

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 761 098**

51 Int. Cl.:

F02D 15/02 (2006.01)

F15B 15/14 (2006.01)

F16C 7/04 (2006.01)

F16C 7/06 (2006.01)

F02B 75/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.11.2016 PCT/FR2016/052984**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.05.2017 WO17085409**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.11.2016 E 16812994 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.09.2019 EP 3377742**

54 Título: **Biela para motor de relación volumétrica variable**

30 Prioridad:

17.11.2015 FR 1561052

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

18.05.2020

73 Titular/es:

**MCE 5 DEVELOPMENT (100.0%)
10 place Charles Beraudier, Immeuble l'Orient
69003 Lyon, FR**

72 Inventor/es:

**DURY, PHILIPPE y
MIEHE, YVES**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

ES 2 761 098 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

Biela para motor de relación volumétrica variable

5 Campo de la invención

La invención se refiere a una biela de un motor de relación volumétrica variable.

10 Antecedentes tecnológicos de la invención

10 Como preámbulo, se recuerda que una biela de un motor de combustión interna se asocia por el lado de su pie al
bulón de un pistón de combustión y por el lado de su cabeza a la muñequilla de un cigüeñal. Estos dos cojinetes son
generalmente ejes paralelos. Como se representa respectivamente en las figuras 1A y 1B, la biela tiene como
15 función transmitir el movimiento de traslación del pistón, desde un "punto muerto superior" a un "punto muerto
inferior", en el movimiento de rotación del cigüeñal. La biela permite igualmente mantener la posición angular del
pistón según el eje de traslación de este.

Se conocen múltiples soluciones en el estado de la técnica que permiten ajustar la relación volumétrica y/o la
cilindrada de un motor de combustión interna.

20 Se recuerda que la relación volumétrica de un motor de combustión interna, frecuentemente llamada relación de
compresión, corresponde a la relación entre el volumen de la cámara de combustión cuando el pistón está en su
punto muerto inferior y el volumen de la cámara de combustión cuando el pistón está en su punto muerto superior.
Siendo igual todo lo demás, la elección de la longitud de la biela determina la relación volumétrica del motor.

25 Se admite generalmente que la adaptación de la relación volumétrica de un motor a su carga permite mejorar
grandemente el rendimiento energético del motor. Por ejemplo, se busca a veces hacer variar la relación volumétrica
entre aproximadamente un valor de 12 en ausencia de carga a un valor del orden de 8 a plena carga.

30 Se recuerda que un ciclo motor completo de un motor de cuatro tiempos está constituido por un ciclo de admisión
del gas fresco, seguido por un ciclo de compresión, de un ciclo de combustión-relajación y finalmente un ciclo de
escape. Estos ciclos se extienden sustancialmente iguales, repartidos en 720° de rotación del cigüeñal. Se define
entonces la carga del motor como la presión constante ficticia que se ejerce sobre la cabeza del pistón durante la
35 parte de combustión-relajación de un ciclo (siendo considerada como nula la presión que se ejerce sobre la cabeza
del pistón durante la parte complementaria del ciclo) conduciendo a obtener una potencia equivalente a la
desarrollada por el motor en el curso de un ciclo completo. Esta presión es como máximo del orden de 10 bar para
un motor atmosférico normal y puede elevarse comúnmente hasta valores de 20 a 30 bar para un motor
sobrealimentado.

40 La cilindrada corresponde por su parte al volumen generado por el deslizamiento del pistón en el cilindro del motor
entre un punto muerto superior y un punto muerto inferior. Una cilindrada variable se obtiene haciendo variar la
carrera del pistón en el cilindro. La cilindrada no está afectada por la elección de la longitud de la biela. La variación
de la cilindrada debe ser de gran amplitud para tener un efecto notable sobre el rendimiento energético, lo que es
45 tecnológicamente difícil de implementar.

De ese modo, el documento US4111164 se dirige a variar la cilindrada de un motor según la carga que se aplica en
él. Este documento divulga una biela compuesta por un resorte asociado a una cámara hidráulica de manera que
acople rígidamente un pistón al cigüeñal del motor cuando este no está sometido a una carga y acople
elásticamente el pistón al cigüeñal cuando el motor está sometido a una gran carga. Para esta segunda situación de
50 gran carga, la biela actúa como un absorbente del choque, comprimiéndose y dilatándose según el valor instantáneo
de las fuerzas que se desarrollan en el curso de un ciclo motor. De ese modo, este documento divulga una cilindrada
constante con la carga durante un ciclo de admisión, mientras que la cilindrada aumenta durante el ciclo de
combustión cuando aumenta la carga. Sin embargo, las fuerzas de la combustión absorbidas en parte en la cámara
hidráulica de la biela no se reponen lo que convierte a la solución en particularmente poco eficaz.

55 Esta solución no permite por tanto ajustar la relación volumétrica según la carga que se aplica en el curso de uno o
de una sucesión de ciclos motores. El comportamiento de esta biela es particularmente sensible al régimen del
motor. La solución propuesta en este documento conduce por otro lado a recargar intensamente los elementos
mecánicos que componen la biela (resorte, cámara hidráulica) en el transcurso del funcionamiento del motor, lo que
60 acelera sus desgastes y reduce la fiabilidad del sistema.

Por otro lado, la cámara hidráulica de la solución presentada en este documento es particularmente sensible a
cambios de temperatura del fluido hidráulico lo que, combinado con la sensibilidad al régimen motor, hace el
comportamiento de la biela particularmente imprevisible.

65 El documento RO111863 describe un motor de combustión interna constituido por un bloque superior móvil y un

5 bloque inferior fijo con respecto al bastidor del vehículo. El bloque superior está libre de pivotar según un eje lateral que vincula este bloque superior al bloque inferior. Cuando la carga del motor crece, la presión efectiva media en el cilindro aumenta y arrastra a la oscilación del bloque superior alrededor del eje lateral. Se añade en consecuencia un volumen de cilindro al volumen de la cámara de combustión provocando de ese modo una disminución de la relación volumétrica de compresión.

10 La solución propuesta en este documento requiere la concepción y la fabricación de un bloque motor articulado que no corresponde a una arquitectura estándar de motor de combustión, constituido por un bloque motor fijo, lo que requiere un rediseño completo de la mayor parte de los elementos de la interfaz entre el motor y el bastidor del vehículo. De ese modo, los elementos que se conectan a la parte superior del motor (línea de admisión de aire, de gasolina, línea de escape, distribución, etc.) deben adaptarse para tolerar la movilidad de la parte superior del motor.

15 Otros documentos, tal como el WO2013092364, describen unas bielas de longitud controlada, que permiten fijar la relación volumétrica de un motor de combustión interna (y sin afectar a la cilindrada). Estas soluciones requieren la presencia de un sistema de dirección activo de la longitud de la biela a través de un sistema de control externo (pistón hidráulico, motor eléctrico) que es generalmente complejo, fuente de pérdidas energéticas y poco fiable. Además, el control de la relación volumétrica no se realiza de manera continua y el intervalo de relaciones volumétricas accesibles es frecuentemente muy limitado. Este es el caso principalmente de la solución propuesta en el documento antes citado que no prevé más que dos longitudes de biela.

20 **Objeto de la invención**

25 La invención se dirige a solucionar al menos algunos inconvenientes de la técnica anterior presentados anteriormente. En particular, la invención se dirige a hacer independiente de la temperatura de funcionamiento del motor el comportamiento de una biela para un motor de relación volumétrica variable.

30 **Breve descripción de la invención**

30 Con la vista en la consecución de este objetivo, el objeto de la invención propone una biela de longitud variable para ajustar la relación volumétrica de un motor, presentando la biela una longitud nominal y siendo susceptible de estar sometida a fuerzas de tracción y de compresión según su eje longitudinal, comprendiendo la biela:

- 35 - un cilindro unido a un primer extremo de la biela;
- un pistón móvil en el cilindro, unido al segundo extremo de la biela, y que define en el cilindro una primera cámara hidráulica llamada de "alta presión" adecuada para transmitir las fuerzas de compresión y una segunda cámara hidráulica llamada de "baja presión" adecuada para transmitir las fuerzas de tracción;
- 40 - al menos un conducto calibrado que permite la circulación de un fluido hidráulico entre la cámara de baja presión y la cámara de alta presión;
- unos medios mecánicos de recuperación que tienden a reponer la biela a su longitud nominal;

45 La biela es destacable porque la cámara hidráulica de baja presión y la cámara hidráulica de alta presión presentan secciones equivalentes. Se asegura de ese modo que el comportamiento de la biela a las fuerzas permanece sustancialmente independiente de la temperatura del fluido hidráulico.

Según otras características ventajosas y no limitativas de la invención, tomadas solas o en combinación:

- 50 - el cilindro presenta una sección circular u ovalada.
- el cilindro y/o el pistón están provistos de un medio de ajuste en rotación del pistón con relación al cilindro.
- los medios mecánicos de recuperación comprenden un resorte.
- 55 - el resorte se coloca en la cámara hidráulica de alta presión.
- el resorte está precargado.
- la biela incluye además unos medios de llenado del cilindro de un fluido hidráulico, por ejemplo dispuestos para introducir el fluido hidráulico en la cámara de baja presión.
- 60 - los medios de llenado comprenden una válvula anti-retorno.
- la biela incluye además unos medios de descarga de un exceso de fluido hidráulico en el cilindro, con el fin de limitar la presión que se desarrolla en él.
- 65 - los medios de descarga comprenden una válvula anti-retorno.

- el conducto calibrado se forma en el pistón o en el cuerpo del cilindro.
- el conducto calibrado se forma por el juego existente entre el pistón y el cilindro.
- 5 - la biela comprende:
 - Al menos un conducto calibrado llamado "de tracción" que permite únicamente una circulación desde la cámara hidráulica de baja presión hacia la cámara hidráulica de alta presión;
 - 10 ◦ Al menos un conducto calibrado llamado "de compresión" que permite únicamente una circulación desde la cámara hidráulica de alta presión hacia la cámara hidráulica de baja presión.
- el conducto calibrado de compresión permite una circulación únicamente cuando la presión en la cámara hidráulica de alta presión excede la presión en la cámara hidráulica de baja presión en un valor determinado.
- 15 - la biela presenta al menos dos conductos calibrados de compresión.
- el conducto calibrado se configura para favorecer una circulación turbulenta del fluido hidráulico.
- 20 - la biela incluye al menos una válvula formada por una parte móvil cuya dirección de movilidad es paralela a los ejes del pie y de la cabeza de la biela.
- la biela incluye al menos una válvula formada por una parte móvil cuya dirección de movilidad se sitúa en un plano que comprende el eje principal y transversal a la biela, eligiéndose la masa de la parte móvil de la válvula con una magnitud determinada.
- 25 - las características de los medios mecánicos de recuperación y del conducto calibrado se eligen para que la biela forme un sistema oscilante fuertemente amortiguado.
- 30 Según otro aspecto, la invención se refiere igualmente a un motor de relación volumétrica variable que comprende la biela de longitud variable. Según otras características ventajosas y no limitativas tomadas solas o en combinación:
 - el motor comprende un dispositivo de determinación de la relación volumétrica.
 - 35 - el dispositivo de determinación de la relación volumétrica comprende una diana dispuesta sobre la biela de longitud variable y un detector situado enfrente en el motor.

Breve descripción de los dibujos

- 40 La invención se comprenderá mejor a la luz de la descripción que sigue de modos de realización particulares y no limitativos de la invención con referencia a las figuras adjuntas entre las que:
 - las figuras 1A y 1B representan las posiciones del punto muerto superior y del punto muerto inferior de un pistón de un motor de combustión convencional;
 - 45 - la figura 2 representa las fuerzas que se aplican sobre una biela en el transcurso de un ciclo motor para una carga máxima y dos regímenes motores diferentes;
 - la figura 3 representa la amplitud máxima de las fuerzas de compresión en el transcurso de un ciclo motor según su carga;
 - la figura 4 representa la evolución de las fuerzas de inercia en el transcurso de un ciclo motor, para diferentes regímenes de este motor;
 - 50 - la figura 5 representa el esquema de principio de una biela de acuerdo con la invención;
 - la figura 6 representa los medios de estanquidad del pistón de la biela, según un modo de implementación particular de la invención;
 - la figura 7a representa gráficamente la relación que vincula la longitud de una biela a la carga de un motor, biela para la que no se respeta la condición de equivalencia de sección, para una elevación de temperatura del fluido hidráulico;
 - 55 - las figuras 7b a 7d representan tres configuraciones de biela, para las que se respeta la condición de equivalencia de sección;
 - la figura 8a representa una ley de comportamiento carga motor - relación volumétrica objetivo de un motor;
 - 60 - la figura 8b representa la longitud objetivo de biela según la carga motor, para reproducir la ley de comportamiento de la figura 8a;
 - la figura 8c representa, para tres configuraciones de biela diferentes, unas leyes de amortiguación correspondientes a la velocidad máxima de alargamiento de la biela según la amplitud de una fuerza constante que se le aplica;
 - 65 - la figura 9 representa un primer ejemplo de biela de acuerdo con la invención;
 - la figura 9a representa en detalle el conducto calibrado del ejemplo de la figura 9;

- la figura 10 representa el comportamiento de la biela del primer ejemplo cuando esta está en operación en un motor;
- la figura 11 representa un segundo ejemplo de biela de acuerdo con la invención;
- las figuras 11a y 11b representan en detalle los conductos calibrados del ejemplo de la figura 11;
- 5 - la figura 12 representa el comportamiento de la biela del segundo ejemplo cuando esta se pone en funcionamiento en un motor;

Descripción detallada de la invención

10 Una biela está sometida a fuerzas de tracción y de compresión en el transcurso de los ciclos de funcionamiento del motor. Estas fuerzas tienen dos orígenes: las fuerzas debidas a la combustión de la mezcla en el cilindro de combustión y las fuerzas de inercia debidas al régimen motor. La figura 2 representa a modo de ejemplo las fuerzas que se aplican sobre una biela en el curso de un ciclo motor para una carga máxima y dos regímenes del motor diferentes.

15 Las fuerzas de combustión se traducen exclusivamente en fuerzas de compresión sobre la biela. La amplitud máxima de estas fuerzas es sustancialmente proporcional a la carga del motor como se representa en la figura 3, a modo de ejemplo.

20 Las fuerzas de inercia se traducen en la biela en fuerzas sucesivas de tracción y de compresión en el curso de un ciclo de motor. La amplitud máxima de las fuerzas de inercia es esencialmente proporcional al cuadrado del régimen motor (es decir su velocidad de rotación). Esto se ilustra a modo de ejemplo en la figura 4.

25 En el curso de un ciclo motor o de una pluralidad de ciclos motores y si se desprecian los rozamientos, el trabajo desarrollado por las fuerzas de inercia que se aplica sobre la biela es nulo, las fuerzas instantáneas de inercia de compresión y las fuerzas instantáneas de inercia de tracción, aunque de amplitudes máximas y de aspecto diferentes se compensan entre sí como media sobre el conjunto del ciclo.

30 Como consecuencia, en un ciclo o en una pluralidad de ciclos motores el trabajo de las fuerzas combinadas que se aplican sobre la biela corresponde sustancialmente al trabajo de las fuerzas de combustión, que son representativas de la carga motor como se ha precisado anteriormente en relación con la descripción de la figura 3.

35 La invención se basa en estas observaciones para proponer una biela de longitud variable según la carga del motor, es decir según las fuerzas medias de combustión. Esta variación de la longitud de la biela permite ajustar de manera autónoma (es decir sin necesidad de implementación de un sistema de control activo de la longitud de la biela) la relación volumétrica del motor a su carga, sin modificar sustancialmente la cilindrada.

40 Por "fuerzas medias" se indica la media de las fuerzas que se aplican durante un ciclo o una pluralidad de ciclos, principalmente de ciclos-motores.

45 Una biela 1 de acuerdo con la invención y como se representa esquemáticamente en la figura 5, comprende:

- un cilindro 2 unido a un primer extremo E1 de la biela;
- un pistón móvil 3 en el cilindro 2 y unido al segundo extremo E2 de la biela.

50 Cada extremo de la biela 1 puede llevar un cojinete destinado, el uno a ser conectado al pistón de combustión y el otro al cigüeñal. Por longitud de la biela, se designa la distancia de entre ejes que separa los dos cojinetes. El desplazamiento del pistón 3 en el cilindro 2 permite ajustar la longitud de la biela 1 entre un primer tope (longitud mínima de la biela) y un segundo tope (longitud máxima o nominal de la biela).

55 El pistón 3 define en el cilindro 2 una primera cámara hidráulica 4 llamada de "alta presión", adecuada para transmitir las fuerzas de compresión F_{comp} que se aplican sobre la biela 1 según su eje longitudinal y una segunda cámara hidráulica 5 llamada de "baja presión" adecuada para transmitir las fuerzas de tracción F_{frac} que se aplican sobre la biela 1 según su eje longitudinal. Estas dos cámaras de "alta presión" 4 y de "baja presión" 5 están en comunicación para fluidos, por medio de al menos un conducto calibrado 6.

60 El desplazamiento del pistón 3, que conduce al ajuste de la longitud de la biela 1, se genera por la aplicación de las fuerzas de tracción y de compresión sobre la biela 1 y está permitida (en el límite previsto por los topes) por la circulación del fluido de una cámara a la otra a través del conducto calibrado 6. En ausencia de circulación, la biela 1 se comporta como un cuerpo rígido, estando limitado el movimiento del pistón 3 en el cilindro 2 a la compresibilidad del fluido hidráulico sometido a presión por las fuerzas de tracción y/o de compresión.

65 La dinámica de circulación entre las dos cámaras 4, 5 condiciona por tanto la velocidad de ajuste de la longitud de la biela 1 a las fuerzas instantáneas que se aplican.

Según la invención, esta dinámica se elige (principalmente por el dimensionamiento del o de los conductos

calibrados 6) para no reaccionar, o reaccionar con una amplitud controlada y limitada, a las fuerzas instantáneas de inercia o de combustión.

5 De manera particularmente ventajosa, el o los conductos calibrados 6 se configuran para favorecer una circulación turbulenta. En efecto, en condiciones de circulación turbulenta, en oposición a una circulación laminar, la relación que vincula el caudal a la presión es mucho menos sensible a la temperatura del fluido. Se contribuye de esa manera a establecer un comportamiento sustancialmente constante de la biela a pesar de las variaciones de temperatura del fluido hidráulico (que puede extenderse de -20 °C en frío a condiciones de temperatura extrema de 150 °C en funcionamiento en un motor).

10 Como es bien conocido por sí mismo, se favorece una circulación turbulenta disminuyendo la relación de la longitud del conducto a su diámetro y dificultando la entrada del fluido hidráulico en el conducto de manera que se cree una transición violenta entre la cámara y este conducto (por ejemplo, no se forman conos de entrada de tipo convergente entre las cámaras 4, 5 y el conducto 6).

15 Según una primera configuración, el cilindro 2 de la biela y/o el pistón 3 de la biela están provistos de medios de estanquidad que evitan la circulación del fluido hidráulico de una cámara 4, 5 a la otra fuera del (o de los) conducto calibrado 6 previsto.

20 En un ejemplo de implementación particular, y representado en la figura 6, estos medios de estanquidad comprenden a nivel de la cara de deslizamiento del pistón, y en sucesión desde la cámara de alta presión 4 hacia la cámara de baja presión 5:

- 25
- uno o varios elementos metálicos 61 que permiten contener el frente de presión del fluido presente en la cámara de alta presión 4;
 - un depósito 62 intermedio de fluido hidráulico;
 - y una junta 63 (por ejemplo compuesta o tórica) que asegura la estanquidad del conjunto.

30 En esta primera configuración, el conducto calibrado 6 entre la cámara de baja presión 5 y la cámara de alta presión 4 se forma en el pistón 3 y/o en el cilindro 2. De manera ventajosa, y por simplicidad de fabricación, el conducto calibrado 6 o uno de los conductos calibrados 6 entre la cámara de baja presión 5 y la cámara de alta presión 4 se forma en el pistón 3. Alternativamente, este conducto 6 o uno de estos conductos calibrados 6 puede formarse en el cuerpo del cilindro 2.

35 Según otra configuración, el cilindro de biela 2 y/o el pistón de biela 3 no están provistos de medios de estanquidad. En este caso, el juego entre el pistón 3 y el cilindro 2 se elige para permitir la circulación del fluido entre las dos cámaras y constituye por sí mismo un conducto calibrado 6 entre la cámara de baja presión 5 y la cámara de alta presión 4. En esta configuración, se puede prever igualmente al menos un conducto calibrado 6 adicional formado en el pistón 3 y/o en el cuerpo del cilindro 2.

40 Además, una biela 1 de acuerdo con la invención comprende unos medios mecánicos de recuperación 7 configurados para reponer la biela a su longitud nominal en ausencia de fuerzas exteriores.

45 La biela 1 así constituida forma un sistema oscilante.

Según la invención, el o los conductos calibrados 6 y los medios mecánicos de recuperación 7 se configuran y/o eligen para ajustar la longitud de la biela 1 a las fuerzas medias de tracción y de compresión que se aplican sobre la biela 1. Este ajuste puede consistir en la disminución de la longitud de la biela con el aumento de las fuerzas medias de compresión. En otros términos, las características de los medios mecánicos de recuperación (rigidez, precarga, etc.) y del o de los conducto(s) calibrado(s) (número, diámetro, longitud, naturaleza de la circulación, etc.) se eligen para que la biela forme o presente el comportamiento de un sistema oscilante fuertemente amortiguado. Se recuerda que un sistema oscilante fuertemente amortiguado es un sistema oscilante que presenta un factor de amortiguación superior a 1.

55 Se expone a continuación el funcionamiento de una biela 1 de acuerdo con la invención, cuando esta está en funcionamiento en un motor.

60 Durante el arranque del motor, la biela 1 presenta su longitud nominal, los medios de recuperación 7 conducen a colocar el conjunto pistón 3 / cilindro 2 de la biela en posición de tope mecánico. El motor presenta por tanto en el arranque una relación volumétrica definida por la longitud de biela nominal.

65 Las fuerzas instantáneas de tracción y de compresión que se aplican sobre la biela 1 con reducida carga y que corresponden por tanto esencialmente a las fuerzas de inercia, se desarrollan con una dinámica más rápida que la dinámica de circulación en el conducto calibrado 6 entre la cámara hidráulica de alta presión 4 y la cámara hidráulica de baja presión 5. Además, la longitud de la biela 1 no está esencialmente afectada por estas fuerzas, incluso aunque puedan aparecer unas oscilaciones de reducidas amplitudes.

5 Cuando la carga del motor aumenta, las fuerzas de compresión media se hacen suficientes para permitir al fluido hidráulico ser transferido de manera significativa desde la cámara de alta presión 4 a la cámara hidráulica de baja presión 5. Esta circulación conduce al desplazamiento del pistón 3 en el cilindro 2 y a la contracción de la biela 1. Se ajusta entonces la relación volumétrica del motor, de manera totalmente autónoma, según la longitud efectiva de la biela 1.

10 Ventajosamente, los medios mecánicos de recuperación 7 comprenden un resorte, por ejemplo un resorte de compresión, dispuesto para ejercer una fuerza que tiende a separar el primer extremo del segundo extremo de la biela 1. El resorte puede colocarse en la cámara hidráulica de alta presión 4, o disponerse sobre la biela 1 en el exterior de esta cámara.

15 El resorte puede presentar una rigidez que conduce a aplicar una fuerza de recuperación creciente con la contracción de la biela 1. De una manera general, cuando las fuerzas de recuperación no se proporcionan más que por el resorte y aparte de los efectos de topes o de efectos transitorios, cuando las fuerzas medias de combustión correspondientes a la carga motor se equilibran con las fuerzas aplicadas por los medios de recuperación 7, la longitud de la biela 1 se estabiliza esencialmente alrededor de una longitud de equilibrio, incluso aunque pudieran manifestarse oscilaciones de reducidas amplitudes.

20 A la inversa cuando la carga motor disminuye, el fluido hidráulico tiende a transferirse a través del conducto calibrado 6 desde la cámara de baja presión 5 hacia la cámara de alta presión 4, y la biela 1 tiende a volver a su tope mecánico correspondiente a una configuración de longitud nominal. Se ajusta en consecuencia la relación volumétrica del motor.

25 La rigidez del resorte se elige para permitir la desviación máxima de la biela, entre sus dos topes, para una gama elegida de cargas.

30 El resorte puede estar precargado, es decir que cuando la biela 1 presenta su longitud nominal, en reposo, el resorte aplica una fuerza de recuperación de umbral no nulo. De ese modo en tanto que la fuerza media de combustión (fuerza de compresión) permanezca inferior a esta fuerza de recuperación de umbral, la longitud de la biela 1 permanece fija, en su longitud nominal. Como se verá a continuación, una parte de la fuerza de recuperación de umbral puede aportarse por la parte hidráulica de la biela 1. En este caso, la parte de la fuerza de recuperación de umbral aportada por el resorte puede reducirse, y puede reducirse igualmente la dimensión del resorte.

35 Según un modo de implementación particular de la invención, el resorte se precarga con una fuerza de recuperación de umbral no nula y su rigidez se elige para ser reducida, de manera que, por ejemplo, la variación de la fuerza de recuperación de un tope al otro no superen el 70 % de la fuerza de precarga. Se aplica de esa manera a la biela 1 una fuerza de recuperación esencialmente constante, independiente de su longitud. Se constituye de ese modo una biela 1 que puede tomar dos configuraciones estables, en sus topes:

- 40
- en una primera configuración la biela 1 presenta una primera longitud igual a su longitud nominal en tanto que la fuerza media de combustión aplicada permanezca inferior a la fuerza de recuperación de umbral;
 - en una segunda configuración, la biela 1 presenta una longitud igual a su longitud mínima cuando la fuerza media de combustión aplicada es superior a la fuerza de recuperación de umbral.
- 45

Este modo de implementación está particularmente adaptado a la realización de una biela 1 simple y poco costosa para la implementación de un motor de relación volumétrica variable autónomo "bi-relación". El motor presenta una primera relación volumétrica impuesta por la longitud nominal de la biela en su primera configuración, para una carga reducida; y una segunda relación volumétrica impuesta por la longitud mínima de la biela en su segunda configuración, para una carga que excede una carga de umbral. La longitud de la biela 1 está bien ajustada a las fuerzas medias de tracción y de compresión que se aplican en ella.

50

El cilindro 2 y el pistón 3 de la biela pueden presentar una sección circular. En este caso están provistos de medios de ajuste 12 que permiten evitar la rotación según un eje longitudinal del pistón de combustión en el cilindro de combustión con el fin de mantener la orientación de los cojinetes del pistón de combustión y del cigüeñal paralelos en el curso de la traslación del pistón de combustión. Se puede tratar de una estructura de acanalado entre el pistón 3 y el cilindro 2 o de una espiga 12 insertada en el pistón 3 a través de una abertura alargada del cilindro 2, que permite el desplazamiento en traslación del pistón 3, pero bloquea cualquier movimiento de rotación. Se evita de ese modo desarrollar rozamientos o el bloqueo del motor a nivel de los enlaces con el cigüeñal y/o del pistón y del cilindro de combustión.

60

Alternativamente, el cilindro 2 y el pistón 3 de la biela presentan una sección no circular, tal como una sección ovalada, que impide por sí misma el riesgo de rotación según el eje longitudinal de estos dos cuerpos.

65 De la manera general, el cilindro 2 y el pistón 3 se dimensionan de manera que limiten el volumen de la biela 1 y permitan su colocación en un motor de combustión de concepción tradicional. Sin embargo, el dimensionamiento

mínimo de la biela 1 está limitado por la presión del fluido hidráulico máxima que puede desarrollarse en las cámaras hidráulicas 4, 5. Con este motivo, una sección ovalada del cilindro 2 y del pistón 3 es a veces más apropiada, permitiendo adaptarse a las limitaciones de volumen y de presión. En cualquier caso, las superficies sometidas a la presión del fluido hidráulico del lado de la cámara de baja presión 5 y del lado de la cámara de alta presión 4 se eligen suficientemente grandes para que cuando el pistón se somete a una fuerza máxima, la presión que se desarrolla en una u otra cámara no sea excesiva, con respecto por ejemplo a la resistencia de los medios de estanquidad. Se puede elegir por ejemplo no exceder una presión, en la cámara de alta presión 4, de aproximadamente 400 bar a 1000 bar para un motor de combustión tradicional.

La extensión de las superficies sometidas a la presión del fluido hidráulico puede definirse más precisamente como el área de las superficies en contacto con este fluido proyectada sobre un plano perpendicular a la dirección de deslizamiento del pistón 3 de la biela en el cilindro 2 de la biela.

El cilindro 2 y/o el pistón 3 de la biela pueden estar provistos en la cámara de alta presión 4 o en la cámara de baja presión 5 de medios de llenado 8 de un fluido hidráulico. Estos medios de llenado permiten mantener las cámaras llenas de este fluido, compensando de esa forma las eventuales fugas. Se puede tratar de un conducto formado en el cuerpo de biela y que desemboca, en un primer extremo, en el cilindro de la biela y, en su segundo extremo, a la altura del enlace entre la cabeza de biela y el cojinete del cigüeñal. Como es bien conocido por sí mismo, el fluido hidráulico puede extraerse en el motor a la altura de este enlace y circular en el conducto del cuerpo de biela para alimentar el cilindro.

Preferentemente, el primer extremo del conducto desemboca en la cámara de baja presión 5 del cilindro 2 lo que permite aprovechar el efecto de bombeo que se realiza durante la aplicación de una fuerza de compresión sobre la biela y favorecer de ese modo la circulación de llenado del fluido hidráulico en el cilindro 2. El conducto puede estar provisto de una válvula anti-retorno que impide la circulación fuera del cilindro por este conducto, como se representa esquemáticamente en la figura 5.

Con el fin de limitar la presión que se desarrolla en el cilindro 2 de la biela, esta puede estar provista de medios de descarga 9. Estos medios pueden estar constituidos o comprender un simple conducto hacia el exterior de la cámara de alta presión 4 que forma una fuga constante, o un conducto provisto de un limitador de presión por ejemplo en la forma de una válvula tarada a una presión de umbral igual a la presión máxima deseada en esta cámara.

De manera particularmente ventajosa, la cámara de baja presión 5 y la cámara de alta presión 4 presentan una sección equivalente. Por "sección equivalente", se indica que el volumen barrido por desplazamiento del pistón 3 en una de las cámaras 4, 5 es idéntico al volumen barrido en la otra cámara por el desplazamiento del pistón 3.

La condición de "sección equivalente" se cumple cuando las superficies sometidas a la presión de cada cara del pistón, proyectadas sobre un plano perpendicular a la dirección de desplazamiento del pistón, son sustancialmente iguales.

Para un punto de funcionamiento del motor dado, y cuando el pistón 3 ha alcanzado su posición de equilibrio, la diferencia de presión entre las dos cámaras permanece constante cualquiera que sea la temperatura del fluido hidráulico. En la medida en la que se respeta la condición de sección equivalente, el balance de las fuerzas que actúan sobre la biela es constante cualquiera que sea la temperatura del fluido hidráulico.

La presión interna de las cámaras 4, 5 es particularmente variable con la dilatación del fluido hidráulico en función de la temperatura (que puede extenderse a -20 °C en frío en condiciones de temperatura extrema a 150 °C en funcionamiento en un motor). En ausencia de equivalencia de las secciones, la variabilidad de presión interna generaría una variabilidad de las fuerzas que se aplican sobre el pistón 3. En consecuencia, la biela tendría un comportamiento (longitud en función de la carga motor) variable con la temperatura, lo que no es en general deseado.

En otros términos, y en ausencia de válvula anti-retorno tarada en el conducto 6, la biela 1 tiende a equilibrar durante su funcionamiento las presiones medias en las cámaras de alta y baja presión 4, 5. Cuando las secciones no son equivalentes, la fuerza media generada por la presión y que se ejerce sobre el pistón 3 no es nula. Esta es entonces proporcional a la diferencia de sección entre las cámaras 4, 5 y es proporcional a la presión media que reina en las cámaras 4, 5. Ahora bien, el fluido hidráulico está sometido en gran medida a la dilatación térmica, de donde resulta que la presión que reina en las cámaras 4, 5 puede variar durante la elevación de temperatura del motor. En consecuencia, el equilibrio entre las fuerzas ejercidas por los medios de recuperación 7, las fuerzas de combustión y las fuerzas hidráulicas ejercidas sobre el pistón 3 es perturbado entonces por la temperatura, lo que no es deseable. Las condiciones de secciones equivalentes presentan la ventaja de contribuir a preservar un comportamiento (la ley longitud-carga) sustancialmente constante de la biela a pesar de las variaciones de temperatura.

A modo de ejemplo, la figura 7a es una representación gráfica de la relación que vincula la longitud de una biela para la que no se ha respetado la condición de equivalencia de las secciones (+10 % de la superficie a la altura de la cámara de alta presión con respecto a la cámara de baja presión en este ejemplo) en la carga del motor (a 2000

5 revoluciones/minuto), en un ejemplo particular de implementación de esta biela. Esta figura representa esta relación en el caso de fluidos hidráulicos constituidos por aceite, comúnmente utilizado para la lubricación de los motores, en un primer caso en el que el aceite tiene una temperatura de referencia, posteriormente en un segundo caso en el que la temperatura de este mismo aceite ha aumentado 10 °C, para unas condiciones de funcionamiento idénticas al primer caso. Se observa que una reducida elevación de temperatura de 10 °C conduce a una relación carga motor-longitud de biela muy diferente y en consecuencia a una relación carga motor-relación volumétrica muy diferente que no puede tolerarse para un funcionamiento reproducible y previsible de este motor.

10 Numerosas configuraciones de las cámaras hidráulicas 4, 5 permiten realizar la condición de sección equivalente y limitar de ese modo los efectos de temperatura, como se representa en las figuras 7b a 7d a modo de ilustración.

15 Según un primer ejemplo, representado en la figura 7b, esta condición se obtiene mediante un pistón 3 de doble etapa. En esta figura, el cilindro 2 presenta un saliente circular 3c de manera que la cámara de baja presión 5 presenta un diámetro mayor que el de la cámara de alta presión 4. Esta diferencia de diámetro se compensa por la sección de la barra 9 del pistón 3 en la cámara de baja presión 5, por lo que al final el volumen generado por el desplazamiento del pistón 3 en una cámara es idéntico al volumen generado en la otra cámara por el mismo desplazamiento del pistón 3.

20 Según un segundo ejemplo, representado en la figura 7c, esta condición se obtiene mediante un pistón 3 con barra que desemboca externamente. La barra 9 del pistón 3 se extiende en un lado y otro del pistón 3 y en el volumen de cada una de las cámaras 4, 5. De manera que se asegura igualmente la condición de sección equivalente.

25 Según un tercer ejemplo, representado la figura 7d, esta condición se obtiene mediante un pistón 3 con barra que desemboca internamente. En esta figura, la cámara de alta presión 4 presenta un cuerpo saliente 10 cuya sección es idéntica a la de la barra 9 del pistón 3. Este cuerpo saliente 10 se ajusta a un ensanchamiento 11 formado en el pistón 3, de manera que pueda deslizar en él. De esa manera se asegura igualmente la condición de sección equivalente.

30 Con el fin de poder ajustar con más flexibilidad la dinámica de circulación, la biela 1 puede comprender:

- Al menos un conducto calibrado 6a llamado "de tracción" que permite únicamente una circulación del fluido hidráulico desde la cámara de baja presión 5 hacia la cámara de alta presión 4;
- Al menos un conducto calibrado 6b llamado "de compresión" que permite únicamente una circulación del fluido hidráulico desde la cámara de alta presión 4 hacia la cámara de baja presión 5.

35 Cada uno de los conductos 6a, 6b puede estar provisto de una válvula para permitir la circulación en una única dirección.

40 Se puede ajustar así cada uno de los conductos (por ejemplo en sus calibres) independientemente entre ellos y permitir una dinámica diferente del ajuste de la longitud de la biela según que se aplique una fuerza de tracción o de compresión.

45 En una variante preferida, el conducto calibrado de compresión 6b permite una circulación únicamente cuando la presión de la cámara de alta presión 4 excede la presión de la cámara de baja presión 5 en un valor determinado. Esto puede realizarse fácilmente equipando al conducto 6b con una válvula anti-retorno tarada a una diferencia de presión predeterminada.

50 Al bloquear de ese modo la circulación por debajo de un diferencial de presión determinado, se impide cualquier movimiento de compresión del pistón 3 en el cilindro 2 de la biela mientras esta presión no se sobrepase. Se obtiene de ese modo un efecto similar al de la precarga de los medios de recuperación 7, pudiendo presentar estos medios entonces una dimensión menor para un efecto idéntico.

55 En una variante, la biela puede presentar dos conductos calibrados de compresión 6b, siendo uno simple y permitiendo una circulación calibrada a partir de que se aplique a la biela 1 una fuerza de compresión determinada, estando el otro provisto de una válvula anti-retorno tarada para permitir una circulación complementaria a partir de que se aplique a la biela 1 una fuerza de compresión suficiente (que induce un diferencial de presión suficiente entre las dos cámaras).

60 Se dispone así de medios adicionales para ajustar la dinámica de la circulación y por tanto la velocidad de ajuste de la longitud de la biela a las fuerzas instantáneas que se aplican a ella; y más generalmente para controlar la relación que vincula la relación volumétrica a la carga del motor.

65 Las válvulas están constituidas generalmente por una parte móvil (tal como una bola) que puede desplazarse según una dirección de movilidad, y que coopera con un asiento y/o un resorte. Este mecanismo bien conocido permite abrir o cerrar selectivamente un paso de circulación según la diferencia de presión existente entre aguas arriba y

abajo de este paso.

5 Ventajosamente, las válvulas que se asocian a los conductos 6; 6a, 6b y/o a los medios de llenado 8 y/o a los medios de descarga 9 de la biela 1 según la invención se disponen de manera que se sitúen las direcciones de movilidad de sus partes móviles paralelas a los ejes del pie y de la cabeza de la biela 1. En esta configuración, las partes móviles no están sometidas en sus direcciones de movilidad a la aceleración de la biela 1 durante el funcionamiento del motor. Se evita de esa manera hacer dependiente del régimen motor el comportamiento de apertura o de cierre de estas válvulas.

10 Alternativamente, se puede elegir colocar la dirección de movilidad de las partes móviles de las válvulas (o de algunas de entre ellas) en un plano que comprende el eje principal de la biela 1, es decir en su longitud, y el eje transversal de la biela 1, es decir en su anchura. En este caso, estas partes móviles sufren unas fuerzas en el transcurso del funcionamiento del motor, proporcionales a sus orientaciones en este plano, a sus aceleraciones y a sus masas, que contribuyen a la apertura o cierre de las válvulas a las que están asociadas. Estas fuerzas pueden desarrollarse principalmente en la proximidad de las posiciones del punto muerto superior y del punto muerto inferior del pistón de combustión (estando vinculada la aceleración de la biela en la proximidad de estas posiciones al régimen motor). Más precisamente, cuando una de estas válvulas se coloca según el eje de la biela 1, la aceleración máxima vinculada a la velocidad de rotación del motor susceptible de actuar sobre la apertura o cierre de la válvula, se encuentra próxima al pico de fuerza de combustión. Y cuando una de estas válvulas se coloca transversalmente al eje de la biela 1, la aceleración máxima vinculada a la velocidad de rotación del motor susceptible de actuar sobre la apertura o cierre de la válvula, se encuentra alejada del pico de fuerza vinculado a la combustión. Puede ser entonces razonable y útil elegir la colocación según un eje o el otro, y más generalmente en el plano definido por estos ejes y las masas respectivas de las partes móviles de las válvulas (y la rigidez de los eventuales resortes con los que cooperan) con el objetivo de ajustar más finamente el comportamiento (ley de longitud de biela-carga) del dispositivo, principalmente según el régimen motor. Se hace posible entonces abrir o cerrar estas válvulas, y principalmente las válvulas que pueden asociarse a los conductos calibrados 6, más allá de un régimen motor determinado, lo que ofrece una dimensión adicional de optimización del comportamiento de la biela.

30 Según otro aspecto ventajoso, las válvulas disponen de un tope mecánico de la parte móvil que limita su apertura máxima y que permite controlar el caudal de circulación y evitar la sollicitación excesiva del resorte de válvula, cuando está presente dicho resorte.

35 En algunos casos, se puede equiparar a los conductos 6; 6a, 6b de válvulas "fugadas", para las que se coloca un conducto de derivación en paralelo a la válvula en sí. Como es bien conocido por sí mismo, las válvulas "fugadas" permiten disociar los flujos ascendente y descendente y ajustar las circulaciones.

40 La determinación de la configuración y de la calibración de los conductos de circulación 6a, 6b entre la cámara de alta presión y la cámara de baja presión está vinculada por supuesto a la configuración del motor en el que está llamada a funcionar la biela y al rendimiento elegido o esperado de este motor.

45 De una manera general, se dirige a hacer el funcionamiento de la biela (el ajuste de la longitud de la biela a la carga del motor, es decir a las fuerzas medias de tracción y de compresión) de acuerdo con una relación predeterminada según las características buscadas del motor, por ejemplo para darle el aspecto de la curva representada en las figuras 8a y 8b. Esto puede comprender un compromiso entre la complejidad de la configuración mantenida para la circulación (número de conductos, etc.) y su rendimiento. De manera general, las características de los medios mecánicos de recuperación 7 y del (o de los) conducto calibrado se eligen para que el ajuste de la longitud de la biela 1 a las fuerzas medias de tracción y de compresión se adecúe a una relación predeterminada.

50 El experto en la materia podrá ayudarse de numerosos medios habituales para realizar esta fase de diseño y/o de comprobación. Se puede tratar en particular de medios de simulación y de optimización digitales, o de bancos de ensayo que permitan sollicitar a la biela en tracción y en compresión según unos perfiles de fuerzas elegidos con el fin de cualificar su comportamiento estático y dinámico. Se podrán utilizar principalmente estos medios para asegurar que las características de los medios mecánicos de recuperación y del o de los conducto(s) conducen adecuadamente a conferir a la biela el comportamiento dinámico del sistema oscilante fuertemente amortiguado.

55 A modo de ejemplo, el experto en la materia podrá buscar reproducir una amortiguación cuya ley viene dada en la figura 8c. Esta figura representa (en ordenadas), la velocidad de alargamiento de la biela, según (en abscisas) la amplitud de una fuerza constante que se le aplica. Esta amplitud está normalizada por la fuerza máxima aplicada en la biela correspondiente al pico de combustión. En la figura 8c, se representan tres leyes a modo de ilustración, para tres configuraciones de biela diferentes y de acuerdo con la invención:

- (a) biela que presenta un único conducto calibrado;
- (b) biela que presenta dos conductos calibrados, respectivamente de tracción y de compresión, estando provisto el conducto de compresión con una válvula anti-retorno tarada;
- 65 (c) biela que presenta tres conductos calibrados, un conducto de tracción y dos conductos de compresión, estando provisto cada uno de los conductos de compresión con una válvula anti-retorno tarada.

Estas leyes de amortiguación se caracterizan, entre otras, por una velocidad de desplazamiento comprendida entre 30 y 200 mm/s cuando la fuerza aplicada vale el 50 % de la fuerza máxima visible en la biela.

5 Una velocidad del orden de 30 mm/s permite asegurar un sistema con pocas oscilaciones de la longitud de la biela alrededor de su posición de equilibrio en el transcurso de un ciclo motor, pero tiene como consecuencia ralentizar la variación de la relación volumétrica cuando varía la carga del motor. Una velocidad del orden de 200 mm/s permite, a la inversa, tener una variación rápida de la relación volumétrica cuando varía la carga, pero puede implicar la aparición de oscilaciones de la longitud de la biela alrededor de su posición de equilibrio. La presencia de una o de
10 una pluralidad de válvulas anti-retorno taradas permite establecer una ley de comportamiento que realiza mejor el compromiso entre las oscilaciones de la longitud de la biela y la reactividad en el cambio de la relación volumétrica.

De manera opcional, la biela 1 podrá comprender una diana (por ejemplo, un cuerpo magnético) que permita detectar su paso delante de un detector colocado enfrente en el motor o integrado en el cárter motor (por ejemplo un captador de efecto Hall). Se constituye de ese modo un sistema de determinación de la longitud de la biela 1 durante su funcionamiento. Se podrá preferir alternativamente la solución conocida por el documento DE102009013323.

De una manera general, la biela 1 y/o el motor en el que se hace funcionar la biela estarán equipados ventajosamente con un dispositivo de determinación de la relación volumétrica, pudiendo ser útil esta información para el control de los órganos del motor. Con este fin, el motor o el dispositivo en el que se hace funcionar la biela 1 podrán estar equipados ventajosamente con los captadores necesarios, con un calculador y unos programas asociados que permitan esta determinación y su toma en consideración para el control de los otros órganos del motor. Se podrá tratar por ejemplo de la solución conocida en el documento antes mencionado o de la diana y el detector que constituyen el sistema de determinación de la longitud de la biela 1.

25 **Descripción detallada de ejemplos no limitativos de realización**

A modo de ejemplo, se presentan en los párrafos que siguen diferentes soluciones de bielas de acuerdo con la invención y en particular adaptadas al funcionamiento en un motor de combustión que presente las siguientes características:

- Diámetro del pistón de combustión: 75 mm;
- Carrera: 84 mm;
- Tricilíndrico teniendo 1113 cm³ de cilindrada;
- 35 - Carga máxima: 25 bar de PME (presión media efectiva) para una presión de combustión máxima de 130 bar;

La figura 8a representa una ley de comportamiento carga motor - relación volumétrica objetivo de este motor. Como es visible en la figura 8b, esta ley se traduce en un recorrido máximo de la biela de 4 mm entre la relación volumétrica máxima y la relación volumétrica mínima.

40 La figura 9 representa un primer ejemplo de biela 1 de acuerdo con la invención y que busca reproducir la ley de comportamiento de las figuras 8a y 8b.

En la biela 1 de la figura 9, el cilindro 2 de sección circular está unido al pie de biela, y el pistón 3 se asocia por medio de su barra 9 a la cabeza de biela. La distancia entre ejes de la biela 1 es de 150 mm, cuando esta está en su posición nominal y del orden de 146 mm cuando está en su posición comprimida, a tope.

La apertura del cilindro 2 está cerrada por una cubierta 13, que puede atornillarse sobre el cilindro 2, para definir en el cilindro 2 con el pistón 3 la cámara de baja presión 5. El fondo del cilindro 2, define por su parte con el pistón 3 la cámara de baja presión 5. Las dimensiones respectivas del cilindro 2 y del pistón 3, permiten un recorrido de 4 mm de la biela entre sus topes mecánicos formados por el fondo del cilindro 2 y la cubierta 13. Esta configuración de biela 1 permite alcanzar respectivamente una relación volumétrica mínima de 10,3 y máxima de 17,6 cuando se coloca en el motor descrito anteriormente.

55 De modo similar a lo que se ha descrito con relación a la figura 7b, la biela presenta un pistón de doble etapa, formado por el saliente 3c. La cámara de alta presión 4 presenta un diámetro de 26,5 mm, lo que representa una superficie "útil" (es decir la superficie proyectada sobre el plano perpendicular al eje de desplazamiento del pistón) del fluido sobre el pistón 3 de 552 mm². La cámara hidráulica de baja presión 5 presenta un diámetro interno de 30 mm, y la barra 9 presenta una sección circular cuyo diámetro es de 14 mm. En consecuencia, la superficie útil del fluido de esta cámara sobre el pistón 3 es de 553 mm², por tanto casi idéntica a la de la cámara hidráulica de alta presión 4. Se respeta así la condición de sección equivalente.

60 En el pistón 3, se coloca un medio de ajuste en la forma de una espiga 12 a través de una abertura alargada del cilindro 2 (cuya longitud se extiende en la dirección longitudinal de la biela 1) con el fin de evitar la rotación del pistón 3 mientras que permite su deslizamiento.

Se coloca un resorte entre el pie y la cabeza de biela, de manera que aplique una fuerza de recuperación a la biela 1. En este ejemplo particular, el resorte presenta una rigidez de 454 N/mm; y aplica una fuerza de precarga de 1266 N.

5 La biela 1 representada en la figura 9 es particularmente simple, y presenta un único conducto 6 calibrado de diámetro interno de 0,44 mm para asegurar la transferencia del fluido hidráulico de una cámara a la otra bajo el efecto de las fuerzas de tracción y de compresión ejercidas sobre la biela 1. En el ejemplo reproducido en esta figura, y como se reproduce más en detalle en la figura 9a, el conducto 6 está constituido por dos segmentos extremos 6i y 6i' cuya sección presenta un diámetro del orden de 4 mm y de un segmento central 6j de longitud 10 1 mm y de sección 0,44 mm. Esta configuración forma un conducto calibrado con precisión y en el que se puede determinar que la ley de circulación es de tipo "turbulento" en las condiciones de funcionamiento del motor.

La figura 10 representa el comportamiento de la biela cuando esta se pone en funcionamiento en el motor cuyas características se han precisado anteriormente. Se observa que a régimen motor reducido, es posible seguir con buena precisión la ley de comportamiento esperada. Con régimen motor más elevado, y aunque el comportamiento general sea totalmente aceptable y funcional, este puede desviarse sin embargo del comportamiento objetivo deseado. En todos los casos, se deduce de la curva representada en la figura 10, que la longitud de la biela 1 se ajusta correctamente según las fuerzas medias que se le aplican. Por otro lado, al configurarse las cámaras hidráulicas 4, 5 y el pistón 3 de este ejemplo para presentar secciones equivalentes, el comportamiento (ley longitud 15 de biela - carga) es esencialmente independiente de la temperatura del fluido hidráulico.

La figura 11 representa un segundo ejemplo de biela 1 de acuerdo con la invención y que busca reproducir la ley de comportamiento de las figuras 8a y 8b. Los valores de la distancia entre ejes de este segundo ejemplo son idénticos a los del primer ejemplo que se acaba de exponer.

25 En este segundo ejemplo, las cámaras hidráulicas de baja y alta presión 5, 4 se sitúan de un lado y otro de la cabeza de biela. El cilindro 2 se extiende en parte en el pie de biela y en parte en el sombrerete de biela, presentando cada una de estas partes una sección circular de 23,5 mm de diámetro. El pistón 3 por su parte está constituido por dos partes 3a y 3b, de la misma sección, que cooperan respectivamente con el cilindro en el lado del pie de biela y en el lado del sombrerete. Esta configuración respeta naturalmente la condición de sección equivalente.

El resorte 7 se coloca en este segundo ejemplo en el interior de la biela 1, lo que presenta una ventaja de volumen particularmente notable, en el seno de un ensanchamiento formado en el fondo de la cámara hidráulica de alta presión 4. El resorte se apoya sobre el fondo de este ensanchamiento y, por otro lado, sobre la superficie expuesta del pistón 3a, para ejercer su fuerza de recuperación. Presenta una rigidez de 427 N/mm y ejerce una fuerza de precarga de 904 N.

El pie de biela presenta dos conductos 9a, 9b y un limitador de presión 9c que forman unos medios de descarga 9 de la presión excesiva que pudiera formarse en la cámara de alta presión 4. El pistón 3 está provisto igualmente de un medio de llenado 8 de la cámara hidráulica de baja presión 5 con fluido hidráulico.

El pistón 3 está provisto igualmente con un primer conducto de compresión 6b que presenta, como se presenta más en detalle en la figura 11a, un diámetro de 0,43 mm a la altura de la sección central 6bj, presentando esta sección una longitud de 1 mm, y una válvula tarada 14 a una presión de apertura de 102,9 bar. Como se ha presentado anteriormente, la presencia de esta válvula tarada 14 permite limitar el tamaño y la rigidez del resorte 7, de mucha más reducida dimensión que en el ejemplo anterior, y colocarlo en el interior del pie de biela.

El pistón presenta igualmente un segundo conducto de tracción 6a, representado más en detalle en la figura 11b, en el que el diámetro del orificio a la altura de una sección central 6aj es de 0,4 mm; y de una válvula tarada 15 cuya presión de apertura se elige en 0,7 bar.

La figura 12 representa el comportamiento de la biela del segundo ejemplo cuando esta se pone en funcionamiento en el motor cuyas características se han precisado anteriormente. Se observa que, cualquiera que sea el régimen motor, es posible seguir con buena precisión la ley de comportamiento esperada. Por otro lado, las cámaras hidráulicas 4, 5 y el pistón 3 al estar configuradas para presentar secciones equivalentes y al permitir la configuración de los conductos 6a, 6b una circulación de tipo "turbulento" del fluido hidráulico en las condiciones de funcionamiento del motor, el comportamiento es esencialmente independiente de la temperatura del fluido hidráulico.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Biela de longitud variable (1) para ajustar la relación volumétrica de un motor, presentando la biela (1) una longitud nominal y siendo susceptible de estar sometida a fuerzas de tracción y de compresión según su eje longitudinal, comprendiendo la biela:
- un cilindro (2) unido a un primer extremo (E1) de la biela (1);
 - un pistón (3) móvil en el cilindro (2), unido al segundo extremo (E2) de la biela y que define en el cilindro una primera cámara hidráulica (4) llamada de “alta presión” adecuada para transmitir las fuerzas de compresión y una
 - 10 segunda cámara hidráulica (5) llamada de “baja presión” adecuada para transmitir las fuerzas de tracción;
 - al menos un conducto calibrado (6, 6a, 6b) que permite la circulación de un fluido hidráulico entre la cámara de baja presión (5) y la cámara de alta presión (4);
 - unos medios mecánicos de recuperación (7) que tienden a reponer la biela a su longitud nominal;
- 15 y **caracterizada por que** la cámara hidráulica de baja presión (5) y la cámara hidráulica de alta presión (4) presentan secciones equivalentes.
- 20 2. Biela de longitud variable (1) según la reivindicación anterior en la que el cilindro (2) presenta una sección circular y el cilindro (2) y/o el pistón (3) están provistos de un medio de ajuste (12) en rotación del pistón (3) con relación al cilindro (2).
3. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones 1 y 2 en la que el cilindro (2) presenta una sección ovalada.
- 25 4. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores en la que los medios mecánicos de recuperación (7) comprenden un resorte.
5. Biela de longitud variable (1) según la reivindicación anterior en la que el resorte se coloca en la cámara hidráulica de alta presión (4).
- 30 6. Biela de longitud variable (1) según una de las dos reivindicaciones anteriores en la que el resorte está precargado.
7. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores que incluye además unos medios de llenado (8) del cilindro (2) de un fluido hidráulico.
- 35 8. Biela de longitud variable (1) según la reivindicación anterior en la que los medios de llenado (8) se disponen para introducir el fluido hidráulico en la cámara de baja presión (5).
- 40 9. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores que incluye además unos medios de descarga (9) de un exceso de fluido hidráulico en el cilindro (2) con el fin de limitar la presión que se desarrolla en él.
10. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores en la que el conducto calibrado (6; 6a, 6b) se forma en el pistón (3).
- 45 11. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10 en la que el conducto calibrado (6; 6a, 6b) se forma en el cilindro (2).
12. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10 en la que el conducto calibrado (6) se forma por la elección del juego entre el pistón (3) y el cilindro (2).
- 50 13. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores que comprende:
- Al menos un conducto calibrado (6a) llamado “de tracción” que permite únicamente una circulación desde la
 - 55 cámara hidráulica de baja presión (5) hacia la cámara hidráulica de alta presión (4);
 - Al menos un conducto calibrado (6b) llamado “de compresión” que permite únicamente una circulación desde la cámara hidráulica de alta presión (4) hacia la cámara hidráulica de baja presión (5).
14. Biela de longitud variable (1) según la reivindicación anterior en la que el conducto calibrado de compresión (6b) permite una circulación únicamente cuando la presión en la cámara hidráulica de alta presión (4) excede la presión en la cámara hidráulica de baja presión (5) en un valor determinado.
- 60 15. Biela de longitud variable (1) según una de las dos reivindicaciones anteriores que presenta al menos dos conductos calibrados de compresión (6b).
- 65 16. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores en la que el o los conducto(s)

calibrado(s) (6; 6a, 6b) se configura(n) para favorecer una circulación turbulenta del fluido hidráulico.

- 5 17. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores que incluye al menos una válvula formada por una parte móvil cuya dirección de movilidad es paralela a los ejes del pie y de la cabeza de la biela (1).
18. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores que incluye al menos una válvula formada por una parte móvil cuya dirección de movilidad se sitúa en un plano que comprende el eje principal y transversal a la biela (1), eligiéndose la masa de la parte móvil de la válvula con una magnitud determinada.
- 10 19. Biela de longitud variable (1) según una de las reivindicaciones anteriores para la que las características de los medios mecánicos de recuperación (7) y del conducto calibrado (6; 6a, 6b) se eligen para que la biela (1) forme un sistema oscilante fuertemente amortiguado.
- 15 20. Motor de relación volumétrica variable **caracterizado por que** comprende una biela (1) según una de las reivindicaciones anteriores.
21. Motor de relación volumétrica variable según la reivindicación anterior, que comprende un dispositivo de determinación de la relación volumétrica.
- 20 22. Motor de relación volumétrica variable según la reivindicación anterior, en el que el dispositivo de determinación de la relación volumétrica comprende una diana dispuesta sobre la biela de longitud variable (1) y un detector situado enfrente en el motor.

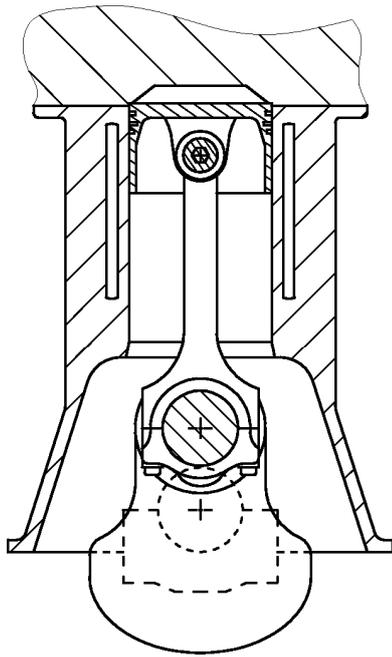


FIG. 1A

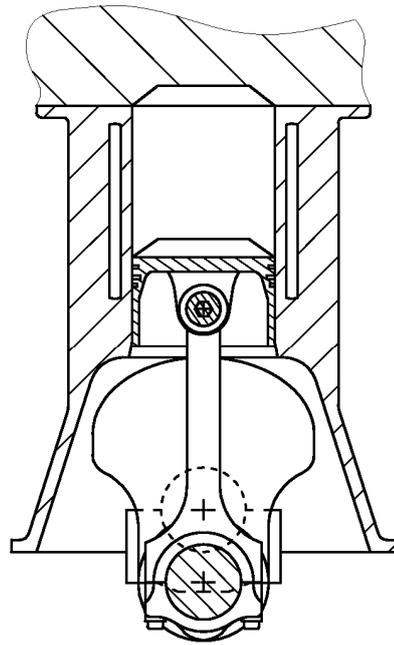


FIG. 1B

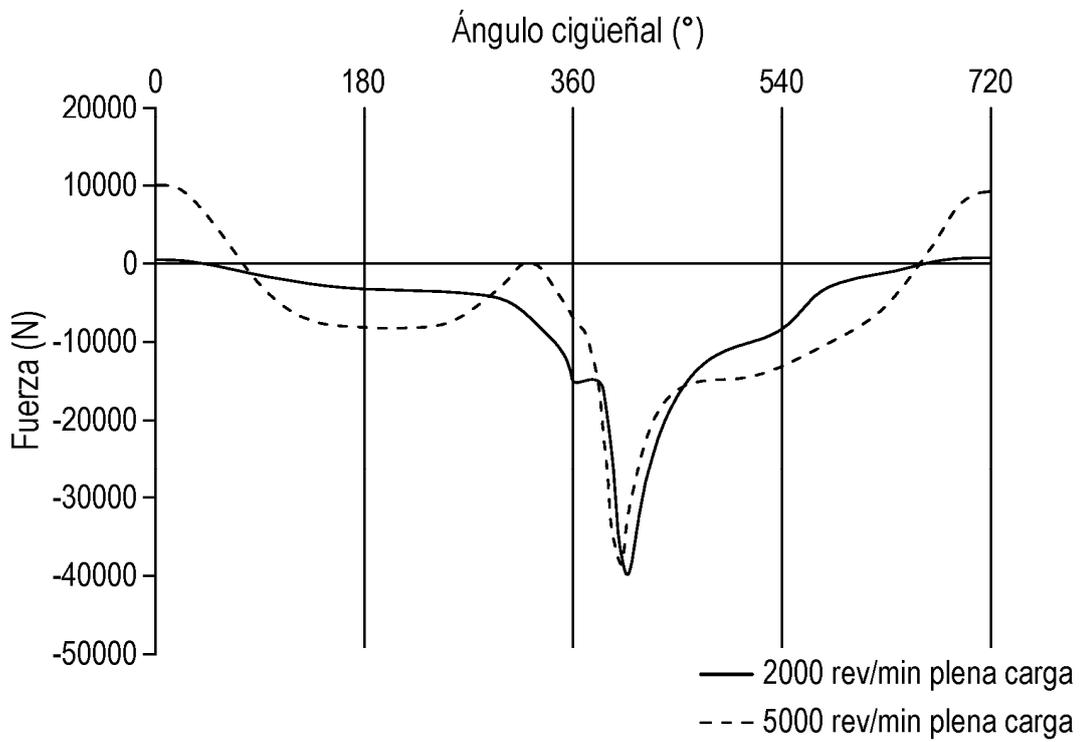


FIG. 2

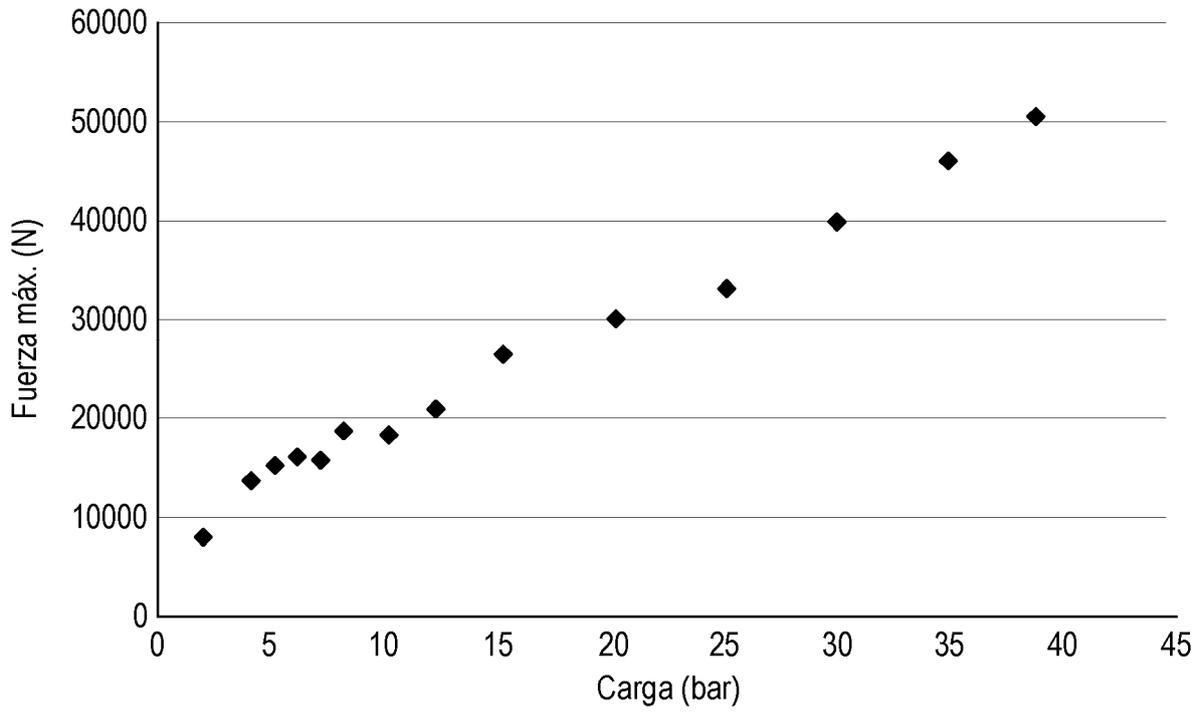


FIG. 3

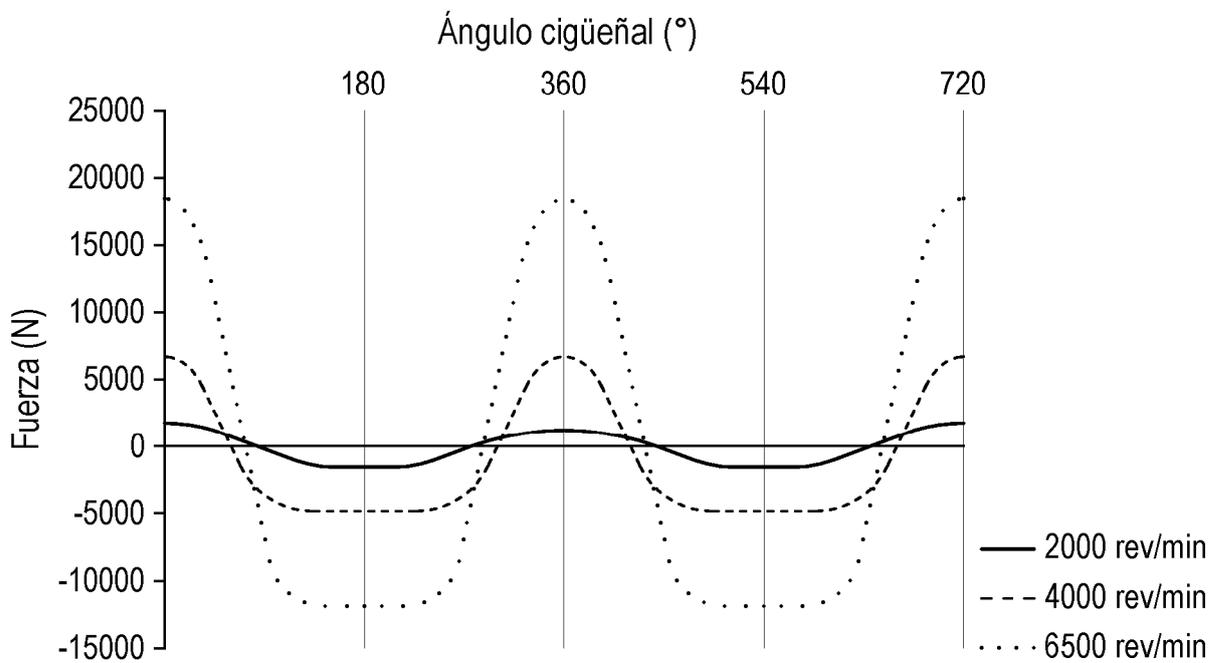


FIG. 4

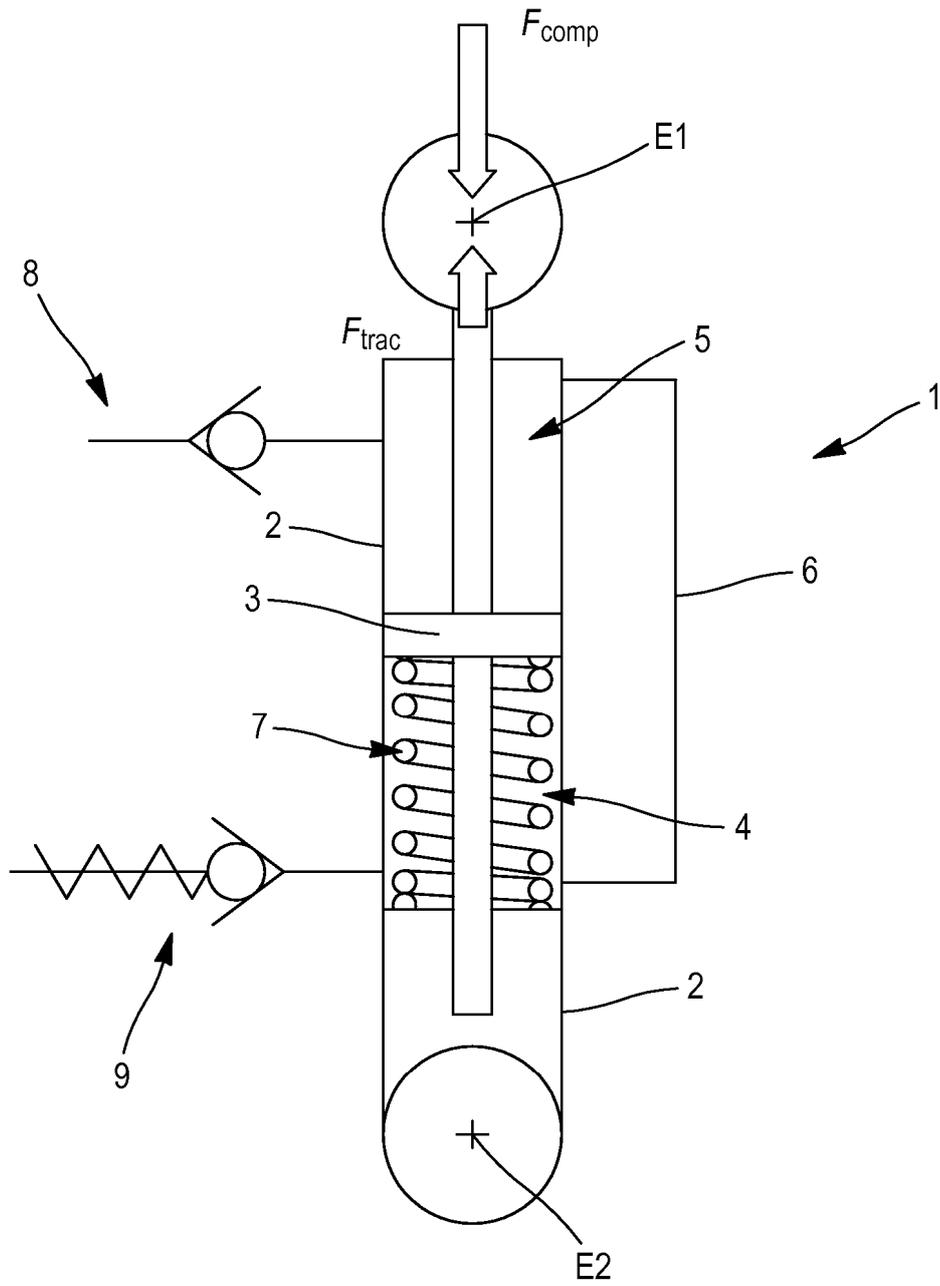


FIG. 5

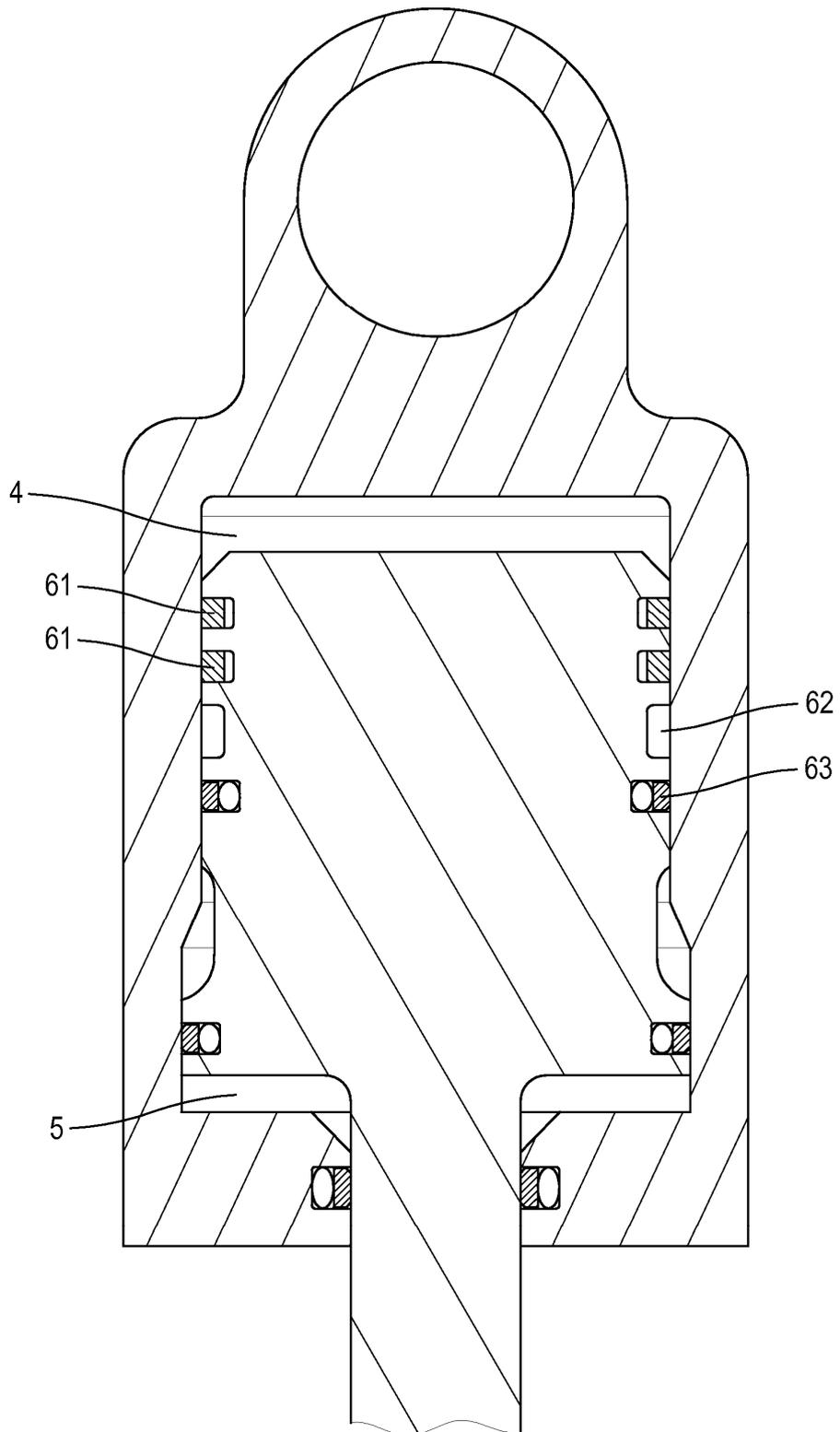


FIG. 6

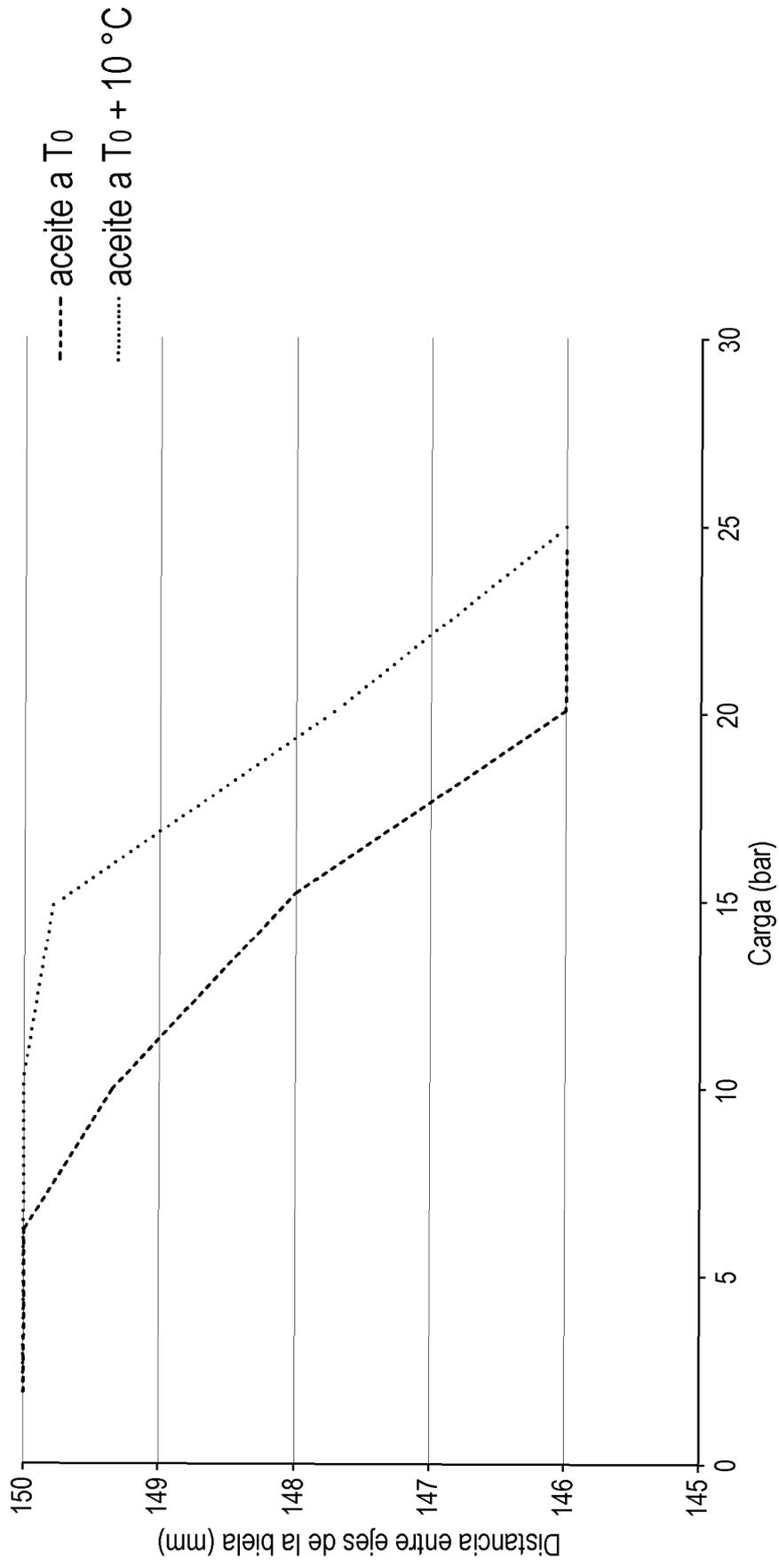


FIG. 7a

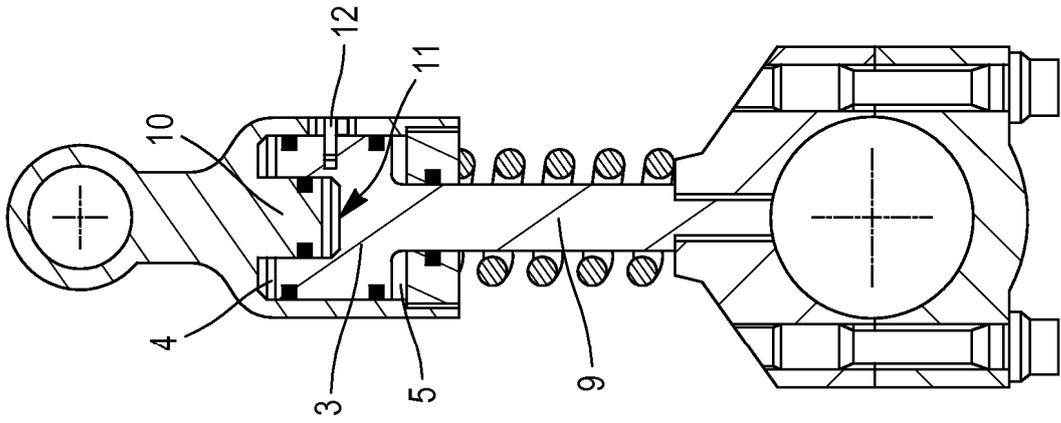


FIG. 7d

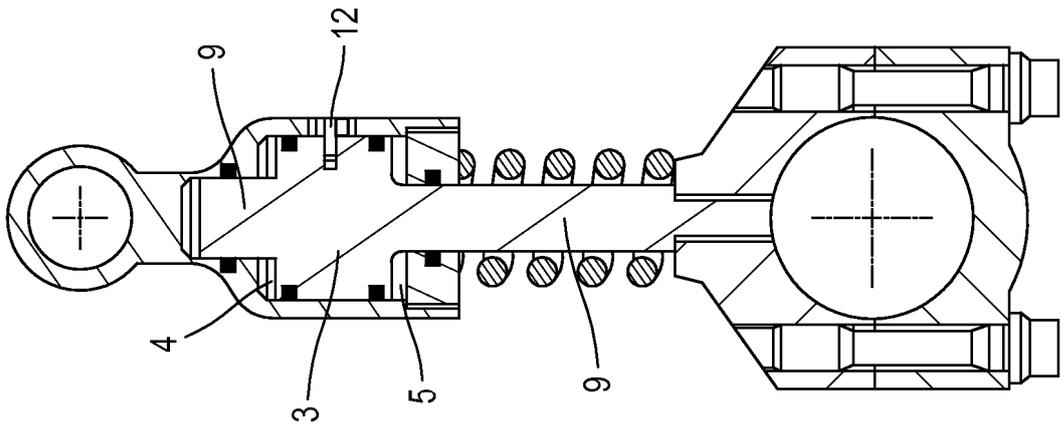


FIG. 7c

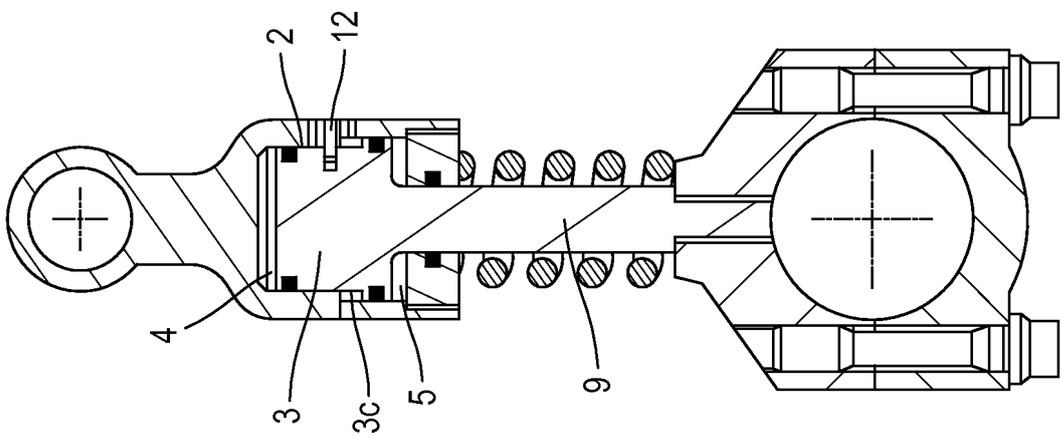


FIG. 7b

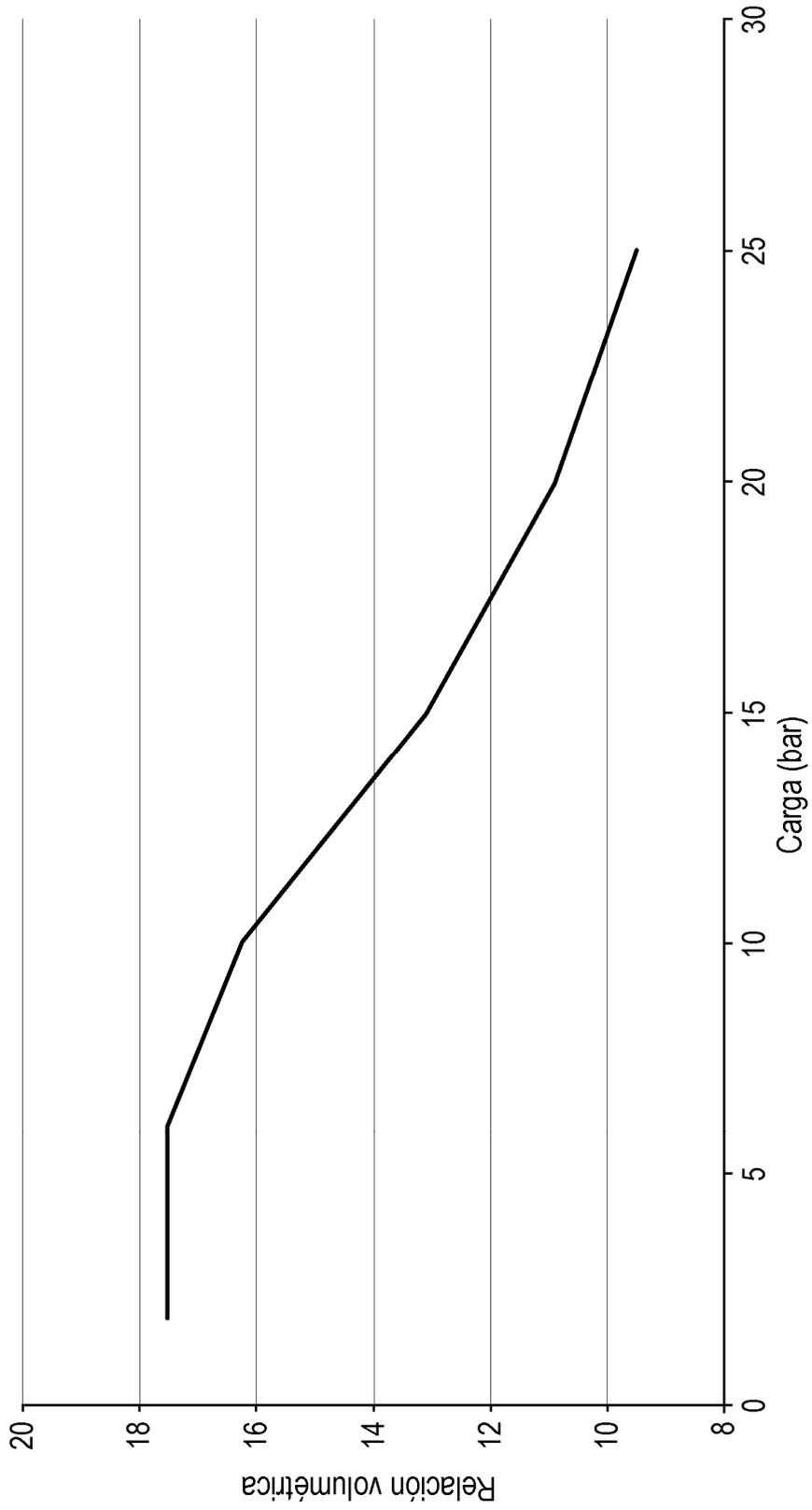


FIG. 8a

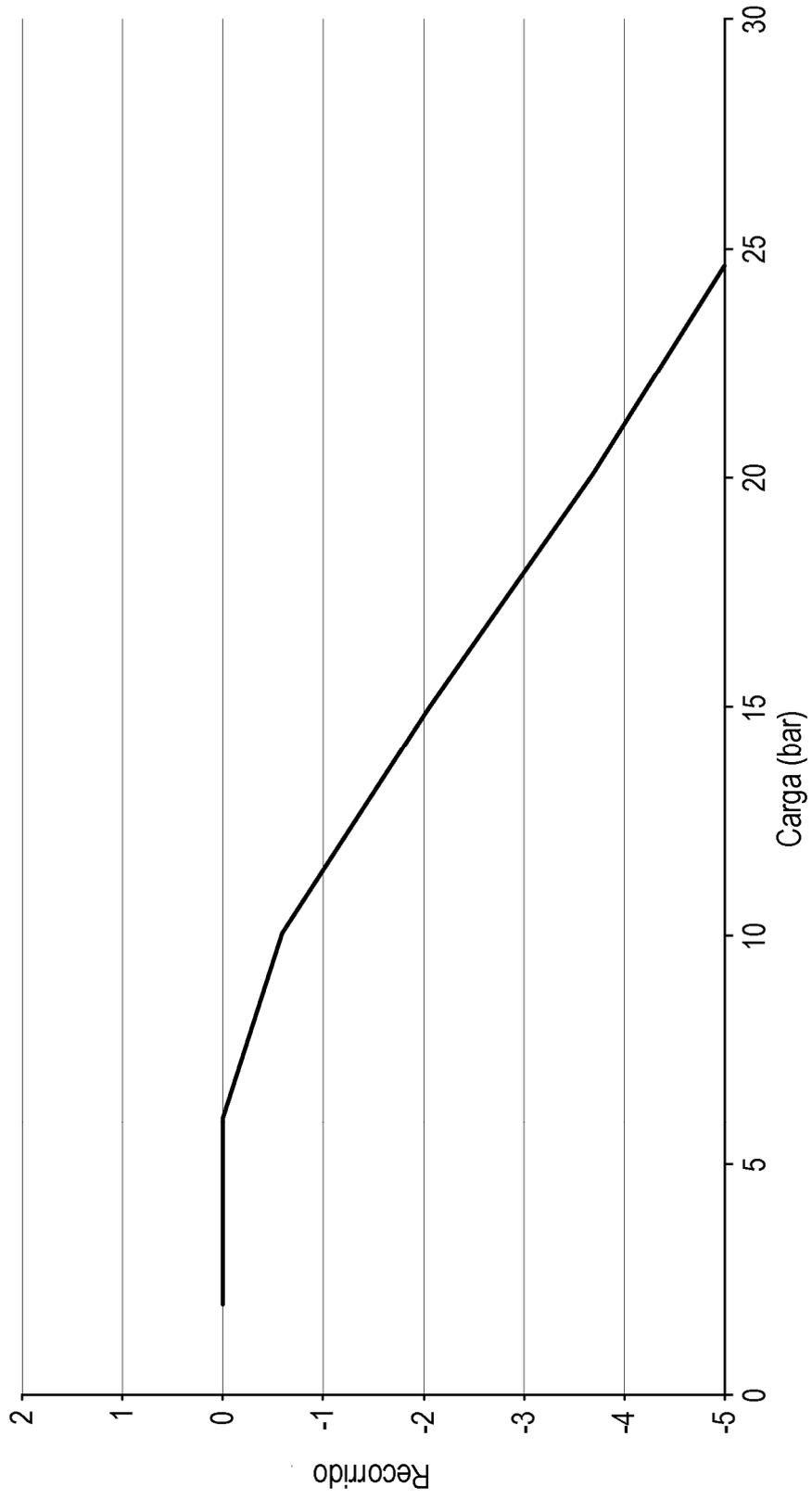


FIG. 8b

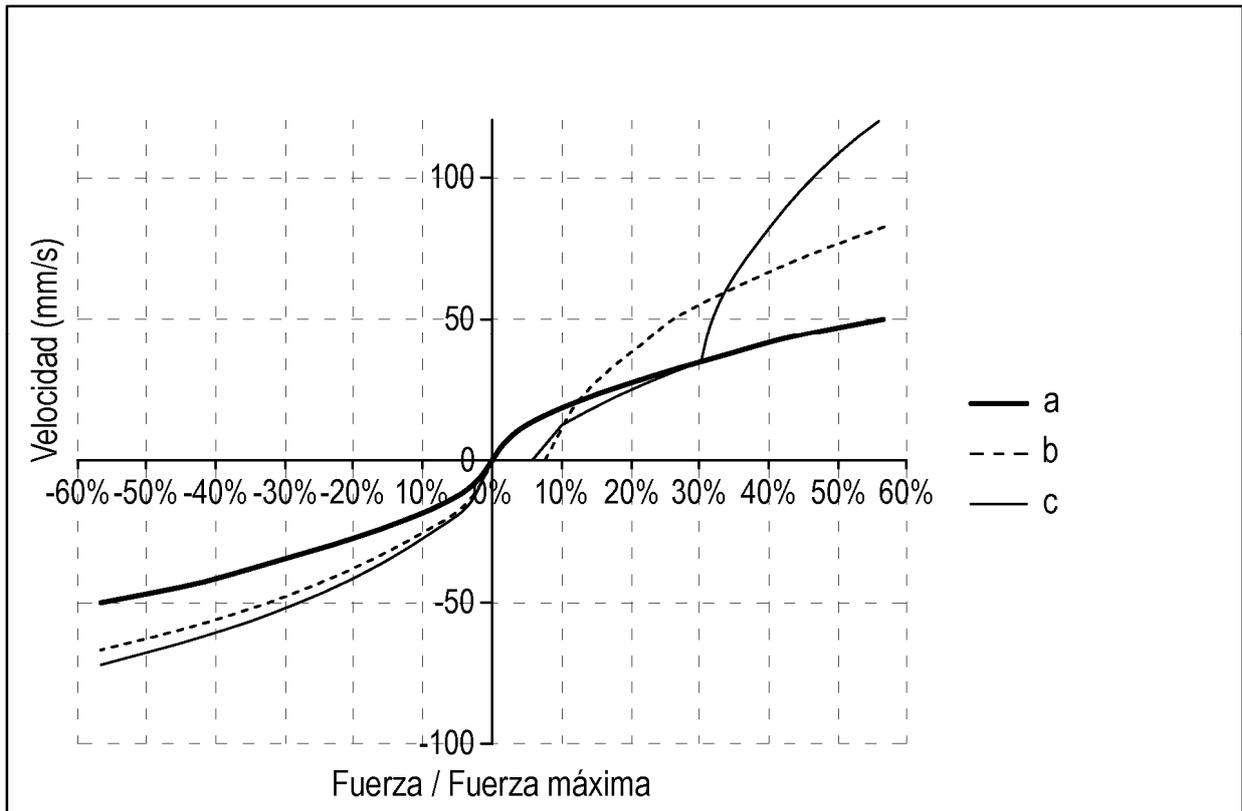


FIG. 8c

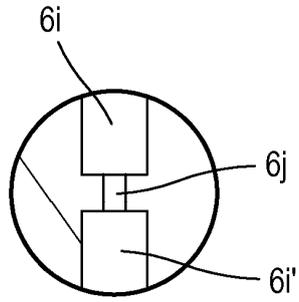


FIG. 9a

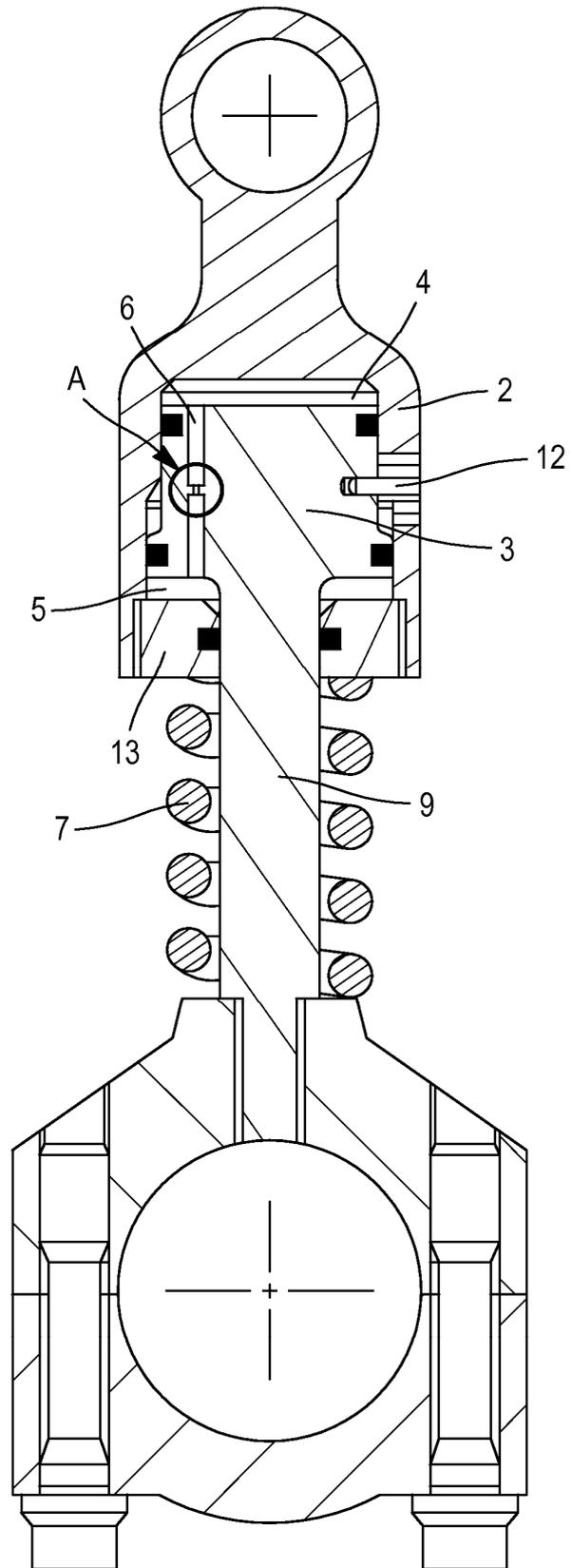


FIG. 9

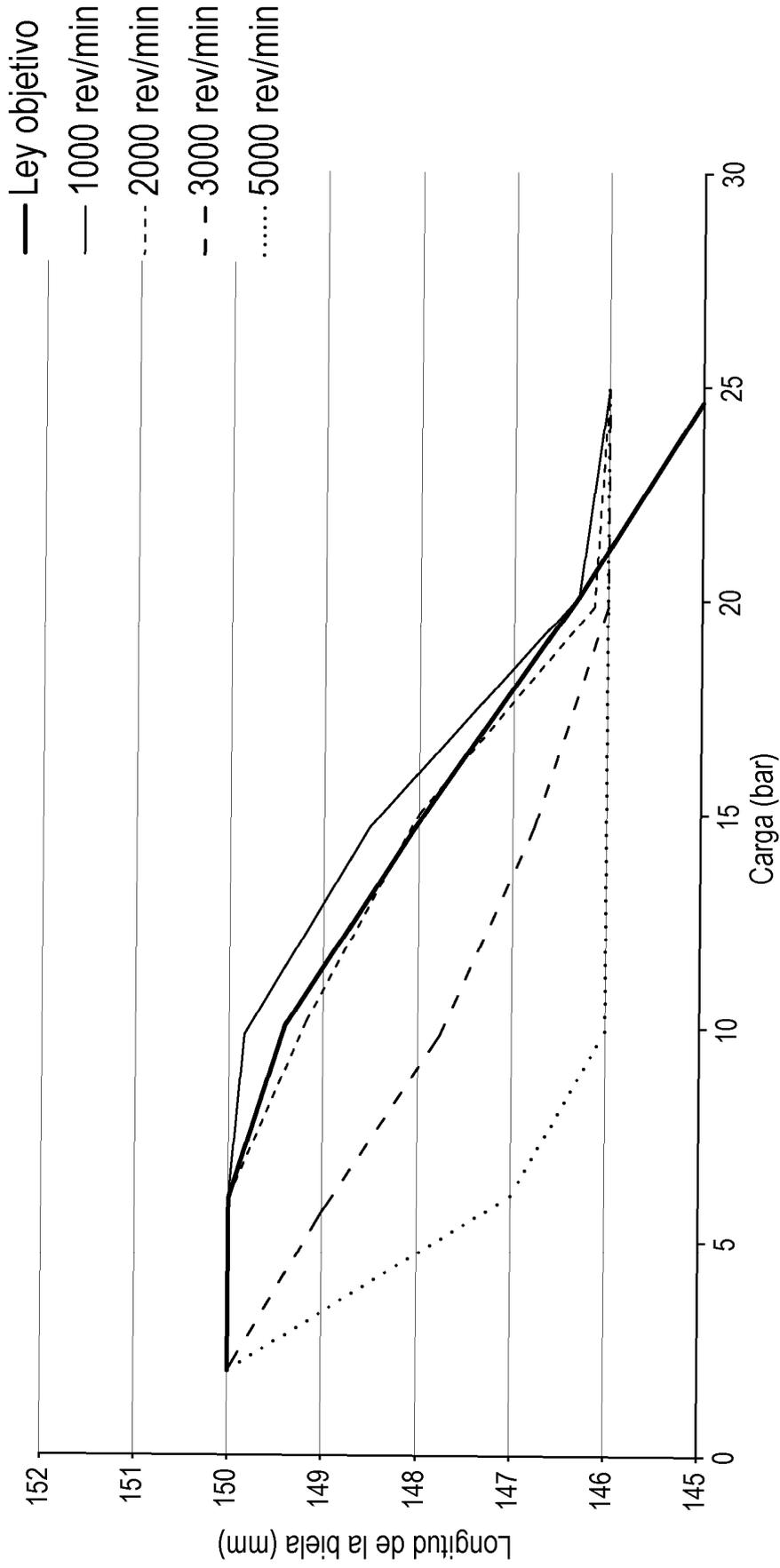


FIG. 10

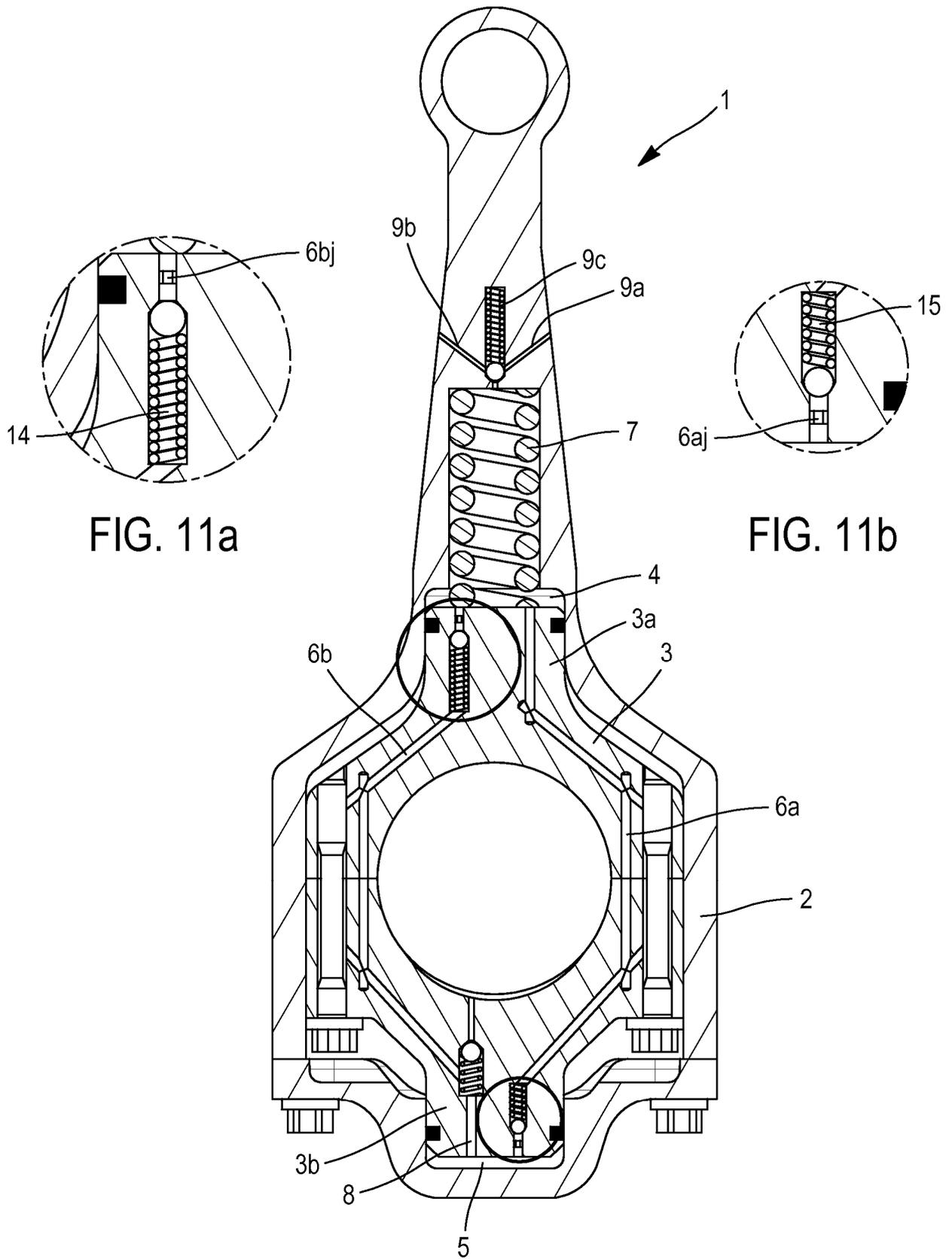


FIG. 11a

FIG. 11b

FIG. 11

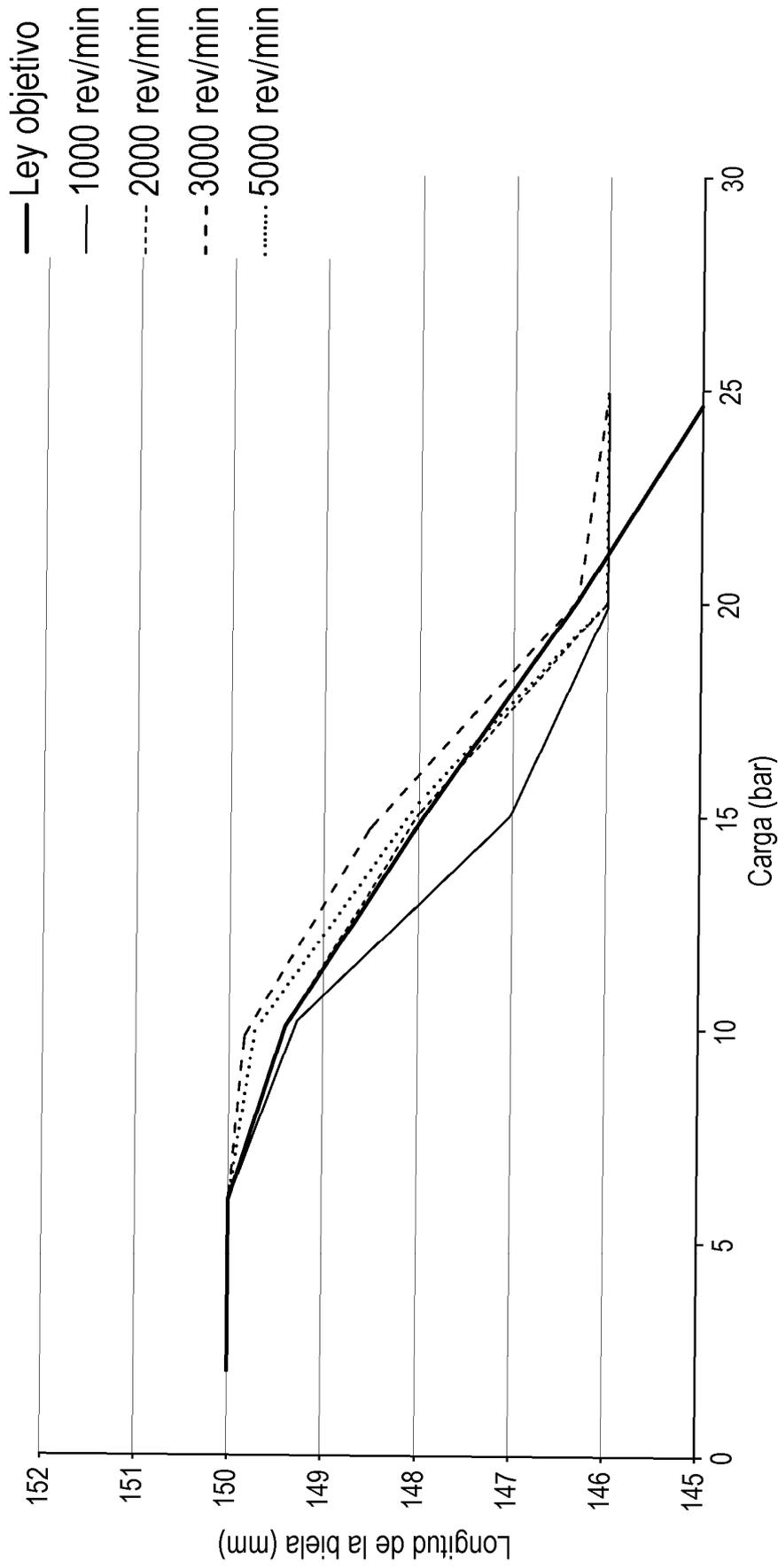


FIG. 12