cargar en la memoria **606** para su ejecución por parte de la unidad de procesador **604**. Los procesos de las diferentes realizaciones pueden ser realizados por la unidad de procesador **604** usando unas instrucciones puestas en práctica por ordenador, que se pueden ubicar en una memoria, tal como la memoria **606**. Se hace referencia a estas instrucciones como código de programa, código de programa utilizable por ordenador o código de programa legible por ordenador que puede ser leído y ejecutado por un procesador en la
- 35 unidad de procesador **604**. El código de programa en las diferentes realizaciones se puede materializar en diferentes soportes legibles por ordenador físicos o tangibles, tales como la memoria **606** o el almacenamiento persistente **608**.
- 40 El código de programa **616** se ubica en una forma funcional en los soportes legibles por ordenador **618** que son extraíbles de forma selectiva y se puede cargar en o transferir al controlador **600** para su ejecución por parte de la unidad de procesador **604**. En estos ejemplos, el código de programa **616** es un ejemplo del código de programa **322** que se puede usar para controlar el aparato de perforación **300** en **la figura 3**.
- 45 El código de programa **616** y los soportes legibles por ordenador **618** forman el producto de programa informático **620** en estos ejemplos. En un ejemplo, los soportes legibles por ordenador **618** se pueden encontrar en una forma tangible, tal como, por ejemplo, un disco óptico o magnético que se inserta o se coloca en una unidad u otro dispositivo que es parte del almacenamiento persistente **608** para su transferencia a un dispositivo de almacenamiento, tal como una unidad de disco duro que es parte del almacenamiento persistente **608**.
- 50 En una forma tangible, los soportes legibles por ordenador **618** también pueden adoptar la forma de un almacenamiento persistente, tal como una unidad de disco duro, un lápiz de memoria o una memoria flash que se conecta con el controlador **600**. También se hace referencia a la forma tangible de los soportes legibles por ordenador **618** como soporte de almacenamiento grabable por ordenador. En algunos casos, puede que los soportes legibles por ordenador **618** no sean extraíbles.
- Como alternativa, el código de programa **616** se puede transferir al controlador **600** a partir de los soportes legibles por ordenador **618** a través de un enlace de comunicaciones con la unidad de comunicaciones **610** y / o a través de una conexión con la unidad de entrada / salida **612**. El enlace de comunicaciones y / o la conexión puede ser físico o inalámbrico en los ejemplos ilustrativos. Los soportes legibles por ordenador también pueden adoptar la forma de

soportes no tangibles, tales como enlaces de comunicaciones o transmisiones inalámbricas que contienen el código de programa.

Los diferentes componentes que se ilustran para el controlador **600** no tienen por objeto proporcionar limitaciones de arquitectura a la forma en la que se pueden poner en práctica diferentes realizaciones. Las diferentes realizaciones ilustrativas se pueden poner en práctica en un sistema de procesamiento de datos que incluye componentes además de o en lugar de los que se ilustran para el controlador **600**. Otros componentes que se muestran en **la figura 6** se pueden variar con respecto a los de los ejemplos ilustrativos que se muestran.

Con referencia a continuación a **la figura 7**, un diagrama de bloques de un código de programa para controlar un aparato de perforación se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo ilustrativo, el código de programa **700** es un ejemplo de una puesta en práctica del código de programa **322** en **la figura 3**. En particular, el código de programa **700** se puede ejecutar usando un controlador, tal como el controlador **600** en **la figura 6**.

Tal como se ilustra, el programa **700** incluye el proceso **702**, la configuración **704** y las definiciones **706**. El proceso **702** contiene un código para realizar operaciones de perforación de una forma adaptativa. La configuración **704** proporciona unos valores de inicialización para el proceso **702**. El proceso **702** puede usar la configuración **704** en las definiciones **706** y la entrada de fuerza de empuje de reacción **708** para controlar de forma dinámica y / o adaptativa una operación de perforación para un aparato de perforación, tal como el aparato de perforación **300** en **la figura 3**. La entrada de fuerza de empuje de reacción **708** puede ser un valor que es generado por un sensor de carga, tal como, por ejemplo, sin limitación, el sensor de carga **310** en **la figura 3**. Este valor es un valor para la fuerza de empuje de reacción **320** en **la figura 3**.

Las definiciones **706** definen capas dentro de un apilamiento, tal como, por ejemplo, sin limitación, el apilamiento **326** en **la figura 3**. En este ejemplo, las definiciones **706** incluyen las definiciones de capas **710** y las definiciones de materiales **712**. Las definiciones de capas **710** pueden proporcionar definiciones para las diferentes capas. La definición de capas **710** puede incluir, por ejemplo, sin limitación, una identificación de una capa, un espesor y / u otros parámetros adecuados. Las definiciones de materiales **712** pueden proporcionar información, por ejemplo, sin limitación, para identificar transiciones de capas y / o velocidades de perforación.

Con referencia a continuación a **la figura 8**, un diagrama de elementos de configuración se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, la configuración **800** es un ejemplo de una puesta en práctica para la configuración **704** en **la figura 7**. En este ejemplo, la configuración **800** proporciona unos valores de inicialización para realizar un proceso de perforación.

En este ejemplo particular, la configuración **800** incluye el retardo de empuje de aire **802**, la rotura mínima **804**, el margen de rotura mínima **806**, el umbral de empuje de revestimiento **808**, el margen de retención absoluto de vaivén **810**, el valor absoluto de vaivén **812**, el empuje de espera de vaivén **814**, el valor de válvula de fluido **816** y el recorrido máximo **818**.

El retardo de empuje de aire **802** puede ser un retardo del proceso durante el cual se recopila información acerca de las lecturas de empuje antes del contacto con el material. Este retardo puede compensar cualquier pérdida por rozamiento en el sistema que, de lo contrario, aparecería como adiciones al valor de empuje. La rotura mínima **804** puede ser la distancia que se puede desplazar el mecanismo de alimentación después de detectar una diferencia de empuje al tiempo que se mantienen los parámetros de perforación actuales. Este valor puede permitir que el diámetro completo de la broca de perforación penetre en el nuevo material antes de cambiar los parámetros.

El margen de rotura mínima **806** puede ser una distancia que se añade a la rotura mínima **804**. Este valor puede permitir que el operador aumente en la práctica la distancia de rotura mínima sin cambiar la rotura mínima **804**. Por ejemplo, un valor de base para la rotura mínima **804** puede estar asociado a menudo con una geometría de cuchilla. En determinadas circunstancias, puede ser útil aumentar o disminuir este valor de forma temporal, en función de la pila actual que se está perforando. El ajuste del margen de rotura mínima **806** puede prever un ajuste temporal de este tipo, sin afectar a la rotura mínima **804**.

El umbral de empuje de revestimiento **808** puede ser el valor del empuje por encima del cual el controlador decide que se ha logrado el contacto inicial con el material después del avance inicial de la perforadora a través del aire.

El margen de retracción absoluto de vaivén **810** puede permitir que la perforadora vuelva a la misma posición absoluta durante un ciclo de vaivén y de retracción cuando se está en un modo absoluto de vaivén. Este valor puede permitir el ajuste de la posición absoluta en un sentido negativo o positivo. El valor absoluto de vaivén **812** puede ser un valor booleano (sí / no). Si el valor es "sí", entonces la perforadora puede volver a la misma posición absoluta durante un movimiento de retracción de vaivén. Si el valor es "no", entonces la perforadora se puede retraer una distancia relativa que viene determinada por una distancia de retracción de vaivén, durante un movimiento de retracción de vaivén.

- 5 El empuje de espera de vaivén **814** puede ser una distancia que ha de desplazarse una perforadora después de completar un movimiento de vaivén completo y moverse hacia delante al interior del material antes de leer las fuerzas de empuje de reacción. Este parámetro puede proporcionar un margen de seguridad para asegurar que los valores de las fuerzas de empuje de reacción pueden no leerse mientras la perforadora puede estar desacoplada del material.
- El valor de válvula de fluido **816** puede proporcionar un valor para controlar una bomba de fluido auxiliar, que entrega un fluido de corte a la perforadora. El recorrido máximo **818** puede ser la distancia máxima que se puede trasladar el eje antes de cambiar al modo de retracción.
- 10 Los diferentes valores de inicialización que se ilustran en **la figura 8** se proporcionan como ejemplos y no tienen como objeto limitar la forma en la que se pueden seleccionar otros elementos de configuración. Se pueden usar otros elementos de configuración además o en lugar de estos dependiendo de la puesta en práctica particular.
- Con referencia a continuación a **la figura 9**, un diagrama de unas definiciones de capas se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, las definiciones de capas **900** son un ejemplo de una puesta en práctica de las definiciones de capas **710** en **la figura 7**.
- 15 En este ejemplo, las definiciones de capas **900** incluyen titanio **902** y grafito **904**. Titanio **902** incluye el nombre de material **906**, el número de capa **908**, el espesor **912**, el delta de empuje **914**, el vaivén habilitado **916**, el incremento de vaivén **918**, el margen de extensión de vaivén **920**, la permanencia en vaivén **922** y la retracción de vaivén **924**. Grafito **904** incluye el nombre de material **926**, el número de capa **928**, el espesor **930**, el delta de empuje **932**, el vaivén habilitado **934**, el incremento de vaivén **936**, los márgenes de extensión de vaivén **938**, la permanencia en vaivén **940** y la retracción de vaivén **942**.
- 20 Los nombres de material **906** y **926** se pueden usar para identificar el material. Los números de capa **908** y **928** pueden identificar la posición de la definición particular dentro del apilamiento. Los espesores **912** y **930** pueden identificar el espesor de la capa particular. Los deltas de empuje **914** y **932** se pueden usar para identificar un tipo de proceso para su uso en la perforación para una capa dada.
- 25 En estos ejemplos, se pueden usar dos tipos de procesos. Los procesos incluyen, por ejemplo, sin limitación, un proceso de control numérico por ordenador y un proceso de empuje adaptativo. El proceso de control numérico por ordenador puede ser uno en el que la velocidad de la perforadora se puede controlar en función de la distancia que se puede haber desplazado la broca de perforación. Esta distancia se puede identificar en función de unos encóderes que identifican el número de revoluciones. En función del número de revoluciones, se puede identificar una distancia para cómo de lejos se ha desplazado la broca de perforación. El proceso de empuje adaptativo puede ser uno en el que la velocidad de la perforadora se puede controlar en función de una identificación de qué capa se está perforando.
- 30 En estos ejemplos, el delta de empuje **932** tiene un valor de cero. Este valor identifica grafito **904** como una capa controlada numéricamente por ordenador. Con este tipo de capa, la perforadora se mueve a través del material una distancia igual al espesor **930**. Después de que se haya recorrido esa distancia, la siguiente capa se puede usar para establecer la velocidad de la perforadora. Dicho de otra forma, con el delta de empuje teniendo un valor de cero, la operación de perforación no cambia la velocidad en función de la fuerza de empuje de reacción. En su lugar, la distancia que se recorre se usa para determinar cuándo se ha alcanzado una capa.
- 35 En titanio **902**, el delta de empuje **914** tiene un valor de 80. Con este valor, el proceso puede esperar a que las lecturas de empuje de reacción cambien una cantidad fija que puede ser menor que o mayor que el delta de empuje **914** dependiendo de la puesta en práctica. Una vez que se ha detectado el cambio en el empuje, se ha identificado una nueva capa y la velocidad de perforación se puede cambiar.
- 40 El vaivén habilitado **916** y **934** puede determinar si se va a usar un proceso de alimentación de vaivén con la capa particular. Los incrementos de vaivén **918** y **936** identifican la distancia adicional que se desplaza la broca de perforación por cada vaivén. La permanencia en vaivén puede representar un tiempo para una pausa de tasa de alimentación en la parte de debajo del orificio antes de una retracción de vaivén. Este tiempo puede ayudar a resolver cualquier viruta y falta de regularidad en la profundidad. El margen de extensión de vaivén representa una distancia que puede permitir que la broca de perforación se extienda hasta justo alcanzar el material a perforar. Las retracciones de vaivén **924** y **942** identifican la distancia que el eje se retrae durante el proceso de vaivén y de alimentación.
- 45 50 Con referencia a continuación a **la figura 10**, un diagrama que ilustra unas definiciones de materiales se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. En este ejemplo, las definiciones de materiales **1000** son un ejemplo de una puesta en práctica de las definiciones de materiales **712** en **la figura 7**. En este ejemplo, las definiciones de materiales **1000** incluyen grafito **1002**, aluminio **1004** y titanio **1006**.

Grafito **1002** incluye el nombre de material **1008**, la dureza normalizada **1010**, las pulgadas por revolución **1012** y las revoluciones por minuto **1014**. Aluminio **1004** incluye el nombre de material **1016**, la dureza normalizada **1018**, las pulgadas por revolución **1020** y las revoluciones por minuto **1022**. Titanio **1006** incluye el nombre de material **1024**, la dureza normalizada **1026**, las pulgadas por revolución **1028** y las revoluciones por minuto **1030**.

5 Los nombres de material **1008**, **1016** y **1024** se pueden usar como un índice para los nombres de material que se identifican en las definiciones de capas **900** en **la figura 9**. La dureza normalizada **1010**, **1018** y **1026** se puede usar para identificar si una transición de capa a capa es una transición de blando a duro o una transición de duro a blando. Por ejemplo, sin limitación, si una capa tiene una dureza normalizada de 0,2 y la siguiente capa tiene una dureza normalizada de 0,8, este tipo de transición es una transición de blando a duro. Por ejemplo, sin limitación,
10 moverse de grafito **1002** a titanio **1006** puede ser un ejemplo de una transición de blando a duro en capas.

Con referencia a continuación a **la figura 11**, un diagrama de flujo de un proceso para crear un programa de perforación se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso que se ilustra en **la figura 11** se puede usar para crear un código de programa, tal como, por ejemplo, sin limitación, el código de programa **700** en **la figura 7**. En particular, este proceso se puede usar para generar porciones del código de programa **700**, tales como, por
15 ejemplo, las definiciones **706** en **la figura 7**.

El proceso puede comenzar mediante la identificación de un conjunto de capas en el apilamiento (la operación **1100**). Un conjunto, tal como se usa en el presente documento, se refiere a uno o más elementos. Por ejemplo, sin limitación, un conjunto de capas son uno o más capas. En este ejemplo, cada capa puede estar compuesta por un único material o tipo de material. El proceso puede identificar un conjunto de materiales para el apilamiento (la
20 operación **1102**). Estas capas pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, aluminio, titanio, material compuesto, material textil, madera, aire, aleación de metal, o algún otro material adecuado.

El proceso puede seleccionar un material de entre el conjunto de materiales (la operación **1104**). A continuación de lo anterior, el proceso puede seleccionar parámetros para el material (la operación **1106**). En la selección de parámetros para el material, se pueden seleccionar parámetros tales como, por ejemplo, movimiento axial, las revoluciones por minuto y la dureza nominal. Resulta evidente que otros parámetros también se pueden seleccionar dependiendo de la puesta en práctica particular. Entonces, el proceso determina si se encuentran presentes materiales sin procesar adicionales (la operación **1108**). Si se encuentran presentes materiales sin procesar
25 adicionales, el proceso vuelve a la operación **1104**.

De lo contrario, el proceso selecciona una capa sin procesar en el conjunto de capas (la operación **1110**). El proceso selecciona parámetros para la capa seleccionada (la operación **1112**). Estos parámetros pueden incluir diversos valores para las definiciones de materiales y de capas. En la operación **1112**, en esta operación se pueden establecer parámetros tales como, por ejemplo, sin limitación, el delta de empuje, las opciones de alimentación de vaivén, el número de capa, los espesores de capa y otros parámetros adecuados.
30

Entonces, el proceso puede determinar si se encuentran presentes capas sin procesar adicionales (la operación **1114**). Si se encuentran presentes capas sin procesar adicionales, el proceso vuelve a la operación **1110**. De lo contrario, el proceso puede crear definiciones de capas y definiciones de materiales a partir de los parámetros seleccionados (la operación **1116**), terminando el proceso a continuación de lo anterior.
35

Con referencia a continuación a **la figura 12**, un diagrama de flujo de un proceso para realizar una operación de perforación se muestra de acuerdo con una realización ventajosa.

40 El proceso puede comenzar mediante la selección de una capa sin procesar (la operación **1200**). En este ejemplo, la capa sin procesar se puede seleccionar a partir de una definición tal como, por ejemplo, sin limitación, las definiciones de capas **710** dentro del código de programa **700** en **la figura 7**. El proceso puede identificar un material para la capa seleccionada (la operación **1202**). Esta identificación se puede realizar mediante la identificación del material en la definición de capas. A partir del material identificado, algunos detalles acerca de la perforación se
45 pueden obtener a partir de otra definición tal como, por ejemplo, sin limitación, las definiciones de materiales **712** en **la figura 7**.

El proceso puede seleccionar una velocidad de perforación (la operación **1204**). Esta operación puede seleccionar una velocidad de perforación en función del material identificado en la capa selectiva. Entonces, el proceso puede dar lugar a que la perforadora perfora a la velocidad de perforación seleccionada (la operación **1206**).

50 Tal como se ha descrito en lo que antecede, esta velocidad seleccionada puede incluir la tasa a la que gira el eje, así como la velocidad a la que el eje se mueve en sentido axial. Este movimiento puede ser hacia el apilamiento si la velocidad para el eje es positiva en sentido axial. Si la velocidad para el eje se selecciona como negativa, el eje se puede mover lejos del apilamiento. Una velocidad de eje cero quiere decir que el eje se mantiene estacionario y no se retrae o se mueve hacia delante.

El proceso puede recibir datos de fuerza de empuje de reacción (la operación **1208**). Estos datos de fuerza de empuje de reacción se pueden recibir de un sensor tal como, por ejemplo, sin limitación, el sensor de carga **310** en la figura 3. Se puede realizar una determinación en lo que respecta a si se ha alcanzado una nueva capa (la operación **1210**). La determinación en la operación **1210** se puede realizar mediante la identificación de cambios en los datos de fuerza de empuje de reacción que se identifican en la operación **1208**. Si el cambio cumple un cierto nivel umbral, entonces se puede identificar una transición de una capa a otra capa. Si no se alcanza una nueva capa, el proceso puede volver a la operación **1206**.

Si se alcanza una nueva capa, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si se ha completado la perforación (la operación **1212**). En la operación **1212**, la perforación se puede haber completado si se ha procesado la totalidad de las capas. La perforación también se puede considerar completada incluso si no se ha procesado la totalidad de las capas, si el eje se ha extendido hasta su extensión máxima y ya no se puede extender más lejos al interior del apilamiento. Si no se ha completado la perforación, el proceso puede volver a la operación **1200** para seleccionar otra capa para su procesamiento. De lo contrario, el proceso termina.

Con referencia a continuación a las figuras **13A** y **13B**, un diagrama de flujo de un proceso para realizar una operación de perforación se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. Las figuras **13A** y **13B** son un ejemplo detallado de una puesta en práctica del proceso **702** en la figura 7.

El proceso puede comenzar mediante la inicialización de variables (la operación **1300**). Estas variables se pueden inicializar usando unos elementos de configuración tales como, por ejemplo, sin limitación, los que se ilustran en la configuración **800** en la figura 8. El proceso puede obtener la fuerza de empuje de reacción en el aire (la operación **1302**).

Las lecturas de sensor de empuje se pueden tomar mientras que se sabe que la broca de perforación se encuentra en el aire con el fin de calibrar un estado de no empuje. Las variaciones de rozamiento en el mecanismo de accionamiento pueden dar lugar a ligeras lecturas en el sensor de carga para las cuales se pueden realizar compensaciones. El proceso puede entrar en el bucle de perforación (la operación **1304**). Dentro del bucle de perforación **1304**, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si la posición actual del motor de eje de alimentación, PosAlimentación, tal como se lee a partir de la posición del encóder es menor que la distancia máxima que se puede desplazar físicamente el eje de alimentación, DesplazamientoMáx, (la operación **1306**).

Si la posición actual del motor de eje de alimentación es menor que la distancia máxima, el proceso retrae la broca de perforación y detiene el eje (la operación **1308**), terminando el proceso a continuación de lo anterior.

Si la posición actual del motor de eje de alimentación no se ha desplazado la distancia máxima, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si debería tener lugar una pausa en la operación de perforación (la operación **1310**). Si ha tenido lugar una pausa, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si abortar la operación de perforación (la operación **1312**). En estos ejemplos, la pausa se puede determinar por medio de un control de operador. También se puede determinar una interrupción por medio de un control de operador. Si la operación de perforación se va a abortar, el proceso avanza a la operación **1308** tal como se ha descrito en lo que antecede.

Si la operación de perforación no se va a abortar en la operación **1312** o la operación de perforación no se ha pausado en la operación **1310**, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si se va a realizar un vaivén en la capa actual (la operación **1313**). Esta determinación se puede realizar mediante la determinación de si un vaivén está habilitado en la definición de capas para la capa particular.

Si se va a realizar un vaivén en la capa, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si es tiempo de realizar un vaivén (la operación **1314**). El "tiempo de vaivén" se puede determinar en función de la posición de alimentación tal como se lee a partir de encóderes de posición y comparar esta posición con el parámetro de incremento de vaivén. Si la posición de alimentación ha superado el incremento de vaivén, entonces se puede iniciar un ciclo de vaivén. Si es tiempo de realizar un vaivén, el proceso puede retraer el eje y hacer que avance el eje (la operación **1316**). La retracción y el avance del eje se realizan en función de unos parámetros que se establecen en las definiciones de capas en estos ejemplos.

El proceso puede leer una fuerza de empuje de reacción (la operación **1318**). En la operación **1318**, esta fuerza de empuje de reacción se lee o se obtiene de un sensor de carga tal como, por ejemplo, sin limitación, el sensor de carga **310** en la figura 3. El proceso también puede avanzar directamente a la operación **1318** desde la operación **1314** si se realiza la determinación de que no es tiempo de realizar una operación de vaivén.

Entonces, el proceso determina si el valor para esperar la rotura mínima, EsperaRM, se puede establecer a un valor (la operación **1320**). Este valor se puede inicializar como un -1 en estos ejemplos. En estos ejemplos, la variable EsperaRM se puede establecer igual a S2H o H2S dependiendo del tipo particular de transición. S2H puede

representar una transición de blando a duro (*Soft To Hard*) en las capas, mientras que H2S puede representar una transición de duro a blando (*Hard To Soft*) en las capas. Esta variable se puede usar en la operación **1320** para determinar si el proceso está esperando que la perforadora se desplace una distancia relativa igual a la rotura mínima. Si la variable EsperaRM no se establece igual, el proceso puede identificar el tipo de transición de capas que ha tenido lugar (la operación **1322**).

Si la transición de capas es una transición de blando a duro, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si se va a usar un proceso de control numérico por ordenador (CNC, *computer numerical control*) para un proceso de empuje adaptativo (la operación **1324**). La identificación de este tipo de proceso se puede realizar a partir de las definiciones de capas. Si se va a realizar un proceso de control numérico por ordenador, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el eje ha superado la distancia establecida para este proceso (la operación **1326**). Si el eje no ha superado esta distancia, el proceso puede volver al bucle de perforación **1304** para continuar la perforación.

De lo contrario, el proceso establece la variable EsperaRM igual a S2H (la operación 1328). Esta variable puede indicar por qué el proceso está esperando a que pase una distancia para la rotura mínima. El valor S2H representa una transición de blando a duro.

Entonces, el proceso cambia los engranajes (la operación **1330**). En el cambio de los engranajes en la operación **1330**, se selecciona una nueva capa en las definiciones de capas para su procesamiento. Se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el número de capa actual es mayor que el número de capas que se encuentran presentes en las definiciones de capas (la operación **1332**). Si el número de capa actual es mayor que o igual al número de capas, el proceso de perforación se puede haber completado y el proceso avanza a la operación **1308** tal como se ha descrito en lo que antecede. Si el número de capa actual no es mayor que el número de capas, entonces se puede encontrar presente otra capa para perforar, y el proceso vuelve al bucle de perforación **1304**.

Con referencia una vez más a la operación **1324**, si el proceso es un proceso de empuje adaptativo, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el cambio en el empuje de reacción, EmpAct, es mayor que el umbral establecido, EmpObj, para el cambio (la operación **1334**). Si el cambio en el empuje de reacción es mayor que el umbral, el proceso avanza a la operación **1328** tal como se ha descrito en lo que antecede. Esta determinación indica que se puede haber alcanzado una nueva capa. Si el empuje de reacción no es mayor que el nivel umbral, el proceso puede continuar la operación de perforación y vuelve al bucle de perforación **1304** tal como se ha descrito en lo que antecede.

Con referencia una vez más a la operación **1322**, si la transición de capas es una transición de duro a blando, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el proceso es un proceso de control numérico por ordenador (CNC, *computer numerical control*) o un proceso de empuje adaptativo (la operación **1336**). Si el proceso es un proceso de control numérico por ordenador, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el eje ha superado la distancia establecida para esta capa (la operación **1338**).

Si el eje no ha superado la distancia, el proceso puede volver al bucle de perforación **1304**. De lo contrario, el proceso puede establecer la variable EsperaRM igual a H2S (la operación **1340**). Entonces, el proceso puede volver al bucle de perforación **1304**.

Con referencia una vez más a la operación **1336**, si se está usando un proceso de empuje adaptativo, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el cambio en la fuerza de empuje de reacción, EmpAct, es mayor que el nivel umbral, EmpObj, (la operación **1342**). Si el cambio en el empuje es mayor que el nivel umbral, el proceso puede avanzar a la operación **1340** tal como se ha descrito en lo que antecede. De lo contrario, el proceso puede volver al bucle de perforación **1304**.

Con referencia una vez más a la operación **1320**, si se ha establecido la variable EsperaRM, el proceso puede determinar si se ha recorrido la distancia de rotura mínima, RoturaMín, (la operación **1344**). La rotura mínima puede ser la distancia que se requiere que se desplace el mecanismo de alimentación después de que se haya detectado una diferencia en la fuerza de empuje de reacción al tiempo que se mantienen los parámetros de perforación actuales. Esta operación puede permitir que el diámetro completo de la broca de perforación penetre en el nuevo material antes de cambiar los parámetros.

Si no se ha recorrido la distancia de rotura mínima, el proceso puede volver al bucle de perforación **1304** para continuar realizando la operación de perforación. De lo contrario, se puede realizar una determinación para identificar el valor de EsperaRM (la operación **1346**).

Si EsperaRM se establece igual a S2H, el proceso puede leer el empuje de reacción (la operación **1348**). Entonces, el proceso puede calcular el empuje objetivo (la operación **1350**). En la operación **1350**, el empuje objetivo se puede calcular como el empuje actual más el delta de empuje si la variable EsperaRM es igual a S2H. Si la variable

EsperaRM es igual a H2S, el empuje objetivo se puede calcular como el empuje actual menos el delta de empuje. El proceso puede establecer la variable EsperaRM igual a un 1 negativo (la operación **1352**), con el proceso volviendo al bucle de perforación **1304**. Un 1 negativo puede indicar que no se ha establecido la espera por rotura mínima.

5 Con referencia una vez más a la operación **1346**, si la variable EsperaRM se establece igual a H2S, el proceso puede cambiar los engranajes (la operación **1354**). Tal como se ha descrito en lo que antecede, un cambio de los engranajes puede comportar leer la nueva capa en las definiciones de materiales en el establecimiento de una velocidad para la operación de perforación. Cuando se cambian los engranajes, el número de capa actual se incrementa debido a que se está procesando una nueva capa en el conjunto de capas.

10 Se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el número de capa actual es mayor que o igual al número de capas en la pila (la operación **1356**). En la operación **1356**, si la capa actual es mayor que el número de capas, se puede haber completado la perforación de la última capa. Si la capa actual es igual al número de capas en una pila, la capa actual puede ser la última capa a perforar. Si el número de capa actual no es mayor que el número de capas, el proceso puede avanzar a la operación **1348** tal como se ha descrito en lo que antecede. De lo contrario, el proceso puede avanzar a la operación **1308**.

15 Con referencia a continuación a **la figura 14**, un diagrama de flujo de un proceso para detectar si se ha dañado una broca de perforación se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso que se ilustra en **la figura 14** se puede poner en práctica en el proceso **702** en **la figura 7**.

20 El proceso comienza mediante la recepción de unos datos de fuerza de presión de reacción (la operación **1400**). Se puede realizar una determinación en lo que respecta a si la fuerza de empuje de reacción ha disminuido a un valor que indica la presencia de una capa de aire (la operación **1408**). Si la fuerza de empuje de reacción indica que no se ha alcanzado una capa de aire, el procesador puede volver a la operación **1400**. Si la fuerza de empuje de reacción indica la presencia de una capa de aire, se puede realizar una determinación en lo que respecta a si un periodo de tiempo umbral ha estado superando la operación **1404**. Si no se ha superado un periodo de tiempo umbral, el proceso también puede volver a la operación **1400**.

25 Si se ha superado un periodo de tiempo umbral en el que una capa de aire es identificada como presente, se puede identificar una profundidad de la broca de perforación (la operación **1406**). Esta profundidad se puede comparar con un espesor del apilamiento que se está perforando (la operación **1408**). Se puede realizar una determinación en lo que respecta a si el orificio se puede haber completado (la operación **1410**). Si la profundidad es mayor que el espesor de apilamiento, se puede realizar una determinación en la operación **1410** de que se ha completado el orificio.

30 Si se ha completado el orificio, entonces el proceso puede indicar la compleción del orificio (la operación **1412**), terminando el proceso a continuación de lo anterior. De lo contrario, el proceso puede indicar que se puede encontrar presente un daño de broca de perforación (la operación **1414**), terminando el proceso a continuación de lo anterior.

35 Con referencia a continuación a **la figura 15**, un diagrama de flujo de un proceso para identificar si una broca de perforación está desgastada o ha quedado inutilizable se muestra de acuerdo con una realización ventajosa. El proceso en **la figura 15** se puede poner en práctica en el proceso **702** en **la figura 7**.

40 El proceso comienza mediante la recepción de unos datos de fuerza de empuje de reacción (la operación **1500**). Se puede realizar una determinación en lo que respecta a si la fuerza de empuje de reacción es mayor que un valor para la capa actual. Este valor puede ser un valor de la fuerza de empuje de reacción esperada para la capa actual. Si la fuerza de empuje de reacción no es mayor que el valor para la capa actual, el proceso puede volver a la operación **1500**. De lo contrario, el proceso puede indicar que la broca de perforación puede estar desgastada (la operación **1504**), terminando el proceso a continuación de lo anterior.

45 De esta forma, las diferentes realizaciones ventajosas proporcionan un método y aparato para realizar operaciones de perforación. En las diferentes realizaciones ventajosas, las transiciones entre diferentes capas se identifican usando mediciones de empuje de fuerza de reacción. La supervisión del empuje de fuerza de reacción se realiza para identificar cambios o diferencias en el empuje de fuerza de reacción.

50 Las diferencias se pueden usar para identificar cuándo se ha alcanzado otra capa que tiene un tipo diferente de material. Por el contrario, este tipo de medición se realiza para medir el valor real del empuje para identificar un tipo de material. Con este tipo de medición, los cambios debidos al desgarrar y desgaste mecánico en el aparato de perforación pueden no afectar a la identificación de las transiciones de una capa a otra capa. Como resultado, puede que no sean necesarios ajustes en el aparato de perforación y / o un programa para el aparato de perforación.

Además, con estas mediciones, se pueden identificar fallos o problemas con una broca de perforación además de

- 5 identificar transiciones. La identificación de la transición de una capa a otra capa se puede usar para cambiar la velocidad de perforación para un tipo particular de material. De esta forma, el tiempo que es necesario para perforar a través de un apilamiento se puede reducir debido a que se pueden usar unas velocidades de perforación más rápidas para materiales más blandos en lugar de usar la velocidad más lenta para el material más duro que se encuentra presente en un apilamiento.
- 10 Los diagramas de flujo y los diagramas de bloques en las diferentes realizaciones ilustradas ilustran la arquitectura, funcionalidad y el funcionamiento de algunas puestas en práctica posibles de aparatos, métodos y productos de programa informático. A este respecto, cada bloque en el diagrama de flujo o los diagramas de bloques puede representar un módulo, segmento o porción de código de programa utilizable o legible por ordenador, que comprende una o más instrucciones ejecutables para poner en práctica la función o funciones especificadas.
- En algunas puestas en práctica alternativas, la función o funciones que se indican en el bloque pueden tener lugar fuera del orden que se indica en las figuras. Por ejemplo, en algunos casos, dos bloques que se muestran en sucesión se pueden ejecutar de forma sustancialmente concurrente, o los bloques se pueden ejecutar, en ocasiones, en el orden inverso, dependiendo de la funcionalidad implicada.
- 15 Las diferentes realizaciones ventajosas pueden adoptar la forma de una realización completamente en soporte físico, una realización completamente en soporte lógico, o una realización que contiene elementos tanto de soporte físico como de soporte lógico. Algunas realizaciones se ponen en práctica en soporte lógico, que incluye pero no se limita a formas, tales como, por ejemplo, soporte lógico inalterable, soporte lógico residente y microcódigo.
- 20 Además, las diferentes realizaciones pueden adoptar la forma de un producto de programa informático accesible desde un soporte utilizable por ordenador o legible por ordenador que proporciona un código de programa para su uso por parte de o en conexión con un ordenador o cualquier dispositivo o sistema que ejecute instrucciones. Para los fines de la presente divulgación, un soporte utilizable por ordenador o legible por ordenador puede ser, en general, cualquier aparato tangible que pueda contener, almacenar, comunicar, propagar o transportar el programa para su uso por parte de o en conexión con el sistema, aparato o dispositivo de ejecución de instrucciones.
- 25 El soporte utilizable por ordenador o legible por ordenador puede ser, por ejemplo, sin limitación, un sistema electrónico, magnético, óptico, electromagnético, de infrarrojos o de semiconductores, o un medio de propagación. Algunos ejemplos no limitantes de un soporte legible por ordenador incluyen una memoria de semiconductores o de estado sólido, cinta magnética, un disquete informático extraíble, una memoria de acceso aleatorio (RAM, *random access memory*), una memoria de solo lectura (ROM, *read only memory*), un disco magnético rígido y un disco óptico. Los discos ópticos pueden incluir disco compacto - memoria de solo lectura (CD-ROM, *compact disk - read only memory*), disco compacto - lectura / escritura (CD-R / W, *compact disk - read / write*) y DVD.
- 30 Además, un soporte utilizable por ordenador o legible por ordenador puede contener o almacenar un código de programa legible o utilizable por ordenador de tal modo que, cuando el código de programa legible o utilizable por ordenador se ejecuta en un ordenador, la ejecución de este código de programa legible o utilizable por ordenador da lugar a que el ordenador transmita otro código de programa legible o utilizable por ordenador a través de un enlace de comunicaciones. Este enlace de comunicaciones puede usar un soporte que es, por ejemplo, sin limitación, físico o inalámbrico.
- 35 Un sistema de procesamiento de datos adecuado para almacenar y / o ejecutar código de programa legible por ordenador o utilizable por ordenador incluirá uno o más procesadores que están acoplados directa o indirectamente con elementos de memoria a través de una estructura de comunicaciones, tal como un bus de sistema. Los elementos de memoria pueden incluir una memoria local que se emplea durante la ejecución en la práctica del código de programa, un almacenamiento masivo y memorias caché que proporcionan un almacenamiento temporal de al menos algún código de programa legible por ordenador o utilizable por ordenador para reducir el número de veces que el código se puede recuperar del almacenamiento masivo durante la ejecución del código.
- 40 Los dispositivos de entrada / salida o de E / S se pueden acoplar con el sistema o bien directamente o bien a través de controladores de E / S intermedios. Estos dispositivos pueden incluir, por ejemplo, sin limitación, teclados, visualizadores de pantalla táctil y dispositivos apuntadores. También se pueden acoplar diferentes adaptadores de comunicaciones con el sistema para posibilitar que el sistema de procesamiento de datos quede acoplado con otros sistemas de procesamiento de datos o dispositivos de almacenamiento o impresoras remotas a través de redes privadas o públicas intermedias. Algunos ejemplos no limitantes son los módems y los adaptadores de red son solo unos pocos de los tipos de adaptadores de comunicaciones disponibles en la actualidad.
- 45 La descripción de las diferentes realizaciones ventajosas se ha presentado por razones de ilustración y de descripción, y no se tiene por objeto que sea exhaustiva o que esté limitada a las realizaciones en la forma que se divulga. Muchas modificaciones y variaciones serán evidentes a los expertos en la materia. Además, diferentes realizaciones ventajosas pueden proporcionar ventajas diferentes en comparación con otras realizaciones
- 55

ventajosas. La realización o realizaciones que se seleccionan se eligen y describen con el fin de explicar del mejor modo los principios de las realizaciones y la aplicación práctica, y para posibilitar que otros expertos en la materia entiendan la divulgación para diversas realizaciones con diversas modificaciones según sean adecuadas para el uso particular que se contemple.

REIVINDICACIONES

1. Un aparato para realizar una operación de perforación sobre un apilamiento de materiales, comprendiendo el aparato:
- un alojamiento (302);
- 5 un eje (304) capaz de recibir una broca de perforación;
- un motor de eje (308) capaz de girar el eje a un conjunto de diferentes velocidades durante la operación de perforación;
- un motor de empuje (306) capaz de mover el eje en una dirección axial en un movimiento de vaivén y / o de alimentación;
- 10 un sensor de carga (310) capaz de detectar una fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación para formar una fuerza de empuje de reacción detectada;
- un controlador (312) capaz de controlar el motor de eje y el motor de empuje para cambiar una velocidad de perforación en respuesta a cambios en la fuerza de empuje de reacción detectada (708), **caracterizado por que** el código de programa (700) ejecutable por el controlador para cambiar la velocidad de perforación durante la
- 15 operación de perforación comprende adicionalmente un proceso (702), una configuración (704, 800), unas definiciones de capas (710) y unas definiciones de materiales (712), en el que
- el proceso contiene un código para realizar operaciones de perforación de una forma adaptativa, la configuración proporciona unos valores de inicialización para el proceso, y las definiciones de capas definen un conjunto de capas en el apilamiento para la operación de perforación, y
- 20 en el que la configuración comprende un parámetro de empuje de espera de vaivén que está asociado con una distancia que ha de desplazarse una perforadora después de completar un movimiento de vaivén completo y moverse hacia delante al interior del material antes de leer las fuerzas de empuje de reacción.
2. El aparato de la reivindicación 1, en el que las definiciones de capas definen un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica cuándo se alcanza una nueva capa en el conjunto de capas.
- 25 3. El aparato de la reivindicación 1, en el que las definiciones de capas definen un espesor de una capa, el espesor se usa para identificar una distancia para realizar la operación de perforación cuando un cambio en la fuerza de empuje de reacción detectada no se usa para controlar la velocidad de perforación.
4. El aparato de la reivindicación 2, en el que las definiciones de materiales definen adicionalmente una dureza normalizada que se usa para identificar una transición de capas dentro del conjunto de capas.
- 30 5. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la velocidad de perforación comprende al menos una de una velocidad a la que gira el eje y una velocidad a la que el motor de empuje mueve el eje en la dirección axial.
6. Un método para realizar una operación de perforación sobre un apilamiento usando un aparato tal como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, comprendiendo el método:
- 35 supervisar una fuerza de empuje de reacción durante la operación de perforación; y
- en respuesta a un cambio en la fuerza de empuje de reacción que indica una nueva capa, identificar la nueva capa, en el que la nueva capa se vuelve la capa actual en la operación de perforación.
7. El método de la reivindicación 6, que comprende adicionalmente:
- identificar una capa actual en una pluralidad de capas en el apilamiento; y
- 40 controlar una velocidad de perforación para la operación de perforación en función de un material en la capa actual que se está perforando.
8. El método de la reivindicación 6 o 7, que comprende adicionalmente:

finalizar la operación de perforación cuando se ha perforado la totalidad de la pluralidad de capas.

9. El método de la reivindicación 7 u 8, en el que la etapa de control comprende:

controlar una velocidad a la que gira un eje; y

controlar una velocidad a la que el eje se mueve en sentido axial.

5 10. El método de la reivindicación 7, 8 o 9, en el que la etapa de identificación comprende:

identificar la capa actual usando definiciones de capas.

11. El método de la reivindicación 7, 8, 9 o 10, en el que la etapa de control comprende:

seleccionar la velocidad de perforación para el material en la capa actual a partir de definiciones de materiales para la pluralidad de capas para formar una velocidad de perforación seleccionada; y

10 dar lugar a que el eje se mueva a la velocidad de perforación seleccionada usando la velocidad de perforación seleccionada.

12. El método de cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, que comprende adicionalmente:

controlar la velocidad de perforación de la operación de perforación en función de una distancia que se ha desplazado una broca de perforación al interior del apilamiento.

15

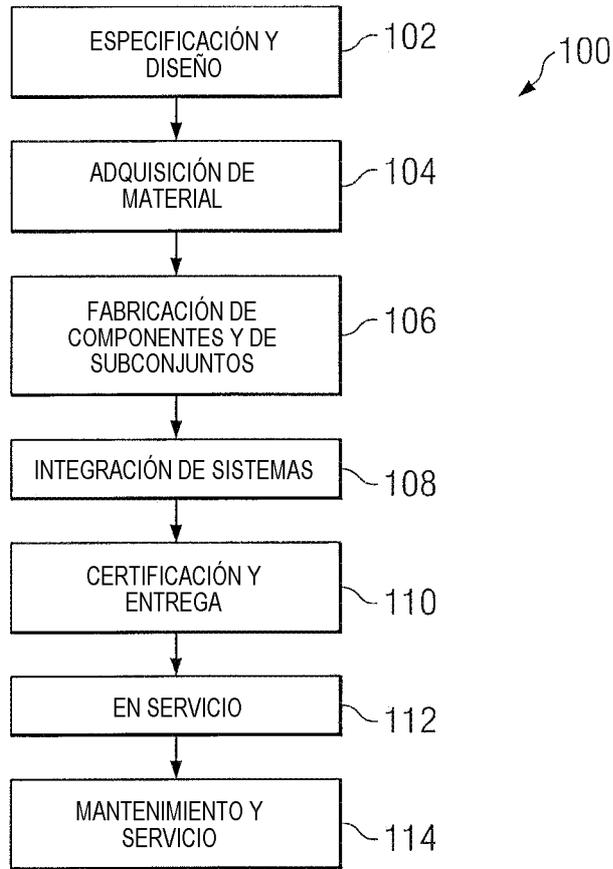


FIG. 1

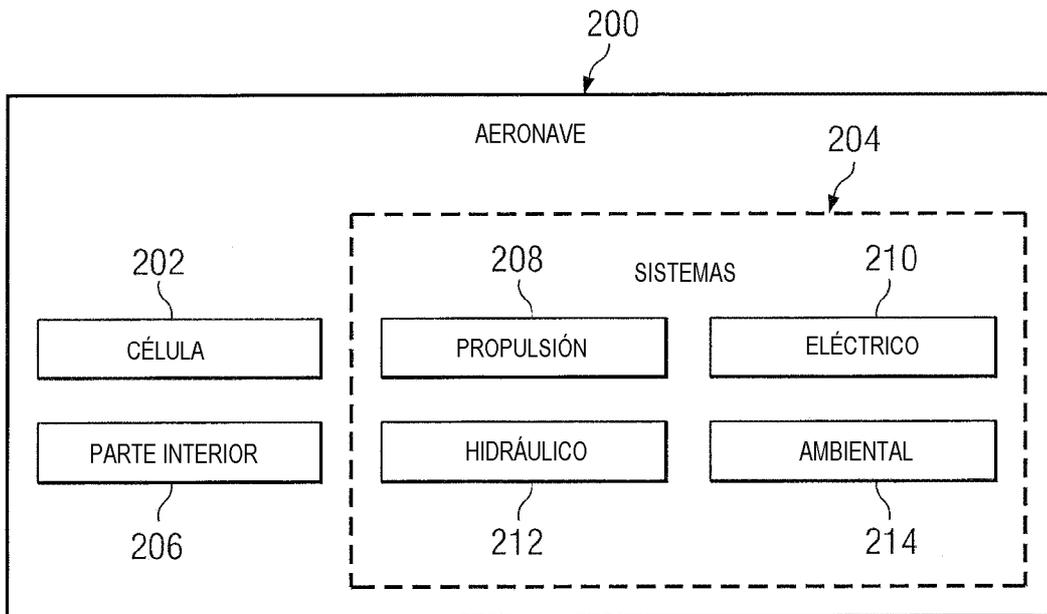


FIG. 2

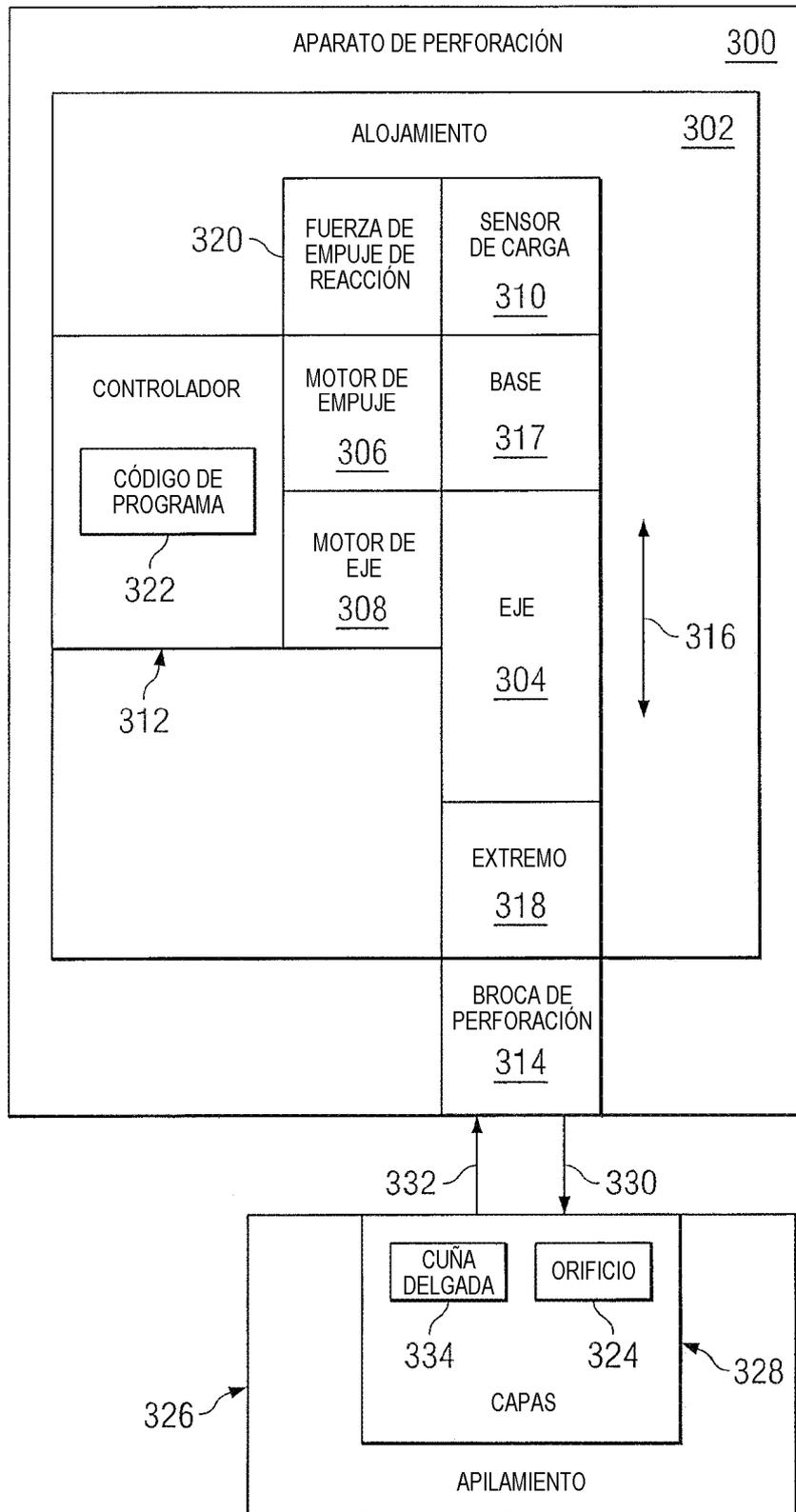


FIG. 3

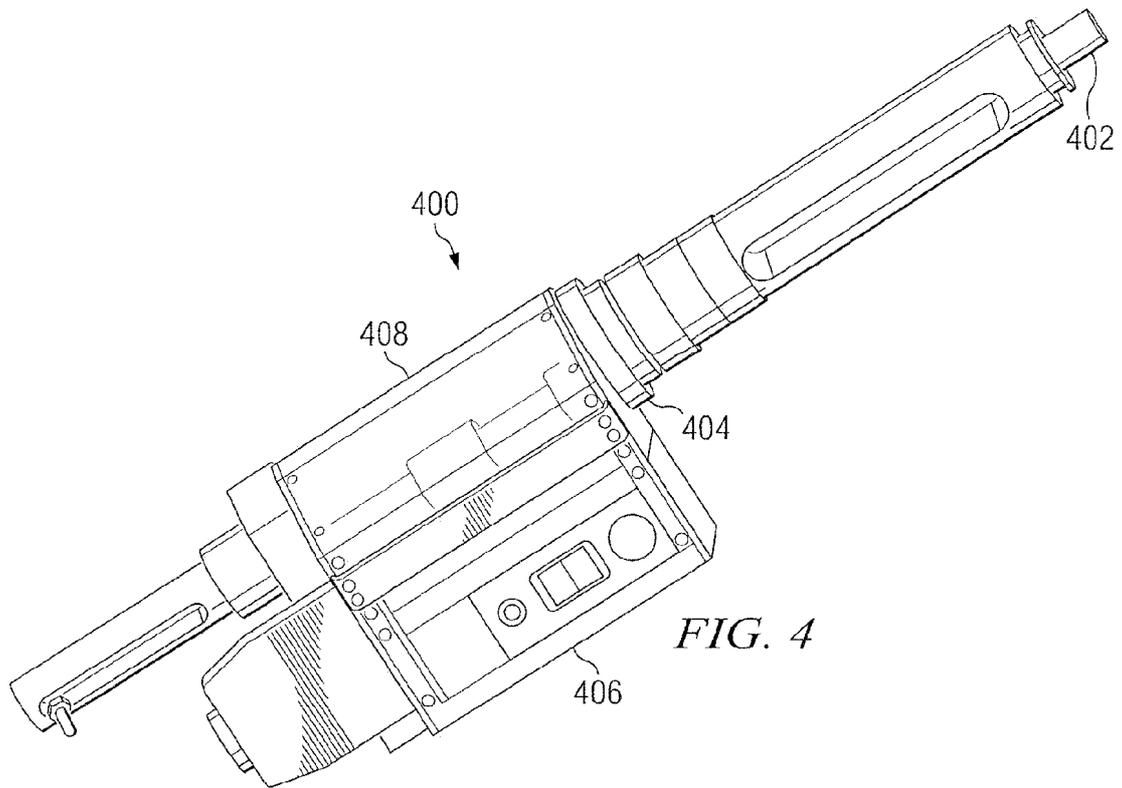


FIG. 4

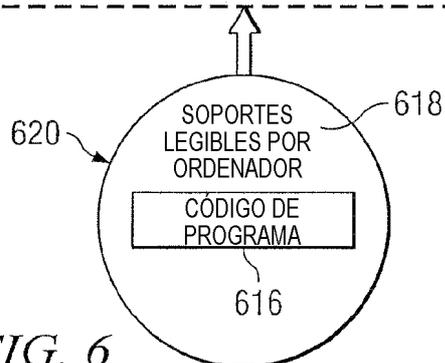
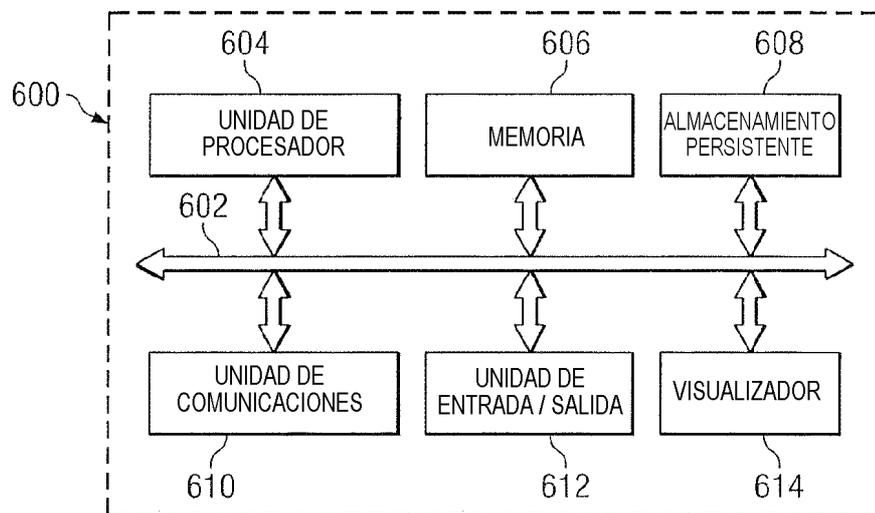


FIG. 6

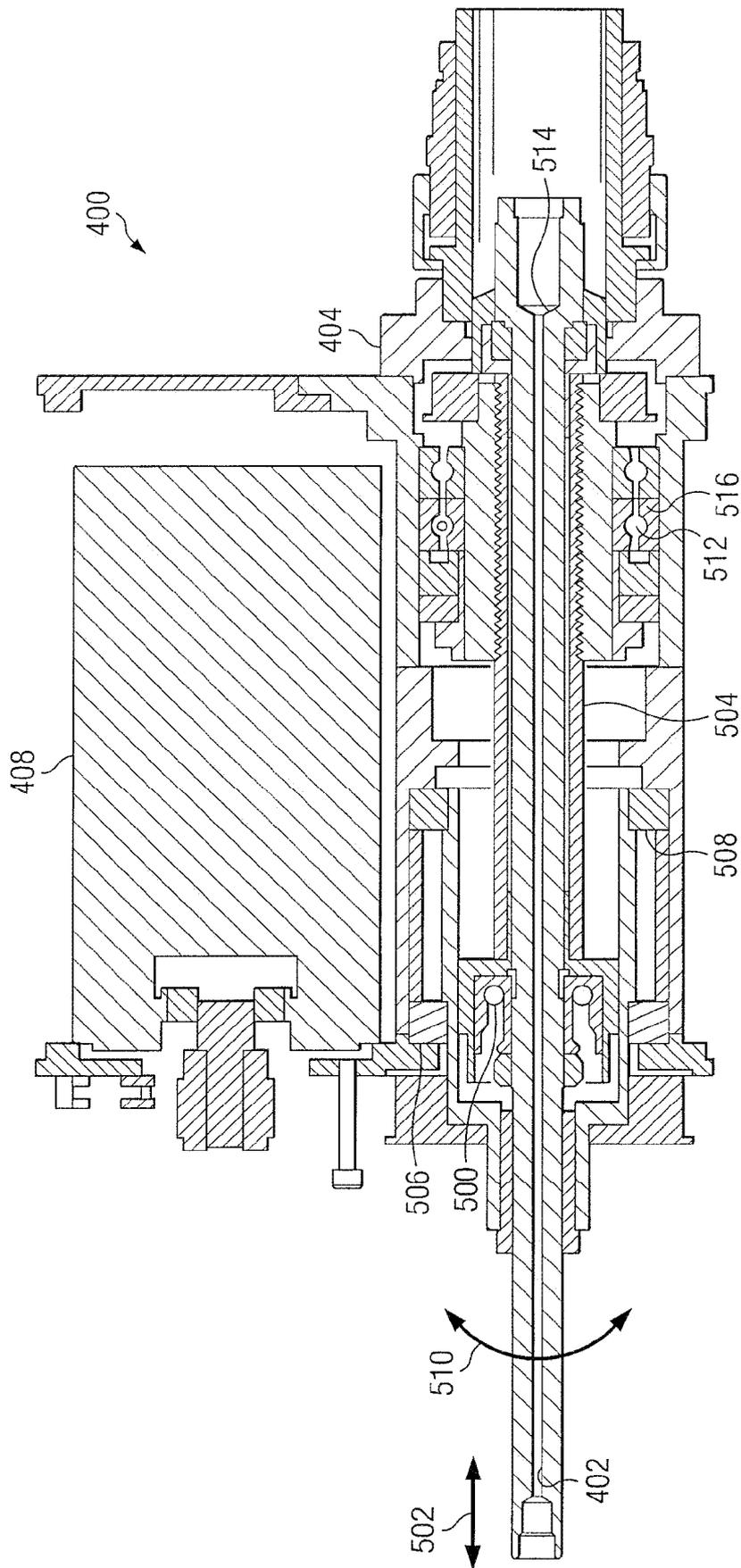


FIG. 5

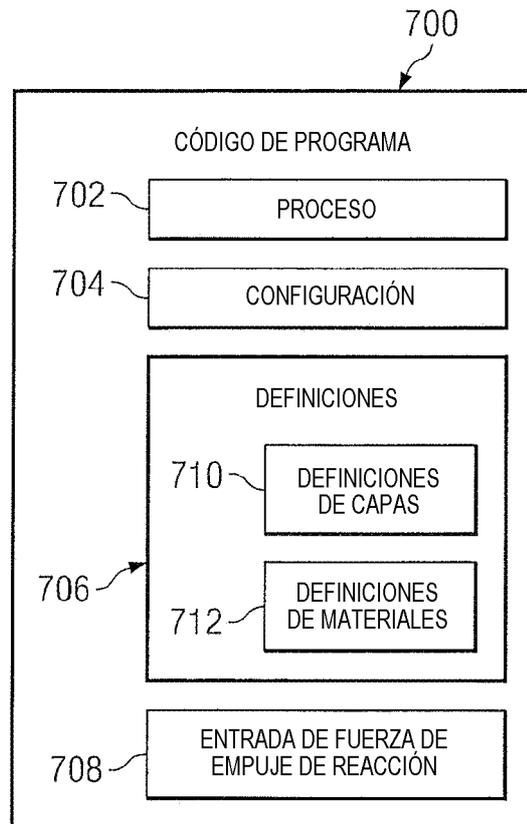


FIG. 7

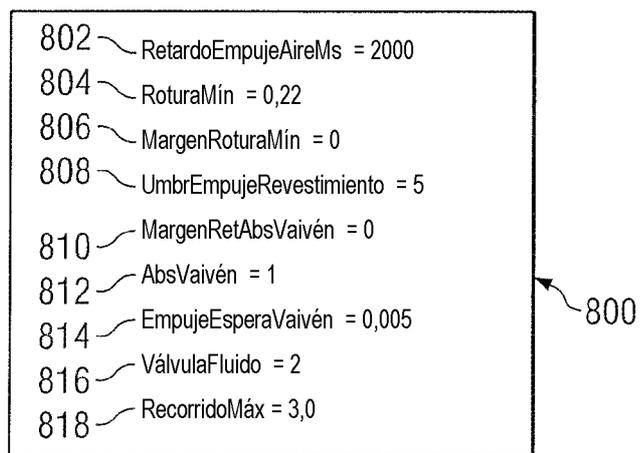


FIG. 8

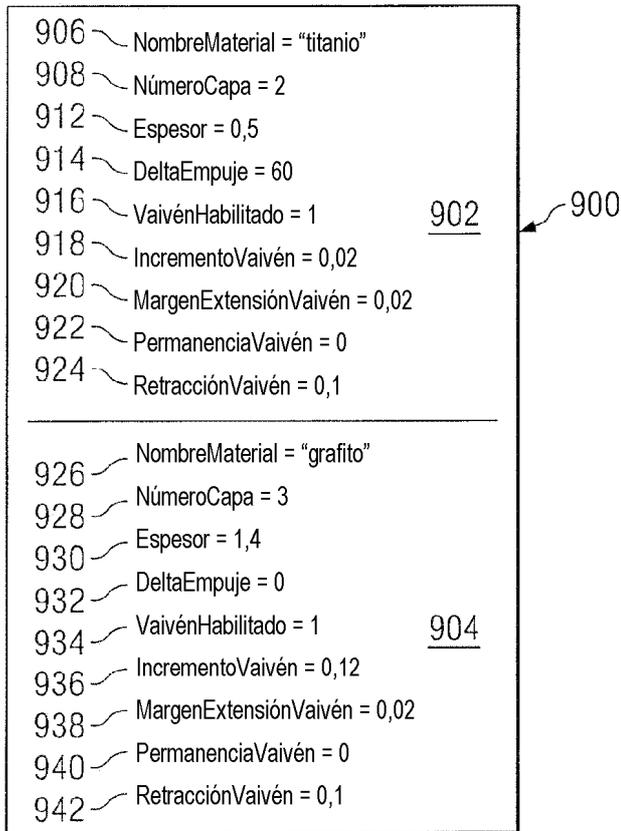


FIG. 9

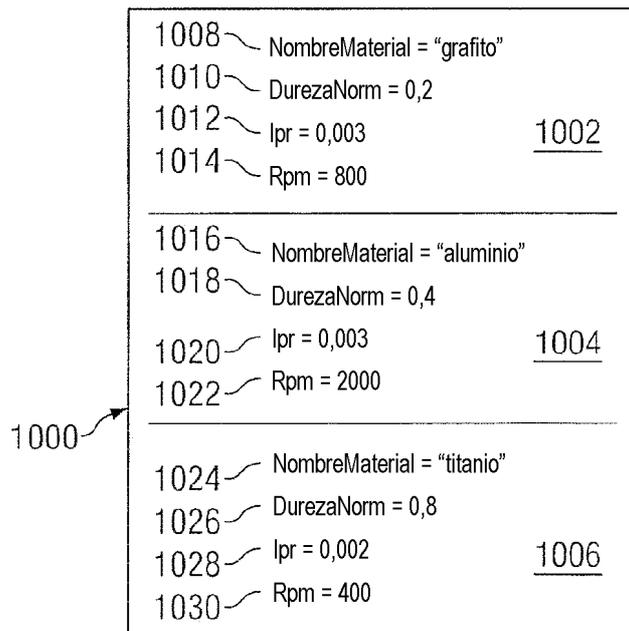


FIG. 10

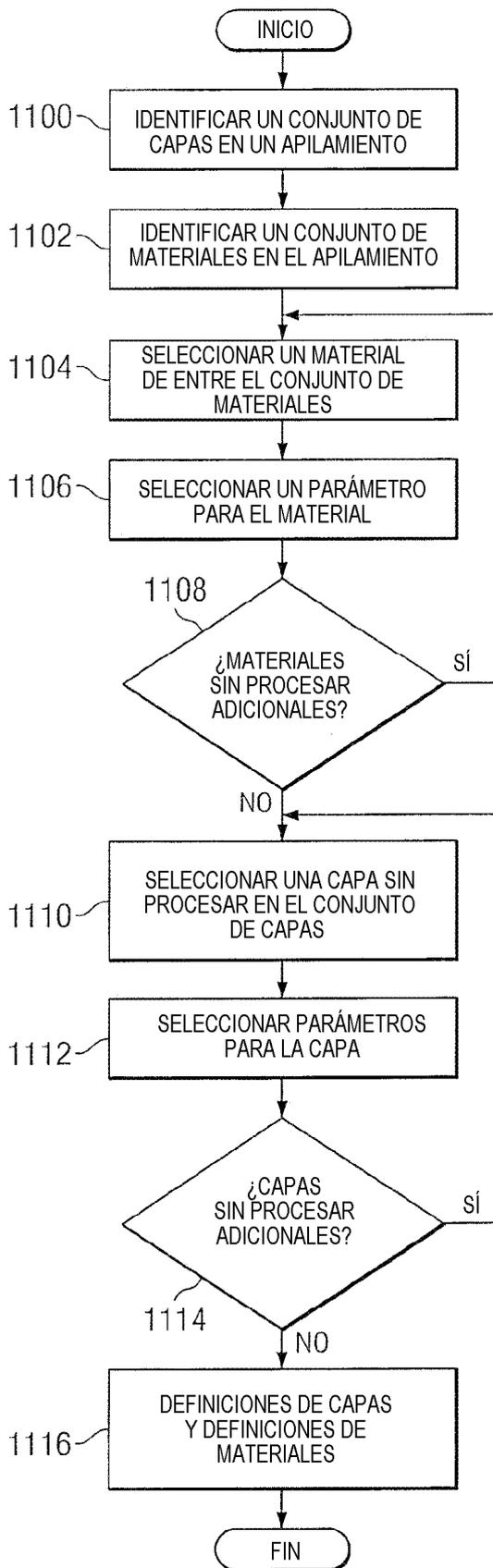


FIG. 11

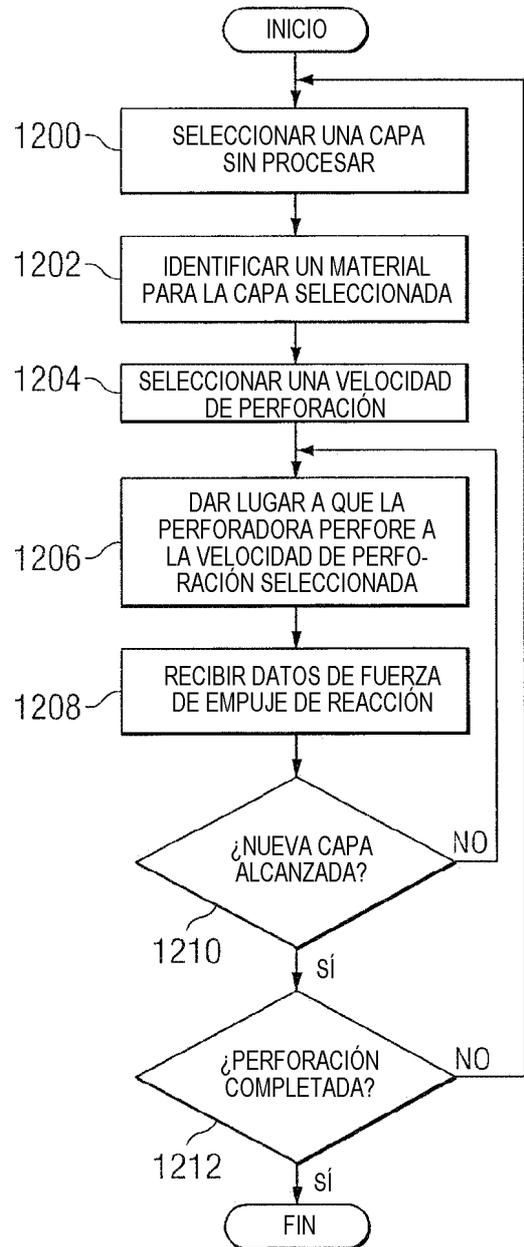
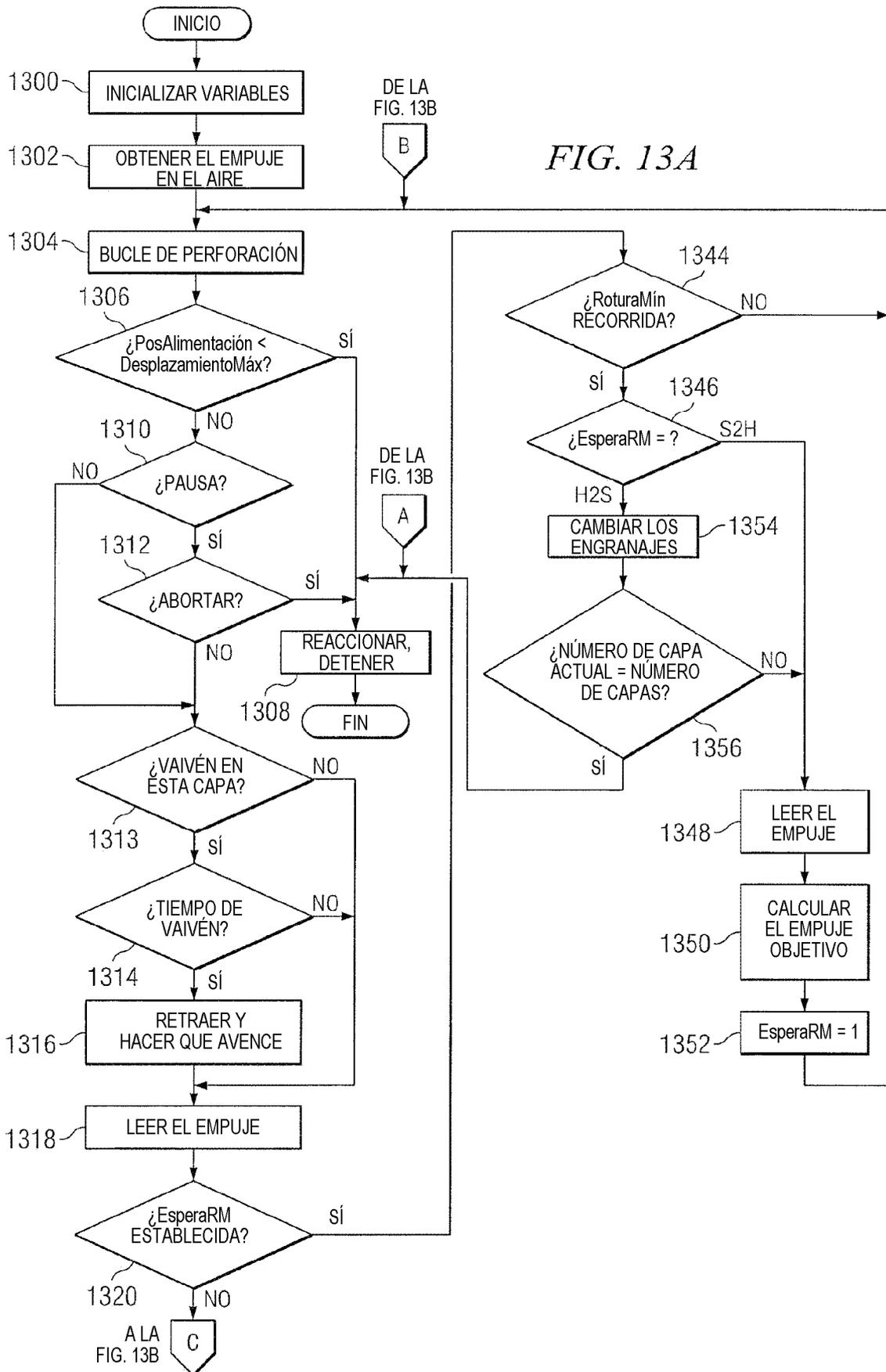


FIG. 12



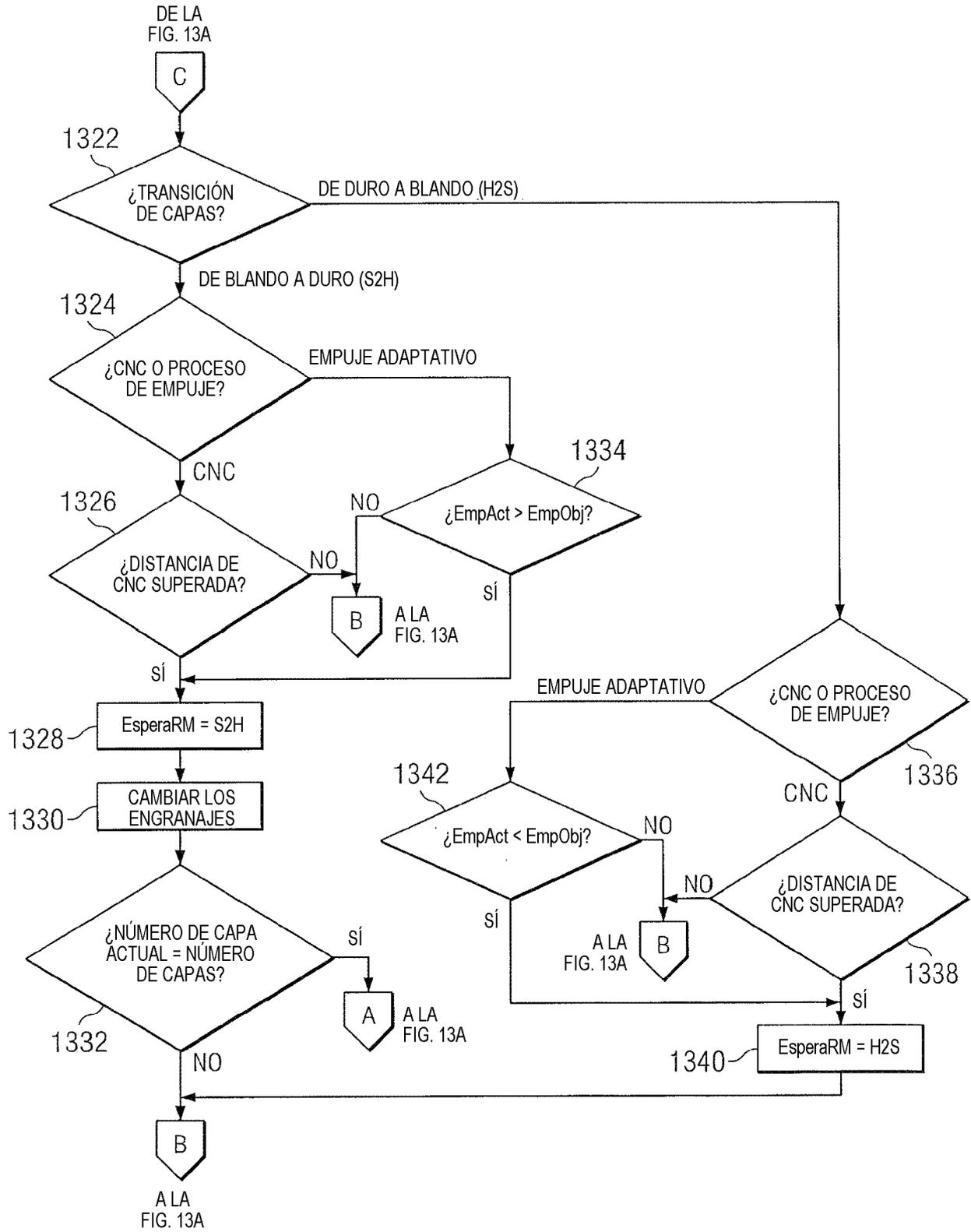


FIG. 13B

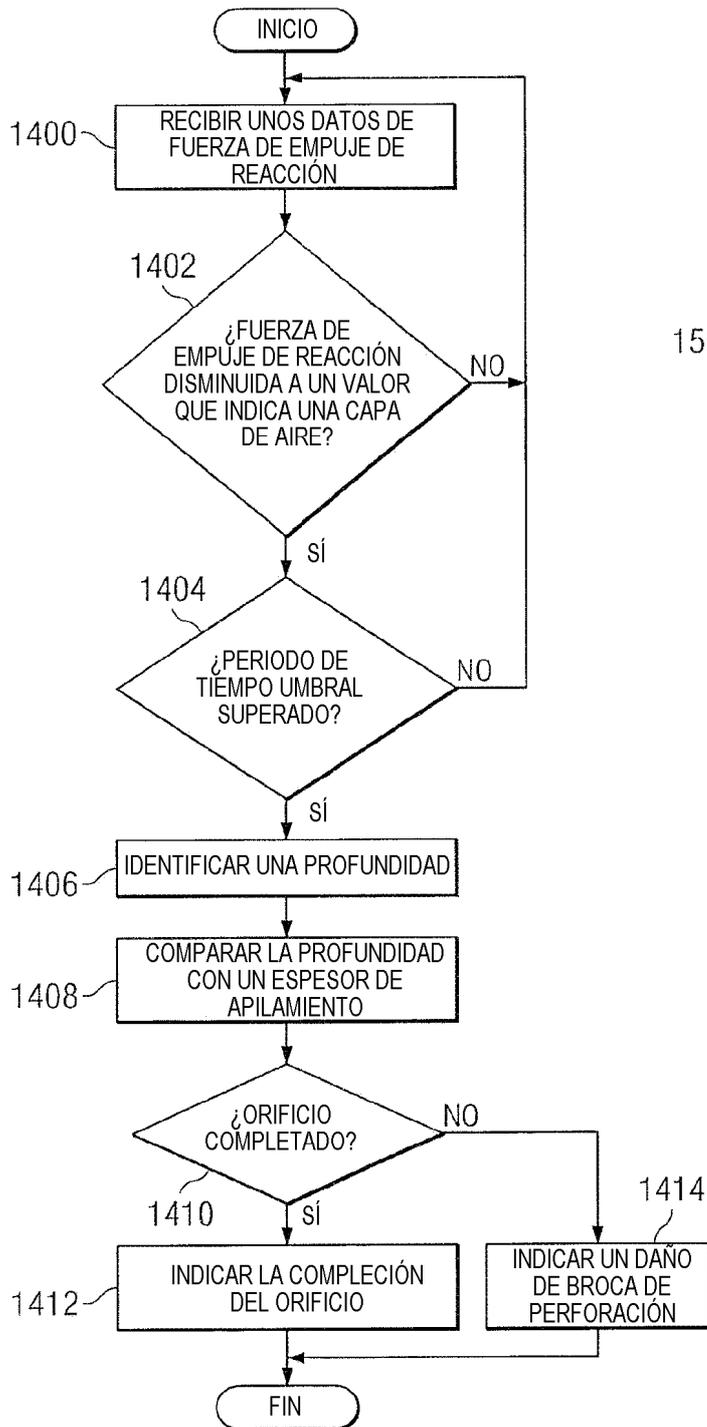


FIG. 14

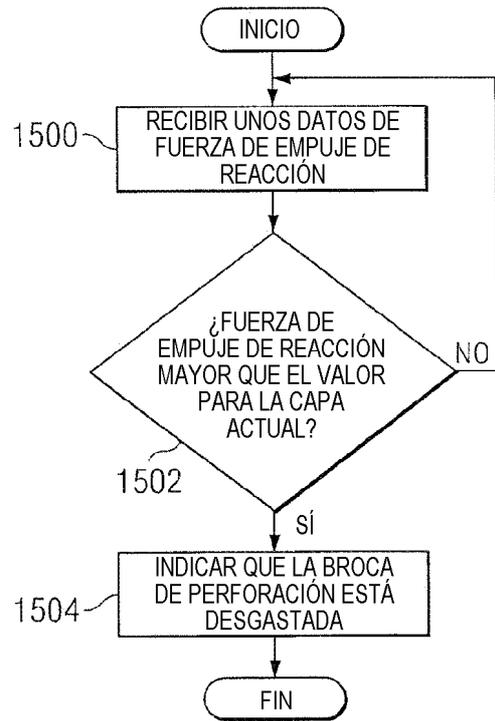


FIG. 15