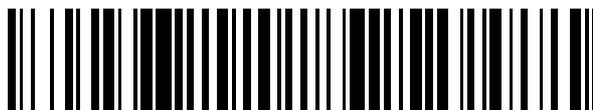


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 425 094**

51 Int. Cl.:

F02B 21/00 (2006.01)
F02D 13/02 (2006.01)
F02B 33/44 (2006.01)
F02B 37/04 (2006.01)
F02N 11/04 (2006.01)
F02B 29/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.08.2010 E 10744510 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2013 EP 2462328**

54 Título: **Motor de émbolo alternativo turbocargado, con un tanque a presión conectado para superar el retraso del turbo, y un método para el funcionamiento de dicho motor**

30 Prioridad:

03.08.2009 EP 09009995
10.09.2009 CH 14092009

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
11.10.2013

73 Titular/es:

ETH ZURICH (100.0%)
Raemistrasse 101/ETH Transfer
8092 Zurich, CH

72 Inventor/es:

DÖNITZ, CHRISTIAN;
GUZZELLA, LINO;
ONDER, CHRISTOPHER H. y
VOSER, CHRISTOPH

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 425 094 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

Motor de émbolo alternativo turbocargado, con un tanque a presión conectado para superar el retraso del turbo, y un método para el funcionamiento de dicho motor

Área de la presente invención

- 5 La presente invención hace referencia a un motor de combustión interna cargado mejorado, que opera en base a cuatro tiempos y que presenta un tanque a presión con el fin de superar el retraso del turbo.

Fundamento de la presente invención

10 Los motores de émbolo alternativo fueron inventados hace más de cien años, y desde entonces han sido perfeccionados continuamente, sin embargo, su máximo rendimiento termodinámico es limitado. En los comienzos de esta tecnología, cuando un motor de émbolo alternativo se accionaba en su rendimiento máximo, se quemaba sólo aproximadamente la mitad de combustible en comparación con los motores de hoy en día. En el momento actual, el motivo principal de un aprovechamiento insuficiente de los motores de émbolo alternativo consiste en que el motor generalmente sólo se acciona con una carga parcial (circulación urbana, velocidad constante, etc.), en estos casos los rendimientos no resultan óptimos. Dado que los conductores exigen un rendimiento máximo
15 elevado, una fracción elevada consiste en el funcionamiento con carga parcial y, de esta manera, el consumo de combustible resulta relativamente elevado.

20 El concepto de solución más simple y económico para dicho problema, consiste en la utilización de motores de émbolo alternativo con una cilindrada menor, dado que dichos motores presentan un rendimiento elevado en la mayoría de las situaciones de conducción. Para considerar el deseo del conductor de obtener un rendimiento máximo, dicho motor de émbolo alternativo de tamaño reducido puede ser cargado con la ayuda de un turbocompresor que aprovecha la entalpía del gas de escape. De esta manera, el rendimiento de un motor de émbolo alternativo se puede lograr con una cilindrada equivalente al doble en comparación con la habitual, sin la necesidad de sacrificar el rendimiento alcanzado en el margen de carga descrito.

25 Dicho concepto resulta simple y económico, y también ya es utilizado en parte por empresas de automóviles. Sin embargo, en el caso de dicho concepto (especialmente cuando se utiliza en motores de gasolina, en el caso de los motores diesel es estándar) existe un motivo por el cual dicho concepto se utiliza escasas veces: el denominado "retraso del turbo": Ante las aceleraciones requeridas por el conductor, en presencia de un número reducido de revoluciones del motor de émbolo alternativo cargado, falta aire en el sistema cargado, hecho que conduce a un comportamiento de respuesta no óptimo.

30 Dicho problema se puede solucionar mediante la conexión de un tanque de aire comprimido en el cilindro (= cámaras de combustión): Cuando el conductor exige un momento de torsión elevado, se puede introducir aire adicional directamente (!) en las cámaras de combustión mediante la apertura de la válvula de carga, además del aire que ha sido introducido previamente mediante las válvulas de admisión. Dicho aire adicional permite la inyección de una mayor cantidad de combustible para el ciclo correspondiente (los cuatro tiempos del motor de
35 émbolo alternativo: aspiración de gas fresco, compresión, combustión / expansión, expulsión de los gases quemados). De esta manera, no sólo se obtiene momentáneamente un momento de torsión elevado para la combustión, sino que también se genera un flujo de entalpía de gas de escape que acciona la turbina y, de esta manera, también el compresor del turbocompresor. De esta manera, el compresor comprime una mayor cantidad de aire a un nivel de presión mayor. La presión incrementada del lado de admisión del motor de émbolo alternativo, conduce a que durante el proceso de admisión ingrese una mayor cantidad de aire al motor de émbolo alternativo, con lo cual se rompe el "círculo vicioso del aire faltante" (el motor produce en primer lugar un momento de torsión reducido; por lo tanto, produce una entalpía de gas de escape reducida; por consiguiente, no se acciona el turbocompresor de una manera suficiente; el compresor del turbocompresor requiere de una cantidad reducida de
40 aire fresco; de esta manera sólo llega una cantidad de aire limitada a las cámaras de combustión; por lo tanto, sólo se puede inyectar una cantidad de combustible limitada y, a continuación, sólo se puede generar un momento de torsión reducido, etc.). De esta manera, el aire introducido adicionalmente desde el tanque de aire comprimido, sólo se requiere por un periodo de tiempo reducido. En cuanto el turbocompresor alcanza un número de revoluciones elevado, dicho turbocompresor suministra aire suficiente para la producción del momento de torsión máximo.

50 La conexión de un tanque a presión con las cámaras de combustión de un motor de émbolo alternativo (a continuación denominada "hibridación neumática") se utiliza en una pluralidad de patentes y en publicaciones científicas con el fin de poder recuperar energía que se encuentra a disposición durante el frenado y que en los frenos de los vehículos a motor convencionales se disipa, mediante el bombeo y el almacenamiento de aire en el tanque de aire comprimido (sin la introducción de combustible). Dicho aire comprimido se puede utilizar en otro momento, en cual el motor de émbolo alternativo se acciona exclusivamente mediante aire (sin la introducción de
55 combustible). De esta manera, también se permite una puesta en marcha neumática. Sin embargo, dichas ventajas

son secundarias, como lo han demostrado numerosas investigaciones (lista de publicaciones en www.hpe.ethz.ch). El concepto descrito en el párrafo anterior es responsable de un ahorro de combustible de alrededor del 25%, mientras que las ventajas descritas en el presente párrafo, incrementan el ahorro sólo alrededor del 32% en total. Por consiguiente, la presente invención se concentra en la hibridación neumática para la superación del retraso del turbo.

Se presenta un resumen de las patentes relevantes existentes en relación con el estado del arte en el área de la hibridación neumática, ordenadas cronológicamente desde las más antiguas a las más nuevas:

La patente US1013528 es la primera patente de un motor híbrido neumático. En este caso, un motor de émbolo alternativo se utiliza adicionalmente como un motor de expansión de aire comprimido. También se describe la puesta en marcha del motor neumático. El tanque de aire comprimido se carga cuando dos cilindros queman y dos cilindros bombean, y no está prevista una carga del tanque mediante la utilización de la energía que se libera durante el frenado.

La patente US3765180 describe también un motor de émbolo alternativo que se puede accionar tanto como un motor de combustión interna así como un motor neumático. Para generar aire comprimido, se utiliza un compresor eléctrico externo.

La patente US3963379 se basa parcialmente en la patente US 1013528, sin embargo, en este caso se puede utilizar la energía de frenado para generar aire comprimido (bombeo en un ciclo de dos tiempos). La patente proporciona perfiles del árbol de levas axialmente ajustables, para todas las válvulas de admisión, de escape y de carga, que permiten el funcionamiento como un motor de combustión interna, una bomba y un motor neumático. La válvula de carga se acciona siempre mediante uno de tres perfiles de leva: una leva cero que mantiene cerrada la válvula, una leva doble para el ciclo de bombeo de dos tiempos, y una leva simple para la puesta en marcha del motor, que abre la válvula de carga cuando en el ciclo de combustión se ha desarrollado la fase de expansión o bien, de combustión. Además, el motor de émbolo alternativo descrito funciona en ambos sentidos de rotación.

La US5529549 es la primera patente para un motor híbrido neumático en el que se prevé la utilización de una unidad de control del motor, para el accionamiento de las válvulas en base a señales de sensores. La patente describe además (como primera patente) un modo "supercargado" que se puede aplicar en dicho motor (no cargado). Además, aire del tanque a presión se utiliza exclusivamente para el abastecimiento del motor, no se utiliza aire del ambiente (circuito de admisión normal), el combustible se inyecta directamente en la cámara de combustión. De esta manera, puede llegar una mayor cantidad de aire al cilindro y se puede inyectar una mayor cantidad de combustible, en comparación con un motor de combustión interna convencional. Dicha construcción prevé válvulas controlables que conectan el conducto de admisión ya sea con el aire comprimido, con el circuito de admisión (del ambiente) o no conectan con ninguno, de manera que existe un volumen que es utilizado de manera alternada por el circuito de admisión y el circuito de alta presión en el recorrido hacia la cámara de combustión. Además, el motor prevé un modo de motor neumático, un modo de combustión normal, un modo de bomba, así como un modo de desactivación del cilindro. Para realizar la carga del motor no se proporciona ningún dispositivo de comportamiento fluido dinámico.

La patente GB2402169 describe un motor de émbolo alternativo que además del modo de combustión, permite también un modo de bomba y un modo de motor neumático (modos de dos y cuatro tiempos). Para el modo de motor neumático se describe un método, en el que el aire expandido se desplaza hacia la admisión, para que el aire no genere problema alguno en el funcionamiento del catalizador. Todas las válvulas se accionan de una manera completamente variable (electrohidráulica), y permiten que diferentes cilindros se accionen en diferentes modos. Además, se describe el "modo APA" (air power assist) también denominado de esta manera en publicaciones científicas. Durante una fase de admisión se introduce en primer lugar aire a través de la válvula de admisión, y después durante la misma fase de admisión se suministra aire desde el tanque a presión.

La patente FR2865769A1 describe un motor de émbolo alternativo cargado con un turbocompresor, en el que se utiliza la hibridación neumática para la superación del retraso del turbo. El modo "supercargado" utilizado para dicho motor, se diferencia en este caso del modo "supercargado" en la patente US5529549, por el hecho de que el circuito de admisión y el circuito del tanque a presión, no utilizan ningún volumen en común en el recorrido hacia la cámara de combustión. Además, en este caso en primer lugar se conduce aire desde la admisión, y después aire desde el tanque a presión. En comparación con la patente GB2402169, el aire desde el tanque a presión no se introduce durante la fase de admisión, sino que se introduce durante la fase de compresión del cilindro. Se utilizan controles de válvulas completamente variables para todas las válvulas, y de esta manera se permiten respectivamente el modo de motor neumático y el modo de bomba en el proceso de dos tiempos.

La patente WO2009/036992 describe, como la patente FR2865769 A1, un motor de émbolo alternativo cargado con un turbocompresor, en el que el tanque de aire comprimido se conecta directamente con las cámaras de combustión, con la ayuda de válvulas de carga completamente variables, accionadas preferentemente de manera electrohidráulica. Por el contrario, las válvulas de admisión y de escape se accionan mediante árboles de leva, que presentan siempre el mismo perfil de elevación en cada ciclo de cuatro tiempos. De esta manera, en el ciclo de

cuatro tiempos se pueden accionar el modo de bomba y el modo de motor neumático. Además, la válvula de carga se utiliza para permitir el modo “supercargado” de manera análoga a la patente FR2865 769A1, con el fin de superar el retraso del turbo. En una ejecución adicional, además de un tanque de aire comprimido, se utiliza un tanque a presión de gas de escape. El tanque de gas de escape se utiliza para un nuevo ciclo de combustión, en el que al finalizar la expansión, se conducen gases quemados hacia el tanque de gas de escape. Los gases de escape que se encuentran bajo presión, se pueden utilizar para un modo de motor neumático en el ciclo de cuatro tiempos.

Descripción detallada

El objeto de la presente invención consiste en la ventaja más importante de la hibridación neumática de los motores de émbolo alternativo, que se ha descrito anteriormente: La reducción sustancial de la cilindrada de un motor de émbolo alternativo, manteniendo el rendimiento nominal con la ayuda de un turbocompresor mediante la superación del retraso del turbo, que se logra mediante la introducción de aire comprimido directamente en una cámara de combustión.

Una variabilidad elevada de sistemas de accionamiento para válvulas representa un gran obstáculo para los fabricantes de automóviles, dado que se incrementa la complejidad y, por lo tanto, se incrementan los costes en comparación con un motor de émbolo alternativo convencional. En la patente EP 07018673.9 dicho problema se ha resuelto mediante la utilización de árboles de levas no variables convencionales para todas las válvulas de admisión y de escape. El accionamiento de válvulas de carga completamente variable aún necesario, se trata en la presente patente, en tanto que para las válvulas de carga también se utiliza un sistema basado en árboles de leva.

En una primera ejecución de la presente invención (ejecución básica, en relación con la ejecución 1), la válvula de carga se acciona con un perfil de árbol de levas fijo, sin embargo, la conexión operativa mecánica entre el árbol de levas responsable de las válvulas de carga, y la válvula de carga, presenta un mecanismo para la desactivación o bien, la activación rápida (mecanismo de activación).

Diferentes mecanismos de activación basados en sistemas de árboles de leva, resultan económicos y se utilizan en vehículos a motor fabricados en serie. De esta manera, se puede lograr el modo “supercargado” de manera similar a las patentes EP07018673.9 y FR2865769A1. Dicha configuración económica permite la superación del retraso del turbo en un motor cargado. Todas las ejecuciones adicionales se conforman a partir de dicha configuración.

Sin embargo, la superación del retraso del turbo requiere de medidas especiales que resultan sustanciales para la presente invención: mediante la determinación de un perfil de elevación para la leva de la válvula de carga, la masa de aire en el cilindro ya no se puede determinar de una manera suficiente mediante el accionamiento de válvulas de carga. En este caso, para los motores de gasolina, la masa de aire en el cilindro es proporcional al momento de torsión que se puede generar, dado que dichos motores siempre requieren de una mezcla de aire y combustible aproximadamente estequiométrica, para utilizar un catalizador de 3 vías para el tratamiento posterior del gas de escape. De esta manera, la masa de aire en el cilindro se puede regular mediante una válvula de mariposa que se puede accionar de manera electrónica o electromecánica. La unidad de control del motor (parte del motor de émbolo alternativo) recibe un momento de torsión deseado a través de un transmisor de valor de pedal, a partir del cual se puede calcular una cantidad de combustible necesaria para el estado momentáneo del motor de émbolo alternativo. A partir de dicha información, se calcula la cantidad de aire necesaria para la combustión estequiométrica del combustible. En el caso que en el estado momentáneo del motor de émbolo alternativo, la masa de aire disponible a través de las válvulas de entrada no se encuentre disponible para el ciclo del motor en cuestión, la unidad de control del motor envía órdenes automáticas para el accionamiento de la respectiva válvula de carga, en la válvula de mariposa (n) y en la respectiva unidad de inyección de combustible, de manera que después del cierre de la válvula de carga se logre una mezcla de combustión aproximadamente estequiométrica. En el caso de una inyección en el conducto durante la fase de apertura de las válvulas de admisión, se introduciría en el cilindro una mezcla muy grasa (es decir, con un exceso de combustible elevado), y el aire adicional que proviene del tanque de aire comprimido, se ocuparía de lograr una mezcla aproximadamente estequiométrica (o al menos, inflamable).

La presente invención se explica en detalle mediante las formas de ejecución que se muestran en las figuras a continuación. Muestran:

Fig. 1 el concepto completo de un motor de émbolo alternativo conforme a la presente invención;

Fig. 2 un esquema en relación con el modo de funcionamiento de una unidad de control del motor, así como sensores y actuadores;

Fig. 3 un primer diagrama con un desarrollo del movimiento de las válvulas de admisión, de escape y de carga;

Fig. 4 un segundo diagrama con un desarrollo del movimiento de las válvulas de admisión, de escape y de carga;

Fig. 5 un tercer diagrama con un desarrollo del movimiento de las válvulas de admisión, de escape y de carga;

Fig. 6 un cuarto diagrama con un desarrollo del movimiento de las válvulas de admisión, de escape y de carga.

En la figura 1 se representa el concepto completo de un motor de émbolo alternativo conforme a la presente invención. En la figura 2 se representa la unidad de control correspondiente del motor, con sensores y actuadores. Las ejecuciones que se describen a continuación, se diferencian esencialmente en relación con la complejidad del control de las válvulas de carga. Dicha variabilidad de las válvulas de carga para las diferentes ejecuciones, se representa en la figuras 3, 4, 5 y 6.

Ejecución 1 (figura 3): El circuito de aire se extiende de la siguiente manera: El aire se aspira del ambiente (1) y se depura mediante un filtro de aire (2). El compresor de comportamiento fluido dinámico del turbocompresor (4) comprime el aire y transporta dicho aire hacia el siguiente volumen en el circuito de aire (5). En el caso que la relación de compresión entre el volumen (5) y el que se encuentra antes del compresor (3), resulte demasiado elevada (se calcula mediante el compresor considerando el flujo másico de aire), la válvula de derivación (6) se utiliza para conducir un flujo másico de aire determinado nuevamente hacia el volumen (3), en donde la válvula de derivación mencionada funciona ya sea mecánicamente (dependiendo de la diferencia de presión), o se acciona preferentemente de manera electrónica mediante la unidad de control del motor (17). El aire comprimido del compresor se enfría con la ayuda de un intercambiador de calor (aire-agua o aire-aire), para incrementar la densidad del aire comprimido. El aire enfriado se reduce mediante una válvula de mariposa (8) que se puede accionar de manera electrónica o electromecánica, de manera que la presión en el siguiente volumen de admisión (9) en general sea menor o igual que en el volumen antes de la válvula de mariposa. Dicha parte del circuito de aire se puede dividir en una pluralidad de circuitos paralelos con una pluralidad de posibles turbocompresores, válvulas de mariposa y volúmenes de admisión. Las válvulas de admisión (10) se accionan mediante un árbol de levas, de manera que todas las válvulas de admisión presenten exactamente un proceso de apertura y de cierre cada dos rotaciones del cigüeñal (25). Las válvulas de admisión se encuentran abiertas en cada caso principalmente durante un movimiento del émbolo que incrementa el volumen. El motor de émbolo alternativo dispone de dispositivos para la inyección dosificada de combustible, preferentemente se utiliza un dispositivo de esta clase por cilindro. Los dispositivos se encuentran ya sea en los conductos de admisión, o se encuentran situados en la culata del cilindro de manera que puedan inyectar el combustible directamente en las cámaras de combustión (no representado). En el caso que el motor de émbolo alternativo utilice gasolina como combustible, cada cámara de combustión dispone de una unidad (12) generadora de chispa de encendido. Todas las válvulas de escape (13) se accionan también mediante un árbol de levas, es decir, cada válvula de escape se acciona una vez cada dos rotaciones del cigüeñal. Las válvulas de escape conectan las cámaras de combustión con un volumen de escape (15) que, por otra parte, se encuentra conectado con la turbina del turbocompresor (4), de manera que el flujo de entalpía accione dichas válvulas mediante la turbina, que se encuentra sobre un eje con el compresor del turbocompresor. El turbocompresor puede disponer de una geometría de turbinas variable (no representada) o de una denominada válvula de descarga (16) que puede conducir gases en la turbina, en tanto que se acciona en correspondencia de manera mecánica o electromecánica. Los gases que circulan a través de la turbina y de la válvula de descarga, se conducen a través de un catalizador (18) (motor de gasolina: catalizador de 3 vías) antes de la descarga al ambiente (19). El circuito de gas de escape se puede dividir, como el circuito de aire de admisión, de manera paralela con una pluralidad de volúmenes de escape y de turbocompresores. En las fases de frenado o también cuando la unidad de control del motor (17) lo requiere, un compresor (24) se puede conectar con el cigüeñal (25) mediante un acoplamiento (22) que se puede conectar electrónicamente. El compresor aspira aire del ambiente a través de un filtro (23), y transporta el aire comprimido hacia el tanque de aire comprimido (14). El aire comprimido se puede enfriar posiblemente mediante un dispositivo de enfriamiento (27). Una válvula (28) evita el retorno de aire desde el tanque de aire comprimido (14), que se encuentra conectado directamente con las cámaras de combustión, a través de las válvulas de carga (11). Para dichas ejecuciones, las válvulas de carga se accionan mediante un árbol de levas que se conecta mecánicamente con el cigüeñal, de manera que el árbol de levas mencionado rote a la mitad de la velocidad en comparación con el cigüeñal mencionado. Las levas del árbol de levas mencionado, accionan las válvulas de carga de manera que las válvulas de carga se abran aproximadamente al comienzo de la compresión, justo cuando las respectivas válvulas de admisión se han cerrado, o se encuentran aproximadamente cerradas. Las válvulas de carga se cierran respectivamente durante el respectivo proceso de compresión. La conexión mecánica del árbol de levas con las válvulas de carga, se puede desactivar rápidamente, es decir, como máximo dentro de las 10 rotaciones del cigüeñal, los procesos de activación y de desactivación son iniciados por la unidad de control del motor (17).

Ejecución 2 (figura 4): Dicha ejecución se diferencia de la ejecución 1, sólo en relación con la variabilidad del accionamiento de las válvulas de carga. En este caso, la conexión mecánica de los árboles de levas que accionan las válvulas de carga, y las válvulas de carga, no sólo se puede desactivar, sino que también se puede modificar el perfil de elevación de las válvulas de carga de manera que se modifica la elevación máxima de las válvulas de carga y la duración de la elevación (en relación con la diferencia del ángulo del cigüeñal). Dicha modificación se puede realizar con tecnologías adecuadas para realizar en serie, como por ejemplo, Valvetronic de la empresa BMW AG. El momento de apertura de las válvulas de carga permanece preferentemente sin variaciones. Dicha ejecución permite un control preciso de la masa de aire, que antes de iniciar la combustión se encuentra en la cámara de combustión.

Ejecución 3 (figura 5): Dicha ejecución se diferencia de la ejecución 1, en relación con la variabilidad del accionamiento de las válvulas de carga, y por la supresión del compresor externo (24) y de sus componentes requeridos (23), (27), (28) y (22). En este caso, en comparación con la ejecución 1, la conexión mecánica del árbol de levas que acciona las válvulas de carga, con las válvulas de carga, no sólo se puede desactivar sino que también se puede desfasar el perfil de elevación de las válvulas de carga, de manera que las válvulas de carga se abran cuando se aproxima la finalización del ciclo de compresión. Dicho proceso se realiza para el caso en que la unidad de control del motor registre un requerimiento de frenado del conductor (por ejemplo, la presión de un pedal de freno). Para dicho caso, se desactiva la inyección de combustible y se abre completamente la válvula de mariposa. De esta manera, se puede bombear aire hacia el tanque de aire comprimido conectado. Los sistemas para el desfase de los accionamientos de válvulas basados en árboles de levas, se encuentran frecuentemente en vehículos a motor de fabricación en serie (por ejemplo, VANOS de la empresa BMW AG).

Ejecución 4 (figura 6): Dicha ejecución se diferencia de la ejecución 1, en relación con la variabilidad del accionamiento de las válvulas de carga, y con la supresión del compresor externo (24) y de sus componentes requeridos (23), (27), (28) y (22). En este caso, en comparación con la ejecución 1, la conexión mecánica del árbol de levas que acciona las válvulas de carga, con las válvulas de carga, no sólo se puede desactivar sino que también se puede desfasar el perfil de elevación de las válvulas de carga, de manera que las válvulas de carga se abran cuando se aproxima la finalización del ciclo de compresión, y el perfil de elevación de las válvulas de carga se puede modificar de manera que se modifique la elevación máxima de las válvulas de carga y la duración de la elevación (en relación con la diferencia del ángulo del cigüeñal). Dicha modificación se puede realizar mediante una combinación de tecnologías adecuadas para realizar en serie, como por ejemplo, Valvetronic y VANOS de la empresa BMW AG. Dicha ejecución permite un control preciso de la masa de aire, que antes de iniciar la combustión se encuentra en la cámara de combustión (modo "supercargado"), y permite un control preciso del modo de bomba, en el cual se desactiva la inyección de combustible.

Observaciones en relación con las ejecuciones: Las ejecuciones 1 y 2 permiten el modo "supercargado" además del modo normal de motor de combustión interna, mientras que se obtiene una recuperación de la energía que se libera durante el frenado del vehículo a motor, y que se puede realizar mediante un compresor externo. Las ejecuciones 3 y 4 no requieren de un compresor adicional (en este caso se puede proporcionar opcionalmente), dado que además del modo "supercargado" también pueden presentar un modo de bomba basado en cuatro tiempos. Para el modo "supercargado" es importante que no se inyecte aire caliente, sino que se utilice aire en lo posible frío. Dicho requisito se puede lograr mediante el hecho de que el tanque se fabrica de metal y se diseña para lograr una transmisión térmica óptima en relación con el aire del ambiente (grandes superficies), adicionalmente se puede enfriar el aire que sale del compresor externo (de manera similar al intercambiador de calor como en el ciclo de aspiración). Adicionalmente, se garantiza que la válvula de carga (o el volumen antes de la válvula de carga) no se caliente demasiado. De esta manera, para todas las ejecuciones se prevé la inclusión de la válvula de carga en el enfriamiento del motor (enfriamiento por agua alrededor del volumen y/o del conducto de alimentación hacia la válvula de carga) o la válvula de carga se dispone entre dos válvulas de admisión.

La presente invención se realiza completamente sin el modo de motor neumático. En el modo de motor neumático, las exigencias en relación con un accionamiento variable de las válvulas resultarían muy elevadas, y no sería posible realizar una solución basada en árboles de levas para todas las válvulas. Además, la utilización del modo de motor neumático representa una desventaja cuando las válvulas de admisión y las válvulas de escape se pueden accionar de manera no variable, dado que se presenta un exceso de aire en la sección de gas de escape, así como ocurre cuando se utiliza el modo de motor neumático, que puede perjudicar la capacidad de funcionamiento de un catalizador de 3 vías.

Dado que se debe renunciar a la puesta en marcha neumática del motor de émbolo alternativo, se considera otra solución: Sobre el cigüeñal se puede montar un generador de arranque eléctrico (20), como se ha montado previamente en serie en algunos vehículos a motor. Dicho generador de arranque reemplaza un arrancador convencional de tamaño reducido, y puede acelerar el motor de émbolo alternativo desde el estado de reposo hasta alcanzar un número de revoluciones apropiado para la combustión, tan rápidamente que el motor de émbolo alternativo en lugar de presentar un régimen de marcha en vacío, se puede detener en cuanto el vehículo a motor se detiene. Un generador de arranque de esta clase se encuentra conectado con la batería (21) del vehículo a motor. Durante la conducción, el generador de arranque también puede proporcionar posiblemente un momento de torsión positivo adicional al tren propulsor actuando como un refuerzo del motor. Dicha función se puede utilizar principalmente para lograr un proceso de superación del retraso del turbo más suave (es decir, reducir el salto del momento de torsión durante la activación o la desactivación de la válvula de carga). Además, el generador de arranque puede convertir la energía cinética del tren propulsor en energía eléctrica (momento de torsión negativo en el cigüeñal). Dicha conversión permite la recuperación adicional de la energía que se libera durante el frenado del vehículo a motor. En el caso de las ejecuciones 3 y 4, con la ayuda del modo de bomba basado en cuatro tiempos, posiblemente no se pueda recuperar toda la energía liberada que se encuentra a disposición durante el frenado, en este caso la recuperación eléctrica es un complemento óptimo. La energía eléctrica almacenada se utiliza principalmente para el accionamiento de dispositivos electrónicos consumidores en el vehículo a motor. Además, ante un nivel reducido de carga de la batería, la batería se puede cargar nuevamente, en tanto que el motor de

émbolo alternativo proporciona un momento de torsión positivo sobre el cigüeñal, de manera que el momento de torsión excedente se puede utilizar para generar energía eléctrica.

5 El modo “supercargado” es muy exigente en relación con la tecnología de regulación, y requiere la arquitectura anteriormente mencionada conformada por el sensor, la unidad de control del motor y el actuador. Además, sólo se activa en el caso que la unidad de control del motor sólo pueda calcular y determinar con la ayuda de la señal del sensor de presión del tanque de aire, que la presión del tanque durante la apertura de la válvula de carga para el ciclo actual del motor sea siempre mayor que la presión del cilindro y, de esta manera, se puede evitar la transferencia de mezcla de aire y combustible inflamable hacia el tanque de aire comprimido. Dicha comprobación se puede realizar, por ejemplo, mediante la utilización de sensores de presión del cilindro. Ante una superación del retraso del turbo, se incrementa la presión antes de la válvula de mariposa mediante la aceleración elevada del turbocompresor, de manera que la válvula de mariposa deba ajustar la diferencia de presión del volumen (5) y del volumen de admisión (9), de manera que después de la inyección de aire desde el tanque a presión, se obtenga la masa de aire deseada que puede quemar el combustible de manera aproximadamente completa (ante una relación aproximadamente estequiométrica), para producir el momento de torsión deseado por el conductor. En cuanto a la presión antes de la válvula de mariposa resulta lo suficientemente elevada como para llenar el cilindro con aire suficiente, la válvula de mariposa se abre y las válvulas de carga se desactivan nuevamente. Durante la superación del retraso del turbo, mediante el compresor se pueden lograr relaciones de compresión elevadas, ante flujos másicos de aire relativamente reducidos (dado que una parte del aire requerido proviene del tanque a presión). Por lo tanto, la válvula de derivación se debe ajustar de manera que el compresor no exceda los límites de bombeo.

20 En principio, la presente invención descrita, también representa un avance para los motores diesel. En este caso, el retraso del turbo no resulta muy elevado, sin embargo, se puede mejorar la capacidad de conducción del vehículo a motor. En el caso del diesel, la masa de aire no reviste de importancia, dado que los motores diesel se accionan siempre con una cantidad reducida. Sin embargo, una inyección de aire comprimido adicional permite posiblemente una generación reducida de hollín, así como una cantidad de inyección mayor posible directamente después de que el conductor haya solicitado el momento de torsión incrementado. Los motores diesel no presentan unidades generadoras de chispa de encendido en la culata del cilindro, sino que presentan encendido espontáneo. Por lo demás, la descripción de la presente invención resulta válida también para los motores diesel.

30 En una forma de ejecución, la presente invención hace referencia a un motor de émbolo alternativo con una pluralidad de cilindros (cámaras de combustión cilíndricas), cuyos émbolos se encuentran conectados mecánicamente con un cigüeñal en común (25), que presenta:

- a. en cada caso, al menos, una válvula de admisión (10) por cilindro,
- b. en cada caso, al menos, una válvula de escape (13) por cilindro,
- c. un volumen de admisión (9) dividido opcionalmente, que se puede conectar con el respectivo volumen del cilindro mediante la apertura de las respectivas válvulas de admisión (10),
- 35 d. un volumen de escape (15) dividido opcionalmente, que se puede conectar con el respectivo volumen del cilindro mediante la apertura de las respectivas válvulas de escape (15),
- e. al menos, un árbol de levas conectado mecánicamente con el cigüeñal y con las válvulas de admisión y de escape (10, 13) de manera que las válvulas de admisión y de escape se abren y se cierran una vez cada dos ciclos de elevación del cilindro correspondiente,
- 40 f. un dispositivo para la inyección dosificada de combustible hacia el cilindro,
- g. una unidad generadora de chispa de encendido por cilindro,
- h. al menos, un dispositivo de comportamiento fluido dinámico (turbocompresor 4) para incrementar la presión en un volumen (5) antes del volumen de admisión (9), accionado mediante la entalpía del gas de escape del motor de émbolo alternativo,
- 45 i. un dispositivo para el enfriamiento del aire comprimido (7),
- j. al menos, una válvula de mariposa (8) controlada de manera eléctrica o electromecánica, que puede reducir la presión en el volumen de admisión (9) en comparación con la presión del volumen (5) de circulación previa,

50 y caracterizado porque, al menos, un cilindro comprende adicionalmente, al menos, una válvula de carga (11), que conecta el cilindro correspondiente con un tanque de aire comprimido (14) dividido opcionalmente, y que también se encuentra conectado con un árbol de levas conectado mecánicamente con el cigüeñal, de manera que se abra

durante dos ciclos de elevación del cilindro correspondiente, cuando la válvula de admisión correspondiente al cilindro se encuentra en el proceso de cierre o cuando ya se encuentra cerrada, y se cierra nuevamente antes de que el émbolo correspondiente haya completado el movimiento que reduce el volumen del cilindro, y de manera que la válvula de carga se pueda desactivar mediante un mecanismo en relación con su conexión mecánica con el cigüeñal, de manera que permanezca cerrada durante dos o una pluralidad de ciclos de elevación.

5 El motor de émbolo alternativo puede presentar una conexión operativa con una unidad de control del motor (17) que controla a partir de las variables de entrada:

- momento de torsión requerido,
- presión del aire en el tanque de aire comprimido (14),

10 • presión del aire en el volumen (5) que se encuentra antes de la válvula de mariposa (8), y

- tiempos de apertura esperados, determinados, por ejemplo, mediante un transductor de posición del cigüeñal, de las válvulas conectadas mecánicamente con el cigüeñal, o calculados a partir de las variables derivadas de las anteriormente mencionadas,

- cuanto se debe abrir la válvula de mariposa (8),

15 • si se deben activar las válvulas de carga, y

- cuánto combustible se debe inyectar, de manera que se obtenga la cantidad correspondiente de una mezcla de combustible y aire estequiométrica o aproximadamente estequiométrica, que en la combustión produce el momento de torsión requerido, y que acciona en correspondencia:

- la válvula de mariposa (8),

20 • la respectiva conexión mecánica que se puede desactivar de la válvula de carga con el cigüeñal, y

- un dispositivo para la inyección dosificada de combustible hacia el cilindro.

25 El motor de émbolo alternativo puede presentar además una válvula de derivación (6) preferentemente que se pueda controlar electrónicamente, en el dispositivo de comportamiento fluido dinámico (compresor del turbocompresor, 4), de manera que pueda retornar aire comprimido ante una presión demasiado elevada en el volumen (5) antes del volumen de admisión (9), antes del dispositivo de comportamiento fluido dinámico (3) mencionado.

El motor de émbolo alternativo puede disponer adicionalmente de un compresor (24), el cual:

a. se puede conectar con el cigüeñal mediante un acoplamiento (22) que se puede desactivar,

b. se encuentra conectado en una salida con el tanque de aire comprimido (14).

30 El motor de émbolo alternativo puede presentar una válvula conmutable (28) que conecta el tanque de aire comprimido (14) con el compresor (24).

El motor de émbolo alternativo puede presentar un dispositivo de enfriamiento (27) para el enfriamiento del aire comprimido por el compresor (24).

35 El motor de émbolo alternativo puede presentar una válvula de carga (11) con un perfil de elevación que puede variar, en donde el perfil de elevación se puede modificar mediante un desfasaje del árbol de levas, de manera que según el ajuste de la variación, la válvula de carga se abra ya sea cuando se aproxima el punto muerto inferior del respectivo cilindro, de manera que la presión del aire en el respectivo cilindro durante el tiempo de apertura de la válvula de carga, sea menor que en el tanque de aire comprimido, o que cuando se aproxima el punto muerto superior del respectivo cilindro, se encuentre en el proceso de cierre de manera que la presión del aire en el respectivo cilindro durante el tiempo de apertura de la válvula de carga, sea mayor que en el tanque de aire comprimido.

40

En una forma de ejecución del motor de émbolo alternativo, el perfil de elevación de la válvula de carga (11) se puede variar en relación con la duración y la elevación máxima, de manera que se pueda ajustar la cantidad de aire transferida entre el cilindro y el tanque.

En una forma de ejecución del motor de émbolo alternativo, cada cilindro con una válvula de carga (11) puede presentar, al menos, dos válvulas de admisión (10), y la válvula de carga se puede posicionar entre las válvulas de admisión de manera que se reduzca la influencia térmica de los gases que circulan a través de las válvulas de escape (13), sobre el aire que se encuentra antes de las válvulas de carga (11).

5 En una forma de ejecución del motor de émbolo alternativo, la unidad generadora de chispa de encendido (12) se puede encontrar apartada, y se inyecta combustible justo cuando se aproxima el punto muerto superior, en donde el dispositivo de control proporciona el aire requerido y las cantidades de combustible requeridas, no con un valor Lambda de alrededor de 1, sino que con un valor Lambda mayor a 1.1.

10 En una forma de ejecución, la presente invención comprende un método para el funcionamiento de un motor de émbolo alternativo, que pasa por los siguientes ciclos en, al menos, un cilindro:

a. aspiración de aire fresco o de una mezcla de aire y combustible, durante un primer movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro,

b. compresión de los gases que se encuentran en el cilindro durante un primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro,

15 c. encendido de la mezcla de aire y combustible cuando se aproxima el punto muerto superior, después de dicho primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro,

d. fase de expansión y de trabajo del cilindro, en la que se queman los gases que se encuentran en su interior (segundo movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro),

20 e. expulsión de los gases quemados en un segundo movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro, y en donde cuando se aproxima el comienzo del primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro, la válvula de carga (11) se abre y se inyecta aire comprimido adicional desde el tanque de aire comprimido (14) hacia el cilindro, la válvula de mariposa (8) y el dispositivo para la inyección dosificada de combustible, se accionan previamente de manera que se obtiene una mezcla de combustión aproximadamente estequiométrica, antes de que se encienda la mezcla de aire y combustible cuando se aproxima el punto muerto superior, es decir, cuando se aproxima la finalización del primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro.

25 En el método para el funcionamiento del motor de émbolo alternativo, cuando se aproxima el punto muerto superior (c) después del primer movimiento del émbolo (b) que reduce el volumen del cilindro, se puede lograr el encendido de la mezcla de aire y combustible mediante un encendido espontáneo durante la inyección del combustible, y el aire y el combustible se proporcionan de manera que se obtenga una relación pobre de aire y combustible (valor lambda > 1.1).

30 En el método para el funcionamiento del motor de émbolo alternativo, durante el primer movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro, sólo se puede aspirar aire fresco sin combustible hacia el cilindro, y la válvula de carga (11) se abre cuando se aproxima la finalización de un movimiento del émbolo consecutivo que incrementa el volumen del cilindro, cuando la presión en el cilindro durante la mayor parte del tiempo de apertura de la válvula de carga, es mayor que la presión en el tanque de aire comprimido, de manera que el tanque de aire comprimido se cargue con aire.

35 En el método para el funcionamiento del motor de émbolo alternativo, el acoplamiento (22) puede establecer una conexión entre el compresor (24) y el cigüeñal (25), cuando el combustible se quema en los cilindros.

40 En el método para el funcionamiento del motor de émbolo alternativo, el acoplamiento (22) puede establecer una conexión entre el compresor (24) y el cigüeñal (25), cuando no se quema combustible en los cilindros, y el compresor (24) genera un momento de torsión sobre el cigüeñal (25) que es contrario al movimiento del cigüeñal (25), con lo cual se frena el cigüeñal (25).

Lista de símbolos de referencia

1. Sección de aspiración de aire fresco
- 45 2. Filtro de aire (opcional)
3. Volumen antes del compresor
4. Turbocompresor

- 5. Volumen después del compresor
- 6. Válvula de derivación controlable, se puede desviar también después del intercambiador de calor
- 7. Intercambiador de calor (aire-aire o aire-agua)
- 8. Válvula de mariposa (controlada electrónicamente)
- 5 9. Volumen de admisión
- 10. Válvulas de admisión
- 11. Válvulas de carga
- 12. Unidades generadoras de chispa de encendido
- 13. Válvulas de escape
- 10 14. Tanque de aire comprimido
- 15. Volumen de escape
- 16. Dispositivo de ajuste para la turbina (válvula de descarga)
- 17. Unidad de control del motor
- 18. Catalizador de 3 vías
- 15 19. Orificio de escape
- 20. Generador de arranque eléctrico
- 21. Batería que puede alimentar también otros sistemas electrónicos de a bordo
- 22. Acoplamiento para el compresor externo
- 23. Filtro de aire para el aire del compresor aspirado (opcional)
- 20 24. Compresor mecánico externo
- 25. Cigüeñal, para la caja de cambios
- 26. Rueda volante
- 27. Intercambiador de calor para el aire de compresión (aire-aire o aire-agua)
- 28. Válvula (para evitar un retorno del aire proveniente del tanque de aire comprimido)
- 25 29. Cilindro = cámara de combustión

REIVINDICACIONES

1. Motor de émbolo alternativo con
- a. al menos, una cámara de combustión con
 - 5 b. un émbolo dispuesto en su interior de manera que se pueda mover, que presenta una conexión operativa mecánica con un cigüeñal (25), y en donde
 - c. la, al menos una, cámara de combustión presenta, al menos, una válvula de admisión (10) y, al menos, una válvula de escape (13), las cuales
 - 10 d. presentan una conexión operativa mecánica con el cigüeñal mediante, al menos, un árbol de levas, de manera que las válvulas de admisión y de escape (10, 13) se abren y se cierran en cada caso una vez cada dos ciclos de elevación del émbolo, así como
 - e. al menos, un dispositivo (4) de comportamiento fluido dinámico que se utiliza para incrementar una presión en un volumen de admisión (9) antes de la cámara de combustión, el cual presenta una conexión operativa con la cámara de combustión a través de, al menos, una válvula de admisión (10), así como
 - 15 f. a través de un dispositivo para la inyección de combustible dosificado, así como
 - g. al menos, una válvula de mariposa (8) que se utiliza para influir sobre la presión en el volumen de admisión (9), en donde
 - h. la, al menos una, cámara de combustión presenta una válvula de carga (11) que conecta de manera operativa la cámara de combustión directamente con un tanque de aire comprimido (14), **caracterizado porque**
 - i. la válvula de carga (11) presenta una conexión operativa con el cigüeñal mediante un árbol de levas, en donde
 - 20 j. existe un mecanismo de activación que se utiliza para la interrupción de la conexión operativa mecánica entre la válvula de carga y el cigüeñal, de manera que la válvula de carga (11) permanezca cerrada durante una pluralidad de ciclos de elevación, y en donde
 - 25 k. la conexión operativa de la válvula de carga (11) con el cigüeñal (25) se conforma de manera que la válvula de carga (11) se abra durante dos ciclos de elevación del émbolo correspondiente, cuando la válvula de admisión (10) se encuentra en el proceso de cierre, o cuando ya se encuentra cerrada y se cierra nuevamente antes de que el émbolo correspondiente haya completado el movimiento que reduce el volumen del cilindro.
2. Motor de émbolo alternativo de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado porque** se proporciona un compresor (24) para el llenado del tanque de aire comprimido (14), que presenta una conexión operativa con el cigüeñal (25) mediante una acoplamiento (22).
- 30 3. Motor de émbolo alternativo de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el dispositivo (4) de comportamiento fluido dinámico es un turbocompresor que se acciona mediante la entalpía del gas de escape del motor de émbolo alternativo.
4. Motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** una unidad generadora de chispa de encendido (12) presenta una conexión operativa con la cámara de combustión, y el motor de émbolo alternativo presenta una unidad de control del motor (17) que controla a partir de un grupo de variables conformado por las siguientes variables de entrada:
- a. momento de torsión requerido,
 - b. presión en el tanque de aire comprimido (14),
 - c. presión en un volumen (5) que se encuentra antes de la válvula de mariposa (8),
 - 40 d. tiempos de apertura de las válvulas de admisión y de escape (10, 13),
 - e. o a partir de las variables derivadas de las anteriormente mencionadas se calcula:

- f. cuánto se debe abrir la válvula de mariposa (8),
- g. si se deben activar las válvulas de carga, o
- h. cuánto combustible se requiere,
- 5 de manera que se obtenga la cantidad correspondiente de una mezcla de combustible y aire estequiométrica o aproximadamente estequiométrica, que en la combustión produce el momento de torsión requerido, y que acciona en correspondencia la válvula de mariposa (8), la respectiva conexión mecánica que se puede desactivar de la válvula de carga con el cigüeñal, y el dispositivo para la inyección dosificada de combustible.
- 10 **5.** Motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado porque** el combustible se inyecta cuando se aproxima el punto muerto superior, y el motor de émbolo alternativo presenta una unidad de control del motor (17) que controla a partir de un grupo de variables conformado por las siguientes variables de entrada:
- a. momento de torsión requerido,
- b. presión en el tanque de aire comprimido (14),
- c. presión en un volumen (5) que se encuentra antes de la válvula de mariposa (8),
- 15 d. tiempos de apertura de las válvulas de admisión y de escape (10, 13),
- e. o a partir de las variables derivadas de las anteriormente mencionadas se calcula:
- f. cuánto se debe abrir la válvula de mariposa (8),
- g. si se deben activar las válvulas de carga, o
- h. cuánto combustible se requiere,
- 20 de manera que se obtenga la cantidad correspondiente de una mezcla de combustible y aire con un valor lambda mayor a 1.1, que en la combustión produce el momento de torsión requerido, y que acciona en correspondencia la válvula de mariposa (8), la respectiva conexión mecánica que se puede desactivar de la válvula de carga con el cigüeñal, y el dispositivo para la inyección dosificada de combustible hacia el cilindro.
- 25 **6.** Motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, que presenta además una válvula de derivación (6) preferentemente que se pueda controlar electrónicamente, en el dispositivo de comportamiento fluido dinámico, de manera que ante una presión demasiado elevada en el volumen (5) antes del volumen de admisión (9), pueda retornar aire comprimido antes del dispositivo de comportamiento fluido dinámico (3) mencionado.
- 30 **7.** Motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el perfil de elevación de la válvula de carga (11) se puede variar mediante un desfase del árbol de levas, de manera que según el ajuste de la variación, la válvula de carga se abra ya sea cuando se aproxima el punto muerto inferior del respectivo cilindro, de manera que la presión del aire en el respectivo cilindro durante el tiempo de apertura de la válvula de carga, sea menor que en el tanque de aire comprimido, o que cuando se aproxima el punto muerto superior del respectivo cilindro, se encuentre en el proceso de cierre de manera que la presión del aire en el
- 35 respectivo cilindro durante el tiempo de apertura de la válvula de carga, sea mayor que en el tanque de aire comprimido.
- 8.** Motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** el perfil de elevación de la válvula de carga (11) se puede variar en relación con la duración y la elevación máxima, de manera que se pueda ajustar la cantidad de aire transferida entre el cilindro y el tanque.
- 40 **9.** Motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado porque** la cámara de combustión presenta una válvula de carga (11) y, al menos, dos válvulas de admisión (10), y porque la válvula de carga se posiciona entre las válvulas de admisión (10) de manera que se reduzca la influencia térmica de los gases que circulan a través de las válvulas de escape (13), sobre el aire que se encuentra antes de las válvulas de carga (11).

10. Método para el funcionamiento de un motor de émbolo alternativo de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, el cual en una cámara de combustión del motor de émbolo alternativo pasa por los siguientes ciclos:

a. aspiración de aire fresco o de una mezcla de aire y combustible, durante un primer movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro,

5 b. compresión de los gases que se encuentran en el cilindro durante un primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro,

c. encendido de la mezcla de aire y combustible cuando se aproxima el punto muerto superior, después de dicho primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro,

10 d. fase de expansión y de trabajo de la cámara de combustión, en la que se queman los gases que se encuentran en su interior durante un segundo movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro,

e. expulsión de los gases quemados en un segundo movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro;

caracterizado porque,

f. mediante la activación del mecanismo de activación, se establece la conexión operativa mecánica entre la válvula de carga (11) y el cigüeñal, de manera que

15 g. cuando se aproxima el comienzo del primer movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro, la válvula de carga (11) se abre y se inyecta aire comprimido adicional directamente desde el tanque de aire comprimido (14) hacia la cámara de combustión, en donde

20 h. la válvula de mariposa (8) y el dispositivo para la inyección dosificada de combustible, se accionan previamente mediante la unidad de control del motor de manera que se obtenga una mezcla de combustión aproximadamente estequiométrica, antes de que se encienda la mezcla de aire y combustible en la cámara de combustión cuando se aproxima el punto muerto superior del émbolo.

25 **11.** Método de acuerdo con la reivindicación 10, en donde cuando se aproxima el punto muerto superior (c) después del primer movimiento del émbolo (b) que reduce el volumen del cilindro, se logra el encendido de la mezcla de aire y combustible mediante un encendido espontáneo durante la inyección del combustible, y el aire y el combustible se proporcionan de manera que se obtenga una relación pobre de aire y combustible con un valor $\lambda > 1.1$.

30 **12.** Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado porque** durante un primer movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro, sólo se aspira aire fresco sin combustible hacia el cilindro, y la válvula de carga (11) se abre cuando se aproxima la finalización de un movimiento del émbolo consecutivo que incrementa el volumen del cilindro, cuando la presión en el cilindro durante la mayor parte del tiempo de apertura de la válvula de carga, es mayor que la presión en el tanque de aire comprimido, de manera que el tanque de aire comprimido se cargue con aire.

13. Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado porque** el acoplamiento (22) establece una conexión entre el compresor (24) y el cigüeñal (25), cuando el combustible se quema en la cámara de combustión.

35 **14.** Método de acuerdo con una de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado porque** el acoplamiento (22) establece una conexión entre el compresor (24) y el cigüeñal (25) cuando no se quema combustible en los cilindros, y el compresor (24) genera un momento de torsión sobre el cigüeñal (25) que es contrario al movimiento del cigüeñal (25), con lo cual se frena el cigüeñal (25).

Fig. 1

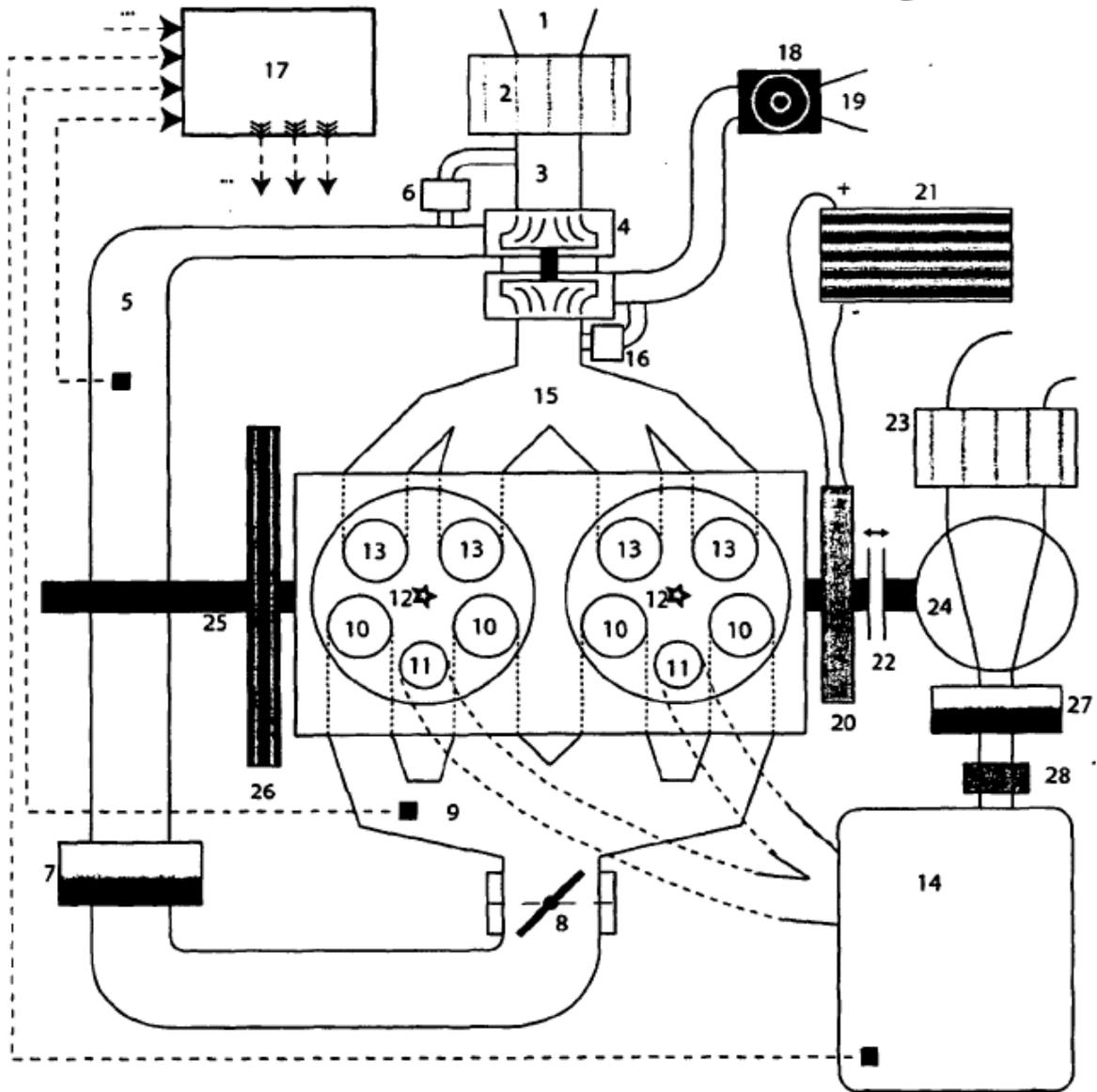
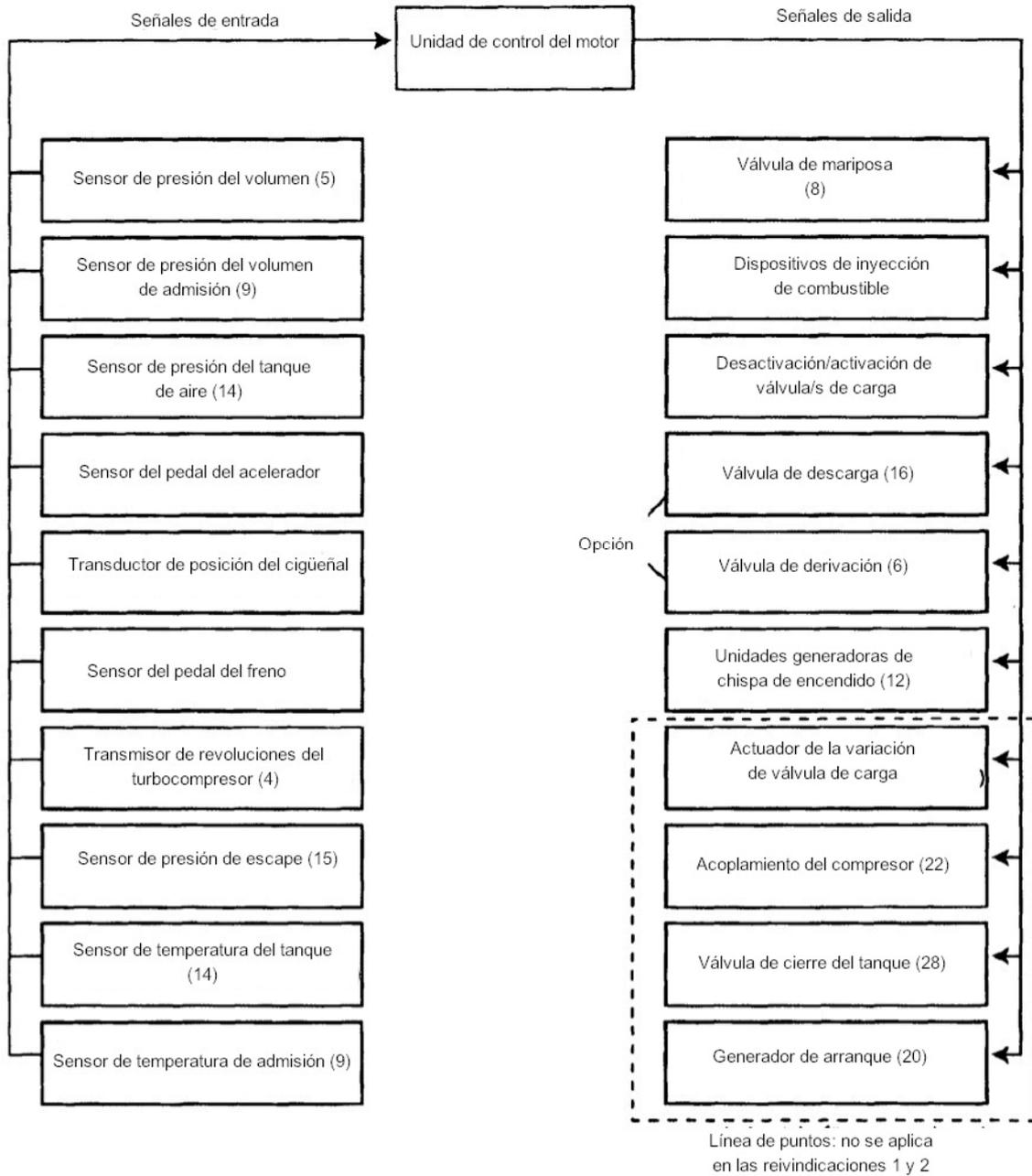


Fig. 2



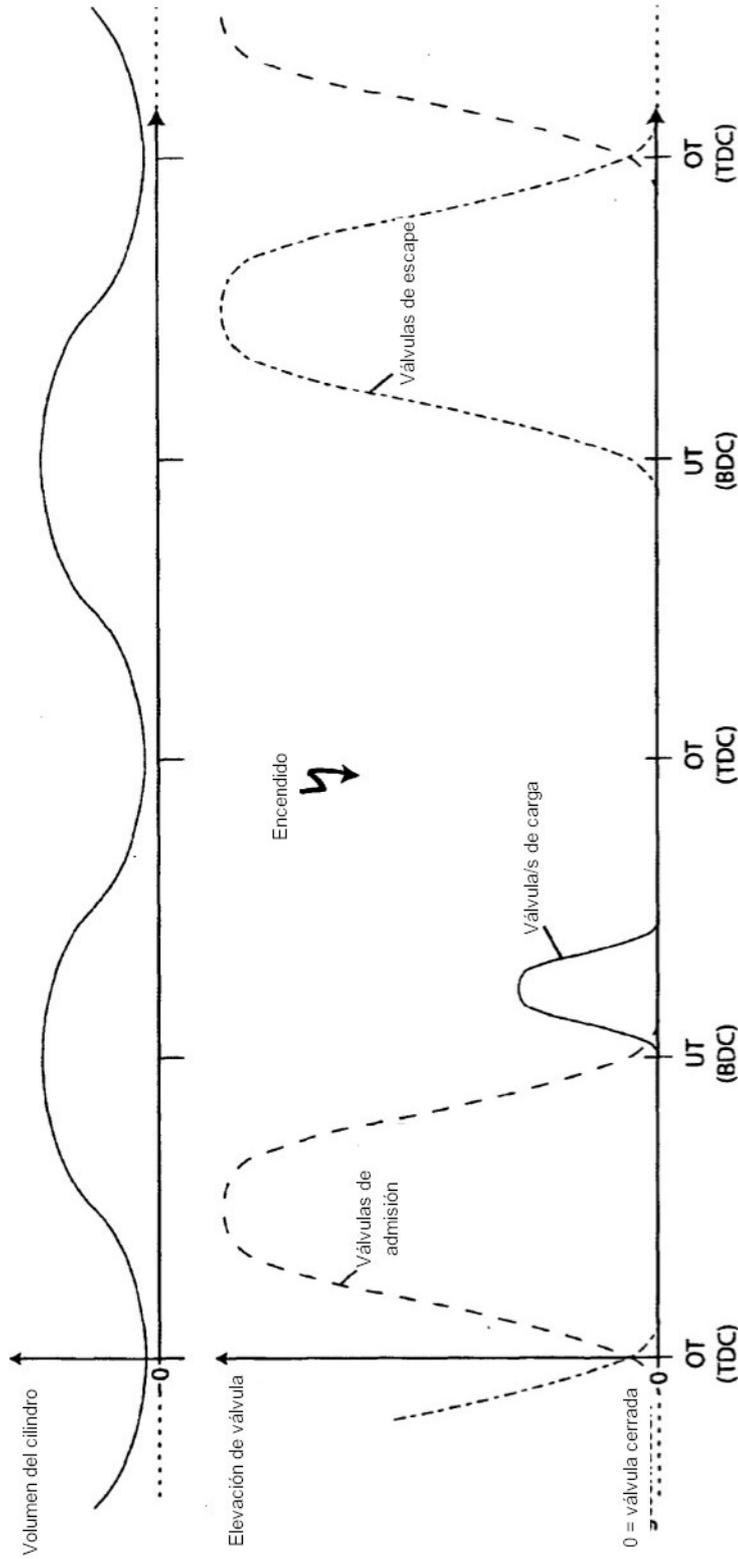


Fig. 3

1º movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro
 2º movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

1º movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro
 2º movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

1º movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro
 2º movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro

1º movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro
 2º movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

UT = punto muerto inferior

OT = punto muerto superior

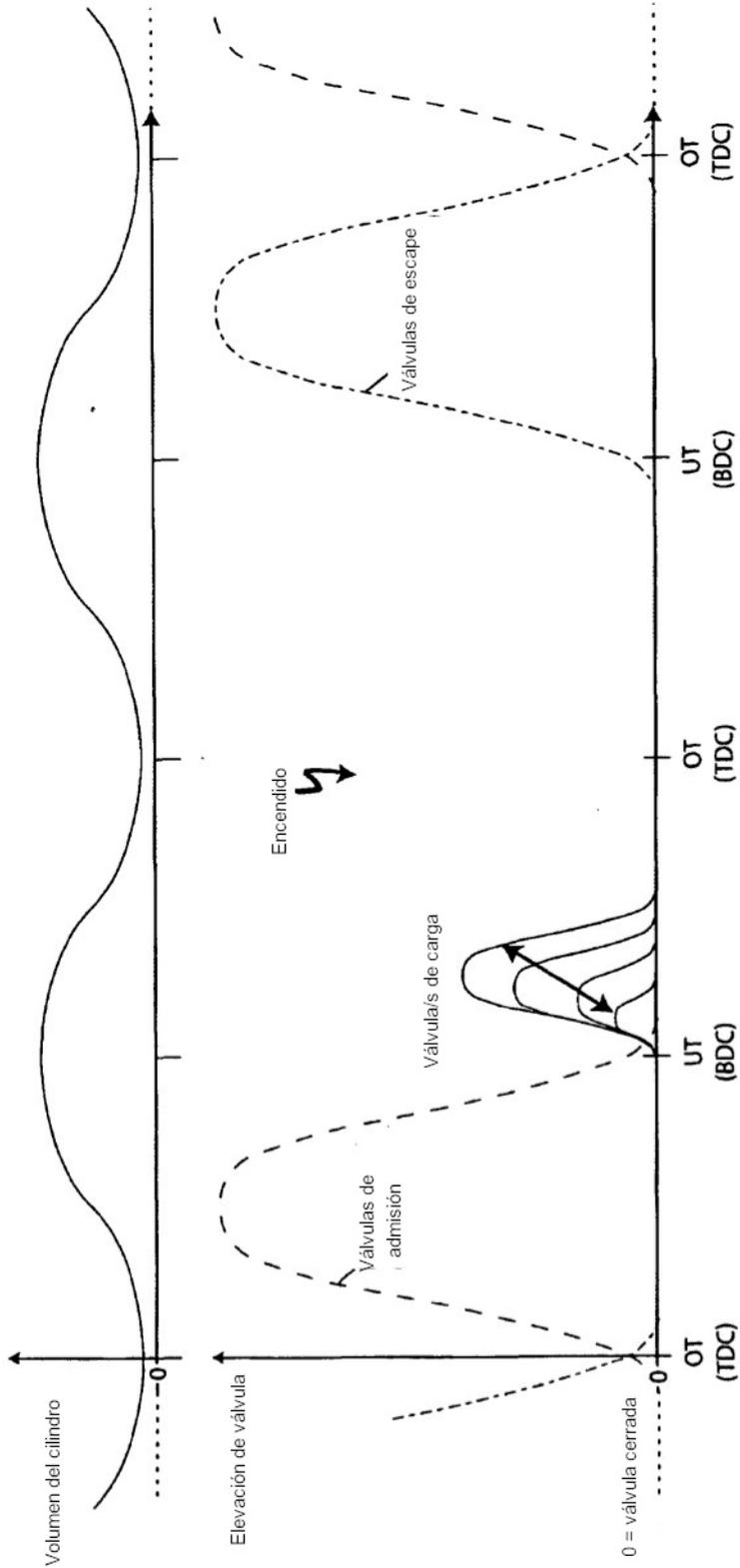


Fig. 4

1º movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro

2º movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

2º movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

UT = punto muerto inferior

OT = punto muerto superior

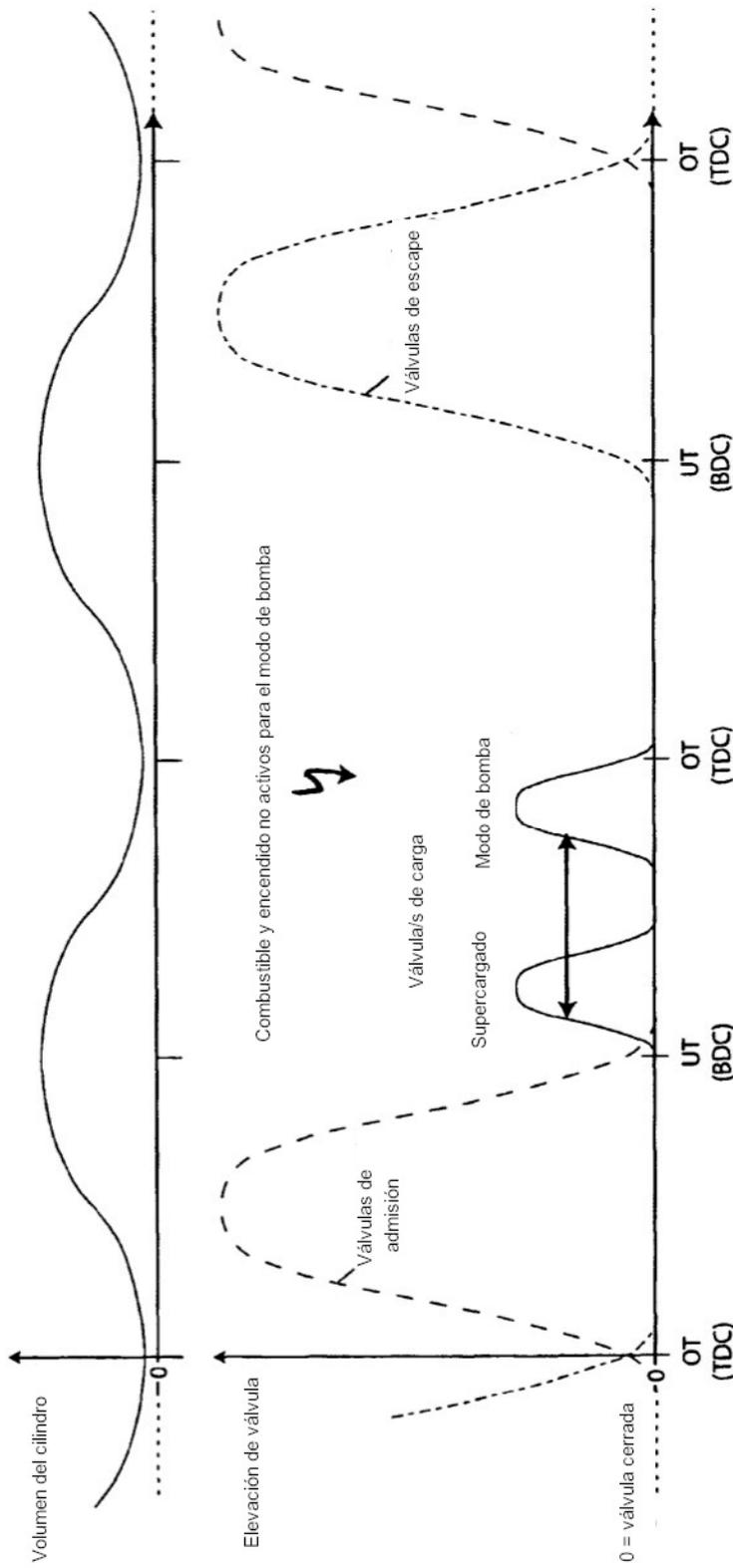


Fig. 5

1° movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro

2° movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

1° movimiento del émbolo que incrementa el volumen del cilindro

2° movimiento del émbolo que reduce el volumen del cilindro

UT = punto muerto inferior

OT = punto muerto superior

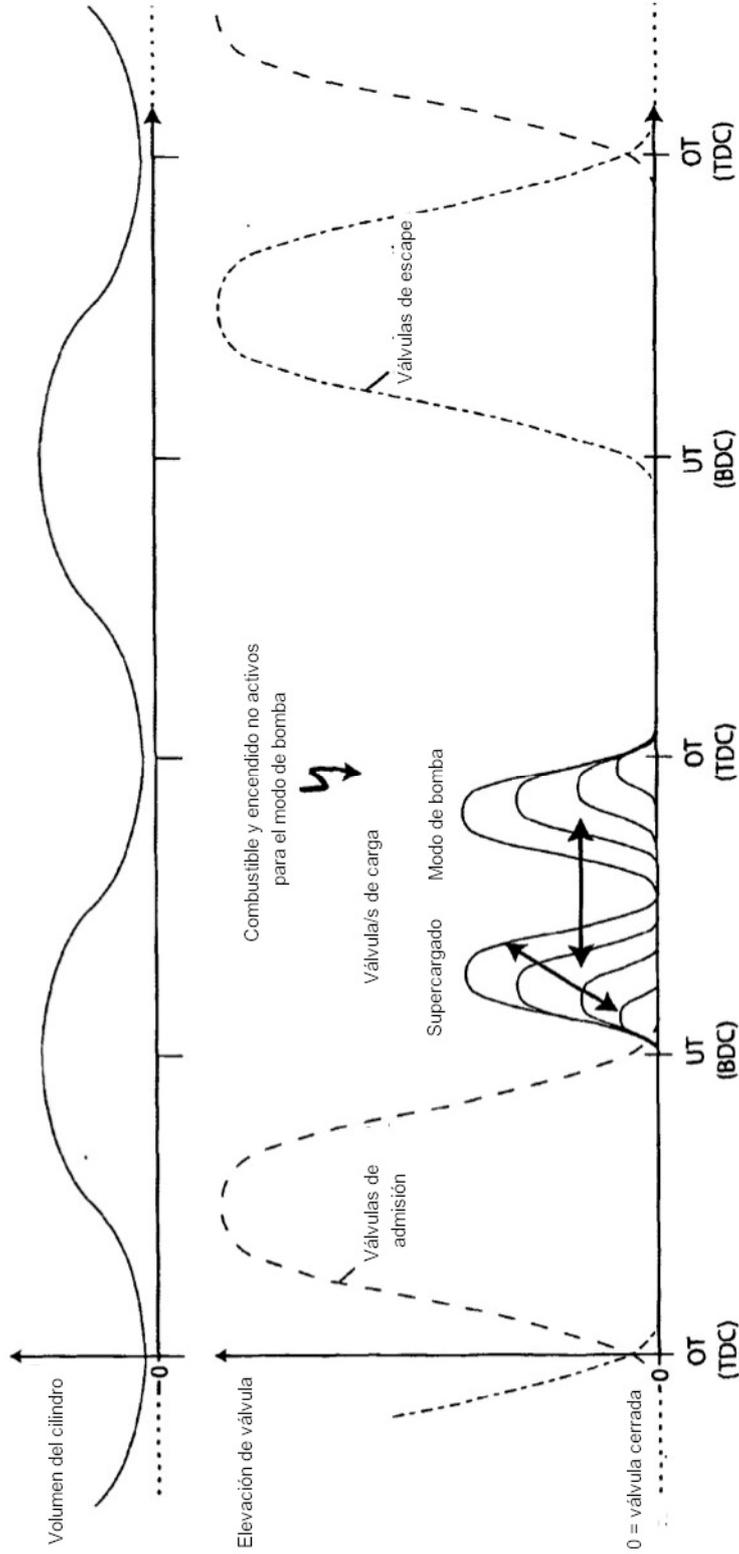


Fig. 6

UT = punto muerto inferior

OT = punto muerto superior