

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 581 203**

51 Int. Cl.:

F04B 43/00 (2006.01)

F04B 43/073 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.01.2010** **E 10702571 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **13.04.2016** **EP 2389515**

54 Título: **Procedimiento para aumentar el rendimiento del aire comprimido en una bomba**

30 Prioridad:

23.01.2009 US 146959 P

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

02.09.2016

73 Titular/es:

WARREN RUPP, INC. (100.0%)
800 North Main Street
Mansfield, OH 44901, US

72 Inventor/es:

MCCOURT, MARK D.;
ZHU, HAIHONG;
ORNDORFF, MICHAEL BRACE;
ROBERTS, JEVAWN SEBASTIAN y
ABBOTT, CHARLES RANDOLPH

74 Agente/Representante:

CURELL AGUILÁ, Mireia

ES 2 581 203 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

Procedimiento para aumentar el rendimiento del aire comprimido en una bomba.

5 **Antecedentes****A. Campo de la invención**

10 La presente invención se refiere a la técnica de procedimientos y aparatos con relación a bombas de doble diafragma que funcionan con aire y más específicamente a procedimientos y aparatos con relación al control y funcionamiento eficaz de bombas que funcionan con aire, incluyendo de manera no limitativa bombas de doble diafragma que funcionan con aire.

15 **B. Descripción de la técnica relacionada**

Las bombas que funcionan con fluido, tales como bombas de diafragma, se utilizan de manera amplia particularmente para bombear líquidos, disoluciones, materiales viscosos, lodos, suspensiones o sólidos que pueden fluir. Las bombas de doble diafragma se conocen bien por su utilidad en el bombeo de líquidos cargados con sólidos o viscosos, así como para bombear agua pura u otros líquidos, y disoluciones de alta o baja viscosidad basadas en tales líquidos. Por lo tanto, tales bombas de doble diafragma han encontrado una extensa utilización en el bombeo de sumideros, pozos, y fosas, y generalmente en el manejo de una gran variedad de lodos, fangos, y líquidos cargados con residuos. Las bombas de diafragma accionadas por fluido ofrecen determinadas ventajas adicionales en cuanto a comodidad, eficacia, portabilidad y seguridad. Las bombas de doble diafragma son resistentes y compactas y, para obtener una máxima flexibilidad, están abastecidas a menudo por una única línea de admisión y suministran líquido a través de un colector corto hasta una única línea de descarga.

A pesar de que las bombas de diafragma conocidas actúan bien para su fin pretendido, existen numerosas desventajas. Las bombas de doble diafragma que funcionan con aire (AODD) son muy ineficaces en comparación con bombas accionadas por motor. Esto se debe, en gran parte, a la compresibilidad del aire utilizado para accionar la bomba y la ineficacia de sistemas de aire comprimido. Las bombas AODD funcionan normalmente en el intervalo de eficacia del 3 al 5%, mientras que las bombas centrífugas y otras bombas rotatorias funcionan normalmente en el intervalo de eficacia del 50 al 75%. Adicionalmente, las bombas de doble diafragma convencionales no permiten al usuario recuperar información de rendimiento de bomba para su utilización en el control del proceso de bombeo.

35 La patente US n.º 5.332.372 concedida a Reynolds enseña un sistema de control para una bomba de diafragma que funciona con aire. El sistema de control utiliza sensores para monitorizar la velocidad de bomba y la posición de bomba y luego controla el suministro de aire comprimido a la bomba en respuesta a ello. Puesto que la velocidad de bomba y la posición de bomba se ven afectadas por características del fluido bombeado, la unidad de control puede cambiar la velocidad de bomba o el patrón cíclico del conjunto de bomba en respuesta a cambios en las características del fluido bombeado para conseguir características de funcionamiento de la bomba deseadas. Los sensores proporcionan una realimentación constante que permite al sistema de control ajustar de manera inmediata el suministro de aire comprimido a la bomba en respuesta a cambios en las condiciones de funcionamiento de la bomba sin interrumpir el funcionamiento de la bomba. Pueden utilizarse sensores de posición para detectar la posición de bomba. Por ejemplo, los sensores pueden comprender un eje de pistón codificado digitalmente conectado funcionalmente al conjunto de diafragma que proporciona una señal precisa correspondiente a la posición de bomba que puede utilizarse para detectar cambios en la velocidad de bomba y la posición de bomba. Pueden utilizarse sensores de las condiciones de flujo para determinar la velocidad de flujo, fugas o concentración de lodo. Los sensores transmiten señales a un microprocesador que utiliza las señales transmitidas para accionar de manera selectiva las válvulas de control de bomba. Mediante la detección de cambios en la posición de bomba, el sistema de control puede controlar el suministro de aire comprimido a la bomba mediante la modificación de los ajustes de las válvulas de control controlando así tanto la velocidad de bomba como el patrón cíclico de bomba en cualquier punto a lo largo de la carrera de la bomba. Pueden utilizarse válvulas de modulación digital para aumentar el grado de control del sistema proporcionado por el sistema de control. Las condiciones de bomba óptimas deseadas pueden programarse en el sistema de control y, utilizando información transmitida por los sensores, el sistema de control puede experimentar con diferentes longitudes de carrera, velocidades de carrera, y el inicio del ciclo de bombeo para determinar la secuencia de accionamiento de la bomba óptima para conseguir y mantener las condiciones de bombeo predeterminadas deseadas.

60 La patente US nº 5.257.914 concedida a Reynolds enseña una interfaz de control electrónica para una bomba de diafragma accionada por fluido. Además, la patente '372 se incorpora en la patente '914 como referencia. El suministro de aire comprimido está controlado para permitir cambios en la velocidad de bomba o un patrón cíclico. Esto se consigue detectando la posición y aceleración de los diafragmas. Más específicamente, la bomba utiliza sensores para detectar determinadas características de bomba, tales como la velocidad de bomba, velocidad de flujo, y posición de bomba, pero no se limitan a las mismas, y envía esas señales a la unidad de control. Puesto que la posición y tasa de movimiento del diafragma resultan afectadas por las características del fluido bombeado, la unidad de control puede cambiar la velocidad de bomba o el patrón cíclico del conjunto de bomba en respuesta a

cambios en las características del fluido bombeado. La unidad de control determina el tiempo transcurrido entre las señales de pulso, lo que conduce a cálculos para la velocidad de movimiento alternativo de la varilla y los diafragmas. La unidad de control, utilizando los cambios en la velocidad de desplazamiento de los diafragmas, calcula la aceleración y características dependientes de la velocidad de la bomba.

5 La publicación de patente US nº 2006/0104829 concedida a Reed *et al.* da a conocer un sistema de control para hacer funcionar y controlar una bomba de diafragma que funciona con aire. Reed no utiliza la posición o aceleración de los diafragmas, sino que depende de otras consideraciones tales como un periodo de tiempo predeterminado. La publicación de patente US nº 2006/0159565 concedida a Sanwald da a conocer un sistema de bomba para polvo, en particular polvo de recubrimiento, y aparato de recubrimiento de polvo. Se utiliza un controlador de tiempo (74) para introducir gas comprimido en una cámara de dosificación en función del tiempo de retardo predeterminado transcurrido desde un punto de funcionamiento predeterminado para expulsar una cantidad de polvo que se introdujo en dicha cámara de dosificación hasta el final de dicho retardo temporal. En este sistema, se genera una señal de error cuando surge una desviación predeterminada con respecto a los valores predeterminados. Este sistema carece de una acción correctora automática en caso de que se detecte una señal de error. Además, este sistema, se basa en el tiempo mientras que la presente invención se basa en la velocidad.

Lo que se necesita entonces es una bomba de diafragma que funciona con aire que utiliza un procedimiento de autoaprendizaje mediante la detección de velocidad en un punto flotante o un punto de ajuste para minimizar la cantidad de aire comprimido que es necesaria para hacer funcionar la bomba de manera eficaz.

Divulgación de la invención

La presente invención es un procedimiento para aumentar la eficacia del aire comprimido en una bomba. Más específicamente, el procedimiento inventivo utiliza un dispositivo de eficacia de aire para poder minimizar la cantidad de aire comprimido en una bomba. Un objetivo principal de esta invención es mejorar las enseñanzas de la patente 5.257.914 de Reynolds mencionada anteriormente y su enseñanza incorporada de la patente 5.332.372 de Reynolds utilizando detección de la velocidad y posición del movimiento de los conjuntos de diafragma para controlar la utilización del fluido de presión que provoca el movimiento de los conjuntos de diafragma y utilizando para ello algoritmos de control que se adaptan a influencias de condiciones cambiantes para conseguir una bomba controlada de manera más óptima. Se proporciona una bomba que presenta cámaras de diafragma y conjuntos de diafragma. Cada conjunto de diafragma puede comprender un diafragma. Un dispositivo de eficacia de aire puede permitir controlar el funcionamiento de un diafragma que funciona con aire. Puede definirse una velocidad mínima y de terminación. Cuando se llena una de las cámaras de diafragma con el aire comprimido, el conjunto de diafragma pasa por una posición de reducción. Tras pasar por la posición de reducción, el dispositivo de eficacia de aire detiene o disminuye el flujo de aire comprimido en la bomba. El dispositivo de eficacia de aire monitoriza la velocidad del conjunto de diafragma hasta que alcanza su posición de final de carrera y redefine la posición de reducción si determina que la velocidad del conjunto de diafragma ha excedido la velocidad de terminación definida o caído por debajo de la velocidad mínima definida. Después, el dispositivo de eficacia de aire lleva a cabo el mismo procedimiento de forma independiente para el otro conjunto de diafragma. Tras llegar a su posición de final de carrera el otro conjunto de diafragma, el procedimiento se repite de nuevo para el primer conjunto de diafragma utilizando cualquier posición de reducción redefinida según corresponda.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba, que puede comprender las etapas siguientes de: proporcionar una bomba que presenta un estado de funcionamiento convencional y un estado de eficacia de aire, presentando la bomba un primer conjunto de diafragma dispuesto en una primera cámara de diafragma, presentando el primer conjunto de diafragma una primera posición y una segunda posición, una posición actual X_{CL} y una posición de reducción X_{SL} ; presentar la bomba también un segundo conjunto de diafragma dispuesto en una segunda cámara de diafragma, presentando el segundo conjunto de diafragma una primera posición, una segunda posición, una posición actual X_{CR} y una posición de reducción X_{SR} ; proporcionar un dispositivo de desplazamiento lineal interconectado entre el primer conjunto de diafragma y el segundo conjunto de diafragma, presentando el dispositivo de desplazamiento lineal una varilla de desplazamiento lineal; proporcionar una válvula de entrada de aire que se comunica con la primera cámara y la segunda cámara, haciéndose funcionar dicha válvula de entrada de aire mediante una fuente de alimentación; hacer funcionar la bomba en el estado de eficacia de aire, comprendiendo las etapas: abrir la válvula de entrada de aire hasta que un sensor determina $X_{CL} > X_{SL}$ o $X_{CR} > X_{SR}$; medir la velocidad a partir de la varilla de desplazamiento lineal; evaluar parámetros de funcionamiento a partir de la velocidad para determinar si la varilla de desplazamiento lineal se está moviendo dentro de un intervalo aceptado; redefinir X_{SL} o X_{SR} para alcanzar una posición de reducción óptima para minimizar la entrada de aire comprimido en las cámaras de diafragma.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba, en el que el dispositivo de desplazamiento lineal puede comprender un alojamiento, una varilla de desplazamiento lineal parcialmente dispuesta en el alojamiento, un sensor dispuesto dentro del alojamiento, y un controlador dispuesto dentro del alojamiento.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba que puede comprender además la etapa siguiente de: cambiar al estado de funcionamiento convencional debido a un fallo de la fuente de alimentación para la válvula de entrada de aire.

5 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba que puede comprender las etapas siguientes de: proporcionar una bomba que presenta un primer conjunto de diafragma dispuesto en una primera cámara de diafragma, presentando el primer conjunto de diafragma una primera posición y una segunda posición, una posición actual X_{CL} y una posición de reducción X_{SL} ; definir una velocidad mínima V_{MINL} y una velocidad de terminación V_{TERML} ; proporcionar una válvula de entrada de aire conectada funcionalmente a la primera cámara de diafragma; abrir la válvula de entrada de aire; llenar una parte de la primera cámara de diafragma con un aire comprimido; mover el primer conjunto de diafragma hacia la segunda posición de diafragma; disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} ; monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma hasta la segunda posición de diafragma; redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición; y mover el primer conjunto de diafragma hacia la primera posición de diafragma.

20 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba que puede comprender además las etapas siguientes de: proporcionar un segundo conjunto de diafragma dispuesto en una segunda cámara de diafragma, presentando el segundo conjunto de diafragma una primera posición, una segunda posición, una posición actual X_{CR} y una posición de reducción X_{SR} ; en el que la etapa de mover el primer conjunto de diafragma hacia la primera posición del primer conjunto de diafragma comprende además las etapas siguientes de: definir una velocidad mínima V_{MINR} y una velocidad de terminación V_{TERML} ; abrir la válvula de entrada de aire; llenar una parte de la segunda cámara de diafragma con un aire comprimido; disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire cuando X_{CR} es aproximadamente igual a X_{SR} ; monitorizar la velocidad actual V_{CR} del segundo conjunto de diafragma hasta la segunda posición de diafragma; redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma; y mover el segundo conjunto de diafragma hacia la primera posición.

30 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que X_{SL} y X_{SR} pueden almacenarse electrónicamente de forma independiente el uno del otro.

35 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que cada conjunto de diafragma puede comprender un diafragma, una placa de metal conectada funcionalmente al diafragma; y una varilla interconectada funcionalmente entre la placa de metal del primer conjunto de diafragma y la placa de metal del segundo conjunto de diafragma.

40 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que la etapa de redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma puede comprender además la etapa de redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ dentro de aproximadamente 5 mm de una posición de final de carrera.

45 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que la etapa de redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma puede comprender además la etapa de redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERML}$ dentro de aproximadamente 5 mm de una posición de final de carrera.

50 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que la etapa de monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma hasta la segunda posición puede comprender además la etapa de volver a abrir la válvula de entrada de aire si se detecta un evento de bloqueo de bomba potencial.

55 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba, en el que puede producirse un evento de bloqueo de bomba si $V_{CL} < V_{MTNL}$.

60 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba que puede comprender además las etapas siguientes de: redefinir X_{SL} , de tal manera que $X_{SL} = X_{SL} + S1_L$, en el que $S1_L$ es un valor de desplazamiento constante, en el que el X_{SL} redefinido surte efecto en la siguiente carrera cuando el primer conjunto de diafragma se mueve desde la primera posición hasta la segunda posición.

65 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que la etapa de redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición del primer conjunto de diafragma puede comprender además las etapas siguientes de:

redefinir X_{SL} de tal manera que $X_{SL} = X_{SL} - S_{2L}$ si $V_{CL} > V_{TERML}$, en el que S_{2L} es un valor de desplazamiento constante; y redefinir X_{SL} de tal manera que $X_{SL} = X_{SL} + S_{3L}$ si $V_{CL} < V_{MINL}$, en el que S_{3L} es un valor de desplazamiento constante.

5 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que la etapa de disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} puede comprender además la etapa de disminuir el flujo de aire a cero cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} .

10 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba, pudiendo comprender el procedimiento las etapas siguientes de: proporcionar una bomba que presenta un primer conjunto de diafragma dispuesto en una primera cámara de diafragma, presentando el primer conjunto de diafragma una primera posición de diafragma y una segunda posición de diafragma, una posición actual X_{CL} y una posición de reducción X_{SL} ; presentar la bomba también un segundo conjunto de diafragma dispuesto en una segunda cámara de diafragma, presentando el segundo conjunto de diafragma una primera posición de diafragma, una segunda posición de diafragma, una posición actual X_{CR} y una posición de reducción X_{SR} ; definir velocidades mínimas V_{MINL} y V_{MINR} y velocidades de terminación V_{TERML} y V_{TERMIL} ; proporcionar un dispositivo de desplazamiento lineal conectado funcionalmente al primer conjunto de diafragma y al segundo conjunto de diafragma; proporcionar una válvula de entrada de aire conectada funcionalmente a la primera cámara de diafragma y la segunda cámara de diafragma; abrir la válvula de entrada de aire; llenar una parte de la primera cámara de diafragma con un aire comprimido; disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} ; monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma en la segunda posición de diafragma; activar una segunda válvula; redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma; mover el primer conjunto de diafragma hacia la primera posición de diafragma, en el que mientras que el primer conjunto de diafragma se mueve hacia la primera posición de diafragma, el procedimiento comprende además las etapas siguientes de: abrir la válvula de entrada de aire; llenar la segunda cámara de diafragma con el aire comprimido mientras se expulsa simultáneamente el aire comprimido de la primera cámara de diafragma; disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire cuando X_{CR} es aproximadamente igual a X_{SR} ; monitorizar la velocidad actual V_{CR} del segundo conjunto de diafragma hasta la segunda posición de diafragma; activar la segunda válvula; redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERMIL}$ en la segunda posición de diafragma; y mover el segundo conjunto de diafragma hacia la primera posición de diafragma, en el que X_{SL} está próximo a 0 en el punto de reducción óptimo.

35 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba, un conjunto de diafragma en el que la etapa de activar una segunda válvula puede llevarse a cabo por medio de una espiga de accionamiento.

Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que las etapas siguientes de monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma hasta la segunda posición y monitorizar la velocidad actual V_{CR} del segundo conjunto de diafragma hasta la segunda posición puede comprender además las etapas siguientes de: volver a abrir la válvula de entrada de aire si se detecta un evento de bloqueo de bomba potencial, en el que un evento de bloqueo de bomba puede producirse si $V_{CL} < V_{MINL}$ o $V_{CR} < V_{MINR}$; redefinir X_{SL} , de tal manera que $X_{SL} = X_{SL} + S_{1L}$, en el que S_{1L} es un valor de desplazamiento constante, en el que X_{SL} redefinido surte efecto en la siguiente carrera cuando el primer conjunto de diafragma se mueve desde la primera posición hasta la segunda posición; y redefinir X_{SR} , de tal manera que $X_{SR} = X_{SR} + S_{1R}$, en el que S_{1R} es un valor de desplazamiento constante, en el que X_{SR} redefinido surte efecto en la siguiente carrera cuando el segundo conjunto de diafragma se mueve desde la primera posición hasta la segunda posición.

50 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba en el que la etapa de redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición puede comprender además las etapas siguientes de: redefinir X_{SL} de tal manera que $X_{SL} = X_{SL} - S_{2L}$ si $V_{CL} > V_{TERML}$, en el que S_{2L} es un valor de desplazamiento constante; y redefinir X_{SL} de tal manera que $X_{SL} = X_{SL} + S_{3L}$ si $V_{CL} < V_{MINL}$, en el que S_{3L} es un valor de desplazamiento constante; en el que la etapa de redefinir X_{SR} si $V_{MINR} > V_{CR} > V_{TERMIL}$ dentro de aproximadamente 5 mm de la segunda posición comprende además las etapas siguientes de: redefinir X_{SR} de tal manera que $X_{SR} = X_{SR} - S_{2R}$ si $V_{CR} > V_{TERMIL}$, en el que S_{2R} es un valor de desplazamiento constante; y redefinir X_{SR} de tal manera que $X_{SR} = X_{SR} + S_{3R}$ si $V_{CR} < V_{MINR}$, en el que S_{3R} es un valor de desplazamiento constante.

60 Otro objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba, en el que la etapa de disminuir el flujo de aire de la válvula de entrada de aire puede comprender la etapa de cerrar la válvula de entrada de aire.

Una ventaja de esta invención es que se autoajusta para proporcionar la eficacia de aire óptima para hacer funcionar la bomba de doble diafragma que funciona con aire a pesar de cambios que pueden producirse con relación a la presión de fluido, presión de entrada de aire, o viscosidad de fluido.

Resultarán aún evidentes otras ventajas y beneficios de la invención para los expertos en la materia a la que se refiere a partir de la lectura y la comprensión de la siguiente memoria detallada.

5 **III. Breve descripción de los dibujos**

La invención puede adquirir forma física en determinadas partes y disposición de las partes, de las que se describirá con mayor detalle una forma de realización preferida en la presente memoria y se ilustrará en los dibujos adjuntos que forman parte de la presente memoria y en los que:

10 la figura 1 representa una vista de sección de una bomba de doble diafragma que funciona con aire según una forma de realización de la invención;

15 la figura 2 representa una ilustración esquemática de una bomba de doble diafragma que funciona con aire que comprende un primer estado de bomba según una forma de realización de la invención;

20 la figura 3 representa una ilustración esquemática de la bomba de doble diafragma que funciona con aire representada en la figura 2 que comprende un segundo estado de bomba según una forma de realización de la invención;

25 la figura 4 representa una vista parcial de sección de un conjunto de válvula piloto y un conjunto de válvula principal según una forma de realización de la invención;

la figura 5 representa una vista parcial de sección de un conjunto de válvula piloto y un conjunto de válvula principal según una forma de realización de la invención.

30 la figura 6a representa una vista parcial de sección de un dispositivo de eficacia de aire conectado funcionalmente a una bomba de doble diafragma que funciona con aire según una forma de realización de la invención;

la figura 6b representa una vista esquemática de un dispositivo de eficacia de aire conectado funcionalmente a una bomba de doble diafragma que funciona con aire según una forma de realización de la invención;

35 la figura 7 representa una vista en perspectiva de un dispositivo de desplazamiento lineal;

40 la figura 8 representa un diagrama de flujo que representa un procedimiento para hacer funcionar un doble diafragma que funciona con aire con una eficacia mayor mediante el control o la regulación del suministro de fluido comprimido proporcionado a la bomba desde un suministro de fluido comprimido según una forma de realización de la invención.

IV. Descripción detallada

A continuación, haciendo referencia a los dibujos, en los que las ilustraciones presentan el fin únicamente de ilustrar las formas de realización de la invención y no de limitar la misma, las figuras 1 a 8 ilustran la presente invención. La figura 1 muestra una bomba 10 de doble diafragma que funciona con aire que comprende un dispositivo de eficacia de aire 1 según una forma de realización de la invención. El dispositivo de eficacia de aire 1 puede permite que la bomba 10 funcione con una eficacia mayor mediante el control o la regulación el suministro de aire comprimido o fluido comprimido proporcionado a la bomba 10 desde un suministro de fluido o aire comprimido. A continuación en la presente memoria, el término "aire comprimido" y "fluido comprimido" pueden utilizarse indistintamente. El dispositivo de eficacia de aire 1 puede reducir o detener de manera temporal el suministro de aire comprimido a la bomba 10 que empieza en un punto de reducción o de corte predeterminado antes de la posición de final de carrera de bomba 10 tal como se describe con mayor detalle a continuación. Mediante la reducción o la detención completa del suministro de aire comprimido en el punto de reducción, la bomba 10 utiliza la expansión natural del aire comprimido dentro de las cámaras de bomba para alcanzar la posición de final de carrera. A pesar de que la invención se describe en términos de una bomba de doble diafragma que funciona con aire, la invención puede utilizarse con cualquier tipo de bomba elegida con buen criterio por un experto habitual en la materia. Las designaciones izquierda y derecha se utilizan en la descripción de la invención únicamente para fines ilustrativos. Las designaciones izquierda y derecha se utilizan para distinguir elementos similares y posiciones y no están destinados a limitar la invención a una disposición física específica de los elementos.

A continuación, haciendo referencia a la figura 1, se describirá la bomba 10 de manera general. La bomba 10 puede comprender un alojamiento 11, una primera cámara de diafragma 12, una segunda cámara de diafragma 13, una sección 14 central, una fuente de alimentación 15, y el dispositivo de eficacia de aire 1. La primera cámara de diafragma 12 puede incluir un primer conjunto de diafragma 16 que comprende una primera diafragma 17 y una primera placa de diafragma 24. El primer diafragma 17 puede acoplarse a la primera placa de diafragma 24 y puede extenderse a través de la primera cámara de diafragma 12 formando por tanto una pared móvil que define una

primera cámara de bombeo 18 y una primera cámara de diafragma 21. La segunda cámara de diafragma 13 puede ser sustancialmente la misma que la primera cámara de diafragma 12 y puede incluir un segundo conjunto de diafragma 20 que comprende un segundo diafragma 23 y una segunda placa de diafragma 25. El segundo diafragma 23 puede acoplarse a la segunda placa de diafragma 25 y puede extenderse a través de la segunda cámara de diafragma 13 para definir una segunda cámara de bombeo 26 y una segunda cámara de diafragma 22. Una varilla de conexión 30 puede conectarse funcionalmente a y extenderse entre las placas de diafragma primera y segunda 24, 25.

A continuación, haciendo referencia a las figuras 2 y 3, la varilla de conexión 30 puede permitir al menos parcialmente que los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20 se muevan conjuntamente de manera alternativa entre una primera posición de final de carrera EOS1, tal como se muestra en la figura 2, y una segunda posición de final de carrera EOS2, tal como se muestra en la figura 3. Las posiciones de final de carrera primera y segunda EOS1, EOS2 pueden representar una parada brusca o posición limitada físicamente de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20, tal como se restringe en la estructura de bomba como se conoce bien en la técnica. Después, cada uno de los conjuntos de diafragma 16, 20 situados dentro de cámaras de diafragma primera y segunda 12, 13 respectivas pueden presentar una primera posición de diafragma DP1L, DP1R y una segunda posición de diafragma DP2L, DP2R, respectivamente. Las posiciones de diafragma primera y segunda DP1L, DP1R, DP2L, DP2R pueden corresponder a una posición predeterminada y/o detectada de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20 que se ha alcanzado con anterioridad a la posición respectiva de final de carrera EOS1, EOS2. En una forma de realización, la primera posición de diafragma DP1L, DP1R y las segundas posiciones de diafragma DP2L, DP2R pueden comprender una posición que es de aproximadamente 0,01mm a aproximadamente 10mm de las posiciones de final de carrera primera y segunda EOS1, EOS2, respectivamente. En otra forma de realización, la primera posición de diafragma DP1L, DP1R y las segundas posiciones de diafragma DP2L, DP2R pueden comprender una posición que es de aproximadamente 5mm desde las posiciones de final de carrera primera y segunda EOS1, EOS2, respectivamente. Es importante que la medición de velocidad, tal como se describe con mayor detalle a continuación, no se mida nunca en las posiciones de final de carrera, EOS1 y EOS2. En su lugar, la velocidad se mide con anterioridad a las posiciones de final de carrera EOS1 y EOS2.

A continuación, haciendo referencia continuada a las figuras 2 y 3, en una forma de realización, la primera posición de diafragma DP1L, DP1R puede comprender una posición en la que el aire comprimido se ha extraído sustancialmente desde la cámara de diafragma 21, 22 y se ha succionado un fluido bombeado o dicho de otro modo comunicado en la cámara de bombeo 18, 26. En la primera posición de diafragma DP1L, DP1R la placa de diafragma 24, 25 puede entrar en contacto con una parte de extremo de una espiga 27 de accionamiento iniciando por tanto el movimiento de una bobina de válvula piloto 29. La segunda posición de diafragma DP2L, DP2R puede comprender una posición en la que las cámaras de diafragma primera y segunda 21, 22 están sustancialmente llenas con aire comprimido y el fluido bombeado se ha extraído sustancialmente desde las cámaras de bombeo primera y segunda 18, 26. En la segunda posición de diafragma DP2L, DP2R las placas de diafragma primera y segunda 24, 25 pueden colocarse completamente fuera de contacto con la espiga 27 de accionamiento.

A continuación, haciendo referencia a las figuras 1 a 5, la sección 14 central puede incluir un alojamiento de válvula piloto 28, un conjunto de válvula de fluido principal 34, y el dispositivo de eficacia de aire 1. El alojamiento de válvula piloto 28 puede comprender una entrada 31 piloto, la espiga 27 de accionamiento, una bobina de válvula piloto 29, un primer canal principal 36, un segundo canal principal 41, un primer canal de orificio de señal 42, y un segundo canal de orificio de señal 45. El alojamiento de válvula piloto 28 puede permitir al menos parcialmente el control del movimiento del conjunto de válvula de fluido principal 34 entre unas posiciones de válvula principal primera y segunda, provocando por tanto que el aire comprimido fluya o bien a la cámara de diafragma primera o segunda 21, 22 tal como se describe en detalle a continuación. En una forma de realización, el movimiento de la bobina de válvula piloto 29 puede estar provocado por la espiga 27 de accionamiento que está en contacto mediante las placas de diafragma primera y segunda 24, 25. La entrada 31 piloto puede transmitir aire comprimido al primer canal principal 36, el segundo canal principal 41, y la bobina de válvula piloto 29. La bobina de válvula piloto 29 puede moverse entre una primera posición piloto FP1, mostrada en las figuras 2 y 4, y una segunda posición piloto FP2, representada en la figura 3. La bobina de válvula piloto 29 puede comprender un primer conducto piloto 64 y un segundo conducto piloto 65 configurados de tal manera que el movimiento de la bobina de válvula piloto 29 en la primera posición piloto FP1 permite al primer conducto piloto 64 transmitir aire comprimido desde la entrada 31 piloto al primer canal de orificio de señal 42. Además, en la primera posición piloto FP1, la bobina de válvula piloto 29 puede colocarse para impedir la transmisión de aire comprimido desde la entrada 31 piloto al segundo conducto piloto 65 y por tanto al segundo canal de orificio de señal 45. El movimiento de la bobina de válvula piloto 29 hacia la derecha o en la segunda posición piloto FP2 puede permitir al segundo conducto piloto 65 transmitir aire comprimido desde la entrada 31 piloto al segundo canal de orificio de señal 45 mientras que impide la transmisión de aire comprimido al primer conducto piloto 64 y por tanto al primer canal de orificio de señal 42.

Haciendo referencia continuada a las figuras 1 a 5, el conjunto de válvula de fluido principal 34 puede comprender un primer orificio de señal piloto 33, un segundo orificio de señal piloto 46, una bobina de válvula de fluido principal 35, un primer orificio de entrada 37, un segundo orificio de entrada 39, un primer orificio de salida 68, un segundo orificio de salida 69, y un orificio de expulsión 32. La transmisión de aire comprimido al primer o al segundo orificio de señal piloto 33, 46 puede provocar que el conjunto de válvula de fluido principal 34 se mueva entre una primera y

una segunda posición principal MP1, MP2, respectivamente. En una forma de realización, la transmisión de aire comprimido al primer orificio de señal piloto 33 puede provocar que la bobina de válvula de fluido principal 35 se mueva desde la primera posición principal MP1 hasta la segunda posición principal MP2, mostrada en la figura 3. La bobina de válvula de fluido principal 35 puede comprender un primer conducto principal 66 y un segundo conducto principal 67. El movimiento de la bobina de válvula de fluido principal 35 hasta la segunda posición principal MP2 puede provocar que el segundo conducto principal se coloque para permitir la transmisión de aire comprimido desde el segundo canal principal 41 a través del segundo orificio de entrada 39, fuera del segundo orificio de salida 69, y dentro de la segunda cámara de diafragma 22 provocando por tanto que la segunda cámara de diafragma 22 se llene con aire comprimido, tal como se ilustra en la línea 44. Adicionalmente, el primer conducto principal 66 de la bobina de válvula de fluido principal 35 puede colocarse para permitir que aire comprimido se expulse desde la primera cámara de diafragma 21 a través del orificio de expulsión 32, tal como se ilustra en la línea 48. La transmisión de aire comprimido al segundo orificio de señal piloto 46 puede provocar que la bobina de válvula de fluido principal 35 se mueva desde la segunda posición principal MP2 hasta la primera posición principal MP1 mostrada en la figura 2. El movimiento de la bobina de válvula de fluido principal 35 hasta la primera posición principal MP1 puede provocar que el primer conducto principal 66 se coloque para permitir la transmisión de aire comprimido desde el primer canal principal 36 a través del primer orificio de entrada 37, fuera del primer orificio de salida 68, y dentro de la primera cámara de diafragma 21 provocando por tanto que la segunda cámara de diafragma 22 se llene con aire comprimido, tal como se ilustra en la línea 38. Adicionalmente, el segundo conducto principal 67 de la bobina de válvula de fluido principal 35 puede colocarse para permitir que el aire comprimido se expulse desde la segunda cámara de diafragma 22 a través del orificio de expulsión 32, tal como se ilustra en la línea 43. En otra forma de realización, el movimiento de la bobina de válvula principal 35 puede controlarse electrónicamente, por ejemplo, mediante la utilización de un solenoide y un controlador, tal como se da a conocer en la patente US nº 6.036.445.

A continuación, haciendo referencia a las figuras 1, 2, 3, 6a, 6b y 7, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede comprender un sensor 2, un controlador 5, y un conjunto de válvula 4. El sensor 2 puede comprender un potenciómetro de contacto o sensor de resistencia; un sensor de inductancia, tal como un sensor de transformador diferencial de variación lineal (LVDT) o un sensor de corrientes turbulentas; o, un sensor de desplazamiento de potenciómetro sin contacto. En una forma de realización, el sensor 2 puede comprender un sensor integrado vendido por Sentrinsic LLC. Se describe un sensor de este tipo en la solicitud de patente estadounidense con nº de publicación US 20070126416. En una forma de realización, el sensor 2, tal como se muestra en la figura 7, puede comprender un alojamiento de sensor 50, un elemento 51 resistivo, una tira 52 de señalización, y una varilla de sensor 53. El alojamiento de sensor 50 puede unirse de manera fija al alojamiento 11 y puede rodear al elemento 51 resistivo, la tira 52 de señalización, y una parte de la varilla de sensor 53. La varilla de sensor 53 puede comprender una estructura rígida, alargada similar a aquella de la varilla de conexión 30. La varilla de sensor 53 puede extenderse a lo largo del alojamiento de sensor 50 y puede conectarse funcionalmente a los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20 de tal manera que el movimiento de los conjuntos de diafragma 16, 20 provoca el movimiento de la varilla de sensor 53 en relación con el alojamiento de sensor 50. El elemento 51 resistivo puede comprender una película resistente variable que se acopla de manera fija al alojamiento de sensor y se coloca sustancialmente paralela a la varilla de sensor 53. La tira 52 de señalización puede unirse de manera fija a la varilla de sensor 53 de tal manera que la tira 52 de señalización se extiende sustancialmente perpendicular en relación con el elemento 51 resistivo. La tira 52 de señalización puede extenderse al menos parcialmente a lo largo del elemento 51 resistivo y puede acoplarse mediante un condensador al elemento 51 resistivo. En una forma de realización, la varilla de sensor 53 puede extenderse a lo largo del alojamiento de sensor 50 y puede unirse de manera fija en sus extremos respectivos a las placas de diafragma primera y segunda 24, 25. El movimiento de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20 puede provocar el movimiento de la varilla de sensor 53 dentro del alojamiento de sensor 50 provocando por tanto que la tira 52 de señalización se desplace a lo largo de al menos una parte de la longitud del elemento 51 resistivo.

A continuación, haciendo referencia continuada a las figuras 1, 2, 3, 6a, 6b y 7, el sensor 2 puede colocarse para medir o detectar el movimiento de diafragma de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20. El movimiento de diafragma puede definirse como el movimiento de los conjuntos de diafragma 16, 20 respectivos o, dicho de otra manera, el movimiento del diafragma 17, 23, la placa base 24, 25, y la varilla de conexión 30 moviéndose como una única unidad. El sensor 2 puede medir y detectar continuamente el movimiento de diafragma mientras los conjuntos de diafragma 16, 20 se mueven entre las posiciones de final de carrera primera y segunda EOS1, EOS2, es decir, por la carrera total del conjunto de diafragma. El sensor 2 puede medir o detectar el movimiento de diafragma para los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20 de manera independiente entre sí mientras el conjunto de diafragma 16, 20 se mueve desde la segunda posición de final de carrera EOS2 hasta la primera posición de final de carrera EOS1. En una forma de realización, el sensor 2 puede colocarse para detectar el movimiento de la varilla de control 30. En otra forma de realización, el sensor 2 puede colocarse para detectar el movimiento de las placas de diafragma primera y segunda 24, 25. En aún otra forma de realización, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede comprender una pluralidad de sensores 2 en la que cada sensor 2 se coloca dentro del alojamiento 11 para detectar de manera independiente el movimiento de diafragma de o bien el primer conjunto de diafragma 16 o bien el segundo conjunto de diafragma 20 o un componente de los mismos. Opcionalmente, cada uno de los sensores 2 puede detectar solamente un componente específico del movimiento de diafragma. Por ejemplo, en una forma de realización, un primer sensor 2 puede colocarse para detectar el movimiento de la primera placa de diafragma 24, un

- segundo sensor 2 puede colocarse para detectar el movimiento de la segunda placa de diafragma 25, y un tercer sensor 2 puede colocarse para detectar el movimiento de la varilla de control 30. La patente US nº 6.241.487, da a conocer la utilización de sensores de proximidad y una interfaz eléctrica colocada dentro del alojamiento de válvula de fluido principal. La patente US nº 5.257.914, da a conocer la utilización de un mecanismo de sensor para detectar la posición y la razón de movimiento del conjunto de diafragma. El dispositivo de eficacia de aire 1 puede comprender tipo y cantidad de sensores 2 para detectar, medir, o percibir el movimiento de diafragma, o un componente del mismo, con respecto a cualquier parte de los conjuntos de diafragma primero o segundo 16, 20 elegidos con buen criterio por el experto habitual en la materia.
- 5 Haciendo referencia continuada a las figuras 1, 2, 3, 6a, 6b y 7, el controlador 5 puede comprender un microprocesador o microcontrolador que está conectado funcionalmente al sensor 2 y al conjunto de válvula 4. El controlador 5 puede comprender una unidad de procesamiento, no mostrada, y una parte de memoria interna, no mostrada, y puede realizar cálculos según los procedimientos descritos en la presente memoria. El controlador 5 puede recibir y almacenar una pluralidad de señales de entrada transmitidas por el sensor 2. Las señales de entrada pueden dotar al menos parcialmente al controlador 5 de información relativa al movimiento de diafragma de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20. El controlador 5 puede utilizar un algoritmo preprogramado y la pluralidad de señales de entrada para determinar y transmitir una pluralidad de señales de salida para controlar el funcionamiento del conjunto de válvula 4. El controlador 5 puede proporcionar el control independiente del conjunto de válvula 4 de tal manera que el dispositivo de eficacia de aire 1 optimiza el flujo de aire comprimido en la bomba 10 para cada conjunto de diafragma 16, 20 de manera independiente. En una forma de realización, el controlador 5 puede comprender un controlador de señal digital de 16 bits que presenta un ordenador con conjunto de instrucciones reducidas (RISC) modificado de alto rendimiento que está disponible comercialmente de una variedad de proveedores conocidos para un experto habitual en la materia, tal como pero no limitado a un controlador de señal digital de 16 bits controlado por motor con número de modelo dsPIC30F4013-301/PT y suministrado por Microchip Technology Inc. El controlador 5 puede comunicarse con el sensor 2 y con el conjunto de válvula 4 a través de conexiones 8a y 8b respectivamente. En una forma de realización, las conexiones 8a, 8b pueden comprender un alambre o cable conductor de la electricidad. Las conexiones 8a, 8b pueden comprender cualquier tipo de conexión elegida con buen criterio por un experto habitual en la materia.
- 10 Haciendo referencia continuada a las figuras 1, 2, 3, 6a, 6b y 7, el conjunto de válvula 4 puede comprender una válvula de entrada de aire 6 y una válvula piloto AED 7. El conjunto de válvula 4 puede permitir el control del flujo de aire comprimido a la bomba 10. El conjunto de válvula 4 puede controlarse mediante el controlador 5 para permitir que la bomba 10 funcione en un modo convencional CM, un modo de aprendizaje LM, y un modo de optimización OM tal como se comenta más en detalle a continuación. El modo convencional CM puede comprender el funcionamiento de la bomba 10 de manera convencional en el que el conjunto de válvula 4 no restringe el flujo de aire comprimido en la bomba 10 durante el funcionamiento de la bomba 10. En una forma de realización, la válvula de entrada de aire 6 puede comprender una válvula de asiento normalmente abierta y la válvula piloto AED 7 puede comprender una válvula piloto normalmente cerrada permitiendo por tanto a la bomba 10 funcionar en el modo convencional CM durante cualquier periodo de fallo en el funcionamiento del dispositivo de eficacia de aire 1. En otra forma de realización, la válvula de entrada de aire 6 puede comprender una válvula de asiento normalmente cerrada y la válvula piloto AED 7 puede comprender una válvula piloto normalmente abierta. El conjunto de válvula 4 puede comprender un conjunto de válvula de cualquier tipo que comprende cualquier número y tipo de válvulas que permiten el funcionamiento convencional de la bomba 10 durante cualquier periodo de fallo en el funcionamiento del dispositivo de eficacia de aire 1 elegido con buen criterio por un experto habitual en la materia.
- 15 A continuación, haciendo referencia continuada a las figuras 1, 2, 3, 6a, 6b, y 7, en una forma de realización, la válvula piloto AED 7 puede recibir una señal de salida desde el controlador 5 que acciona un solenoide, no mostrado, para abrir la válvula piloto AED 7. La apertura de la válvula piloto AED 7 puede provocar que el aire comprimido fluya desde el suministro de aire comprimido 9 y hacia dentro de la válvula piloto AED 7. El flujo de aire comprimido dentro de la válvula piloto AED 7 puede contactar con un asiento, no representado, de la válvula de entrada de aire 6, cerrando por tanto la válvula de entrada de aire 6. El cierre de la válvula de entrada de aire 6 puede impedir que el aire comprimido entre en la bomba 10. De manera similar, el controlador 5 puede transmitir, o dejar de transmitir, una señal de salida que provoca entonces que la válvula piloto AED 7 se cierre. El cierre de la válvula piloto AED 7 puede parar el flujo de aire comprimido dentro de la válvula piloto AED 7 y permite a la válvula de entrada de aire 6 volver a su posición normalmente abierta en la que se permite que el aire comprimido fluya de nuevo dentro de la bomba 10 para mover los conjuntos de diafragma 16, 20 hasta las posiciones de final de carrera izquierda y final de carrera derecha respectivas.
- 20 Las figuras 6a y 6b representan aún otra forma de realización de la presente invención en la que la bomba recibe un flujo continuo de aire comprimido. Tal como se muestra en la figura 6a, la válvula de entrada de aire 6 puede incluir una fuga o desvío para permitir que una cantidad reducida de aire comprimido esté continuamente y/o de manera selectiva suministrándose a la bomba 10. En una forma de realización, la válvula de entrada de aire 6 puede comprender una válvula de asiento que presenta un desvío de aire 6a formado en el mismo que permite que la cantidad reducida de aire comprimido se suministre a la bomba 10 aunque la válvula de entrada de aire 6 está cerrada. En otra forma de realización representada en la figura 6b, la válvula de entrada de aire 6 puede comprender una válvula de dos posiciones que permite que una cantidad reducida de aire comprimido se proporcione a la bomba
- 25
- 30
- 35
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

10 de manera selectiva. La válvula de dos posiciones comprende una posición de flujo amplio y una posición de flujo reducido de tal manera que la posición de flujo amplio permite un flujo de aire comprimido menos restrictivo que la posición de flujo reducido. En una forma de realización, la válvula de entrada de aire 6 puede comprender un limitador 6b de flujo. El limitador 6b de flujo puede comprender un limitador de flujo, un limitador de presión, un limitador de flujo variable, un limitador de presión variable, o cualquier otro tipo de limitador adecuado para proporcionar un flujo reducido o restringido de aire comprimido elegido con buen criterio por un experto habitual en la materia. La válvula de entrada de aire 6 puede comprender cualquier tipo de válvula elegida con buen criterio por un experto habitual en la materia. Por ejemplo, la válvula de entrada de aire 6 puede comprender una válvula de suministro de aire totalmente variable en la que el grado de reducción de flujo de aire podría determinarse a partir de cualquier preajuste o porcentaje predeterminado de flujo total disponible, el flujo de suministro de aire inicial a un menor porcentaje determinado por, por ejemplo, la determinación del grado de la diferencia de velocidad entre V_{min} y V_{max} en X_{SL} o X_{SR} o en cualquier otro punto elegido con buen criterio por un experto habitual en la materia. La reducción de presión podría tener lugar en una o más etapas discretas o de manera continua desde una presión alta hasta una presión baja. Para asegurar que el conjunto de diafragma siempre presenta la velocidad suficiente como para provocar que se produzca un retorno de aire a presión en el final de carrera, donde el conjunto de diafragma acciona físicamente un sensor de final de carrera, la presión reducida mínima que se suministra no debería caer por debajo de la presión necesaria para provocar la activación del sensor de final de carrera que podría tratarse, por ejemplo, de una válvula piloto convencional que se mueve mediante el contacto con una parte del conjunto de válvula.

Haciendo referencia continuada a las figuras 1, 2, 3, 6a, 6b y 7, la fuente de alimentación 15 puede comprender una fuente de alimentación integrada unida al alojamiento de bomba 11. En una forma de realización, la fuente de alimentación 15 puede tratarse de un generador eléctrico integrado. El generador eléctrico 15 puede funcionar mediante o bien un suministro de aire comprimido de entrada a la bomba, escape de bomba, o bien una fuente de alimentación externa. Una ventaja del generador acoplado 15 es que permite que la bomba 10 sea portátil. Habitualmente, la ubicación o entorno en el que se utiliza la bomba 10 hace impracticable la conexión de la bomba 10 con una salida de potencia o con una fuente de alimentación fija a través de cableado eléctrico externo. También se contempla que esté dentro del alcance de la presente invención que la bomba 10 pueda utilizarse en conexión con una salida de potencia, tal como una toma de corriente de pared, o con una fuente de alimentación fija a través de cableado eléctrico externo.

A continuación, haciendo referencia a las figuras 2, 3 y 8, se describirá de manera general el funcionamiento de la bomba 10. La tabla que se encuentra a continuación proporciona una enumeración parcial y descripción de las figuras de referencia utilizadas para describir el funcionamiento de la bomba 10.

Figura de referencia	Descripción
X_{CL}	Posición actual del primer conjunto de diafragma
X_{CR}	Posición actual del segundo conjunto de diafragma
X_{SL}	Posición de reducción asociada con el primer conjunto de diafragma
X_{SR}	Posición de reducción asociada con el segundo conjunto de diafragma
V_{MINL}	Velocidad mínima de inercia asociada con el primer conjunto de diafragma
V_{MINR}	Velocidad mínima de inercia asociada con el segundo conjunto de diafragma
V_{TERML}	Velocidad de terminación asociada con el primer conjunto de diafragma que se determina o bien como un pico instantáneo durante una carrera o bien como un promedio de múltiples velocidades medidas durante la carrera
V_{TERMR}	Velocidad de terminación asociada con el segundo conjunto de diafragma (misma que la otra)
V_{CL}	Velocidad actual del primer conjunto de diafragma
V_{CR}	Velocidad actual del segundo conjunto de diafragma
$S1_R$	Primer valor de desplazamiento constante utilizado para redefinir la primera posición de reducción
$S2_R$	Segundo valor de desplazamiento constante utilizado para redefinir la primera posición de reducción
$S3_R$	Tercer valor de desplazamiento constante utilizado para redefinir la primera posición de reducción
$S1_L$	Cuarto valor de desplazamiento constante utilizado para redefinir la segunda posición de reducción
$S2_L$	Quinto valor de desplazamiento constante utilizado para redefinir la segunda posición de reducción
$S3_L$	Sexto valor de desplazamiento constante utilizado para redefinir la segunda posición de reducción

Generalmente, la bomba 10 puede funcionar mediante una transición continua entre un primer estado de bomba PS1 y un segundo estado de bomba PS2. El primer estado de bomba PS1, mostrado en la figura 2, puede comprender la bobina de válvula piloto 29 en la primera posición piloto FP1; la bobina de válvula de fluido principal

35 en la segunda posición principal MP2 (mostrada en la figura 3); y las cámaras primera y segunda 12, 13 en la primera posición de final de carrera EOS1. El segundo estado de bomba PS2, mostrado en la figura 3, puede comprender la bobina de válvula piloto 29 en la segunda posición piloto FP2; la bobina de válvula de fluido principal 35 en la primera posición principal MP1; y las cámaras primera y segunda 12, 13 en la segunda posición de final de carrera EOS2. La transición de la bomba 10 desde el primer estado de bomba PS1 al segundo estado de bomba PS2 puede comenzar mediante un suministro de aire comprimido 9 que suministra aire comprimido a través del conjunto de válvula AED 4 a la bomba 10 a través de la válvula de entrada de aire 6, etapa 100. El aire comprimido puede fluir hacia el interior del alojamiento de válvula piloto 28 a través de la entrada 31 piloto. Con la bobina de válvula piloto 29 en la primera posición piloto FP1, una parte del aire comprimido se transmite al primer orificio de señal piloto 33 del conjunto de válvula de fluido principal 34, tal como se ilustra en la línea 40, así como a los canales principales primero y segundo 36, 41. En una forma de realización, la bobina de válvula de fluido principal 35 puede estar inicialmente en la primera posición principal MP1 y la transmisión inicial del aire comprimido al primer orificio de señal piloto 33 puede provocar que la bobina de válvula de fluido principal 35 se mueva desde la primera posición principal MP1 hasta la segunda posición principal MP2. El segundo canal principal 41 puede comunicarse de manera fluida con el segundo orificio de entrada 39. En la segunda posición principal MP2, el segundo conducto principal 67 de la bobina de válvula de fluido principal 35 puede permitir que aire comprimido fluya a través del alojamiento de válvula piloto 28 y hacia dentro de la segunda cámara de diafragma 22 tal como se describió anteriormente, etapa 110. Adicionalmente, la bobina de válvula de fluido principal 35 puede evitar o impedir la transmisión del aire comprimido a través del alojamiento de válvula piloto 28 a la primera cámara de diafragma 21. En su lugar, la bobina de válvula de fluido principal 35 puede permitir la expulsión o descarga del aire comprimido desde la primera cámara de diafragma 21 a través del orificio de expulsión 32 tal como se describió anteriormente, etapa 112.

Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3 y 8, el aire comprimido puede seguir transmitiéndose hacia dentro de la segunda cámara de diafragma 22 y expulsándose desde la primera cámara de diafragma 21. La transmisión y expulsión continua de aire comprimido hacia dentro de la segunda cámara de diafragma 22 y desde la primera cámara de diafragma 21 puede provocar que el segundo conjunto de diafragma 20 se aleje de la primera posición de diafragma DP1_R y hacia la segunda posición de diafragma DP2_R y puede provocar que el primer conjunto de diafragma 16 se aleje de la segunda posición de diafragma DP2_L y hacia la primera posición de diafragma DP1_L. El sensor 2 puede medir o detectar sustancialmente y de manera continua el movimiento de diafragma del segundo conjunto de diafragma 20 cuando el segundo conjunto de diafragma 20 se mueve desde la primera posición de diafragma DP1_R hasta la segunda posición de diafragma DP2_R, etapa 114. En una forma de realización, el sensor 2 puede transmitir datos sustancialmente y de manera continua que representan el desplazamiento actual y la velocidad de la segunda placa de diafragma 25 cuando el segundo conjunto de diafragma 20 se mueve desde la primera posición de diafragma DP1_R a la segunda posición de diafragma DP2_R. El controlador 5 puede recibir los datos transmitidos por el sensor 2 y puede determinar el momento en el que el segundo conjunto de diafragma 20, o un componente del mismo, alcanza una primera posición de reducción predeterminada X_{SR}, etapa 116. La primera posición de reducción X_{SR} puede ubicarse entre la primera posición de diafragma DP1_R y la segunda posición de diafragma DP2_R.

Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3, y 8, en una forma de realización, la primera posición de reducción X_{SR} puede determinarse por la bomba 10 cuando funciona de manera inicial en el modo de aprendizaje LM. El modo de aprendizaje LM puede comprender el funcionamiento de la bomba 10 en el modo convencional CM durante un número predeterminado de carreras de bomba o ciclos de bomba, por ejemplo, 4 ciclos de bomba. El sensor 2 puede monitorizar de manera continua el movimiento de diafragma de los conjuntos de diafragma primero y/o segundo 16, 20 y transmiten los datos al controlador 5. El controlador 5 puede utilizar los datos transmitidos por el sensor 2 para determinar una velocidad promedio V_{avg}. La velocidad promedio V_{avg} puede comprender la velocidad promedio de los conjuntos de diafragma primero y/o segundo 16, 20 en la segunda posición de diafragma DP2_R, DP2_L mientras funcionan en el modo de aprendizaje LM. En otra forma de realización, la velocidad promedio V_{avg} puede comprender la velocidad promedio del conjunto de diafragma primero y/o segundo 16, 20 mientras el conjunto de diafragma primero y/o segundo 16, 20 se mueve entre la primera posición de diafragma DP1_R, DP1_L y la segunda posición de diafragma DP2_R, DP2_L. El controlador 5 puede determinar la velocidad promedio V_{avg} de manera independiente para los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20. La primera posición de reducción X_{SR} puede comprender una posición que se calcula para provocar al menos parcialmente que la velocidad del conjunto de diafragma primero y/o segundo 16, 20 en la segunda posición de diafragma DP2_R, DP2_L sea un porcentaje predeterminado de la velocidad promedio V_{avg}. Por ejemplo, en una forma de realización, la primera posición de reducción X_{SR} puede comprender una posición que se calcula para provocar al menos parcialmente que la velocidad del conjunto de diafragma primero y/o segundo 16, 20 sea aproximadamente el 95% de la velocidad promedio V_{avg}. El controlador 5 puede permitir que el usuario cambie de manera selectiva el porcentaje predeterminado de la velocidad promedio V_{avg} durante el funcionamiento de la bomba 10 ajustando o redefiniendo de este modo el primer punto de reducción X_{SR}. En otra forma de realización, la primera posición de reducción X_{SR} puede comprender inicialmente un punto elegido de manera aleatoria que se ajusta y/o redefine de manera dinámica mediante el dispositivo de eficacia de aire 1 para alcanzar sustancialmente un valor óptimo tal como se describe a continuación.

Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3 y 8, tras determinar que el segundo conjunto de diafragma 20 ha alcanzado o ha pasado la primera posición de reducción X_{SR}, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede provocar que

el flujo de aire comprimido en la bomba 10 se baje a una velocidad de flujo menor, etapa 118. En una forma de realización, el controlador 5 puede provocar la transmisión de una señal de salida a la válvula piloto AED 7, la que a su vez puede provocar un cierre al menos parcial de la válvula de entrada de aire 6 provocando por tanto que el flujo de aire comprimido en la bomba 10 disminuya. En otra forma de realización, la válvula piloto AED 7 puede provocar el cierre parcial de la válvula de entrada de aire 6 disminuyendo de este modo de manera uniforme la cantidad de aire comprimido que entra en la bomba 10 durante un periodo predeterminado. El sensor 2 puede seguir transmitiendo los datos de movimiento de diafragma detectados al controlador 5 mientras el segundo conjunto de diafragma 20 sigue moviéndose desde la primera posición de reducción X_{SR} hasta la segunda posición de diafragma $DP2_R$, etapa 120. El controlador 5 puede recibir los datos transmitidos desde el sensor 2 y puede determinar si una velocidad actual del segundo diafragma V_{CR} cae por debajo de una velocidad mínima de inercia predeterminada V_{MINR} , etapa 122. La velocidad mínima de inercia V_{MINR} puede comprender la velocidad mínima de conjunto de diafragma permitida después de que el conjunto de diafragma haya alcanzado la primera posición de reducción X_{SR} . Si el controlador 5 determina que la velocidad actual del segundo diafragma V_{CR} es menor que la velocidad mínima de inercia V_{MINR} predeterminada, el controlador 5 puede provocar que la válvula de entrada de aire 6 se abra o se gire hacia arriba para proporcionar un aumento de la velocidad de flujo de aire comprimido en la bomba 10, etapa 124. Debería apreciarse que la velocidad mínima de inercia V_{MINR} o V_{MINL} puede detectarse en cualquier punto elegido, o de manera continua, en la medida en que el sensor 2 pueda proporcionar una realimentación al controlador 5. Si se alcanza la velocidad mínima de inercia V_{MINR} o V_{MINL} en cualquier punto antes del final de carrera, se suministrará aire comprimido adicional si se ha reducido. En otra forma de realización, cuando se reduce el aire comprimido, el limitador 6b necesitará ajustarse para aumentar el flujo del aire comprimido, y que por tanto, dé como resultado un periodo de tiempo más largo antes de que el conjunto de diafragma alcance el final de carrera. Más específicamente, el aire comprimido de flujo menor suministrado de manera continua aumentará lo suficiente la presión como para seguir moviendo el conjunto de diafragma y creará la suficiente presión cuando el conjunto de diafragma se ponga en contacto con la válvula piloto, lo que desplazará a la válvula piloto. La presión seguirá aumentando hasta que cualquier parada en el conjunto de diafragma lo devuelva a una presión máxima de línea.

Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3, y 8, en una forma de realización, el controlador 5 puede transmitir una señal de salida a la válvula piloto AED 7 que provoca el cierre de la válvula piloto AED 7 permitiendo por tanto que la válvula de entrada de aire 6 vuelva a su posición normalmente abierta. El controlador 5 puede detectar el potencial de bloqueo para la bomba 10 y puede ajustar o redefinir la primera posición de reducción X_{SR} para mantener abierta la válvula de entrada de aire 6 para poder aumentar la cantidad de aire comprimido que se proporciona a la bomba 10. El controlador 5 puede ajustar o redefinir la primera posición de reducción X_{SR} añadiendo un primer valor de desplazamiento constante $S1_R$ a la primera posición de reducción X_{SR} , aumentando de este modo la cantidad de tiempo que la válvula de entrada de aire 6 permanece completamente abierta, etapa 125. El potencial de bloqueo para la bomba 10 puede detectarse determinando que la velocidad actual del segundo diafragma V_{CR} es menor que la velocidad mínima de inercia predeterminada V_{MINR} antes de que el segundo conjunto de diafragma 20 alcance la segunda posición de diafragma $DP2_R$. Si el controlador 5 determina que la velocidad actual del segundo diafragma V_{CR} es menor que la velocidad mínima de inercia predeterminada V_{MINR} antes de que el segundo conjunto de diafragma 20 alcance la segunda posición de diafragma $DP2_R$, el controlador 5 puede provocar que los datos de movimiento de diafragma recibidos desde el sensor 2 en relación con una carrera específica se descarten y que ni se almacenen ni se guarden.

Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3, y 8, el controlador 5 puede posteriormente determinar el momento en el que el segundo conjunto de diafragma 20 alcanza sustancialmente la segunda posición de diafragma $DP2_R$ y puede determinar después la segunda velocidad de diafragma V_{CR} , etapa 126. Si el controlador 5 determina que la segunda velocidad de diafragma V_{CR} es mayor que una velocidad máxima de terminación predeterminada V_{TERMIL} o menor que la velocidad mínima de inercia predeterminada V_{MINR} , el controlador 5 puede ajustar o redefinir la primera posición de reducción X_{SR} , etapa 128. Si la segunda velocidad de diafragma V_{CR} fuera mayor que la velocidad máxima de terminación predeterminada V_{TERMIL} cuando el segundo conjunto de diafragma 20 alcanza sustancialmente la segunda posición de diafragma $DP2_R$ indica que existe una oportunidad para ahorrar aire utilizando una cantidad menor de aire comprimido en la siguiente carrera. Si el controlador 5 determina que la segunda velocidad de diafragma V_{CR} es mayor que la velocidad máxima de terminación predeterminada V_{TERMIL} cuando el segundo conjunto de diafragma 20 alcanza sustancialmente la segunda posición de diafragma $DP2_R$, indicando de este modo que el segundo conjunto de diafragma 20 está yendo demasiado rápido al acercarse al final de carrera, el controlador 5 puede ajustar o redefinir la primera posición de reducción X_{SR} moviendo la primera posición de reducción X_{SR} más cerca de la primera posición de diafragma $DP1_R$. En una forma de realización, el controlador 5 puede redefinir la primera posición de reducción X_{SR} sustrayendo un segundo valor de desplazamiento constante $S2_R$ desde la primera posición de reducción X_{SR} . El controlador 5 puede determinar que la segunda velocidad de diafragma V_{CR} es menor que la velocidad mínima de inercia predeterminada V_{MINR} cuando el segundo conjunto de diafragma 20 alcanza sustancialmente la segunda posición de diafragma $DP2_R$ indicando de este modo que el primer conjunto de diafragma 16 está yendo demasiado despacio al acercarse al final de carrera. Por definición, la bomba 10 está utilizando muy poco aire comprimido pero está sacrificando un flujo de salida significativo. El controlador 5 puede ajustar o redefinir la primera posición de reducción X_{SR} para que provoque la entrada de una mayor cantidad de aire comprimido a la bomba 10. En una forma de realización, el controlador 5 puede redefinir la primera posición de reducción X_{SR} añadiendo un tercer valor de desplazamiento constante $S3_R$ a la primera posición de reducción X_{SR} . Tras pasar la segunda posición de diafragma $DP2_R$ y alcanzar la segunda

posición de final de carrera EOS2, el segundo conjunto de diafragma 20 puede dar la vuelta o comenzar a moverse en dirección opuesta hacia la primera posición de diafragma DP1_R, etapa 130. El controlador 5 puede guardar o almacenar los datos recibidos desde el sensor 2 así como cualquier primera posición de reducción redefinida X_{SR}.

5 Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3, y 8, después de que el segundo conjunto de diafragma 20 alcance la segunda posición de final de carrera EOS2, la bomba 10 puede comprender el segundo estado de bomba PS2. La primera placa de diafragma 24 puede estar en contacto con la espiga 27 de accionamiento lo que provoca que la bobina de válvula piloto 29 se mueva a la segunda posición piloto FP2 en la que el aire comprimido se transmite a través del alojamiento de válvula piloto 28 al segundo orificio de señal piloto 46 del conjunto de válvula de fluido principal 34, tal como se muestra en la figura 3. La transmisión continuada de aire comprimido al segundo orificio de señal piloto 46 puede provocar que la bobina de válvula de fluido principal 35 se desplace o mueva a la izquierda, alejándose de la segunda posición principal MP2 y hacia la primera posición principal MP1, mostrada en la figura 2. En la primera posición principal MP1, la bobina de válvula de fluido principal 35 de la válvula de fluido principal 34 puede de este modo bloquear o impedir la transmisión de aire comprimido a través del segundo orificio de entrada 39 y puede colocar el primer orificio de entrada 37 para permitir la transmisión del aire comprimido desde el primer canal principal 36 hasta la primera cámara de diafragma 21 tal como se describió anteriormente. Mientras que la primera cámara de diafragma 21 se llena de aire comprimido, la segunda cámara de diafragma 22 se vacía a través del orificio de expulsión 32 del conjunto de válvula de fluido principal 34 tal como se describió anteriormente. El sensor 2 puede sustancialmente y de manera continua monitorizar, medir, y/o detectar el movimiento de diafragma del primer conjunto de diafragma 16 cuando el primer conjunto de diafragma 16 se mueve desde la primera posición de diafragma DP1_L, hasta la segunda posición de diafragma DP2_L. El controlador 5 puede recibir los datos transmitidos por el sensor 2 y puede determinar el momento en el que el primer conjunto de diafragma 16, o un componente del mismo, alcanza una segunda posición de reducción predeterminada X_{SL}. La segunda posición de reducción X_{SL} puede ubicarse entre la primera posición DP1_L y la segunda posición DP2_L. La segunda posición de reducción X_{SL} puede calcularse mientras la bomba 10 funciona en el modo de aprendizaje LM de manera similar a la de la primera posición de reducción X_{SR}. En una forma de realización, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede utilizar la misma posición de reducción tanto para el primero como para el segundo conjunto de diafragma 16, 20 en la totalidad del funcionamiento de la bomba 10. En otras palabras, la primera posición de reducción se determina en un lado (izquierdo o derecho) y se utiliza como la referencia. El otro lado se deriva utilizando simetría general de bomba. Esto da como resultado una posición de reducción independiente y una posición de reducción dependiente. En otra forma de realización, la segunda posición de reducción X_{SL} puede comprender inicialmente un punto elegido de manera aleatoria que se ajusta y/o redefine de manera dinámica mediante el dispositivo de eficacia de aire 1 para alcanzar sustancialmente un valor óptimo.

35 Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3, y 8, tras determinar que el primer conjunto de diafragma 16 ha alcanzado o ha pasado la segunda posición de reducción X_{SL}, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede provocar que el flujo de aire comprimido en la bomba 10 se baje a una velocidad de flujo menor que puede o puede no ser la misma que la velocidad de flujo menor utilizada para el segundo conjunto de diafragma 20. El sensor 2 puede seguir transmitiendo datos de movimiento de diafragma detectados al controlador 5 cuando el primer conjunto de diafragma 16 sigue moviéndose desde la segunda posición de reducción X_{SL} hasta la segunda posición de diafragma DP2_L. El controlador 5 puede recibir los datos transmitidos desde el sensor 2 y puede determinar si una primera velocidad actual de diafragma V_{CL} cae por debajo de una segunda velocidad mínima de inercia predeterminada V_{minL} antes de que el primer conjunto de diafragma 16 alcance la segunda posición de diafragma DP2_L. La segunda velocidad mínima de inercia V_{minL} puede o puede no comprender la misma velocidad mínima de inercia de diafragma V_{minR} correspondiente al segundo conjunto de diafragma 20. Si el controlador 5 determina que la primera velocidad actual de diafragma V_{CL} es menor que la segunda velocidad mínima de inercia predeterminada V_{minL} antes de que el primer diafragma alcance la segunda posición de diafragma DP2_L, el controlador 5 puede provocar que la válvula de entrada de aire 6 se abra o se gire hacia arriba para proporcionar un aumento de la velocidad de flujo que puede o puede no ser el mismo que el aumento de la velocidad de flujo utilizado con el segundo conjunto de diafragma 20. El controlador 5 puede detectar el potencial de bloqueo para la bomba 10 y puede ajustar o redefinir la segunda posición de reducción X_{SL}. En una forma de realización, el controlador 5 puede redefinir la segunda posición de reducción X_{SL} añadiendo un cuarto valor de desplazamiento constante S1_L a la segunda posición de reducción X_{SL}. El cuarto valor de desplazamiento constante S1_L puede o puede no ser el mismo que el primer valor de desplazamiento constante S1_R utilizado con el segundo conjunto de diafragma 20. Si el controlador 5 determina que la primera velocidad actual de diafragma V_{CL} es menor que la segunda velocidad mínima de inercia predeterminada V_{minL} antes de que el primer conjunto de diafragma 16 alcance la segunda posición de diafragma DP2_L, el controlador 5 puede provocar que los datos de movimiento de diafragma recibidos desde el sensor 2 en relación con una carrera específica se descarten y que ni se almacenen ni se guarden.

60 Haciendo referencia continuada a las figuras 2, 3, y 8, el controlador 5 puede después determinar la segunda velocidad de diafragma V_{CL} cuando el primer conjunto de diafragma 16 alcanza sustancialmente la segunda posición de diafragma DP2_L. Si el controlador 5 determina que la primera velocidad de diafragma V_{CL} es mayor que una segunda velocidad máxima de terminación predeterminada V_{TERML} o menor que la segunda velocidad mínima de inercia predeterminada V_{minL}, el controlador 5 puede redefinir la segunda posición de reducción X_{SL}. Si el controlador 5 determina que la segunda velocidad de diafragma V_{CL} es mayor que la segunda velocidad máxima de terminación predeterminada V_{TERML} cuando el primer conjunto de diafragma 16 alcanza sustancialmente la segunda posición de

5 diafragma DP2_L, indicando de este modo que el primer conjunto de diafragma 16 está yendo demasiado rápido al acercarse al final de carrera, el controlador 5 puede redefinir la segunda posición de reducción X_{SL} sustrayendo un quinto valor de desplazamiento constante S2_L desde la segunda posición de reducción X_{SL}. El quinto valor de desplazamiento constante S2_L puede o puede no ser el mismo que el segundo valor de desplazamiento constante S2_R utilizado con el segundo conjunto de diafragma 20. Si el controlador 5 determina que la segunda velocidad de diafragma V_{CL} es menor que la segunda velocidad mínima de inercia predeterminada V_{MINL} cuando el primer conjunto de diafragma 16 alcanza sustancialmente la segunda posición de diafragma DP2_L, indicando de este modo que el primer conjunto de diafragma 16 está yendo demasiado despacio al acercarse al final de carrera, el controlador 5 puede redefinir la segunda posición de reducción X_{SL} añadiendo un sexto valor de desplazamiento constante S3_L a la primera posición de reducción X_{SL}. Tras pasar la segunda posición de diafragma DP2_L y alcanzar la primera posición de final de carrera EOS1, el primer conjunto de diafragma 16 puede dar la vuelta o comenzar a moverse en dirección opuesta hacia la primera posición de diafragma DP1_L, en la que el sensor 2 monitoriza el movimiento de diafragma del segundo conjunto de diafragma 20 moviéndose desde la primera posición de diafragma DP1_R hasta la segunda posición de diafragma DP2_R y el procedimiento se repite utilizando tantos valores de X_{SR} redefinidos como sea necesario.

El controlador 5 puede guardar o almacenar los datos recibidos desde el sensor 2 así como cualquier posición de reducción redefinida X_{SR}, X_{SL} por el movimiento de diafragma de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20. Los datos almacenados relacionados con el movimiento de diafragma del segundo conjunto de diafragma 20 pueden almacenarse de manera independiente de los datos con relación al movimiento de diafragma del primer conjunto de diafragma 16. En otra forma de realización, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede utilizar una única posición de reducción tanto para el primero como para el segundo conjunto de diafragma 16, 20 de tal manera que la primera posición de reducción X_{SR}, y cualquier ajuste de esta, se utiliza como la segunda posición de reducción X_{SL} y cualquier ajuste hecho por tanto a la segunda posición de reducción X_{SL} comprende posteriormente la primera posición de reducción X_{SR} de tal manera que la posición de reducción se ajusta de manera dinámica para optimizar el flujo de aire comprimido en la bomba 10. En una forma de realización, la segunda posición de reducción depende de la primera posición de reducción, en la que la segunda posición de reducción puede determinarse mediante la simetría de la bomba 10. El controlador 5 puede utilizar los mismos o diferentes valores predeterminados para todos o cualquiera de los valores predeterminados utilizados para ajustar u optimizar el movimiento de diafragma de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20. Los valores predeterminados pueden depender del tipo de bomba y el material que se bombea a la bomba 10. Adicionalmente, los valores predeterminados pueden ser específicos para la bomba 10. Los valores predeterminados pueden determinarse por un experto habitual en la materia con la debida experiencia. En una forma de realización, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede comprender un dispositivo de salida, no mostrado, que permite al usuario descargar o dicho de otro modo acceder a los datos relacionados con el movimiento de diafragma de los conjuntos de diafragma primero y segundo 16, 20. Adicionalmente, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede comprender un dispositivo de entrada, no mostrado, que permite al usuario definir o cambiar los valores predeterminados, por ejemplo el primer punto de reducción X_{SR} o el porcentaje de tiempo predeterminado que la válvula de entrada de aire está abierta.

Mientras el aparato funciona en el modo de optimización OM, el controlador 5 puede provocar que la bomba 10 funcione periódicamente en el modo de aprendizaje LM para redefinir la primera y/o segunda posición de reducción X_{SR}, X_{SL}. En una forma de realización, el controlador 5 puede provocar que la bomba 10 funcione paródicamente en el modo de aprendizaje LM después de que la bomba 10 funcione durante un número predeterminado de carreras o ciclos en el modo de optimización OM. En otra forma de realización, el controlador 5 puede provocar que la bomba 10 vuelva al modo de aprendizaje LM tras determinar que la velocidad de los conjuntos de diafragma primero y/o segundo 16; 20 en la segunda posición de diafragma DP2_R, DP2_L está fuera de un intervalo predeterminado de velocidades. Opcionalmente, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede permitir que el usuario provoque de manera selectiva que la bomba 10 funcione en el modo de aprendizaje LM.

En resumen, el dispositivo de eficacia de aire 1 monitoriza el movimiento de diafragma de la bomba 10 como la transición de los conjuntos de diafragma primero y segundo entre las dos posiciones de final de carrera para optimizar la cantidad de aire comprimido suministrado a la bomba 10. El dispositivo de eficacia de aire 1 puede monitorizar sustancialmente de manera continua la velocidad de uno de los conjuntos de diafragma 16, 20 de la bomba 10 para determinar la posición actual del conjunto de diafragma mientras el conjunto de diafragma viaja entre las posiciones de diafragma primera y segunda. Tras determinar que el conjunto de diafragma ha alcanzado una posición predeterminada, el dispositivo de eficacia de aire 1 puede provocar que el suministro o velocidad de flujo de aire comprimido se reduzca mientras el conjunto de diafragma sigue moviéndose a la segunda posición de diafragma. El dispositivo de eficacia de aire 1 sigue monitorizando el movimiento de diafragma del conjunto de diafragma hasta que el conjunto de diafragma alcanza la segunda posición de diafragma. Si el dispositivo de eficacia de aire determina que la velocidad del conjunto de diafragma cae por debajo de una velocidad mínima predeterminada con anterioridad a que el conjunto de diafragma alcance la segunda posición de diafragma, se aumenta el suministro o velocidad de flujo de aire comprimido a la bomba y se redefine la posición predeterminada tal como se describió anteriormente. Si el dispositivo de eficacia de aire determina que la velocidad del conjunto de diafragma es o bien mayor que una velocidad de terminación predeterminada o bien menor que la velocidad mínima predeterminada, se redefine una posición predeterminada. El conjunto de diafragma alcanza entonces el final de carrera y el dispositivo de eficacia de aire 1 monitoriza el movimiento de diafragma del otro conjunto de diafragma

- cuando los conjuntos de diafragma se mueven en la dirección opuesta y redefine de manera similar una segunda posición predeterminada tal como se describió anteriormente. En una forma de realización, la monitorización posterior de cualquier conjunto de diafragma por el dispositivo de eficacia de aire 1 puede utilizar cualquier posición redefinida previamente determinada para ese conjunto de diafragma específico. En otra forma de realización, la monitorización posterior de cualquier conjunto de diafragma por el dispositivo de eficacia de aire 1 puede utilizar cualquier posición redefinida previamente determinada para el conjunto de diafragma opuesto. Utilizando el procedimiento inventivo descrito en la presente memoria, la bomba se autoajusta para determinar el punto de reducción óptimo para así proporcionar ahorro de aire, y por tanto ahorro de energía.
- 5
- 10 Las formas de realización se han descrito anteriormente en la presente memoria. Resulta evidente para los expertos en la materia que los procedimientos anteriores y aparatos pueden incorporar cambios y modificaciones sin apartarse del alcance general de esta invención. Se pretende que se incluyan todas esas modificaciones y alteraciones en la medida en que cumplan con el alcance de las reivindicaciones adjuntas o los equivalentes de las mismas.
- 15 Que el siguiente procedimiento, por tanto, se implemente:
- Método A para detectar una posición de reducción óptima de un conjunto de diafragma en una bomba (10), comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes de:
- 20 proporcionar una bomba (10) que presenta un primer conjunto de diafragma (16) dispuesto en una primera cámara de diafragma (12), presentando el primer conjunto de diafragma (16) una primera posición de diafragma y una segunda posición de diafragma, una posición actual X_{CL} y una posición de reducción X_{SL} ; presentando además la bomba (10) un segundo conjunto de diafragma (20) dispuesto en una segunda cámara de diafragma (13), presentando el segundo conjunto de diafragma (20) una primera posición de diafragma, una segunda posición de diafragma, una posición actual X_{CR} y una posición de reducción X_{SR} ;
- 25 definir velocidades mínimas V_{MINL} y V_{MINR} y velocidades de terminación V_{TERML} y V_{TERMR} ;
- 30 proporcionar un sensor (2) conectado funcionalmente al primer conjunto de diafragma (16) y al segundo conjunto de diafragma (20);
- proporcionar una válvula de entrada de aire (6) conectada funcionalmente a la primera cámara de diafragma (12) y la segunda cámara de diafragma (13);
- 35 abrir la válvula de entrada de aire (6);
- llenar una parte de la primera cámara de diafragma (12) con un aire comprimido;
- 40 disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire (6) cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} ;
- monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma (16) en la segunda posición de diafragma;
- 45 redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma;
- mover el primer conjunto de diafragma (16) hacia la primera posición de diafragma, en la que cuando el primer conjunto de diafragma (16) se mueve hacia la primera posición de diafragma, el procedimiento comprende además las etapas siguientes de:
- 50 abrir la válvula de entrada de aire (6);
- llenar la segunda cámara de diafragma (13) con el aire comprimido mientras se expulsa simultáneamente el aire comprimido desde la primera cámara de diafragma (12);
- 55 disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire (6) cuando X_{CR} es aproximadamente igual a X_{SR} ;
- monitorizar la velocidad actual V_{CR} del segundo conjunto de diafragma (20) en la segunda posición de diafragma;
- 60 redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERMR}$ en la segunda posición de diafragma; y,
- mover el segundo conjunto de diafragma (20) hacia la primera posición de diafragma, en el que X_{SL} está cerca de o en el punto de reducción óptimo.
- 65 Método A, en el que X_{SL} y X_{SR} están almacenados electrónicamente y de manera independiente entre sí.
- Método A, en el que la etapa de disminuir el flujo de aire de la válvula de entrada de aire (6) comprende la etapa

siguiente de:

cerrar la válvula de entrada de aire (6).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento que comprende las etapas de:

5 proporcionar una bomba (10) que presenta un primer conjunto de diafragma (16) dispuesto en una primera cámara de diafragma (12), presentando el primer conjunto de diafragma (16) una primera posición de diafragma y una segunda posición de diafragma, una posición actual X_{CL} y una posición de reducción X_{SL} ;

definir una velocidad mínima V_{MINL} y una velocidad de terminación V_{TERML} ;

10 proporcionar una válvula de entrada de aire (6) conectada funcionalmente a la primera cámara de diafragma (12);

abrir la válvula de entrada de aire (6);

15 llenar una parte de la primera cámara de diafragma (12) con un aire comprimido;

disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire (6) cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} ;

20 monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma (16) hasta la segunda posición de diafragma;

caracterizado por que presenta las etapas de:

25 redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o si $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma; y,

mover el primer conjunto de diafragma (16) hacia la primera posición de diafragma.

30 2. Procedimiento según la reivindicación 1, que comprende además las etapas de:

proporcionar un segundo conjunto de diafragma (20) dispuesto en una segunda cámara de diafragma (13), presentando el segundo conjunto de diafragma (20) una primera posición de diafragma, una segunda posición de diafragma, una posición actual X_{CR} y una posición de reducción X_{SR} ;

35 en el que la etapa de mover el primer conjunto de diafragma (16) hacia la primera posición de diafragma del primer conjunto de diafragma (16) comprende además las etapas de:

definir una velocidad mínima V_{MINR} y una velocidad de terminación V_{TERMR} ;

40 abrir la válvula de entrada de aire (6);

llenar una parte de la segunda cámara de diafragma (13) con un aire comprimido;

45 disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire (6) cuando X_{CR} es aproximadamente igual a X_{SR} ;

monitorizar la velocidad actual V_{CR} del segundo conjunto de diafragma (20) respecto a la segunda posición de diafragma;

50 redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERMR}$ en la segunda posición de diafragma; y,

mover el segundo conjunto de diafragma (20) hacia la primera posición de diafragma.

55 3. Procedimiento según la reivindicación 2, en el que X_{SL} y X_{SR} se almacenan electrónicamente y de manera independiente entre sí.

4. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho primer conjunto de diafragma (16) comprende:

60 una diafragma (17); y

una placa de metal (24) conectada funcionalmente al diafragma (17), en el que una varilla (30) está conectada funcionalmente a la placa de metal (24).

65 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 4, en el que el segundo conjunto de diafragma (20) comprende:

un diafragma (23); y

5 una placa de metal (25) conectada funcionalmente al diafragma (23); en el que la varilla (30) está interconectada funcionalmente entre una placa de metal (24) del primer conjunto de diafragma (16) y la placa de metal (25) del segundo conjunto de diafragma (20).

6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la etapa de monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma (16) hasta la segunda posición de diafragma comprende además la etapa de:

10 reabrir la válvula de entrada de aire (6) si se detecta un evento de bloqueo de bomba potencial.

7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que puede producirse un evento de bloqueo de bomba si $V_{CL} < V_{MINL}$.

8. Procedimiento según la reivindicación 6 o 7, que comprende además las etapas de:

20 redefinir X_{SL} , de manera que $X_{SL} = X_{SL} + S1_L$, en el que $S1_L$ es un valor de desplazamiento constante, en el que X_{SL} redefinido surte efecto en la carrera siguiente cuando el primer conjunto de diafragma (16) se desplaza desde la primera posición de diafragma hasta la segunda posición de diafragma.

9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 8, en el que la etapa de redefinir X_{SL} si $V_{CL} < V_{MINL}$ o $V_{CL} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma del primer conjunto de diafragma (16) comprende además las etapas de:

25 redefinir X_{SL} de manera que $X_{SL} = X_{SL} - S2_L$ si $V_{CL} > V_{TERML}$, en el que $S2_L$ es un valor de desplazamiento constante; y

30 redefinir X_{SL} de manera que $X_{SL} = X_{SL} + S3_L$ si $V_{CL} < V_{MINL}$, en el que $S3_L$ es un valor de desplazamiento constante.

10. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 9, en el que la etapa de disminuir el flujo de aire a través de la válvula de entrada de aire (6) cuando X_{CL} es aproximadamente igual a X_{SL} comprende además la etapa de:

35 cerrar la válvula de entrada de aire (6).

11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 10, en el que V_{TERML} se calcula utilizando velocidades medias durante una carrera.

40 12. Procedimiento según una de las reivindicaciones 2 a 11, en el que tras la etapa de monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma (16) hasta la segunda posición de diafragma, comprendiendo además el procedimiento la etapa de:

45 activar una segunda válvula (29), en el que la segunda válvula (29) se activa a través de una espiga (27) de accionamiento.

13. Procedimiento según la reivindicación 8 en combinación con la reivindicación 2, en el que las etapas de monitorizar la velocidad actual V_{CL} del primer conjunto de diafragma (16) hasta la segunda posición de diafragma y monitorizar la velocidad actual V_{CR} del segundo conjunto de diafragma (20) hasta la segunda posición de diafragma comprenden además las etapas de:

50 reabrir la válvula de entrada de aire (6) si se detecta un evento de bloqueo de bomba potencial, en el que se detecta un evento de bloqueo de bomba si $V_{CL} < V_{MINL}$ o $V_{CR} < V_{MINR}$;

55 redefinir X_{SR} , de manera que $X_{SR} = X_{SR} + S1_R$, en el que $S1_R$ es un valor de desplazamiento constante, en el que X_{SR} redefinido surte efecto en la carrera siguiente cuando el segundo conjunto de diafragma (20) se desplaza desde la primera posición de diafragma hasta la segunda posición de diafragma.

14. Procedimiento según la reivindicación 9 en combinación con la reivindicación 2, en el que la etapa de redefinir X_{SR} si $V_{CR} < V_{MINR}$ o si $V_{CR} > V_{TERML}$ en la segunda posición de diafragma comprende además las etapas de:

60 redefinir X_{SR} de manera que $X_{SR} = X_{SR} - S2_R$ si $V_{CR} > V_{TERML}$, en el que $S2_R$ es un valor de desplazamiento constante; y,

65 redefinir X_{SR} de manera que $X_{SR} = X_{SR} + S3_R$ si $V_{CR} < V_{MINR}$, en el que $S3_R$ es un valor de desplazamiento constante.

15. Dispositivo que comprende: un alojamiento de bomba (11) que define una primera cámara de diafragma (12) y una segunda cámara de diafragma (13); presentando un primer conjunto de diafragma (16) un primer diafragma (17) que define una primera cámara de bombeo (18) y una primera cámara de fluido (21) dentro de la primera cámara de diafragma (12); presentando un segundo conjunto de diafragma (20) un segundo diafragma (23) que define una segunda cámara de bombeo (26) y una segunda cámara de fluido (22) dentro de la segunda cámara de diafragma (13); una varilla de conexión (30) conectada funcionalmente a los primer y segundo conjuntos de diafragma (16, 20) para permitir el movimiento recíproco de los primer y segundo conjuntos de diafragma (16, 20); un primer conjunto de válvula (34) para controlar el suministro alterno de aire comprimido dentro de las primera y segunda cámaras de fluido (21, 22); un segundo conjunto de válvula (28) para controlar el primer conjunto de válvula (34); estando el dispositivo caracterizado por que presenta:

un tercer conjunto de válvula (4) para controlar el suministro de aire comprimido dentro de la bomba (10); y,

un ordenador (5) que presenta unos medios de funcionamiento para detectar la velocidad de los primer o segundo conjuntos de diafragma (16, 20) y controlar el tercer conjunto de válvula (4) para variar el suministro de aire comprimido dentro de la bomba (10), en el que la variación del suministro de aire comprimido dentro de la bomba (10) está basado por lo menos parcialmente en la velocidad detectada.

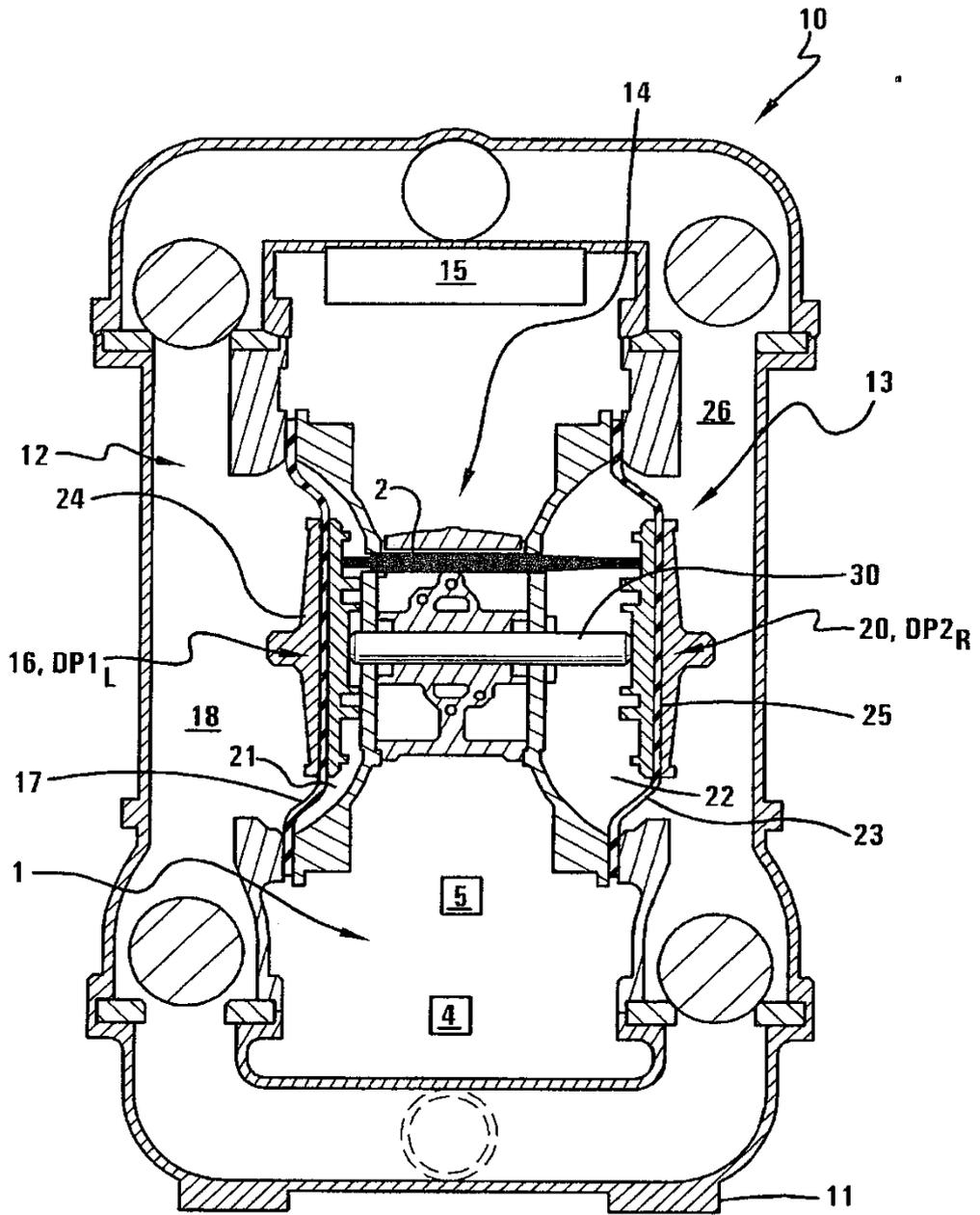


Fig.-1

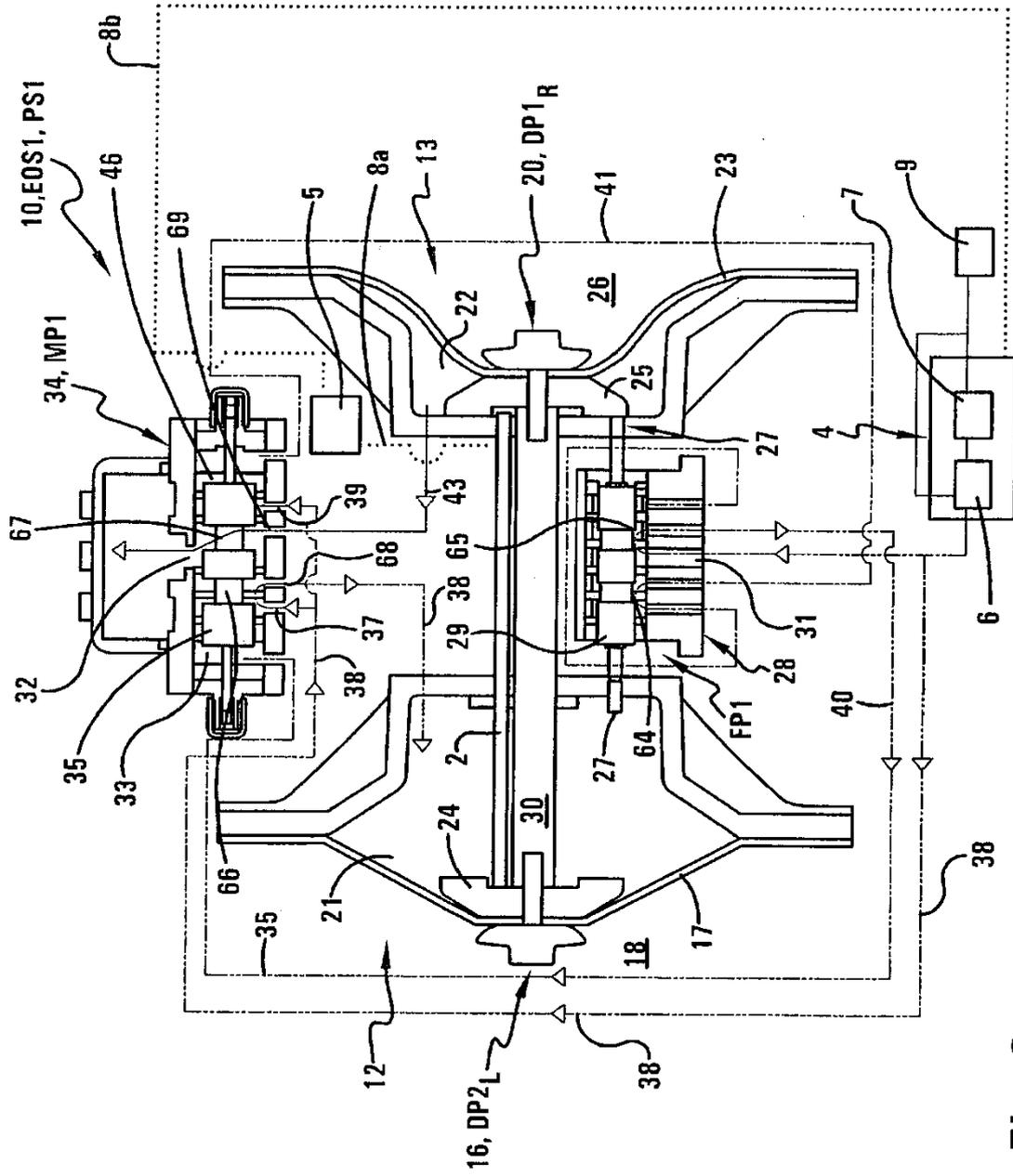


Fig. 2

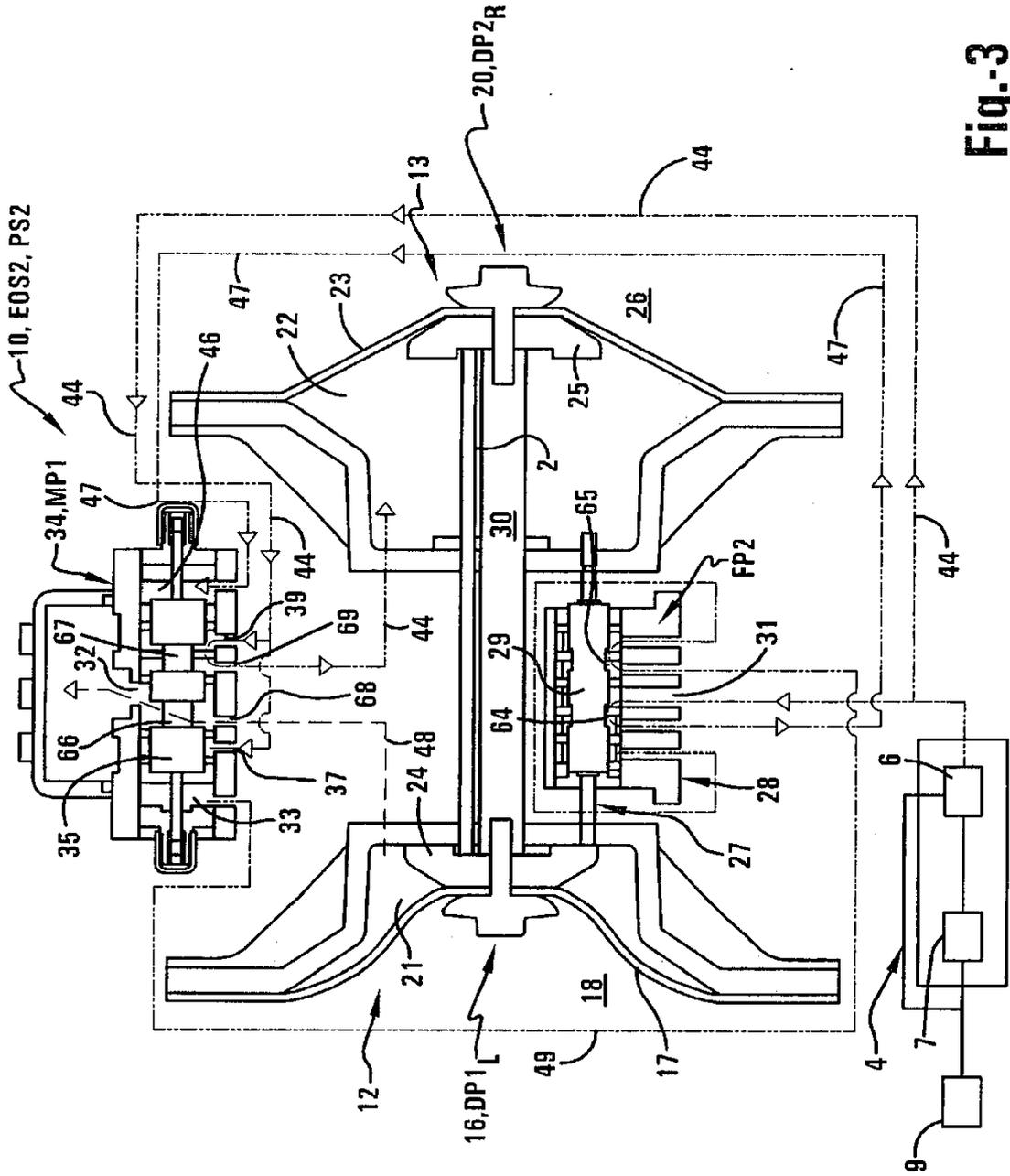


Fig.-3

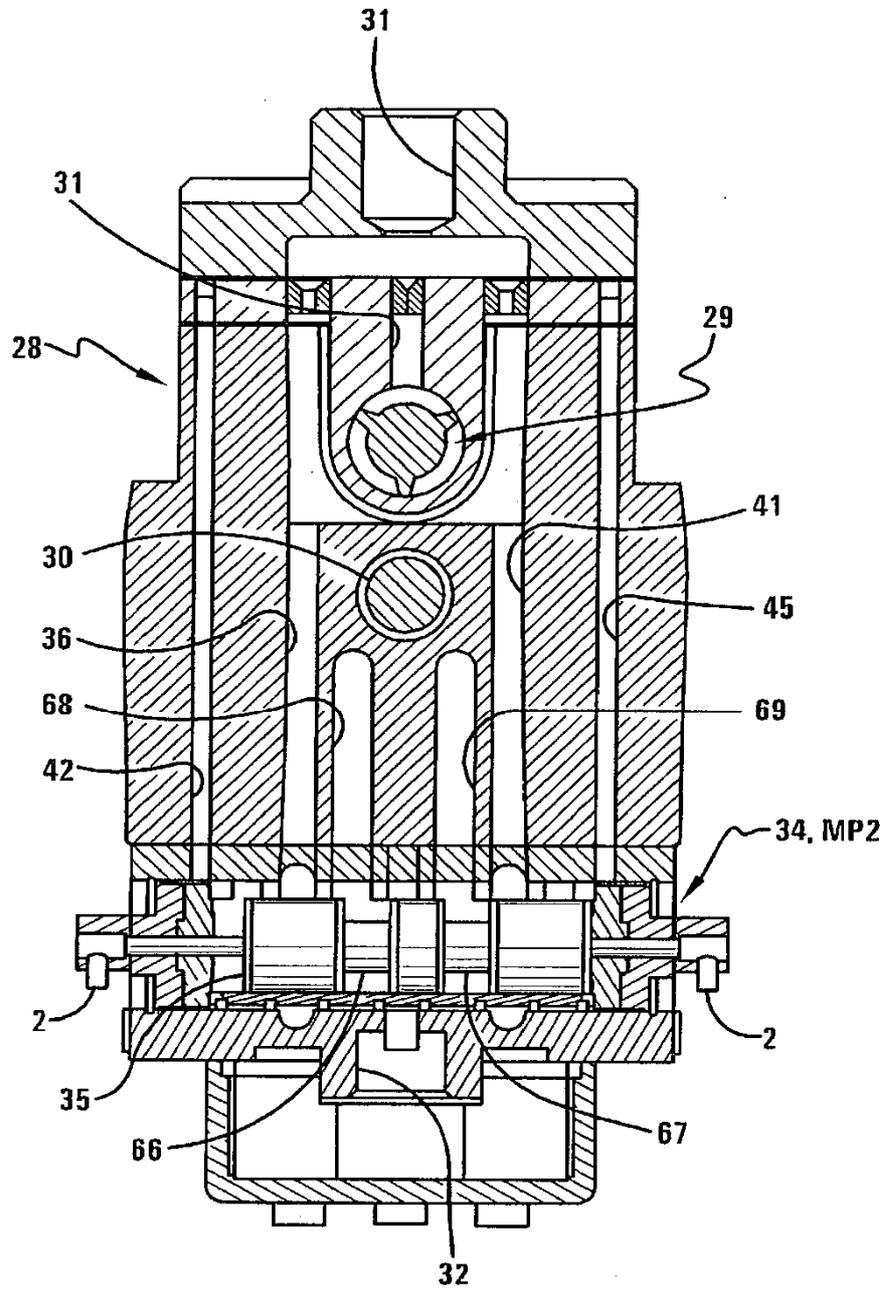


Fig.-4

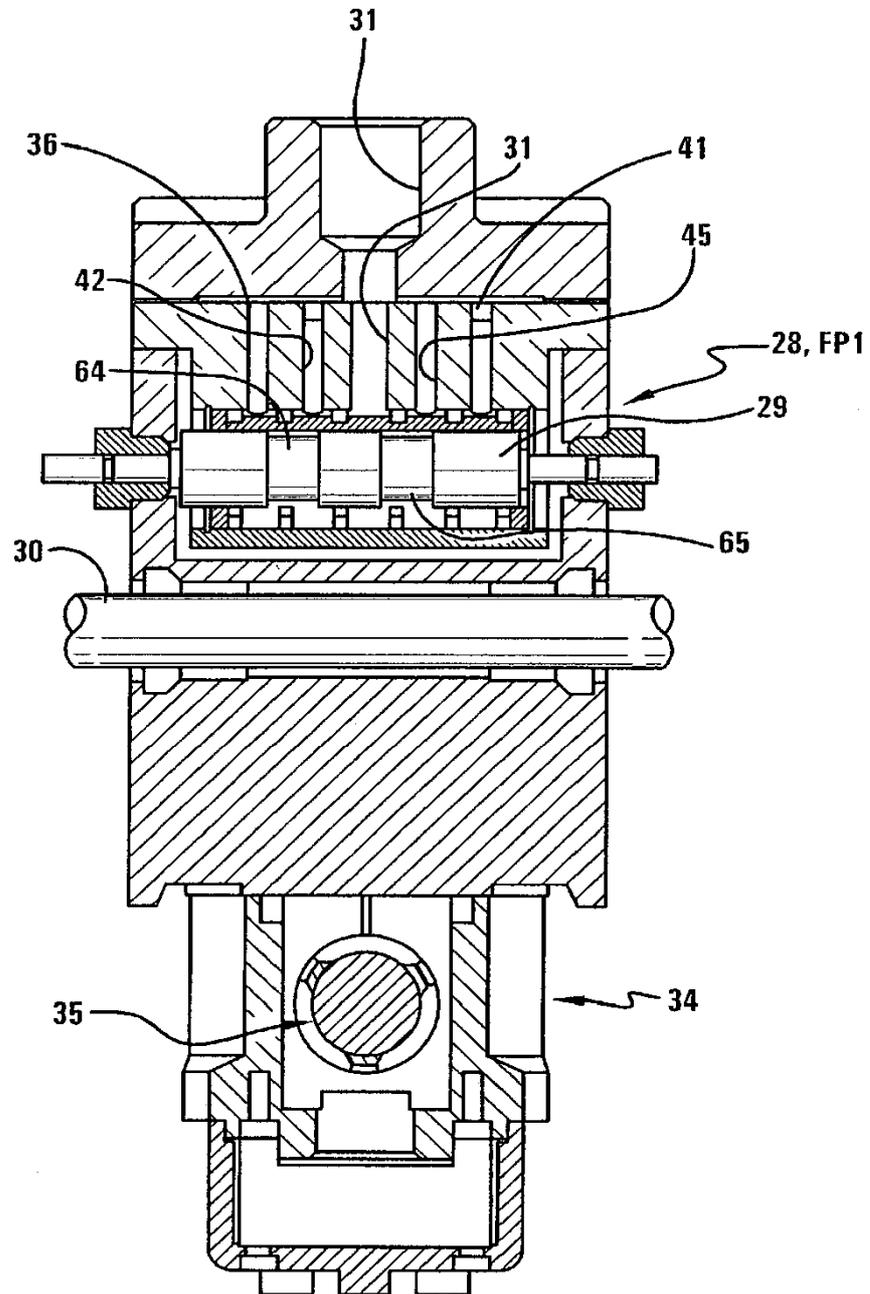


Fig.-5

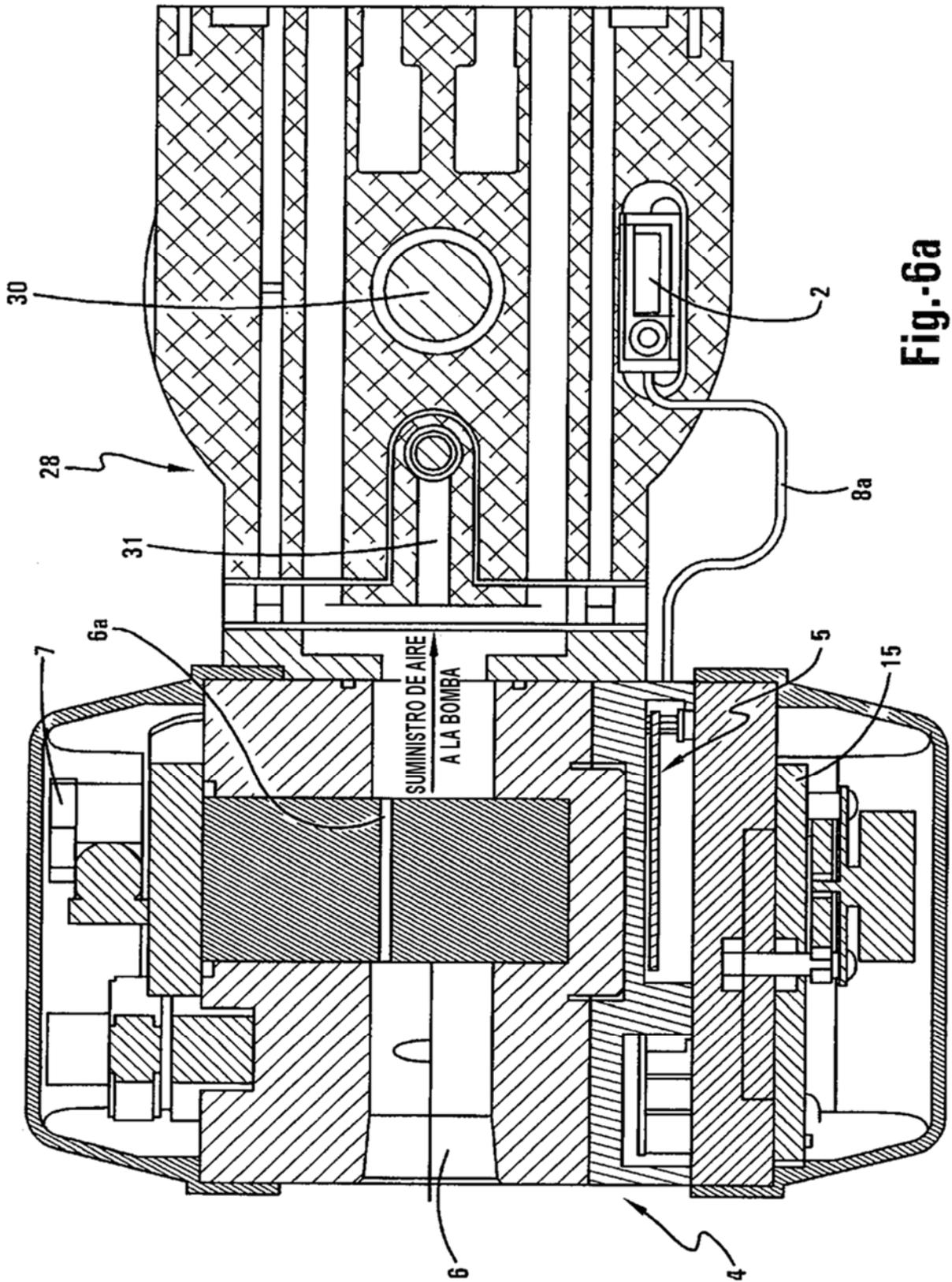


Fig.-6a

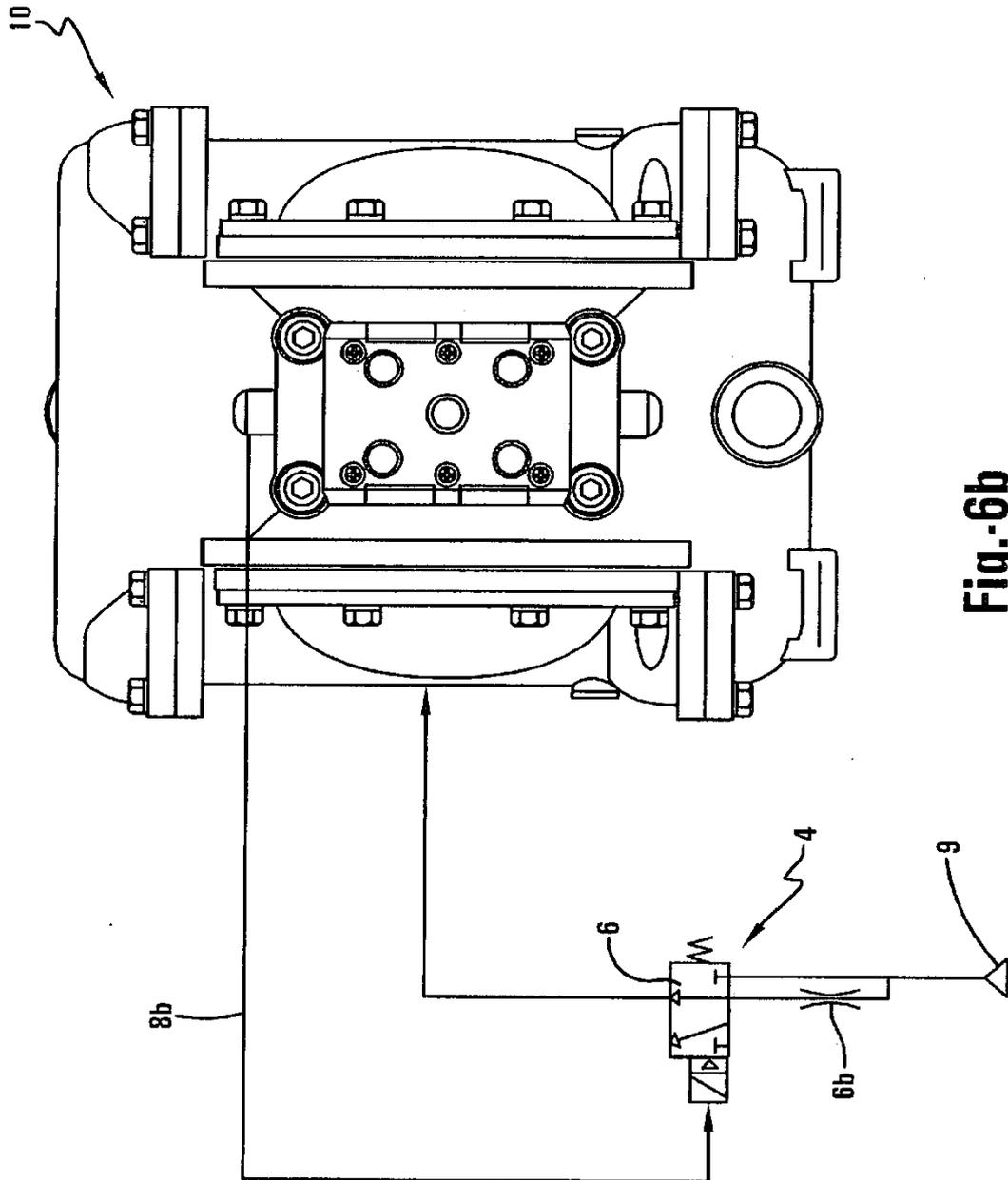


Fig.-6b

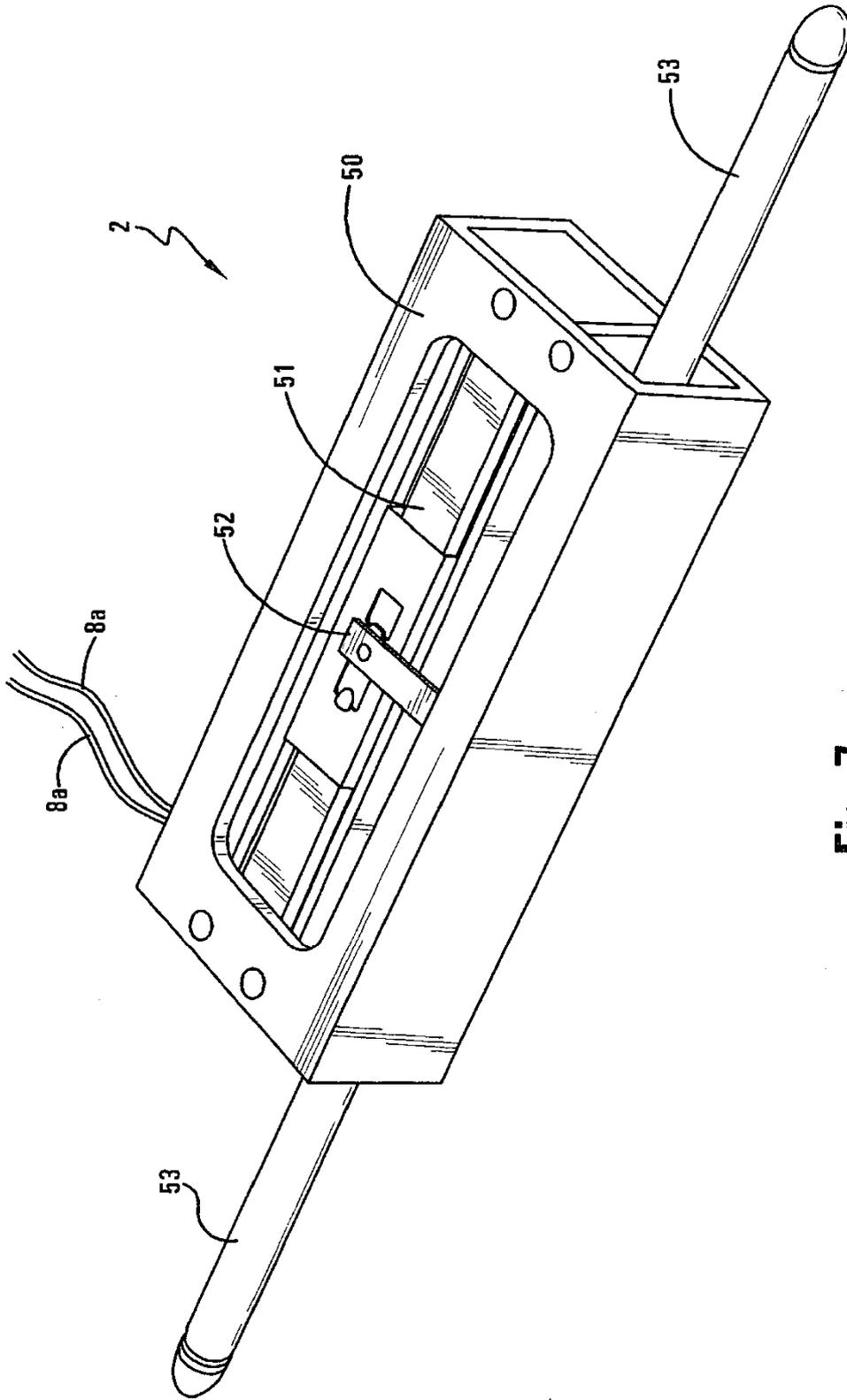


Fig.-7

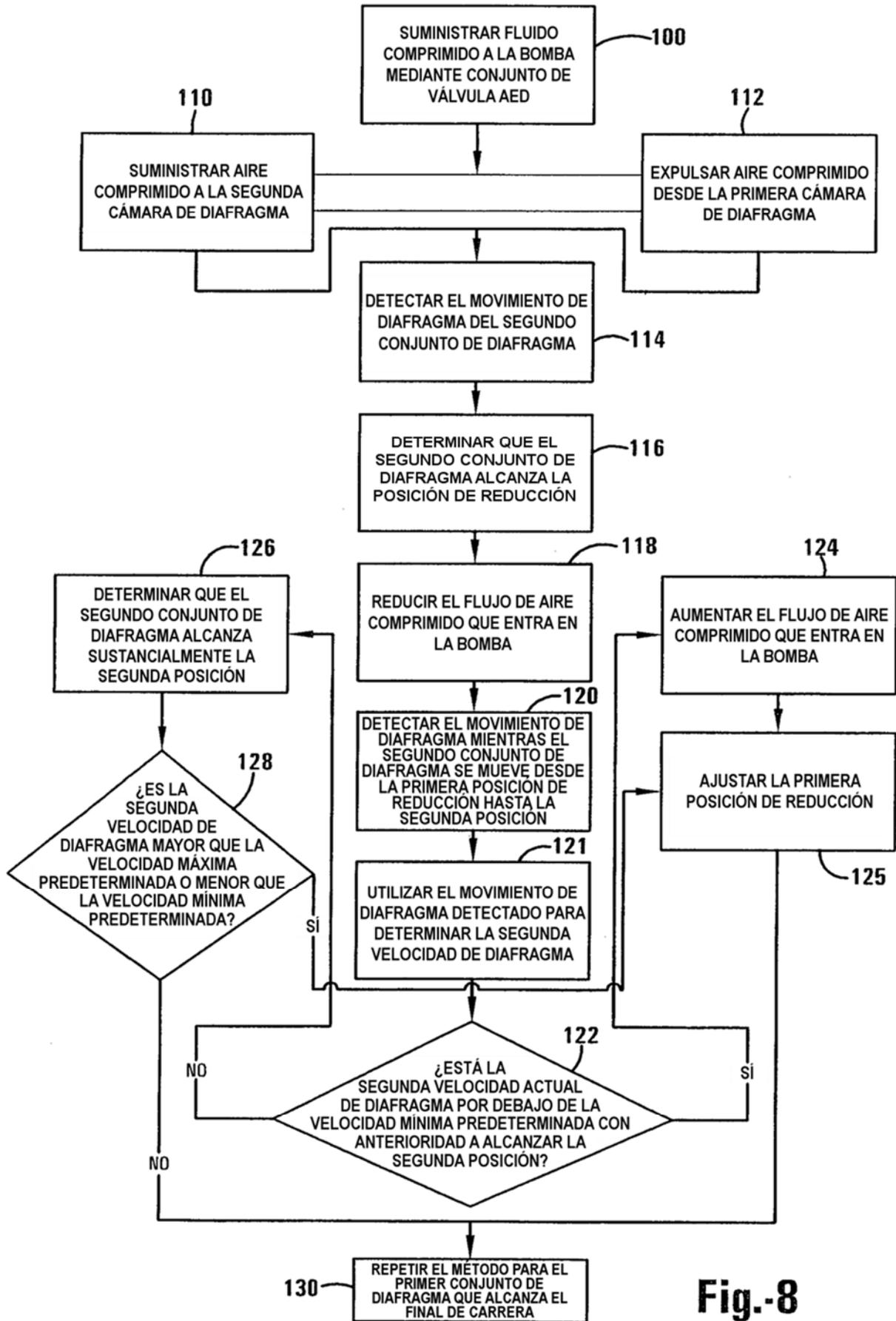


Fig.-8