

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 965 537**

51 Int. Cl.:

F02M 59/34 (2006.01)
F02M 63/00 (2006.01)
F02D 7/00 (2006.01)
F02D 41/38 (2006.01)
F02M 61/20 (2006.01)
F02M 59/36 (2006.01)
F02M 59/46 (2006.01)
F02M 63/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **27.11.2019** **PCT/US2019/063504**
 87 Fecha y número de publicación internacional: **04.06.2020** **WO20112933**
 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.11.2019** **E 19827936 (6)**
 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.09.2023** **EP 3857048**

54 Título: **Bomba de combustible de alta presión con regulación de presión mecánica**

30 Prioridad:

27.11.2018 US 201862771829 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.04.2024

73 Titular/es:

STANADYNE OPERATING COMPANY LLC
(100.0%)
405 White Street
Jacksonville, NC 28546, US

72 Inventor/es:

PELLINI, RICHARD, P.;
MOREL, KENNETH, R.;
PALERMO, DAVID, G.;
MYREN, DOMINIC, M.;
NORKIN, YEVGENIY y
WEGRZYNIAK, MICHAEL

74 Agente/Representante:

CURELL SUÑOL, S.L.P.

ES 2 965 537 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

Bomba de combustible de alta presión con regulación de presión mecánica

5 Antecedentes

La presente divulgación se refiere a bombas de alta presión de inyección directa para automóviles y, más particularmente, a una válvula de control de flujo mecánica, que funciona por presión para la entrada de bomba.

10 En los sistemas de motores de automoción actuales, hay una creciente demanda de inyección directa de bajo coste. En los sistemas de inyección de riel común, el combustible se suministra mediante una bomba de alta presión a un riel de combustible que sirve como depósito de almacenamiento presurizado para el combustible. El combustible se encuentra a alta presión en el riel de combustible y puede inyectarse directamente en los cilindros a través de inyectores conectados al riel. Idealmente, el sistema de inyección de combustible está diseñado para
15 mantener una presión constante, o casi constante, en el riel común.

Las bombas de combustible de alta presión habituales presentan una válvula solenoide en la entrada como válvula de control de flujo para controlar el caudal a través de la bomba. La válvula de solenoide es complicada, requiere una conexión eléctrica a una fuente de alimentación, así como un complejo sistema de control, y añade coste a la
20 bomba de alta presión. La válvula de solenoide puede configurarse y operarse para "verter" combustible de vuelta a una entrada de baja presión de la bomba durante una parte inicial de la carrera de bombeo del émbolo de bomba de alta presión. Este método denominado "llenar y verter" llena completamente la cámara de bombeo de la bomba de combustible y, a continuación, vierte parte del combustible de vuelta a la entrada de baja presión para controlar la cantidad de combustible suministrada al de riel común.

25 Una configuración de válvula de entrada alternativa controla el caudal de combustible que entra en la cámara de bombeo de la bomba de combustible. Puede utilizarse un solenoide proporcional para controlar el área de una abertura de flujo variable para variar la velocidad a la que el combustible fluye hacia la cámara de bombeo. La bomba de combustible presuriza y bombea solo el combustible que puede entrar en la cámara de bombeo.

30 Tanto en la configuración de llenado y vertido como en la de medición de entrada, la presión del riel común se supervisa por una unidad de control de motor (ECU) y la válvula de entrada accionada por solenoide se opera para aumentar o disminuir la cantidad de combustible bombeado por la bomba de combustible para mantener una presión constante en el riel común.

35 Existe la necesidad de una válvula de control de flujo mecánica que funciona por presión que sea de construcción sencilla, elimine el control electrónico y suministre combustible a una presión constante a un riel de combustible. Los documentos DE102011007182 A1, EP2434137 A1 y US9243596 B2 divulgan bombas de combustible de alta presión con una válvula de medición de entrada.

40 Sumario

Una bomba de combustible de alta presión con regulación de presión mecánica incluye un émbolo de bombeo accionado por un seguidor de leva en contacto con el perfil de una leva giratoria, cambiando el émbolo de bombeo
45 axialmente en una cámara de bombeo entre un movimiento de retracción durante el cual se suministra combustible a la cámara de bombeo y un movimiento de bombeo durante el cual el émbolo presuriza el combustible en la cámara de bombeo. El combustible presurizado por la bomba fluye a través de un paso de salida de bomba hacia un riel común presurizado. La bomba de combustible incluye una válvula de medición de entrada dispuesta para controlar la cantidad de combustible suministrado a la cámara de bombeo durante el movimiento de retracción del
50 émbolo de bombeo. La válvula de medición de entrada incluye un elemento de válvula de medición móvil entre una posición cerrada que impide el flujo de combustible a la cámara de bombeo y una posición abierta que permite que el combustible llene la cámara de bombeo, definiendo el movimiento del elemento de válvula de medición desde la posición cerrada a la posición abierta un área de flujo variable que aumenta a medida que el elemento de válvula de medición se mueve desde la posición cerrada hacia la posición abierta. La bomba también incluye un
55 pistón de accionamiento en una perforación de accionamiento expuesta a la presión en dicho riel común, correspondiendo el pistón de accionamiento desviado hacia una primera posición a la presión baja en el riel común y siendo móvil hacia una segunda posición que corresponde a la presión máxima en el riel común. El pistón de accionamiento incluye un tope de válvula que determina una posición de medición del elemento de válvula de medición. El elemento de válvula de medición se abre (se aleja de la posición cerrada) durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo a una posición de medición en contacto con el tope de válvula. La posición de medición del elemento de válvula de medición define un área de flujo variable que es una función de la presión en el riel común comunicada con la perforación de accionamiento.

65 El elemento de válvula de medición puede desviarse hacia la posición cerrada por un resorte de válvula de retención de medición de entrada comprimido entre el elemento de válvula de medición y el pistón de accionamiento. En formas de realización alternativas, el resorte de válvula de retención de medición de entrada se

comprime entre el elemento de válvula de medición y una estructura diferente al pistón de accionamiento. El resorte de válvula de retención de medición de entrada puede seleccionarse para tener un ligero desvío de modo que el elemento de válvula de medición de entrada se abra cuando la presión del combustible en la entrada de la bomba sea superior a la presión del combustible en el paso de medición, permitiendo que el elemento de válvula de medición funcione como una válvula de retención de entrada de bomba. El pistón de accionamiento puede desviarse hacia una primera posición correspondiente a baja presión en el paso de accionamiento por un resorte de accionamiento comprimido entre un interior de la perforación de accionamiento y el pistón de accionamiento. En algunas realizaciones, el resorte de accionamiento rodea y es concéntrico con el resorte de válvula de retención de medición de entrada. El resorte de accionamiento se selecciona de modo que dicho pistón de accionamiento se mueve a la segunda posición cuando la presión del combustible en el riel común es igual o superior a la presión máxima y un equilibrio de fuerzas entre la presión del combustible en el riel común y el desvío del resorte de accionamiento determina una posición de dicho pistón de accionamiento entre las posiciones primera y segunda. La posición del pistón de accionamiento en la perforación de accionamiento define la posición de medición del elemento de válvula de medición, al ser la posición de medición una función de la presión del combustible en el riel común comunicada con la perforación de accionamiento y aplicada a un extremo del pistón de accionado en oposición a una fuerza de desvío aplicada al pistón de accionado por el resorte de accionamiento. El elemento de válvula de medición controla el flujo de combustible entre la entrada de bomba y el paso de medición que conduce a la cámara de bombeo.

Según aspectos de la divulgación, el resorte de accionamiento puede seleccionarse para generar una fuerza de desvío de pistón de accionamiento, y el resorte de válvula de retención de medición de entrada puede seleccionarse para generar una fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada, siendo la fuerza de desvío de resorte de accionamiento superior a la fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada. La fuerza de desvío de resorte de accionamiento puede ser al menos dos veces la fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada, o más preferiblemente al menos cinco veces la fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada, o lo más preferiblemente al menos diez veces la fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada. En una bomba de combustible de alta presión en donde el elemento de válvula de medición está desviado por un resorte de válvula de retención de medición de entrada entre el pistón de accionamiento y el elemento de medición de válvula, una diferencia de fuerza grande entre la fuerza de desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada y el resorte de accionamiento sirve para dos propósitos. En primer lugar, un resorte de válvula de retención de medición de entrada ligero permite que el elemento de válvula de medición funcione como una válvula de retención de entrada de bomba, abriéndose cuando se expone a una presión de combustible relativamente baja generada por una bomba de suministro de combustible de baja presión durante la retracción del émbolo de bombeo. En segundo lugar, una gran diferencia de fuerza entre estos dos resortes garantiza que el movimiento del pistón de accionamiento es una función de la presión en el paso de salida de bomba y el riel común y no se ve afectado sustancialmente por la fuerza de desvío del resorte de la válvula de retención de medición de entrada.

La bomba de combustible de alta presión incluye un cuerpo de bomba que define la cámara de bombeo, conectando el paso de salida de bomba y el paso de accionamiento el paso de salida de bomba con la perforación de accionamiento. En algunas realizaciones de la bomba de combustible de alta presión divulgada, el pistón de accionamiento incluye una válvula de accionamiento, y la perforación de accionamiento incluye un asiento de válvula de accionamiento. La válvula de accionamiento se asienta contra el asiento de válvula de accionamiento cuando el pistón de accionamiento está en la primera posición para impedir el flujo de combustible desde el riel común más allá del pistón de accionamiento.

La divulgación incluye también un método de control de la cantidad de combustible suministrado a una cámara de bombeo de una bomba de combustible de alta presión en la que un émbolo de bombeo se acciona por un seguidor de leva en contacto con el perfil de una leva giratoria, moviéndose el émbolo de bombeo axialmente en la cámara de bombeo entre un movimiento de retracción durante el cual se suministra combustible a la cámara de bombeo y un movimiento de bombeo durante el cual el émbolo presuriza el combustible en la cámara de bombeo. El combustible presurizado en la cámara de bombeo fluye a través de un paso de salida de bomba hacia un riel común presurizado. El método incluye la disposición de una válvula de medición de entrada para controlar una cantidad de combustible suministrado a la cámara de bombeo durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo. La válvula de medición de entrada define un área de flujo variable entre una entrada de bomba y un paso de medición conectado a la cámara de bombeo, moviéndose entre una posición cerrada que impide el flujo de combustible a la cámara de bombeo y una posición abierta que permite que el combustible llene la cámara de bombeo. El movimiento del elemento de válvula de medición de la posición cerrada a la posición abierta define el área de flujo variable, que aumenta a medida que el elemento de válvula de medición se mueve desde la posición cerrada hacia la posición abierta.

El método divulgado incluye controlar una posición de medición de la válvula de medición por el contacto con un tope de válvula transportado por un pistón de accionamiento dispuesto en una perforación de accionamiento expuesta a la presión en el carril común. El pistón de accionamiento se desvía hacia una primera posición que corresponde a presión baja en el riel común y móvil hacia una segunda posición que corresponde a presión máxima en el riel común. El elemento de válvula de medición se abre a una posición de medición en contacto con el tope

de válvula durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo, siendo el área de flujo variable una función de la presión en el riel común comunicado con la perforación de accionamiento.

La presión del combustible en el paso de salida de bomba corresponde a la presión de combustible en el riel común, y se aísla de la cámara de bombeo por una válvula de retención de salida de bomba que se cierra cuando la presión del combustible en la cámara de bombeo es inferior a la presión del combustible en el paso de salida de bomba. La presión del combustible en el paso de salida de bomba aplicada a un extremo del pistón de accionamiento se opone al desvío aplicado al pistón de accionamiento para mover dicho pistón de accionamiento lejos de la primera posición a una posición que es una función de la presión en dicho paso de salida de bomba durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo. La perforación de accionamiento puede incluir un asiento de válvula de accionamiento, y el pistón de accionamiento puede incluir una válvula de accionamiento complementaria al asiento de válvula de accionamiento. La válvula de actuador se asienta contra el asiento de válvula de actuador para impedir el paso del combustible por el pistón de actuador cuando el pistón de accionamiento se encuentra en dicha primera posición, debido a que la presión del combustible en el paso de accionamiento cae por debajo de una presión del combustible mínima predeterminada.

Breve descripción de los dibujos

Las figuras 1-9 son unas ilustraciones esquemáticas de un sistema de inyección de combustible que incorpora una bomba de alta presión según aspectos de la divulgación;

Las figuras 10-14 ilustran una válvula de medición de entrada que funciona por presión según aspectos de la divulgación;

Las figuras 15-19 ilustran una válvula de retención de entrada de bomba, una válvula de retención de salida de bomba y una válvula limitadora de presión integradas no comprendidas en el objeto de las reivindicaciones; y

Las figuras 20-24 ilustran un accesorio de salida de bomba con una válvula de retención de salida de bomba y una válvula limitadora de presión integradas no comprendidas en el objeto de las reivindicaciones.

Descripción detallada

La figura 1 es una representación esquemática de un sistema de inyección de combustible que incorpora una bomba de alta presión (HPP) 10 que recibe combustible desde una bomba de baja presión (LPP) 12 en un accesorio de entrada de bomba 14 conectado a un paso de entrada de bomba 15. La HPP 10 se ilustra en forma de una bomba de émbolo único accionada por una leva 16. El émbolo de bombeo de HPP 18 se mueve alternativamente en una perforación de bombeo 20 para expandir la cámara de bombeo 22 con el fin de introducir combustible en la cámara de bombeo y, a continuación, presurizar la cámara de bombeo 20 para bombear combustible al riel común 36 a través de un paso de salida 48. Un seguidor de leva 28 está desviado hacia el perfil de la leva 16 y está conectado al émbolo de bombeo 18 para trasladar la forma del perfil de leva en movimiento recíproco del émbolo de bombeo 18. La leva 16 presenta un perfil de cuatro lados que generará cuatro ciclos de carga/bombeo del émbolo de bombeo 18 por cada rotación de 360° de la leva 16. La leva puede tener cualquier número de lóbulos, la mayoría con tres o cuatro lóbulos. La duración de los ciclos de carga y bombeo depende del perfil de la leva y de la velocidad de rotación de la leva 16. La leva 16 de la figura 1 se muestra en el "punto muerto superior" (TDC) del perfil de leva, que define el final de un ciclo de bombeo y el principio de un ciclo de carga. La figura 3 ilustra la leva 16 en un "punto muerto inferior" (BDC) del perfil de leva, que define el final de un ciclo de carga y el principio de un ciclo de bombeo. La carrera total del émbolo de bombeo 18 se define por la distancia radial desde las posiciones TDC y BDC de la leva. Cada lóbulo del perfil de leva puede ser asimétrico, de manera que el desplazamiento angular desde el BDC hasta el TDC puede ser diferente del TDC al BDC. El perfil de todos los lóbulos de la leva 16 suele ser el mismo, pero no es necesario.

En el sistema de inyección de combustible de la figura 1, la unidad de control de motor (ECU) 30 utiliza la información procedente de un sensor de posición de cigüeñal 32 y otras entradas para hacer funcionar los inyectores de combustible 34 conectados al riel común 36. La ECU 30 hace funcionar los inyectores de combustible 34 para que el combustible se inyecte en cada cámara de combustión en el momento y en la cantidad demandada por el motor (no se muestra) según el estado de funcionamiento del motor, es decir, acelerando bajo carga, al ralentí, descendiendo una pendiente larga, etc. La ECU 30 y los inyectores 34 están configurados para una presión sustancialmente constante en el riel común 36, que se mantiene por la HPP 10.

La figura 2 ilustra un ciclo de carga de la HPP 10 con el émbolo de bombeo 18 retrayéndose desde la cámara de bombeo 22 a medida que el seguidor de leva 28 se mueve a lo largo del perfil de la leva 16. La presión de alimentación procedente de la LPP 12 abre la válvula de retención de medición de entrada 38 contra el desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada 40 y el combustible fluye a través de la válvula de medición de entrada 42. Un paso de medición 43 conecta la válvula de medición de entrada 42 con la válvula de retención de entrada de bomba 44. La válvula de retención de entrada de bomba 44 se abre cuando la presión de alimentación de la LPP 12 pasa a través de la válvula de medición de entrada 42, permitiendo que el combustible

entre en la cámara de bombeo 22 mientras la presión en la cámara de bombeo 22 permanezca por debajo de la presión de alimentación de entrada. La válvula de retención de salida de bomba 46 está cerrada durante el ciclo de carga porque la presión aguas arriba de la válvula de retención de salida de bomba 46 es siempre superior a la presión en la cámara de bombeo 22 cuando el émbolo de bombeo 18 se retrae.

La figura 3 ilustra el final de un ciclo de carga, en el que el émbolo de bombeo 18 ha alcanzado la parte inferior de su carrera (BDC) y la cámara de bombeo 22 está completamente expandida. El flujo de combustible hacia la cámara de bombeo 22 se ha detenido, y la válvula de retención de medición de entrada 38 se cierra bajo la fuerza del resorte de válvula de retención de medición de entrada 40. La válvula de retención de entrada de bomba 44 se cierra bajo la fuerza del resorte de válvula de retención de entrada de bomba 45, finalizando el flujo de combustible hacia la cámara de bombeo 22.

La figura 4 ilustra un ciclo de bombeo en el que el émbolo de bombeo 18 avanza dentro de la cámara de bombeo 22 gracias a la leva 16 que actúa sobre el seguidor de leva 28 y el émbolo de bombeo 18. El combustible en la cámara de bombeo 22 se comprime por el émbolo 18 que avanza hasta que la presión en la cámara de bombeo 22 excede la presión en el paso de salida de bomba 48 que se comunica con el accesorio de salida de bomba 50 y el riel común 36. Cuando la presión en la cámara de bombeo 22 excede la presión en el paso de salida de bomba 48, la válvula de retención de salida de bomba 46 se abre y permite que el combustible presurizado fluya a través del paso de salida de bomba 48 y el accesorio de salida de bomba 50 hacia el riel común 36. Durante el funcionamiento normal, la válvula de retención de salida de bomba 46 se mantiene cerrada por la presión del combustible en el paso de alta presión 48, por lo que la presión de apertura de la válvula de retención de salida 46 viene determinada por la presión del combustible aguas arriba (detrás) de la válvula de retención de salida 46 en lugar de por el desvío del resorte de válvula de retención de salida de bomba 47. La HPP 10 ilustrada define un drenaje de bomba 52 de vuelta al paso de entrada de bomba 15 para el combustible que se filtra entre el émbolo de bombeo 18 y la perforación de bomba 20.

El ciclo de bombeo finaliza cuando la leva 16 alcanza uno de los cuatro puntos de "punto muerto superior" (TDC) en el perfil de la leva 16, tal como se muestra en la figura 1. La cantidad máxima de combustible que puede transferir la HPP 10 es función de la presión al final del ciclo de bombeo, el módulo aparente del combustible (bajo esa presión y temperatura), el volumen atrapado de la bomba y las pérdidas por fugas en la bomba. El volumen atrapado de la HPP 10 es el volumen delimitado por el émbolo de bombeo 18 en TDC, la válvula de retención de entrada de bomba cerrada 44, la válvula de retención de salida de bomba cerrada 46 y la válvula de alivio de presión 54. El volumen atrapado de una bomba desempeña un papel importante en el rendimiento volumétrico global de la bomba, especialmente cuando el volumen desplazado por el émbolo de bombeo es pequeño en comparación con el volumen atrapado. Mantener el volumen atrapado lo más pequeño posible mejora la eficiencia volumétrica de la HPP 10 divulgada.

En la HPP 10 divulgada, una válvula de medición de entrada 42 está dispuesta para medir la cantidad de combustible suministrado a la cámara de bombeo 22 durante cada ciclo de carga. Según aspectos de la divulgación, la válvula de medición de entrada 42 responde a la presión en el riel común 36 y no requiere control electrónico o conexión a la ECU 30. Un paso de accionamiento 56 está conectado al paso de salida de alta presión 48 de la HPP 10, que se comunica de forma fluida con el accesorio de salida de bomba 50 y el riel común 36. El paso de accionamiento 56 comunica la presión del riel común 36 a una perforación de accionamiento 58 de la válvula de medición de entrada 42. Un pistón de accionamiento 60 se mueve alternativamente en la perforación de accionamiento 58 en respuesta a la presión del riel común 36 equilibrada contra la fuerza de un resorte de accionamiento 62. El pistón de accionamiento 60 está conectado a un tope de válvula 64 que limita el movimiento de un elemento de válvula de medición de entrada 66. Como se comentará en mayor detalle a continuación, el flujo de combustible a través de la válvula de medición de entrada 42 varía según la posición del elemento de válvula de medición de entrada 66, que se define por la posición del tope de válvula 64. La HPP 10 divulgada define una trayectoria de fuga de accionamiento 59 en comunicación fluida con el paso de medición 43, para el combustible que se filtra entre el pistón de accionamiento 60 y la perforación de accionamiento 58.

La figura 5 ilustra el funcionamiento de la HPP 10 divulgada cuando la presión del riel común 36 es baja, lo que corresponde a una demanda de combustible presurizado de la HPP 10. La presión del riel común se comunica con la perforación de accionamiento 58 mediante el paso de accionamiento 56. El pistón de accionamiento 60 se desvía lejos del elemento de válvula de medición 66 por el resorte de accionamiento 62, y el desvío del resorte de accionamiento 62 se opone por presión al riel común 36. La baja presión en el riel común 36 da como resultado relativamente poco movimiento o "carrera" 68 del pistón de accionamiento 60 hacia el elemento de válvula de medición 66 contra la fuerza del resorte de accionamiento 62. Una carrera corta 68 del pistón de accionamiento 60 significa que el elemento de válvula de medición 66 puede alejarse de su asiento sin interferencia del tope de válvula 64. El caudal de combustible que pasa por el elemento de válvula de medición 66 aumenta con la distancia del elemento de válvula de medición 66 de su asiento, y está inversamente relacionado con el movimiento del pistón de accionamiento 60 y el tope de válvula 64. Alternativamente, la baja presión en el riel común 36 da como resultado poco movimiento del pistón de accionamiento 60 y el tope de válvula 64, lo que permite que el elemento de válvula de medición 66 se aleje de su asiento y proporcione una mayor capacidad de flujo para que el combustible entre en la cámara de bombeo 22 durante un ciclo de carga.

Durante un ciclo de bombeo, la presión instantánea del paso de accionamiento 56 puede ser superior a la presión en el riel común 36 porque el paso de accionamiento se comunica con el paso de salida de bomba 48. Tal aumento de presión cambiará la posición del pistón de accionamiento 60 e impactará en el caudal medido a través de la válvula de medición 42. Sin embargo, este tipo de aumento de presión en el paso de accionamiento 56 solo puede producirse durante un ciclo de bombeo después de que el combustible haya abierto la válvula de retención de salida de bomba 46 para alimentar el riel común 36. Como se muestra en la figura 4, durante un ciclo de bombeo, la válvula de retención de entrada de bomba 44 se mantiene cerrada por la alta presión en la cámara de bombeo 22 y no pasa combustible a través de la válvula de medición de entrada 42, por lo que la medición de entrada no se ve afectada. Además, con la válvula de retención de medición de entrada 38 y la válvula de retención de entrada de bomba 44 cerradas, se impide que el pistón de accionamiento 60 se mueva mediante un bloqueo hidráulico en ambos lados.

La figura 6 ilustra el funcionamiento de la HPP 10 divulgada cuando la presión del riel común 36 es alta, lo que corresponde a una demanda escasa o nula de combustible por parte de la HPP 10. La alta presión del riel común se comunica con la perforación de accionamiento 58 a través del paso de accionamiento 56, en donde la presión mueve el pistón de accionamiento 60 contra el desvío del resorte de accionamiento 62. Una mayor presión en la perforación de accionamiento 58 da como resultado un mayor movimiento o "carrera" 68 del pistón de accionamiento 60 y del tope de válvula 64 hacia el elemento de válvula de medición 66. El elemento de válvula de medición 66 puede alejarse de su asiento de válvula solo hasta donde lo permita el tope de válvula 64. La alta presión produce una gran carrera 68 del pistón de accionamiento 60 y del tope de válvula 64, lo que restringe el movimiento de apertura del elemento de válvula de medición 66, dando como resultado un flujo restringido a través de la válvula de medición de entrada 42. La HPP 10 solo puede presurizar la cantidad de combustible que entra en la cámara de bombeo 22 durante el ciclo de carga anterior, por lo que el flujo restringido a través de la válvula de medición de entrada 42 da como resultado una entrega reducida de combustible presurizado al riel común 36. En un estado en la que el riel común 36 está en o cerca de la presión máxima deseada, la válvula de medición de entrada 42 divulgada restringe la entrega adicional de combustible. La válvula de medición de entrada 42 puede configurarse de manera que una presión del riel común igual o superior a la presión del riel común deseada mueva el pistón de accionamiento 60 y el tope de válvula 64 en contacto con el elemento de válvula de medición de entrada 66, impidiendo cualquier flujo de combustible a través de la válvula de medición de entrada 42.

La figura 7 ilustra el funcionamiento de una válvula de alivio de presión 54 dispuesta para aliviar el exceso de presión en el riel común 36. La sobrepresurización del riel común 36 puede ocurrir debido a un estado de "inmersión en caliente" en donde la temperatura del motor y sus componentes continúa aumentando después de que el motor se apaga debido a la pérdida de circulación de refrigerante y/o pérdida de transferencia de calor al aire ambiente. La presión en el riel común 36 aumentará a medida que aumente la temperatura del combustible en el riel común 36. El exceso de presión se alivia mediante el accionamiento de la válvula de alivio de presión 54. La válvula de alivio de presión 54 de la figura 7 es una sencilla válvula de retención de una vía, con una bola desviada por el resorte de la válvula de alivio de presión 55. El desvío del resorte de válvula de alivio de presión 55 se selecciona para mantener cerrada la válvula de alivio de presión 54 hasta que la presión sobre la bola sea suficiente para mover la bola contra el desvío del resorte de válvula de alivio de presión 55. La válvula de alivio de presión 54 está configurada para abrirse cuando la presión en el paso de salida de bomba 48 y el riel común 36 excede la presión máxima deseada. Cuando se abre la válvula de alivio de presión 54, el exceso de presión se alivia en la cámara de bombeo 22. La cantidad de combustible liberado en el escenario de inmersión en caliente es pequeña y el caudal es bajo, por lo que la presión puede liberarse durante un periodo de tiempo prolongado. Una trayectoria de alivio de vuelta a la cámara de bombeo 22 y más allá del émbolo de bombeo 18 al drenaje de bomba 52 es suficiente para aliviar el exceso de presión en una situación de inmersión en caliente.

Se produce un desplazamiento de presión cuando no se mantiene la presión del riel común 36 por debajo de la presión máxima deseada mientras la HPP 10 está en funcionamiento. Esto puede ocurrir con un cambio repentino en el estado de funcionamiento del motor, por ejemplo, de aceleración bajo carga a marcha por inercia con poca o ninguna carga cuando un vehículo alcanza la cima de una colina. En este caso, la bomba está empujando combustible a un riel común 36 del que no se está extrayendo combustible o se está extrayendo muy poco, lo que da como resultado un exceso de presión en el riel común 36. La válvula de alivio de presión 54 debe tener suficiente área de flujo para permitir que todo el combustible que entra en el riel común 36 durante un ciclo de bombeo fluya fuera del riel común 36 durante el siguiente ciclo de carga. La válvula de alivio de presión 54 no puede funcionar durante un ciclo de bombeo debido a la presión ejercida detrás de la válvula de alivio de presión 54. La válvula de alivio de presión 54 se abre durante el siguiente ciclo de carga y descarga el combustible presurizado de vuelta a la cámara de bombeo 22. El émbolo de bombeo 18 se retrae de la cámara de bombeo 22, lo que deja espacio para el combustible que se está descargando desde el riel común 36. La presión en la cámara de bombeo 22 mantiene cerrada la válvula de retención de entrada de bomba 44 y no se añade ningún volumen adicional de combustible mientras se descarga la presión del riel común 36 durante el funcionamiento de la bomba.

La figura 8 ilustra cómo la HPP 10 divulgada mantiene una presión mínima en el riel incluso cuando el motor no está en funcionamiento. El mantenimiento de una presión mínima en el riel facilita el arranque del motor al proporcionar a los inyectores de combustible una presión de funcionamiento mínima en el momento del arranque,

lo que reduce el tiempo de arranque que, de otro modo, sería necesario para aumentar la presión de combustible en el riel común 36. En la HPP 10 divulgada, las fugas más allá de la válvula de retención de salida de bomba 46 y más allá del pistón de accionamiento 60 causarán que la presión en el riel común 36 disminuya más rápido de lo deseable. En la HPP 10 divulgada, la fuga más allá del pistón de accionamiento 60 puede ser la trayectoria de fuga principal, representada por la línea discontinua 59 en las figuras 1-9. La figura 8 muestra el pistón de accionamiento 60 empujado contra el extremo de la perforación de accionamiento 58 por el resorte de accionamiento 62. Como se describe con mayor detalle a continuación, una superficie de válvula 61 en un extremo del pistón de accionamiento 60 orientada hacia el extremo de la perforación de accionamiento 58 puede configurarse para acoplarse con un asiento de válvula 63 que rodea la entrada del paso de accionamiento 56 a la perforación de accionamiento 58. A medida que disminuye la presión en el riel común 36 y en el paso de accionamiento 56, el pistón de accionamiento 60 se mueve hacia el extremo de la perforación de accionamiento 58 por el resorte de accionamiento 62. Cuando la presión en el riel común 36 ha disminuido lo suficiente, la superficie de válvula 61 en el pistón de accionamiento 60 entrará en contacto con el asiento de válvula de accionamiento 63 y aislará la holgura entre el pistón de accionamiento 60 y la perforación de accionamiento 58 del paso de accionamiento 56, el paso de salida de bomba 48, el accesorio de salida 50 y el riel común 36. Una superficie de válvula 61 en el pistón de accionamiento 60 y un asiento de válvula 63 en la perforación de accionamiento 58 que rodea el paso de accionamiento 56 es un ejemplo de una estructura que puede aislar la trayectoria de fuga de accionamiento del riel común 36, pero otras estructuras de sellado también pueden cumplir esta función. La presión del riel retenida viene determinada por la fuerza del resorte de accionamiento 62 cuando el pistón de accionamiento 60 está en contacto con el asiento de válvula de medición de entrada 63.

La HPP 10 divulgada está configurada para pasar una presión mínima de combustible de la LPP 12 al riel común 36 en situaciones en las que la HPP 10 no está operativa. Esto permite que un motor equipado con la HPP 10 divulgada funcione con una potencia mínima para que un motorista pueda mover el vehículo a un lugar seguro en caso de fallo de la HPP. Como se muestra en la figura 9, el resorte de válvula de retención de medición de entrada 40, el resorte de válvula de retención de entrada de bomba 45 y el resorte de válvula de retención de salida de bomba 47 se seleccionan de forma que una presión de combustible de unos 5 bares procedente de la LPP 12 abrirá todas las válvulas 38, 44, 46 y suministrará una presión mínima al riel común 36 para que la utilicen los inyectores de combustible 34. La válvula de medición de entrada 42 estará completamente abierta, ya que la presión en el paso de accionamiento 56 y en la perforación de accionamiento 58 es muy baja. No hay oposición a la apertura de la válvula de retención de salida de bomba 46 porque la presión en el riel común 36 y el paso de salida de bomba 48 es mínima.

Las figuras 10-14 ilustran una forma de realización ejemplificativa de una válvula de medición de entrada 70 según aspectos de la divulgación. La válvula de medición de entrada 70 divulgada integra la función de la válvula de retención de entrada 38 y la válvula de medición de entrada 42 descritas anteriormente con referencia a las figuras 1-9. Con referencia a la figura 10, la válvula de medición de entrada 70 está situada en una cámara 72 que se comunica en un extremo con el paso de entrada de combustible 15 y en el extremo opuesto con el paso de accionamiento 56. Un paso de medición 43 conduce desde la cámara 72 hasta la válvula de retención de entrada de bomba 44 (véanse las figuras 1-9). Una perforación de accionamiento 74 se extiende desde un extremo de la cámara 72 y está conectada de forma fluida con el paso de accionamiento 56, que expone la perforación de accionamiento 74 a la presión del combustible del paso de salida de bomba 48 y del riel común 36. Una superficie de transición entre la cámara 72 y la perforación de accionamiento 74 define un asiento de válvula de accionamiento 76, que puede ser cónico. Entre el paso de entrada de combustible 15 y la cámara 72 se define un asiento de válvula de medición 78 (que también puede ser cónico). Los expertos en la materia reconocerán que las configuraciones representadas de asientos de válvula y elementos de válvula son a modo de ejemplo y que pueden utilizarse otras configuraciones de asiento de válvula/elemento de válvula para lograr las funciones descritas para la válvula de medición de entrada y la válvula formada en el pistón de accionamiento.

El pistón de accionamiento 80 incluye una parte cilíndrica 82 que se guía en la perforación de accionamiento 74, una válvula de accionamiento 81 dispuesta para acoplarse con el asiento de válvula de accionamiento 76, un asiento de resorte anular 84 que sobresale radialmente, y un tope de válvula 86 que sobresale hacia el elemento de válvula de medición de entrada 90. El elemento de válvula de medición de entrada 90 está desviado hacia el asiento de válvula de medición 78 por un resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 asentado en el asiento de resorte 84 formado en el pistón de accionamiento 80. El desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 es ligero, permitiendo que el elemento de válvula de medición de entrada 90 se abra completamente a la presión de combustible de entrada generada por la LPP, o aproximadamente 5 bar. Un resorte de accionamiento 94 rodea el resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 y se comprime entre el asiento de resorte 84 en el pistón de accionamiento 80 y un extremo de la cámara 72 para desviar el pistón de accionamiento 80 y la válvula de accionamiento 81 hacia una posición cerrada, como se muestra en la figura 10. El desvío del resorte de accionamiento 94 se selecciona para equilibrar la fuerza generada contra el pistón de accionamiento 80 por la presión del riel común en el paso de accionamiento 56. El desvío del resorte de accionamiento 94 es normalmente mucho mayor que el desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada 92. El desvío del resorte de accionamiento puede ser al menos dos veces el desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada, o más preferiblemente al menos cinco veces el desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada, o lo más preferiblemente al menos diez veces el desvío del resorte de válvula

de retención de medición de entrada. La diferencia de fuerza entre el resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 y el resorte de accionamiento 94 más pesado significa que el resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 presenta un efecto insignificante sobre el funcionamiento del pistón de accionamiento 80. Además, la compresión del resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 por el avance del pistón de accionamiento 80 y el asiento de resorte 84 presentan una pequeña influencia en la fuerza necesaria para abrir el elemento de válvula de medición de entrada 90.

En la disposición divulgada, el elemento de válvula de medición de entrada 90 se desvía por el resorte de válvula de retención de medición de entrada 92 hacia una posición cerrada en donde el elemento de válvula de medición de entrada 90 está asentado contra el asiento de válvula de medición de entrada 78 como se muestra en la figura 10. El elemento de válvula de medición de entrada 90 funciona como una válvula de retención de entrada (número de referencia 38 en las figuras 1-9) y se abre solo cuando la presión del fluido en el paso de entrada 15 es mayor que la presión del fluido en la cámara 72, lo que normalmente coincide con un ciclo de carga de la bomba. Cuando la presión en el paso de medición 43 es superior a la presión de entrada, el elemento de válvula de medición de entrada 90 se cierra. La válvula de medición de entrada 70 divulgada proporciona un flujo unidireccional hacia la válvula de retención de entrada de bomba 44, en consonancia con la función de una válvula de retención de medición de entrada como la 38 descrita anteriormente con referencia a las figuras 1-9. La figura 10 muestra el elemento de válvula de medición de entrada 90 y la válvula de accionamiento 81 en una posición cerrada. El elemento de válvula de medición de entrada 90 y el asiento de válvula de medición de entrada 78 están configurados para definir un área de flujo de fluido que varía según el desplazamiento del elemento de válvula de medición de entrada 90 con respecto al asiento de válvula de medición de entrada 78. Un mayor desplazamiento del elemento de válvula de medición de entrada 90 define un área de flujo mayor y permite un mayor caudal a través de la válvula de medición de entrada 70, mientras que un menor desplazamiento del elemento de válvula de medición de entrada 90 define un área de flujo menor y permite un caudal menor a través de la válvula de medición de entrada 70.

La figura 11 ilustra la posición del elemento de válvula de medición de entrada 90 y el pistón de accionamiento 80 en una posición correspondiente a la medición de combustible a baja presión de riel común descrita anteriormente con referencia a la figura 5. La baja presión del riel común comunicada a la perforación de accionamiento 74 por el paso de accionamiento 56 mueve el pistón de accionamiento 80 una pequeña distancia 68 hacia el elemento de válvula de medición de entrada 90, que se abre hasta que entra en contacto con el tope de válvula 86. El pistón de accionamiento 80 se mueve hacia el elemento de válvula de medición de entrada 90 hasta que se alcanza un equilibrio de fuerzas con el desvío del resorte de accionamiento 94. La posición del pistón de accionamiento 80 y el tope de válvula 86 es proporcional a la presión del riel común comunicada a la válvula de medición 70 por el paso de accionamiento 56. La baja presión en el riel común da como resultado un pequeño desplazamiento 68 del pistón de accionamiento 80 y del tope de válvula 86, lo que permite que el elemento de válvula de medición de entrada 90 se abra más, aumentando el caudal a través de la válvula de medición de entrada 70. La baja presión del riel común correspondiente a una demanda de combustible a alta presión produce un aumento del caudal de combustible a través de la válvula de medición de entrada 70 durante un ciclo de carga de la bomba. El volumen de combustible que pasa a través de la válvula de medición de entrada 70 se bombea al riel común 36 para satisfacer la demanda de combustible a alta presión.

La figura 12 ilustra la posición del elemento de válvula de medición de entrada 90 y el pistón de accionamiento 80 correspondiente a la medición de combustible a alta presión de riel común descrita anteriormente con referencia a la figura 6. Una mayor presión en la perforación de accionamiento 74 contrarresta el desvío del resorte de accionamiento 94 para hacer avanzar el pistón de accionamiento 80 y el tope de válvula 86 una distancia 68 hacia el elemento de válvula de medición de entrada 90. El movimiento del elemento de válvula de medición de entrada 90 está restringido por el tope de válvula 86, lo que da como resultado un caudal reducido a través de la válvula de medición de entrada 70. A medida que aumenta la presión del riel común, también aumenta la restricción de medición, y viceversa. Por tanto, la función de medición de la válvula de medición de entrada 70 divulgada es inversamente proporcional a la presión del riel común.

La figura 13 ilustra la posición del elemento de válvula de medición de entrada 90 y del pistón de accionamiento 80 cuando el riel común está a la presión máxima o por encima de la misma, que se comunica con la perforación de accionamiento 74 a través del paso de accionamiento 56. El desplazamiento 68 del pistón de accionamiento (que también puede denominarse carrera del pistón de accionamiento) es máximo, manteniendo el tope de válvula 86 en contacto con el elemento de válvula de medición de entrada 90 y el elemento de válvula de medición de entrada 90 en contacto con el asiento de válvula de medición de entrada 78. No se permite que el elemento de válvula de medición de entrada 90 se abra, lo que da como resultado que no haya flujo de combustible a través de la válvula de medición de entrada 70 y no se bombee combustible al riel común.

La figura 14 ilustra la posición del elemento de válvula de medición de entrada 90 y del pistón de accionamiento 80 en una situación en la que la HPP ha fallado, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 9. En este escenario denominado "limp home" (funcionamiento de emergencia), no se genera presión aguas abajo de la válvula de medición de entrada 70, por lo que no hay presión en el paso de accionamiento 56 y el pistón de accionamiento 80 y el tope de válvula 86 están en una posición retraída. La fuerza del resorte de válvula de

retención de medición de entrada 92 se selecciona para permitir que el elemento de válvula de medición de entrada 90 se abra a la presión de combustible de entrada proporcionada por la LPP. Después de pasar a través de la válvula de medición de entrada 70, el combustible pasa a través del paso de medición 43, la válvula de retención de entrada de bomba 44, la cámara de bombeo 22, la válvula de retención de salida de bomba 46 y proporciona suficiente presión en el riel común 36 para permitir que el motor funcione a potencia reducida. El funcionamiento del motor será subóptimo, pero suficiente para proporcionar unas capacidades mínimas de conducción hacia un entorno seguro o una instalación de mantenimiento.

La válvula de medición de entrada 70 divulgada está configurada para mantener una presión mínima en el riel común 36 cuando el motor no está en funcionamiento, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 8. Después de apagar el motor, la presión en el riel común 36 disminuirá debido a fugas a través de la válvula de retención de salida de bomba 46 y el espacio libre entre el pistón de accionamiento 80 y la perforación de accionamiento 74, siendo la fuga entre el pistón de accionamiento 80 y la perforación de accionamiento 74 la trayectoria de fuga principal. Se observará que la cámara 72 proporciona una trayectoria de fuga (línea discontinua 59 en las figuras 1-9) para el combustible filtrado que se comunica con el paso de medición 43 hacia la válvula de retención de entrada de bomba 44. A medida que disminuye la presión en el riel común 36 y en el paso de accionamiento 56, el pistón de accionamiento 80 se moverá hacia su posición retraída bajo la fuerza del resorte de accionamiento 94. Cuando la presión en la perforación de accionamiento 74 cae por debajo de una fuerza equilibrada con el resorte de accionamiento 94, el pistón de accionamiento 80 se retrae completamente y la válvula de accionamiento 81 se cierra contra el asiento de válvula de accionamiento 76 evitando más fugas. El área de sellado de la válvula de accionamiento 81/asiento de válvula de accionamiento 76 y la fuerza del resorte de accionamiento 94 cuando el pistón de accionamiento 80 está completamente retraído (válvula de accionamiento 81 en contacto con el asiento de válvula de accionamiento 76) determinarán la presión retenida en el riel común 36.

Las figuras 15-19 ilustran una válvula de retención de entrada de bomba integrada (ref. n. ° 44 en las figuras 1-9), una válvula de retención de salida de bomba (ref. n. ° 46 en las figuras 1-9) y una válvula de alivio de presión (ref. n. ° 54 en las figuras 1-9) no cubiertas por el objeto de las reivindicaciones. La integración de la estructura de estos tres componentes reduce el espacio que ocupan y también reduce el volumen atrapado de la HPP 10 divulgada. Las válvulas integradas están dispuestas en una perforación escalonada 100 en comunicación con el paso de medición 43, la cámara de bombeo 22 y el paso de salida de bomba de alta presión 48 que conduce al accesorio de salida de bomba 50 y al riel común 36. La válvula de retención de entrada de bomba está formada por una bola de válvula de retención de entrada 102 desviada hacia una posición cerrada contra un asiento de válvula de retención de entrada de bomba 103 mediante un resorte de válvula de retención de entrada de bomba 104. El resorte de válvula de retención de entrada de bomba 104 está asentado en una perforación formada en una lanzadera de válvula de alivio de presión 106 (en lo sucesivo "lanzadera PRV"). La lanzadera PRV 106 define un asiento de válvula de retención de salida de bomba 108 para la válvula de retención de salida de bomba, en forma de una bola de válvula de retención de salida de bomba 110 desviada hacia una posición cerrada por un resorte de válvula de retención de salida de bomba 112. El resorte de válvula de retención de salida de bomba 112 está asentado en una perforación definida por un asiento de válvula de alivio de presión 114 (en lo sucesivo, "asiento PRV"). El asiento de PRV 114 está en una posición fija definida por la perforación escalonada 100, y la lanzadera PRV 106 está desviada contra el asiento de PRV 114 por un resorte de válvula de alivio de presión 116. Según aspectos de la divulgación, no cubiertos por el objeto de las reivindicaciones, una superficie anular 107 de la lanzadera PRV 106 (que rodea el asiento de válvula de retención de salida de bomba 108) se acopla con una superficie anular complementaria 111 del asiento PRV 114 (que rodea la bola de válvula de retención de salida de bomba 110). Las superficies anulares 107/111 acopladas de la lanzadera PRV 106 y el asiento PRV 114 forman una válvula de alivio de presión (en lo sucesivo "PRV") como se describe con mayor detalle a continuación.

Según aspectos de la divulgación, no cubiertos por el objeto de las reivindicaciones, el resorte de válvula de alivio de presión 116 (en lo sucesivo "resorte PRV") presenta la forma de una pila de resortes de disco cónico. La PRV debe permanecer cerrada frente a presiones muy elevadas de hasta 350 bar en el de riel común, por lo que el resorte PRV 116 debe generar fuerzas de resorte elevadas. Los resortes de disco cónico pueden alcanzar las elevadas fuerzas de cierre necesarias ocupando un pequeño volumen, la mayor parte del cual es ocupado por los propios resortes de disco cónico. Los resortes de disco cónico de la válvula integrada divulgada reducen el volumen atrapado en la HPP divulgada generando fuerzas elevadas en un espacio compacto y llenando la mayor parte del espacio necesario para funcionar.

La figura 16 ilustra la posición de los componentes de la válvula de retención de entrada de bomba, la válvula de retención de salida de bomba y la válvula de alivio de presión integradas durante un ciclo de carga de la bomba, tal como se ha expuesto anteriormente con referencia a las figuras 2, 5, 6, 11 y 12. La bola de válvula de retención de entrada de bomba 102 se desplaza de su asiento 103, permitiendo que el combustible fluya desde el paso de medición 43 a la cámara de bombeo 22. La bola de válvula de retención de salida de bomba 110 y la PRV 107/111 permanecen cerradas. La figura 17 ilustra el funcionamiento de las válvulas integradas durante un ciclo de bombeo, tal como se ha comentado anteriormente con referencia a la figura 4. Al final del ciclo de carga, el flujo de combustible a través de la válvula de retención de entrada de bomba se detiene y la bola de válvula de retención de entrada de bomba 102 se cierra bajo el desvío del resorte de válvula de retención de entrada de bomba 104. El

émbolo de bombeo avanza dentro de la cámara de bombeo 22, generando una presión que mantiene cerrada la bola de válvula de retención de entrada de bomba 102 y abre la bola de válvula de retención de salida de bomba 110, bombeando combustible al paso de salida de bomba 48 y al riel común 36.

5 La figura 18 ilustra el funcionamiento de la PRV 107/111 para aliviar la presión en el riel común cuando la HPP está funcionando como se ha comentado anteriormente con referencia a la figura 7. Los componentes PRV se seleccionan de modo que el resorte PRV 116 se comprima cuando la bola de válvula de retención de salida 110 y la lanzadera PRV 106 estén expuestas a una presión igual o superior a la presión máxima en el paso de salida de bomba 48 para abrir una trayectoria de alivio de presión de vuelta a la cámara de bombeo 22. El asiento PRV 114 define una abertura de salida en comunicación con la salida de bomba 48 que conduce al riel común 36. La bola de válvula de retención de salida 110 y la lanzadera PRV 106 están expuestas a la presión del riel común 36 a través del paso de salida de bomba 48. Durante un ciclo de bombeo, una presión de fluido elevada está presente en ambos lados de la lanzadera PRV 106, dando como resultado un equilibrio de presión a través de la lanzadera PRV 106/asiento PRV 114, por lo que la PRV está inactiva. Al final de un ciclo de bombeo, la presión en la cámara de bombeo 22 disminuye, y la bola de válvula de retención de salida de bomba 110 se cierra bajo el desvío del resorte de válvula de retención de salida de bomba 112 y se mantiene cerrada por la presión en el paso de salida de bomba 48 y el riel común 36. El émbolo de bombeo 18 se retrae de la perforación de bombeo, reduciendo la presión en la cámara de bombeo 22. En este estado, la bola de válvula de retención de salida 110 cerrada no puede abrirse y la bola de válvula de retención de salida de bomba 110 cerrada y la lanzadera PRV 106 están expuestas a la presión del riel común. Cuando la presión del riel común es superior a la presión máxima deseada del riel, la lanzadera PRV 106 y la bola de válvula de retención de salida de bomba 110 cerrada generan suficiente fuerza para comprimir el resorte PRV 116 y separar la lanzadera PRV 106 del asiento PRV 114 para abrir una trayectoria de alivio de presión de vuelta a la cámara de bombeo 22. Debido a que la presión de la cámara de bombeo 22 es baja y el émbolo de bomba 18 se retrae, la trayectoria de alivio de presión a través de la PRV 107/111 puede aliviar rápidamente todo el combustible que entra en el riel común 36 durante un ciclo de bombeo anterior.

La PRV 107/111 divulgada funciona de manera similar para aliviar el exceso de presión del riel común en un escenario de inmersión en caliente, siendo la cantidad de fluido que se alivia menor y siendo la velocidad de flujo lenta en comparación con el alivio de presión cuando la HPP está en funcionamiento. La PRV divulgada se abrirá en la medida necesaria para permitir el alivio de presión en la cámara de bombeo y más allá de la holgura entre el émbolo de bombeo 18 y la perforación de bomba 20, hasta el drenaje de bomba 52, como se ha descrito anteriormente con referencia a la figura 7.

35 La figura 19 ilustra la posición de los elementos de válvula en un escenario de "limp home" (funcionamiento de emergencia) en donde HPP no funciona, tal y como se ha comentado anteriormente con referencia a las figuras 9 y 14. Si falla HPP, la presión en el riel común caerá rápidamente, lo que provocará la ausencia de presión detrás de la bola de válvula de retención de entrada de bomba 102 y de la bola de válvula de retención de salida de bomba 110. El resorte de válvula de retención de entrada de bomba 104 y el resorte de válvula de retención de salida de bomba 112 se seleccionan para permitir que la bola de válvula de retención de entrada de bomba 102 y la bola de válvula de retención de salida de bomba 110 se abran a la presión de alimentación de la LPP 12, cuando no hay contrapresión para mantenerlas cerradas. Se permite que el combustible fluya más allá de la bola de válvula de retención de entrada de bomba 102, más allá de la cámara de bombeo 22 y más allá de la bola de válvula de retención de salida de bomba 110, proporcionando una presión mínima al riel común.

45 Las figuras 20 - 24 ilustran una válvula de retención de salida de bomba y una PRV integradas en un accesorio de salida de bomba 120. El accesorio de salida de bomba 120 define una perforación escalonada 122 que se comunica en un extremo con la cámara de bombeo 22 (o un paso conectado de forma fluida a la cámara de bombeo) y en el otro extremo con el paso de alta presión 48 al riel común. La válvula de retención de salida de bomba y la PRV de las figuras 20 a 24 son similares en estructura y función a la válvula de retención de salida y la PRV descritas anteriormente con referencia a las figuras 15 a 19. Un asiento PRV 124 define una trayectoria de flujo de salida que rodea un asiento de resorte de válvula de retención de salida 126 dispuesto en un eje del accesorio de salida de bomba 120. La bola de válvula de retención de salida de bomba 128 se desvía por el resorte de válvula de retención de salida de bomba 130 hacia un asiento de válvula de retención de salida de bomba 132 en la lanzadera PRV 134. El asiento PRV 124 incluye una superficie cónica anular 136 que se acopla con una superficie complementaria 138 (que rodea la válvula de retención de salida de bomba 128/132) en la lanzadera PRV 134 para formar una válvula de alivio de presión (en adelante "PRV"). El asiento PRV 124 se mantiene en una posición fija definida por la perforación escalonada 122, y la lanzadera PRV 134 se desvía contra el asiento PRV 124 por un resorte PRV 126. Según aspectos de la divulgación, el resorte PRV 126 es una pila de resortes de disco cónico comprimidos entre una copa de válvula de alivio de presión 140 (en lo sucesivo "copa PRV") y la lanzadera PRV 134 para desviar la lanzadera PRV 134 hacia una posición cerrada ilustrada en la figura 20. La copa PRV 140 presenta un ajuste de interferencia dentro de la perforación escalonada 122 del accesorio de salida de bomba 120, y atrapa la lanzadera PRV 134, el resorte PRV 126, la bola de válvula de retención de salida de bomba 128, el resorte de válvula de retención de salida de bomba 130 y el asiento PRV 124 dentro del accesorio de salida de bomba 120. La posición de la copa PRV en la perforación escalonada se ajusta durante el montaje para calibrar la presión de apertura de la PRV. La presión de apertura de la PRV puede calibrarse antes del montaje

en la bomba.

El accesorio de salida 120, que incluye una PRV y una válvula de retención de salida de bomba integradas, minimiza el volumen atrapado de la HPP a la que está acoplado el accesorio de salida 120, proporciona una alta capacidad de caudal a través de la PRV, y la carrera corta de la lanzadera PRV 134 da como resultado un accionamiento y cierre rápidos de la PRV mientras la HPP está funcionando. Como se ha comentado anteriormente, la bola de válvula de retención de salida de bomba 128 se abre solo cuando la presión en el paso de alta presión 48 que conduce al riel común es menor que la presión en la cámara de bombeo 22 o en el paso que conduce desde la cámara de bombeo 22 hasta el accesorio de salida de bomba 120, como se muestra en la figura 21. Este estado se produce durante un ciclo de bombeo cuando la presión del paso de salida de alta presión 48 y del riel común 36 está por debajo de la presión máxima. La figura 22 ilustra el accionamiento de la PRV en respuesta a un estado de inmersión en caliente en el que la presión del riel común es superior a la presión máxima. La lanzadera PRV 134 y la bola de válvula de retención de salida de bomba 128 cerrada están expuestas a la presión del riel común a través del paso de alta presión 48 conectado al accesorio de salida de bomba 120. La lanzadera PRV 134 se aleja del asiento PRV 124 contra el desvío del resorte PRV 126 y permite que el exceso de presión pase a través de la PRV a la cámara de bombeo 22, en donde la presión puede purgarse lentamente a través de la holgura entre el émbolo de bombeo 18 y la perforación de bomba 20 hasta el drenaje de bomba 52, tal como se ha descrito anteriormente con referencia a las figuras 1-9. En un estado de inmersión en caliente, la lanzadera PRV 134 se moverá (abrirá) una pequeña cantidad debido a que el volumen de fluido que se está aliviando es pequeño y la tasa de flujo de fluido es baja. La figura 23 ilustra el accionamiento de la PRV durante el funcionamiento de la bomba, que es exactamente el mismo que el accionamiento de la PRV en respuesta a una inmersión en caliente, excepto que la lanzadera PRV 134 se abrirá adicionalmente debido al mayor volumen de fluido que debe aliviarse y al alto caudal de fluido necesario para aliviar la presión durante un ciclo de carga de la bomba.

La figura 24 ilustra el funcionamiento de la bola de válvula de retención de salida de bomba 128 durante un escenario de "limp home" (funcionamiento de emergencia) en el que la HPP no está operativa. En este escenario, el paso de alta presión 48 y el riel común ya no reciben combustible a alta presión. El resorte de válvula de retención de salida de bomba 130 se selecciona con un desvío ligero que se abrirá cuando se exponga a la presión de alimentación generada por la LPP que ha pasado la válvula de medición de entrada 70 y la válvula de retención de entrada de bomba y a través de la cámara de bombeo 22. Sin presión detrás de la misma, la bola de válvula de retención de salida de bomba 128 se abre cuando se expone a la presión de alimentación y permite que el combustible a baja presión llene el riel común. La presión del riel común correspondiente a la presión de alimentación de la LPP es suficiente para permitir que los inyectores de combustible y el motor funcionen a potencia reducida. El funcionamiento del motor será subóptimo, pero suficiente para proporcionar capacidades mínimas de conducción hacia un entorno seguro o una instalación de mantenimiento.

REIVINDICACIONES

1. Bomba de combustible de alta presión (10) en la que un émbolo de bombeo (18) es accionado por un seguidor de leva (28) en contacto con un perfil de una leva giratoria (16), moviéndose el émbolo de bombeo (18) de manera alterna axialmente en una cámara de bombeo (22) entre un movimiento de retracción durante el cual se suministra combustible a la cámara de bombeo (22) y un movimiento de bombeo durante el cual el émbolo (18) presuriza el combustible en la cámara de bombeo (22), fluyendo dicho combustible presurizado a través de un paso de salida de bomba (48) a un riel común presurizado (36), comprendiendo dicha bomba de combustible (10):
 - una válvula de medición de entrada (42, 70) dispuesta para controlar una cantidad de combustible suministrado a la cámara de bombeo (22) durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo (18), incluyendo dicha válvula de medición de entrada (42, 70):
 - un elemento de válvula de medición (66, 90) móvil entre una posición cerrada que impide el flujo de combustible hacia la cámara de bombeo (22) y una posición abierta que permite que el combustible llene la cámara de bombeo (22), definiendo el movimiento de dicho elemento de válvula de medición (66, 90) de dicha posición cerrada a dicha posición abierta un área de flujo variable que aumenta a medida que dicho elemento de válvula de medición (66, 90) se mueve desde dicha posición cerrada hacia dicha posición abierta;
 - un pistón de accionamiento (60, 80) en una perforación de accionamiento (58, 74) expuesta a la presión en dicho riel común (36), correspondiendo dicho pistón de accionamiento (60, 80) desviado hacia una primera posición a la presión baja en dicho riel común (36) y móvil hacia una segunda posición que corresponde a la presión máxima en dicho riel común (36), incluyendo dicho pistón de accionamiento (60, 80) un tope de válvula (64, 86) que determina una posición de medición de dicho elemento de medición de válvula (66, 90);en la que dicho elemento de válvula de medición (66, 90) se abre durante el movimiento de retracción de dicho émbolo de bombeo (18) a una posición de medición de manera que el elemento de válvula de medición (66, 90) se abre hasta que entra en contacto con dicho tope de válvula (64, 86), definiendo dicha posición de medición un área de flujo variable que es una función de la presión en el riel común (36) comunicada con la perforación de accionamiento (58, 74).
2. Bomba de combustible de alta presión según la reivindicación 1, en la que dicho elemento de válvula de medición (90) está desviado hacia dicha posición cerrada por un resorte de válvula de retención de medición de entrada (92) comprimido entre dicho elemento de válvula de medición (90) y dicho pistón de accionamiento (80).
3. Bomba de combustible de alta presión según la reivindicación 1, en la que dicho pistón de accionamiento (60, 80) está desviado hacia dicha primera posición por un resorte de accionamiento (62, 94) comprimido entre un reborde interior de dicha perforación de accionamiento (58, 74) y dicho pistón de accionamiento (60, 80), siendo dicho resorte de accionamiento (62, 94) seleccionado de modo que dicho pistón de accionamiento (60, 80) se mueva a dicha segunda posición cuando dicho riel común (36) es igual o superior a dicha presión máxima y un equilibrio de fuerzas entre la presión en dicho riel común (36) y dicho resorte de accionamiento (62, 94) determina una posición de dicho pistón de accionamiento (60, 80) entre dicha primera y segunda posiciones.
4. Bomba de combustible de alta presión según la reivindicación 1, en la que dicho pistón de accionamiento (80) incluye una válvula de accionamiento (81) y dicha perforación de accionamiento (74) incluye un asiento de válvula de accionamiento (76), estando dicha válvula de accionamiento (81) asentada contra dicho asiento de válvula de accionamiento (76) cuando dicho pistón de accionamiento (80) está en dicha primera posición para evitar el flujo de combustible desde dicho riel común (36) más allá de dicho pistón de accionamiento (80).
5. Bomba de combustible de alta presión según la reivindicación 1, en la que dicha bomba (10) incluye un cuerpo de bomba que define dicha cámara de bombeo (22), conectando dicho paso de salida de bomba (48) y un paso de accionamiento (56) dicho paso de salida de bomba (48) con dicha perforación de accionamiento (58, 74).
6. Bomba de combustible de alta presión según la reivindicación 1, en la que dicho elemento de válvula de medición (66, 90) controla el flujo de combustible entre una entrada de bomba (15) y un paso de medición (43) que conduce a dicha cámara de bombeo (22), dicho elemento de válvula de medición (66, 90) está desviado hacia dicha posición cerrada por un resorte de válvula de retención de medición de entrada (40, 92), moviéndose dicho elemento de válvula de medición (66, 90) lejos de dicha posición cerrada solo cuando la presión del combustible en dicha entrada de bomba (15) es superior a la presión del combustible en dicho paso de medición (43), actuando de este modo como una válvula de retención de entrada de bomba.
7. Bomba de combustible de alta presión según la reivindicación 1, en la que dicho elemento de válvula de medición (90) está desviado hacia dicha posición cerrada por un resorte de válvula de retención de medición de entrada (92) comprimido entre dicho elemento de válvula de medición (90) y dicho pistón de accionamiento (80) y

dicho pistón de accionamiento (80) está desviado hacia dicha primera posición por un resorte de accionamiento (94) comprimido entre un reborde interior de dicha perforación de accionamiento (74) y dicho pistón de accionamiento (80).

- 5 8. Método de control de la cantidad de combustible suministrado a una cámara de bombeo (22) de una bomba de combustible de alta presión (10), en el que un émbolo de bombeo (18) es accionado por un seguidor de leva (28) en contacto con el perfil de una leva giratoria (16), moviéndose el émbolo de bombeo (18) de manera alterna axialmente en la cámara de bombeo (22) entre un movimiento de retracción durante el cual se suministra combustible a la cámara de bombeo (22) y un movimiento de bombeo durante el cual el émbolo (18) presuriza el combustible en la cámara de bombeo (22), fluyendo dicho combustible presurizado a través de un paso de salida de bomba (48) a un riel común presurizado (36), comprendiendo dicho método:

10 disponer una válvula de medición de entrada (42, 70) para controlar una cantidad de combustible suministrado a la cámara de bombeo (22) durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo (18), incluyendo dicha válvula de medición de entrada (42, 70):

15 definir un área de flujo variable entre una entrada de bomba y un paso de medición conectado a dicha cámara de bombeo (22) moviendo un elemento de válvula de medición (66, 90) entre una posición cerrada que impide el flujo de combustible hacia la cámara de bombeo (22) y una posición abierta que permite que el combustible llene la cámara de bombeo (22), definiendo el movimiento de dicho elemento de válvula de medición (66, 90) de dicha posición cerrada a dicha posición abierta dicha área de flujo variable, aumentando dicha área de flujo variable a medida que dicho elemento de válvula de medición (66, 90) se mueve desde dicha posición cerrada hacia dicha posición abierta;

20 controlar una posición de medición de dicho elemento de válvula de medición (66, 90) posicionando un pistón de accionamiento (60, 80) en una perforación de accionamiento (58, 74) expuesta a presión en dicho riel común (36), correspondiendo dicho pistón de accionamiento (60, 80) desviado hacia una primera posición a una presión baja en dicho riel común (36) y móvil hacia una segunda posición que corresponde a una presión máxima en dicho riel común (36), incluyendo dicho pistón de accionamiento (60, 80) un tope de válvula (64, 86) que determina una posición de medición de dicho elemento de válvula de medición (66, 90); y

25 definir un área de flujo variable entre dicha entrada de bomba y dicho paso de medición abriendo dicho elemento de válvula de medición (66, 90) a una posición de medición de manera que el elemento de válvula de medición (66, 90) se abre hasta que entre en contacto con dicho tope de válvula (64, 86) durante el movimiento de retracción de dicho émbolo de bombeo (18), siendo dicha área de flujo variable una función de la presión en el riel común (36) comunicada con la perforación de accionamiento (58, 74).

- 30 9. Método según la reivindicación 8, que comprende:

40 desviar dicho elemento de válvula de medición (90) hacia dicha posición cerrada con un resorte de válvula de retención de medición de entrada (92) comprimido entre dicho elemento de válvula de medición (90) y dicho pistón de accionamiento (80).

- 45 10. Método según la reivindicación 8, que comprende:

proporcionar un cuerpo de bomba que define dicha cámara de bombeo (22) y extendiéndose dicho paso de salida de bomba (48) desde dicha cámara de bombeo (22);

50 definir una perforación de accionamiento (58, 74) dentro de dicho cuerpo de bomba y definir un paso de accionamiento (56) que se extiende entre dicho paso de salida de bomba (48) y dicha perforación de accionamiento (58, 74), aplicando dicho paso de accionamiento (56) una presión de combustible en dicho paso de salida de bomba (48) a un primer extremo de dicho pistón de accionamiento (60, 80), siendo dicha presión de combustible de salida de bomba opuesta al desvío aplicado a dicho pistón de accionamiento (60, 80) para mover dicho pistón de accionamiento (60, 80) lejos de dicha primera posición a una posición que es una función de la presión en dicho paso de salida de bomba (48) durante el movimiento de retracción del émbolo de bombeo (18).

- 55 11. Método según la reivindicación 8, que comprende:

60 desviar dicho elemento de válvula de medición (90) hacia dicha posición cerrada con un resorte de válvula de retención de medición de entrada (92) comprimido entre dicho elemento de válvula de medición (90) y dicho pistón de accionamiento (80);

65 desviar dicho pistón de accionamiento (80) hacia dicha primera posición con un resorte de accionamiento (94) comprimido entre una superficie interior de dicha perforación de accionamiento (74) y dicho pistón de

accionamiento (80); y

seleccionar dicho resorte de accionamiento (94) para generar una fuerza de desvío de pistón de accionamiento (80), y seleccionar dicho resorte de válvula de retención de medición de entrada (92) para generar una fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada, siendo dicha fuerza de desvío de resorte de accionamiento superior a dicha fuerza de desvío de válvula de retención de medición de entrada,

en el que dicho elemento de válvula de medición (90) se abre cuando la presión del combustible en dicha entrada de bomba (15) es superior a la presión del combustible en dicho paso de medición (43) y el movimiento de dicho pistón de accionamiento (80) no se ve afectado sustancialmente por la fuerza de desvío del resorte de válvula de retención de medición de entrada (92).

12. Método según la reivindicación 11, que comprende:

definir un asiento de válvula de accionamiento (76) en dicha perforación de accionamiento (74) entre dicho paso de accionamiento (56) y dicho pistón de accionamiento (80); y

proporcionar una válvula de accionamiento (81) sobre dicho pistón de accionamiento (80),

en el que dicha válvula de accionamiento (81) se asienta contra dicho asiento de válvula de accionamiento (76) para impedir el flujo de combustible más allá de dicho pistón de accionamiento (80) cuando dicho pistón de accionamiento (80) está en dicha primera posición y:

seleccionar dicho resorte de accionamiento (94) para presentar un desvío que mueve dicha válvula de accionamiento (81) en contacto con dicho asiento de válvula de accionamiento (76) cuando la presión de combustible en dicho paso de accionamiento (56) cae a una presión mínima de combustible.

13. Método según la reivindicación 8, que comprende:

desviar dicho elemento de válvula de medición (90) hacia dicha posición cerrada con un resorte de válvula de retención de medición de entrada (92) seleccionado de modo que dicho elemento de válvula de medición de entrada (90) se abre cuando la presión de combustible en dicha entrada de bomba (15) es superior a la presión de combustible en dicho paso de medición (43), permitiendo que dicho elemento de válvula de medición (90) funcione como una válvula de retención de entrada de bomba.

14. Método según la reivindicación 8, que comprende:

proporcionar un cuerpo de bomba que define dicha cámara de bombeo (22) y extendiéndose dicho paso de salida de bomba (48) desde dicha cámara de bombeo (22);

definir una perforación de accionamiento (58, 74) dentro de dicho cuerpo de bomba, estando dicha perforación de accionamiento (58, 74) en comunicación fluidica con dicho paso de medición (43);

definir un paso de accionamiento (56) que se extiende entre dicho paso de salida de bomba (48) y dicha perforación de accionamiento (58, 74), aplicando dicho paso de accionamiento (56) presión de combustible en dicho paso de salida de bomba (48) a un primer extremo de dicho pistón de accionamiento (60, 80),

en el que la fuga de combustible más allá de dicho pistón de accionamiento (60, 80) fluye hacia dicho paso de medición (43).

15. Método según la reivindicación 8, que comprende:

definir una perforación de accionamiento (58, 74) en la que dicho pistón de accionamiento (60, 80) se mueve en respuesta a la presión de combustible en dicho paso de accionamiento (56); y

proporcionar una válvula de retención de entrada de bomba (44) entre dicho paso de medición (43) y dicha cámara de bombeo (22), cerrándose dicha válvula de retención de entrada de bomba (44) cuando la presión de combustible en dicha cámara de bombeo (22) es superior a la presión de combustible en dicho paso de medición (43), impidiendo el cierre de dicha válvula de retención de entrada (44) el flujo de combustible en dicha cámara de bombeo (22).

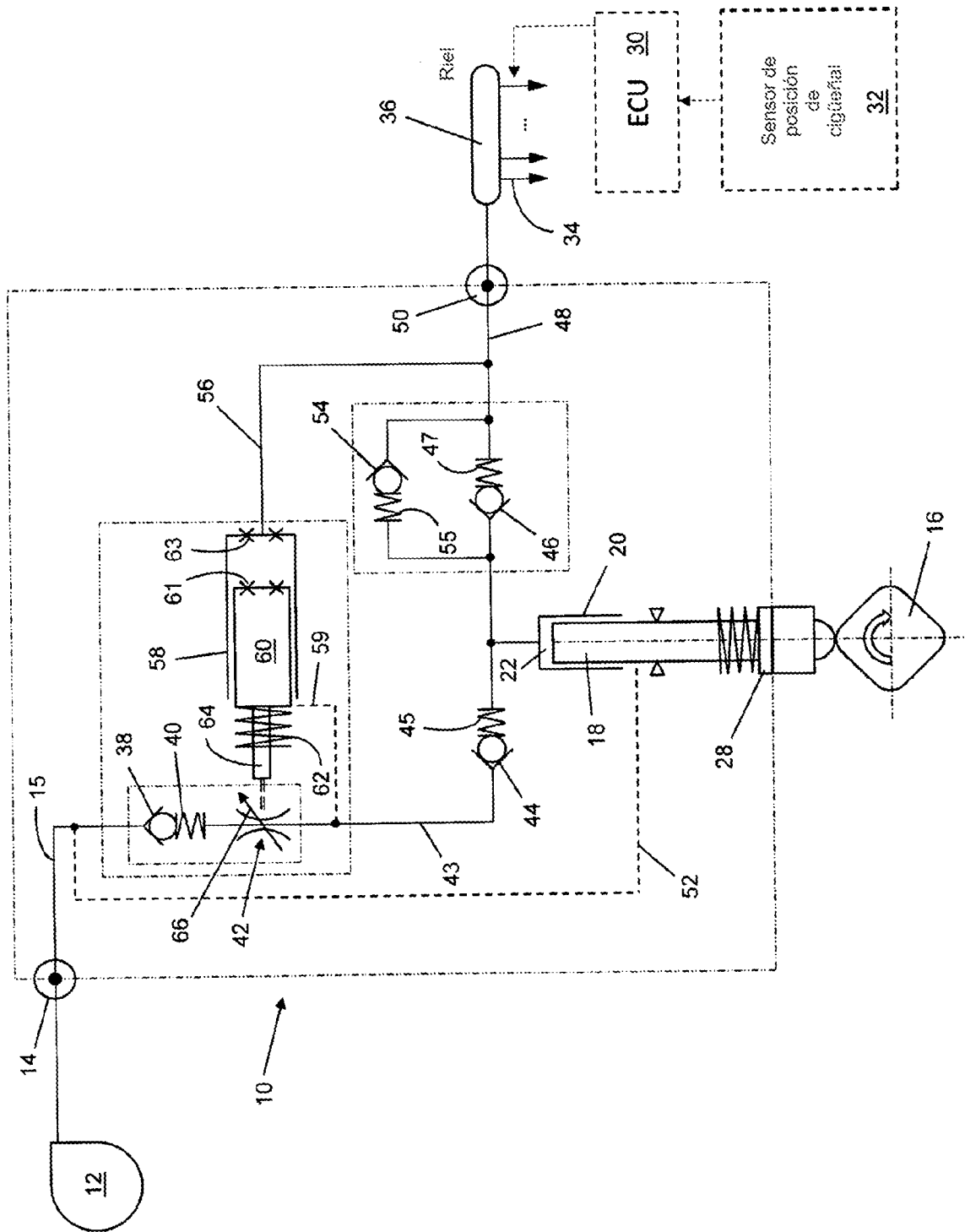


Figura 1

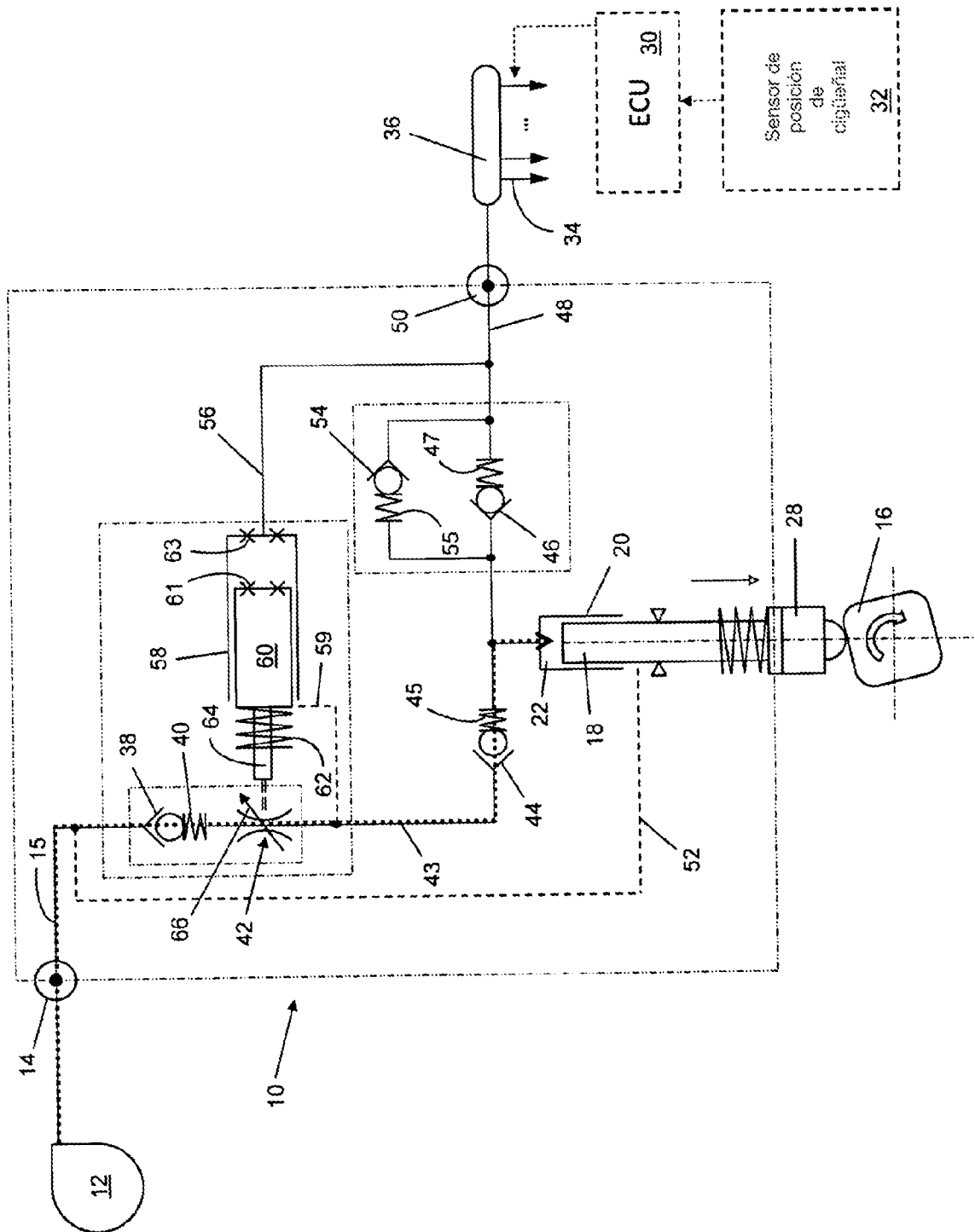


Figura 2

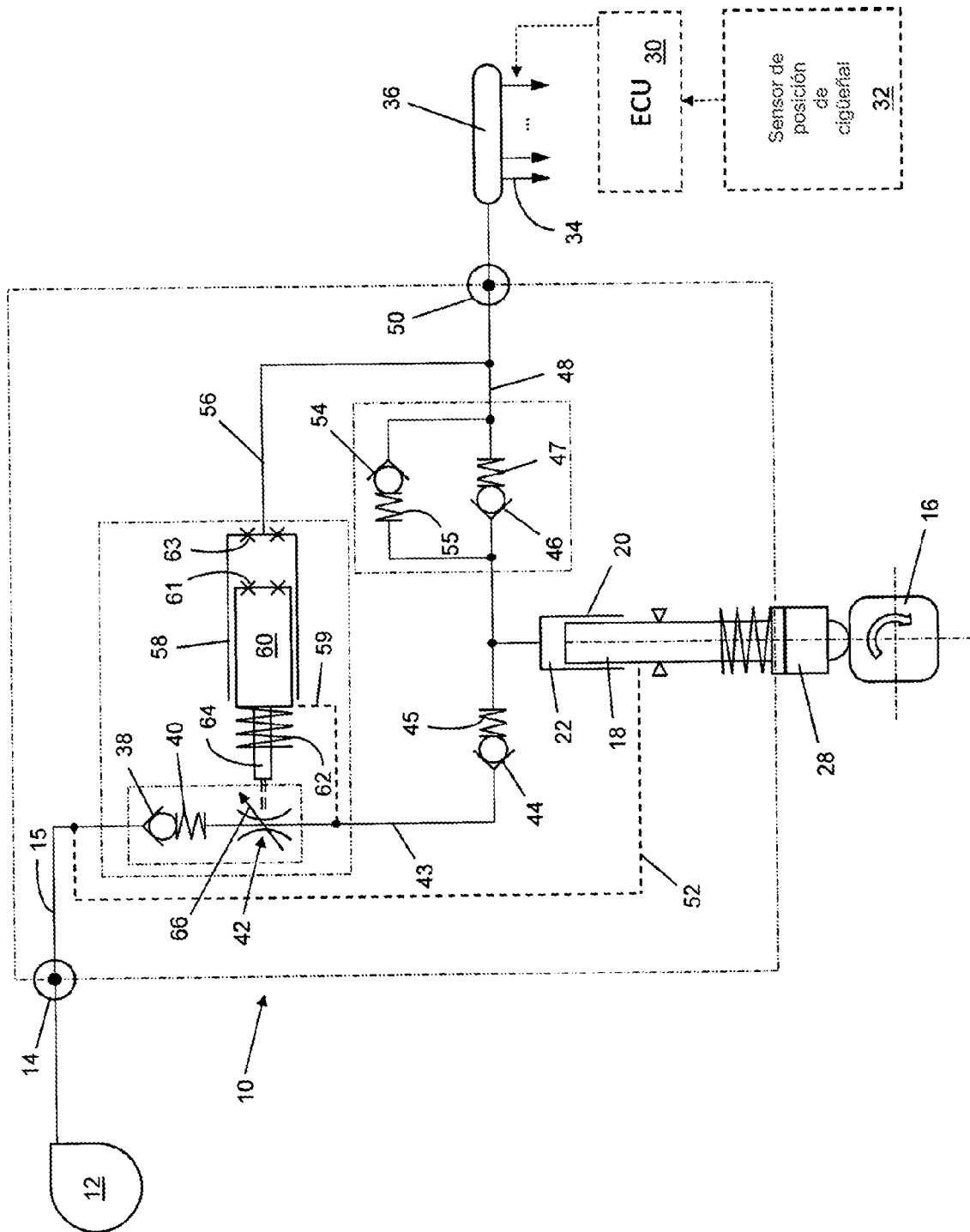


Figura 3

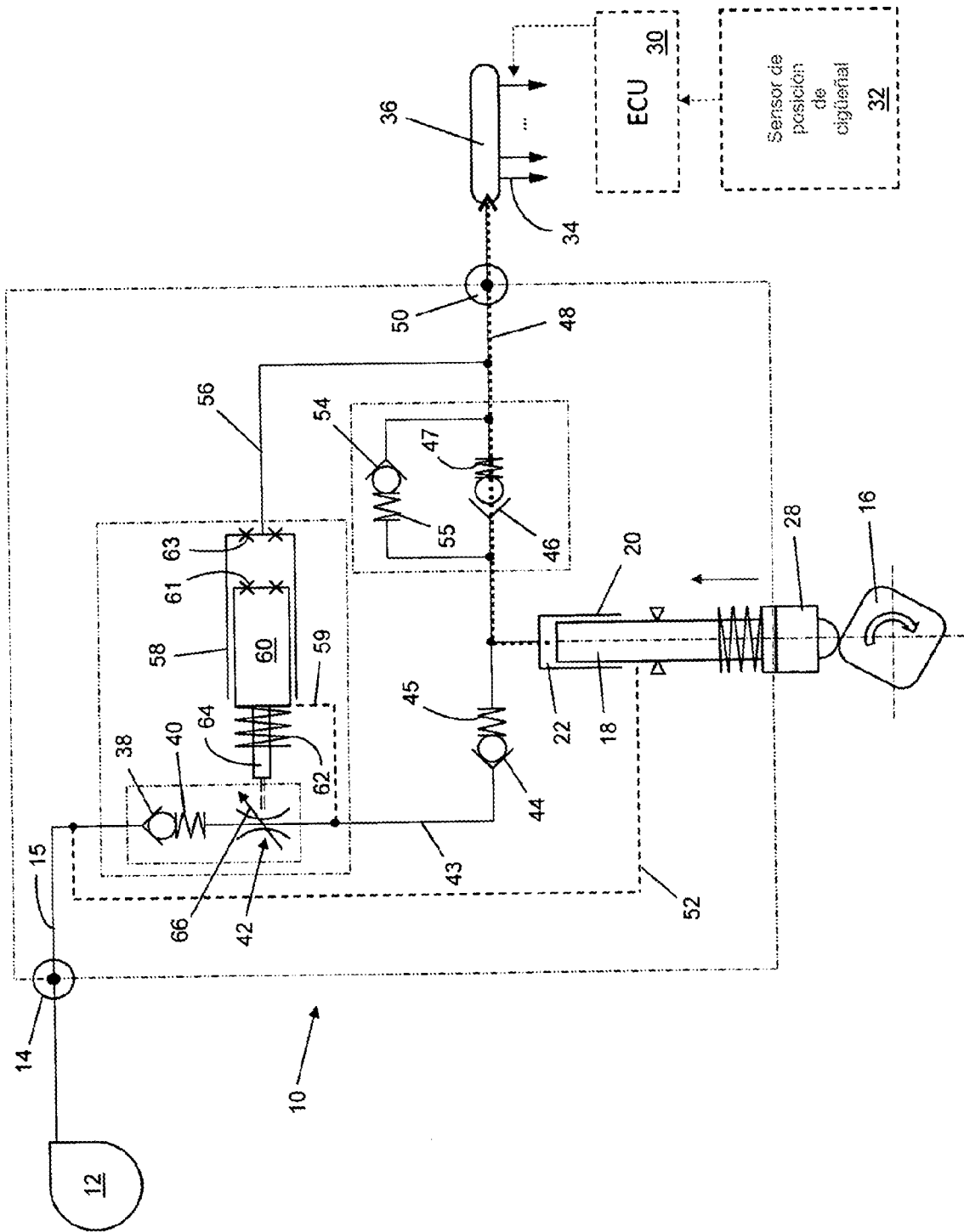


Figura 4

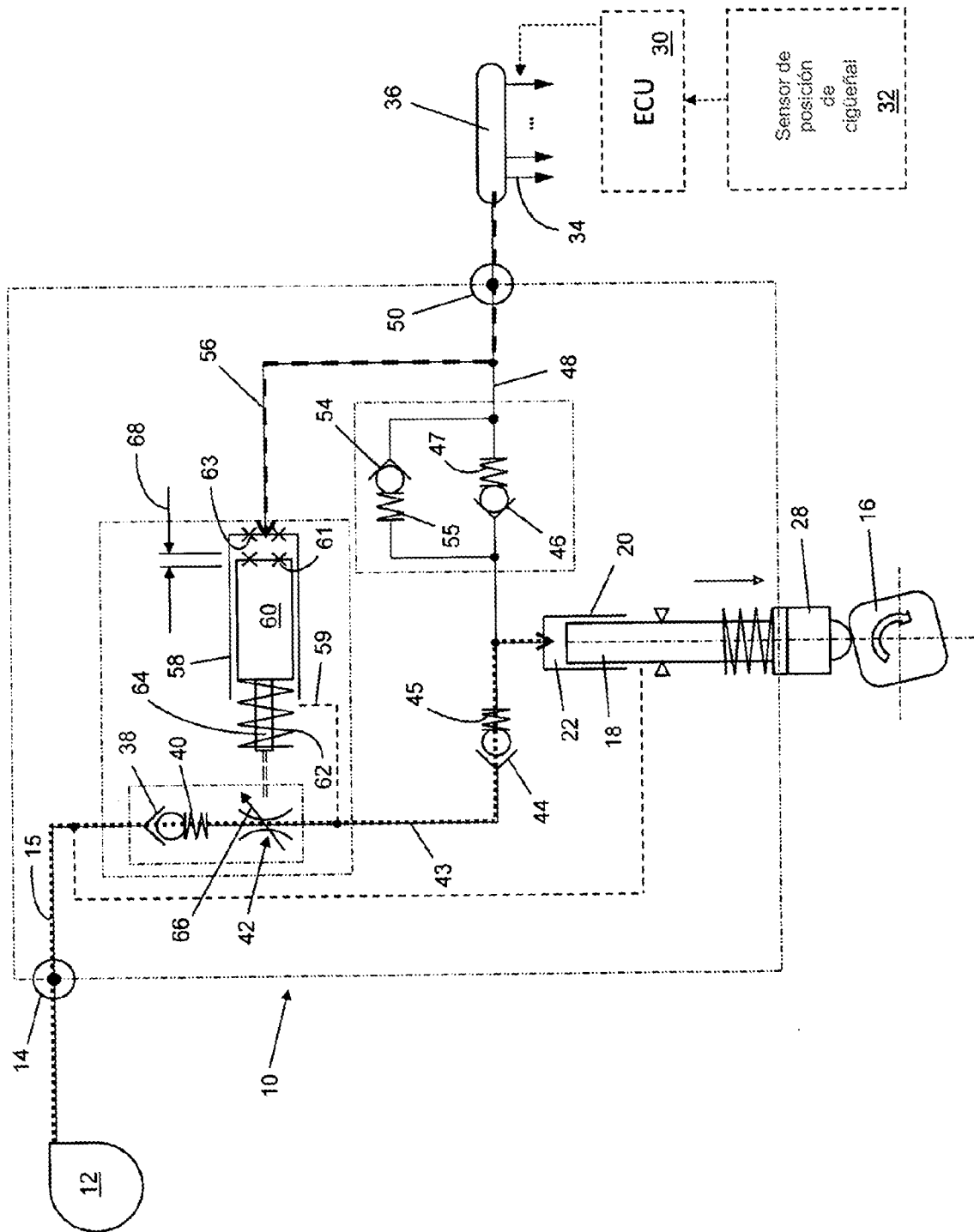


Figura 5

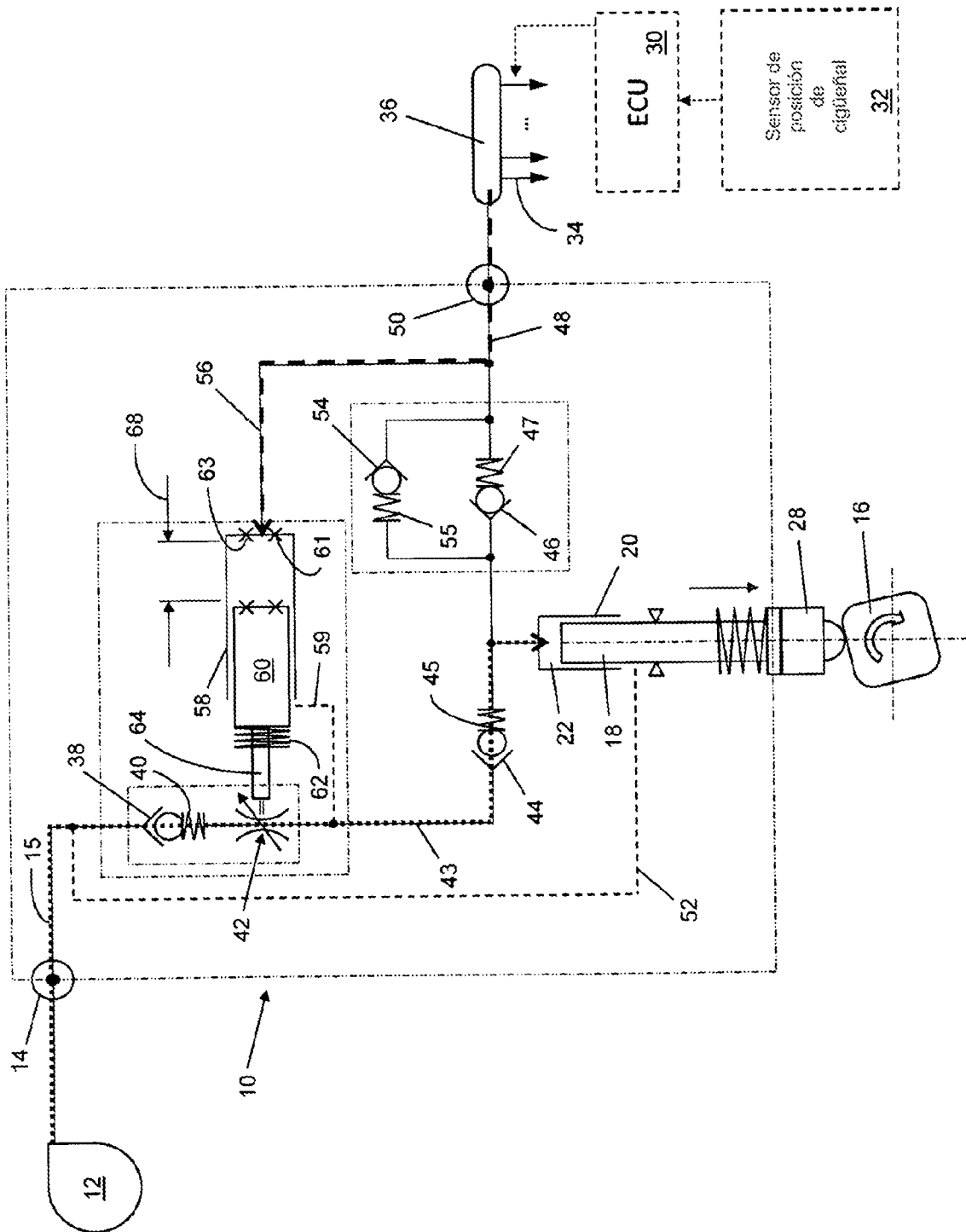


Figura 6

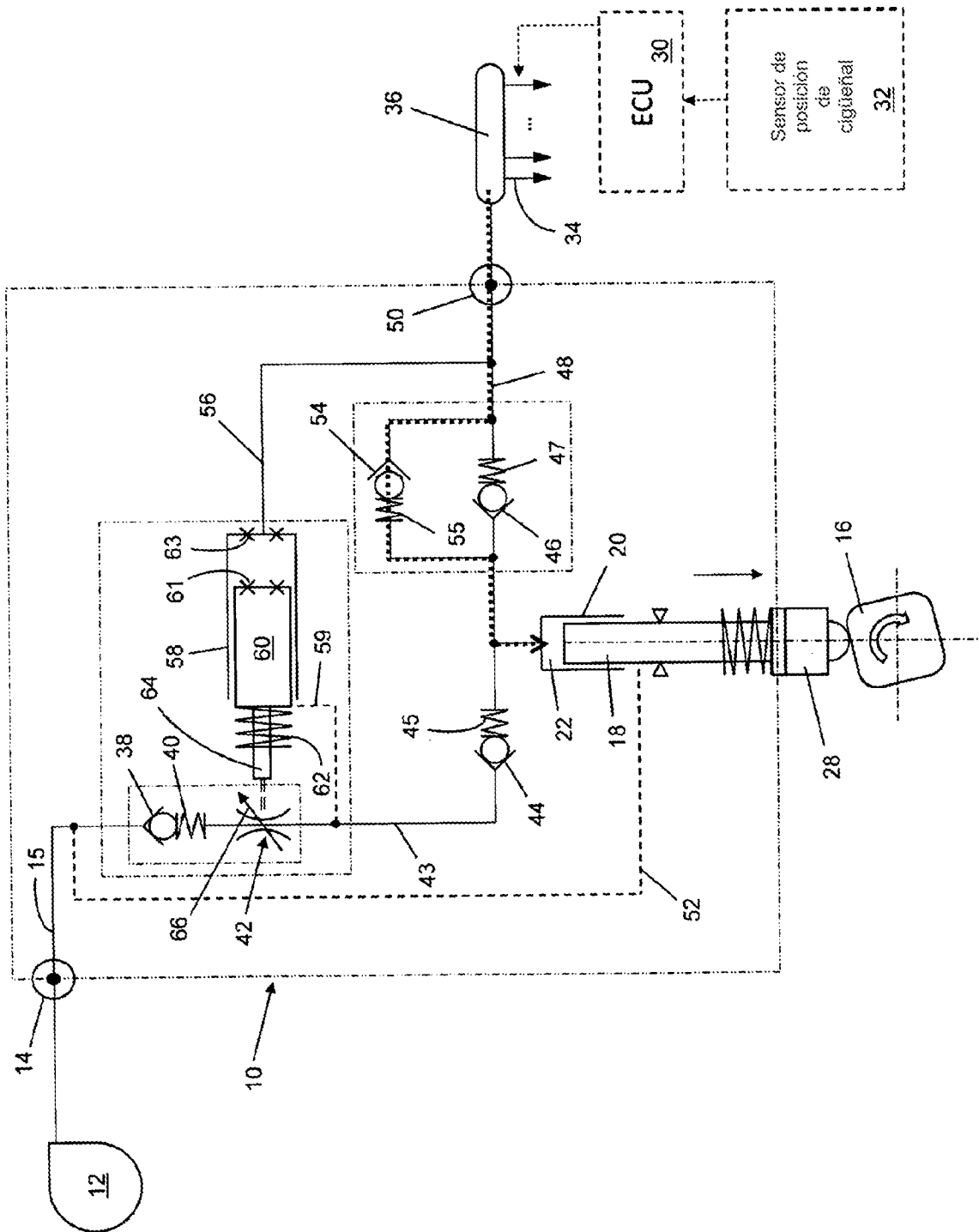


Figura 7

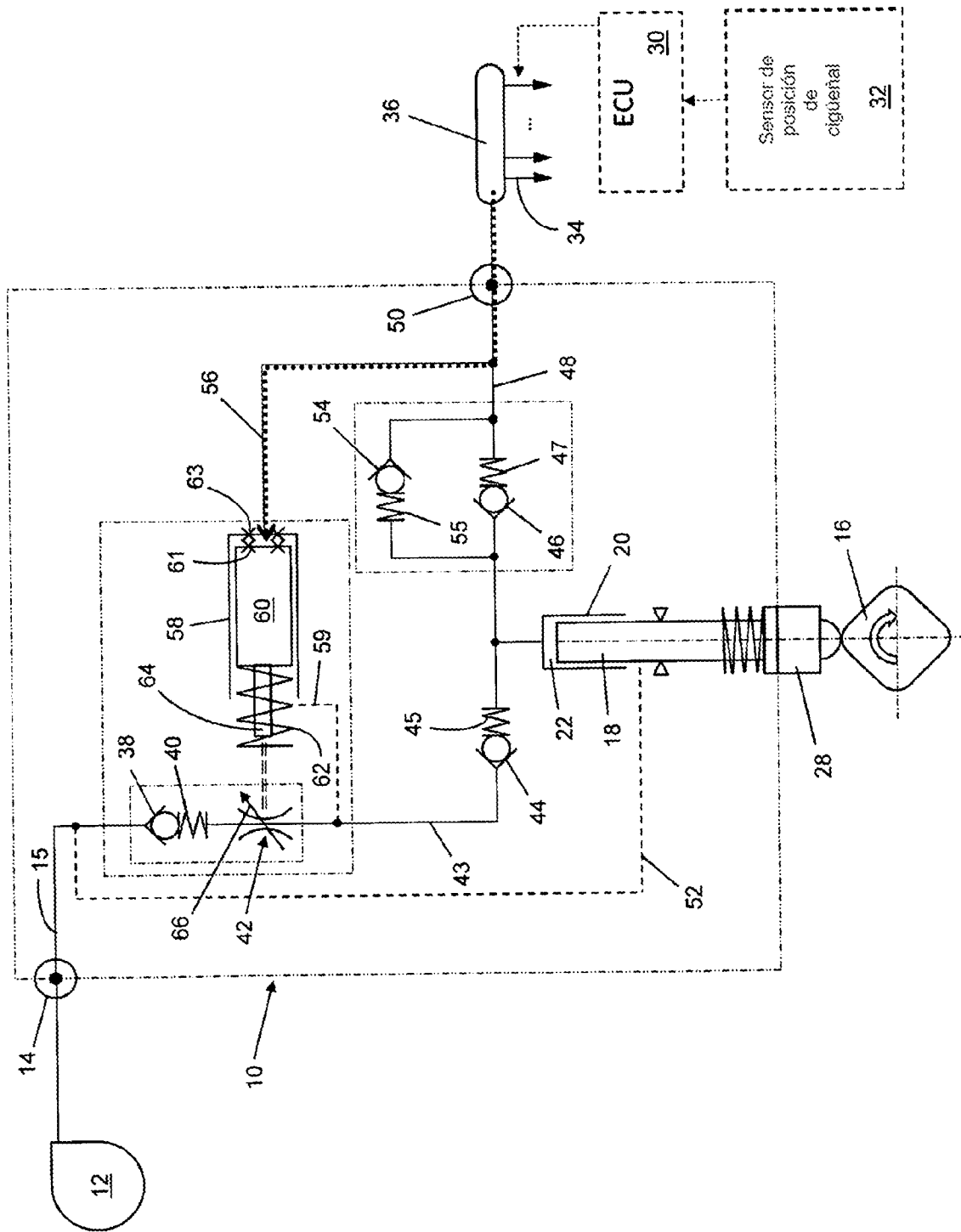
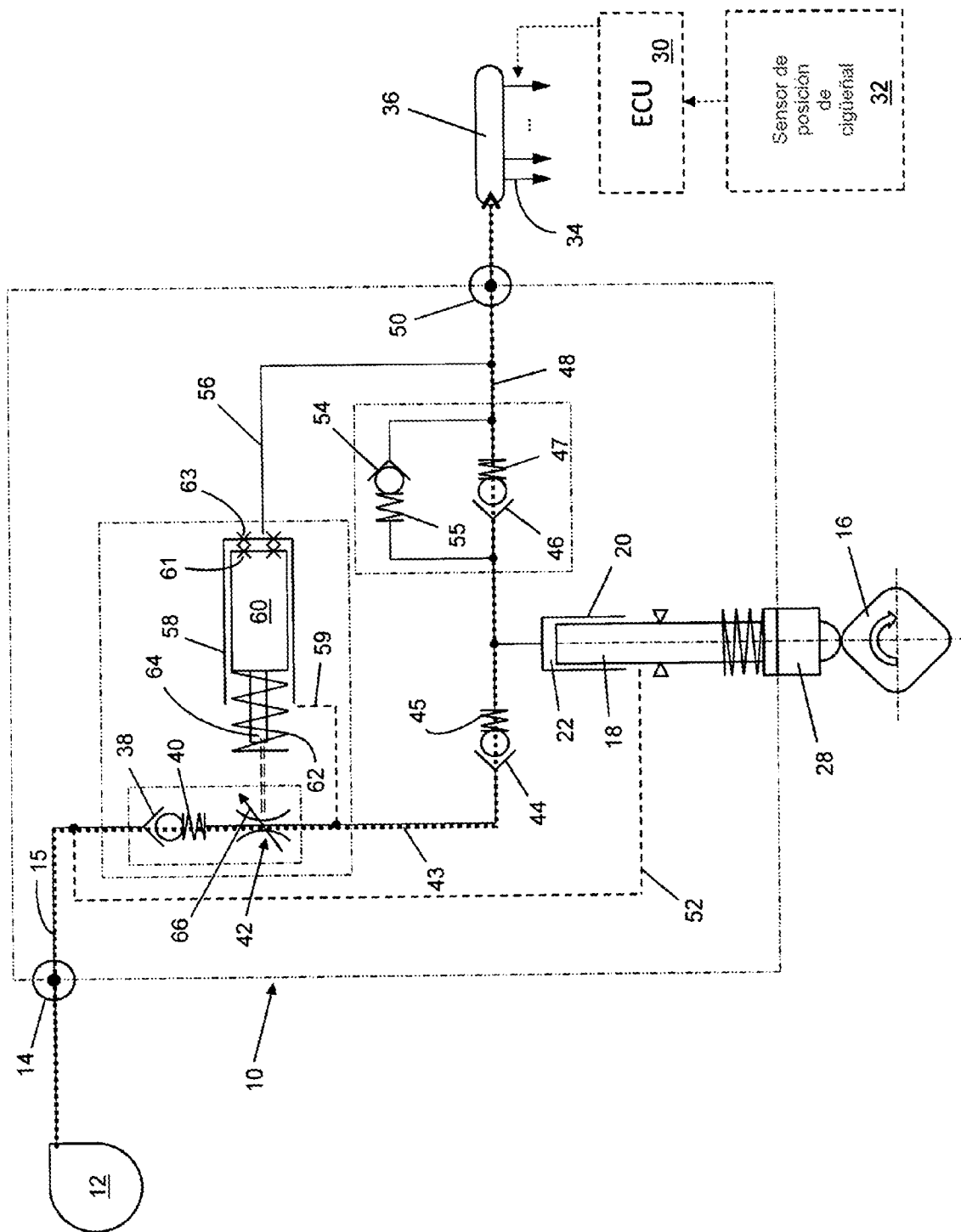


Figura 8



உயர்வு

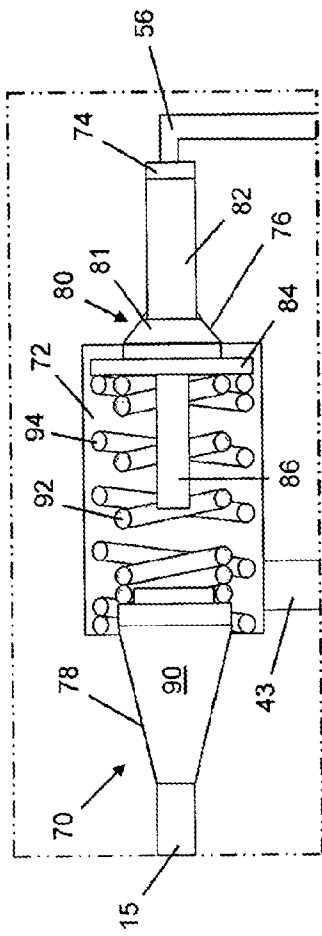


Figura 10

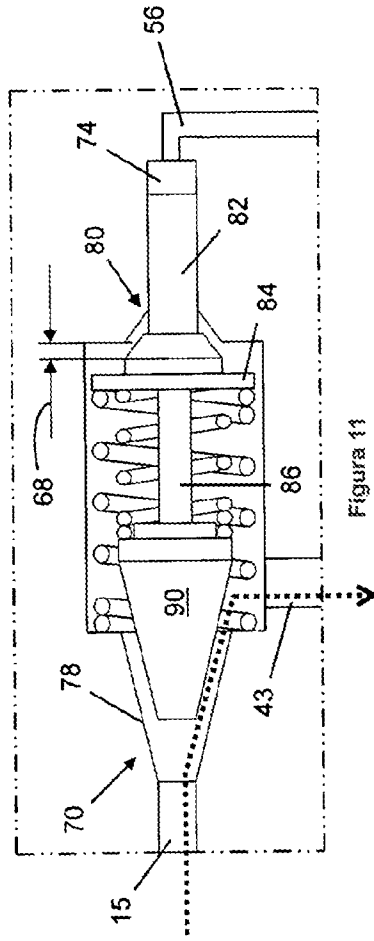


Figura 11

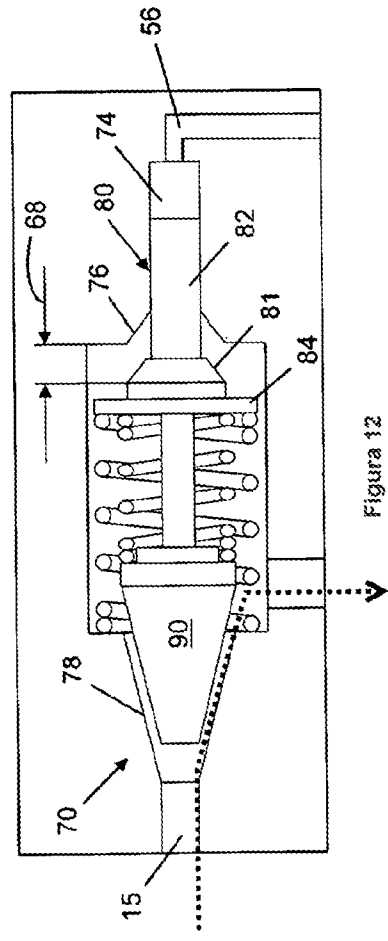


Figura 12

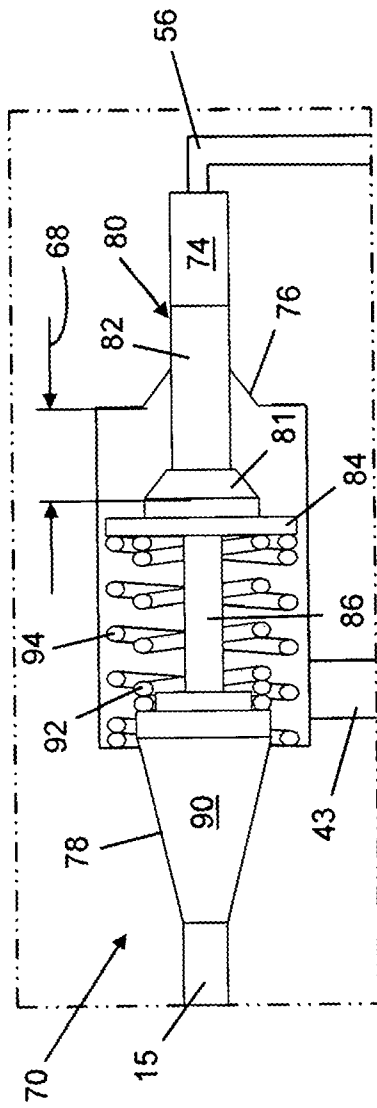


Figura 13

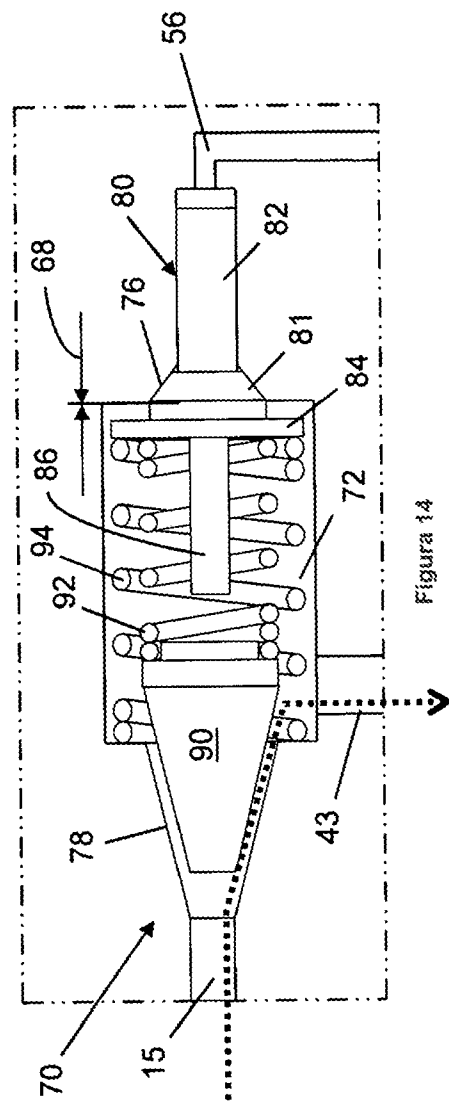


Figura 14

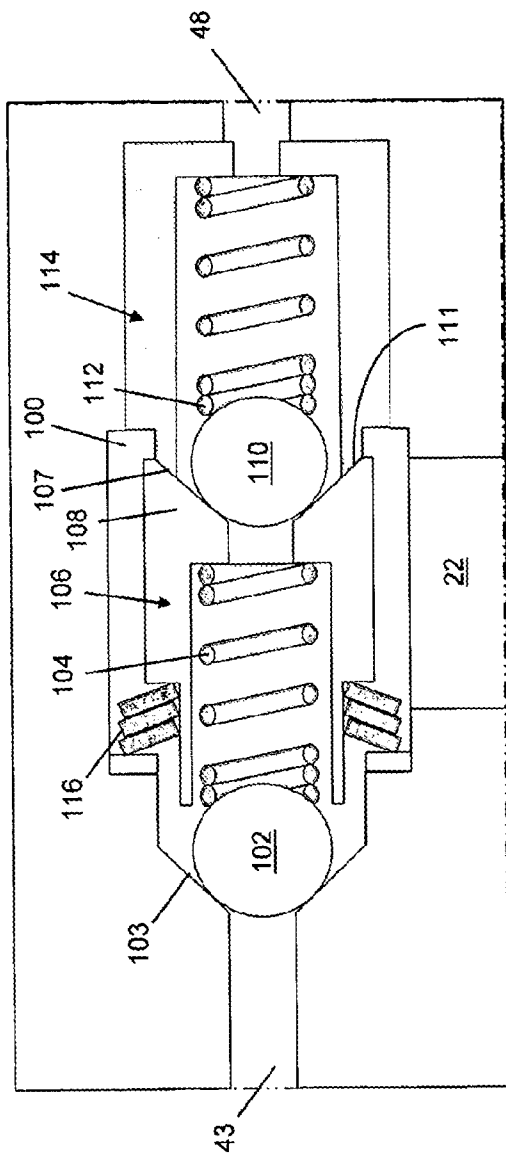


Figure 15

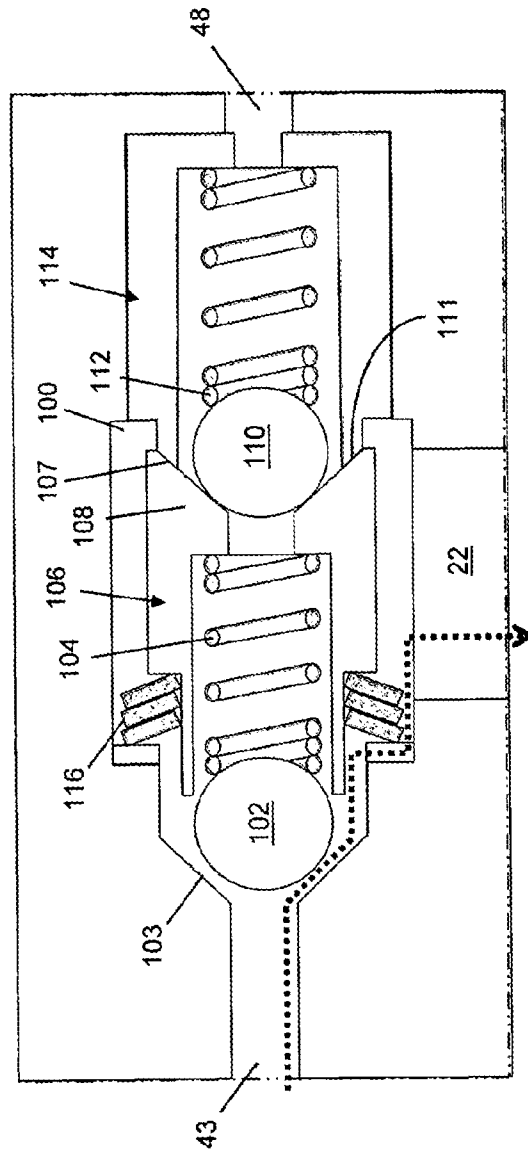


Figure 16

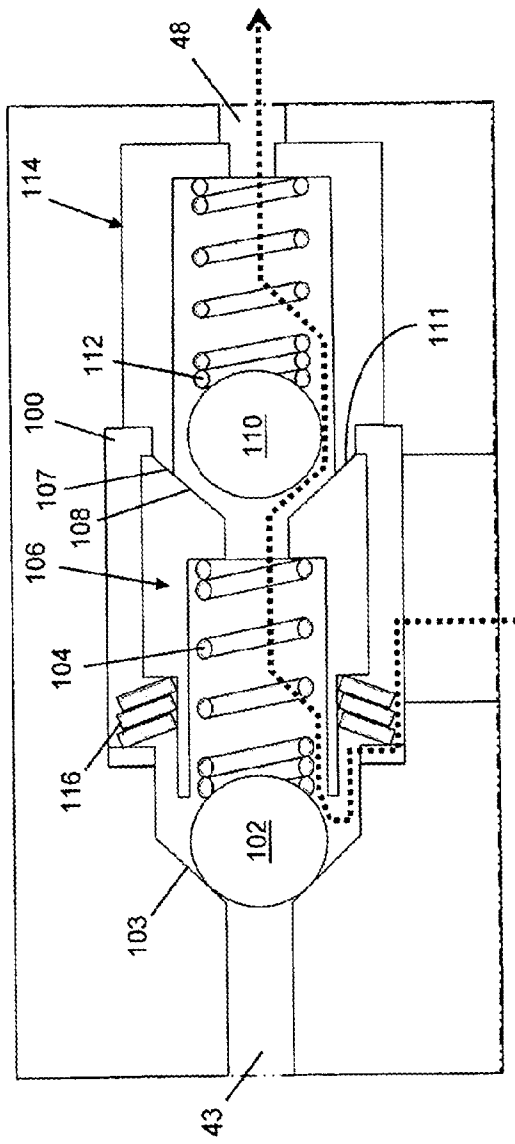


Figure 17

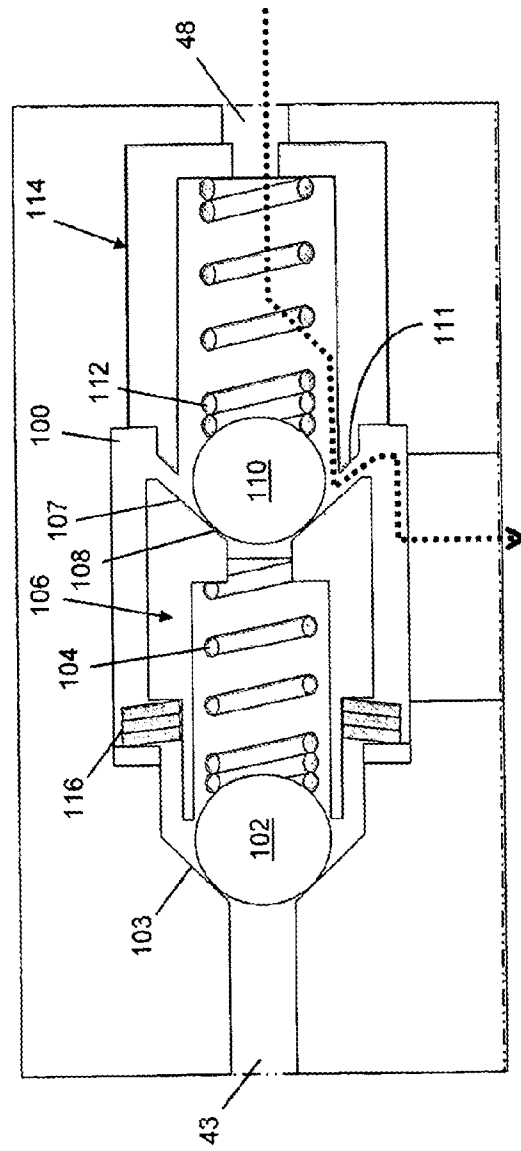


Figure 18

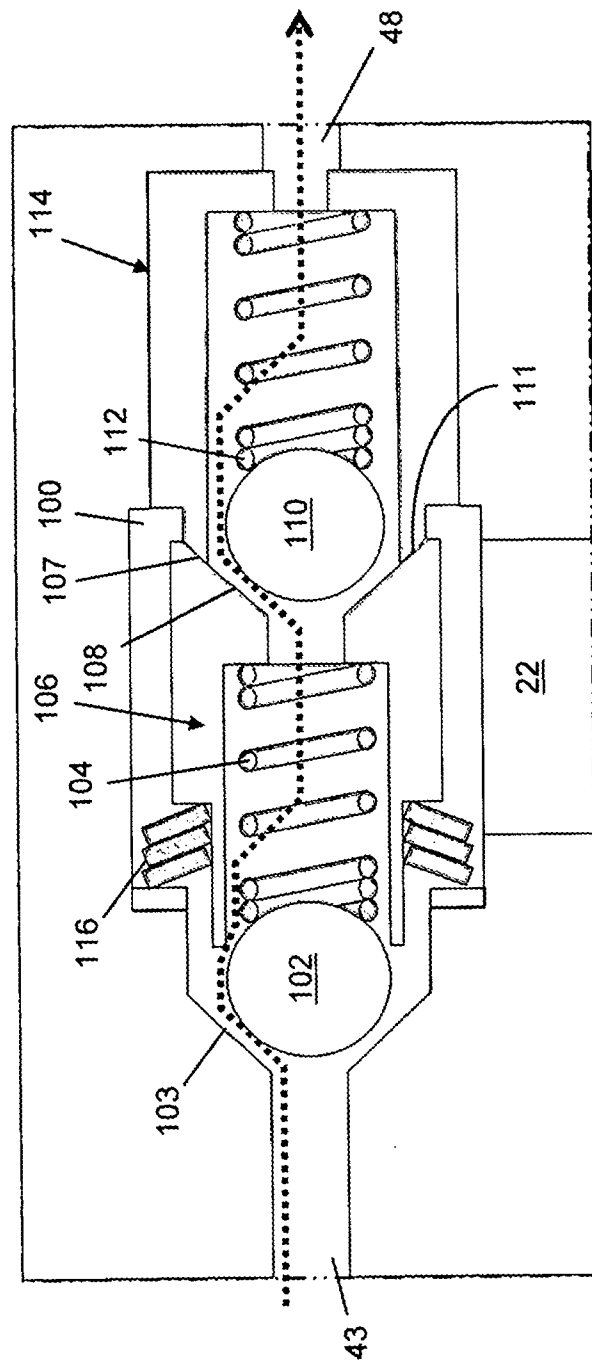


Figure 19

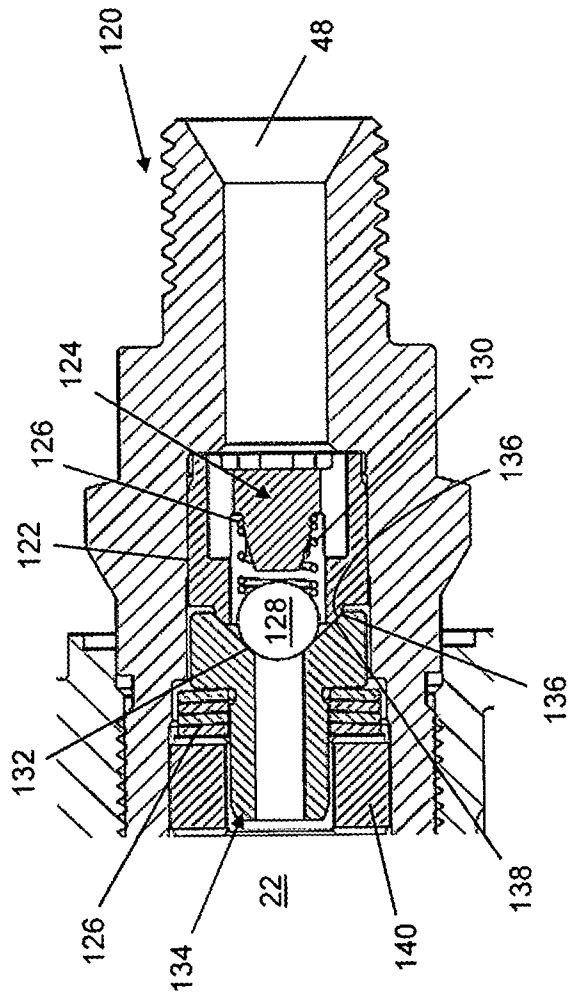


Figure 20

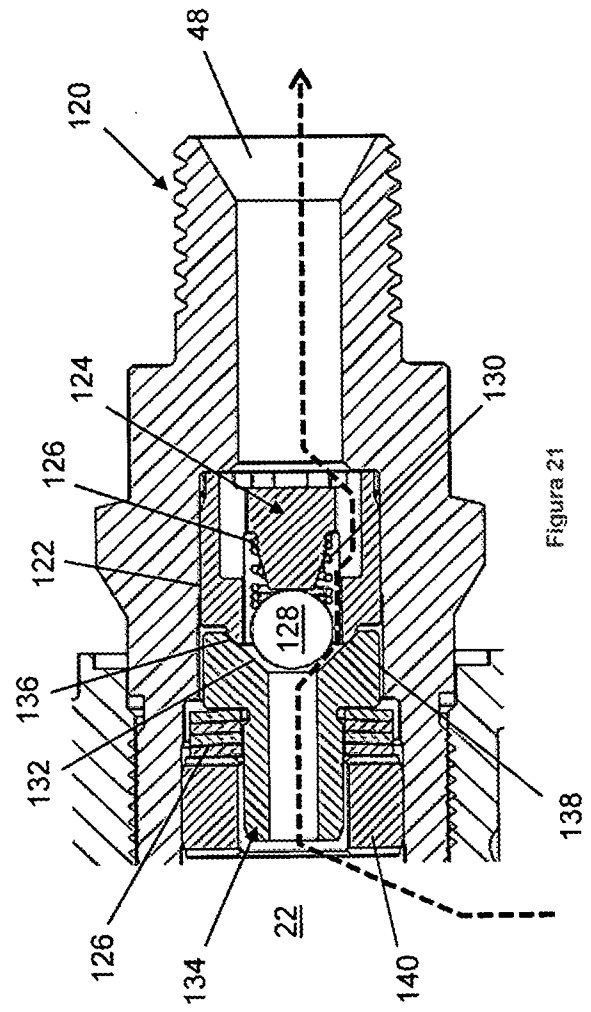


Figure 21

