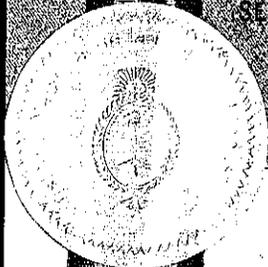




REPÚBLICA ARGENTINA  
 PODER EJECUTIVO NACIONAL  
 MINISTERIO de ECONOMÍA y PRODUCCIÓN  
 SECRETARÍA de INDUSTRIA, COMERCIO y de la PEQUEÑA y MEDIANA EMPRESA  
 INSTITUTO NACIONAL de la PROPIEDAD INDUSTRIAL



TÍTULO DE  
**PATENTE DE INVENCION**

AR058943B1

LA ADMINISTRACION NACIONAL DE PATENTES, CONFORME LO RESUELTO EN EL EXPEDIENTE RESPECTIVO Y EN VIRTUD DE LO DISPUESTO POR LA LEY 24.481 (T.O.1996), Y SU DECRETO REGLAMENTARIO (DECRETO 260/96, ANEXO II), EXTIENDE EN NOMBRE DE LA NACION ARGENTINA EL PRESENTE TITULO A SCUDERI GROUP LLC

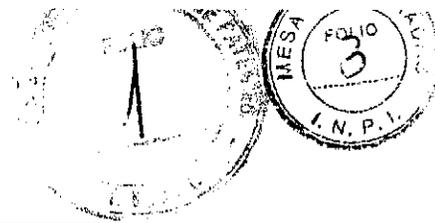
QUE ACREDITA LA CONCESION DE PATENTE DE INVENCION SOBRE: MOTOR HIBRIDO DE AIRE DE CICLO DIVIDIDO CUYA DOCUMENTACION ANEXA ES COPIA FIEL DE LA DEPOSITADA EN EL INSTITUTO NACIONAL DE LA PROPIEDAD INDUSTRIAL CONFORME A LO ESTABLECIDO EN EL ART. 35 DE LA LEY 24.481 (DECRETO 260/96 - ANEXO I), EL TERMINO POR EL QUE SE ACUERDA LA PATENTE ES POR VEINTE AÑOS IMPRORRROGABLES CONTADOS A PARTIR DE LA PRESENTACION DE LA SOLICITUD, POR LO CUAL EXPIRARA EL DIA:  
 5 DE ENERO DE 2027

BUENOS AIRES, 27 DE JULIO DE 2011

Dr. EDUARDO ARIAS  
 COMISARIO  
 ADMINISTRACION NACIONAL DE PATENTES  
 I.N.P.I.



CA  
LA  
TRA  
VA



**MEMORIA DESCRIPTIVA  
DE LA  
PATENTE DE INVENCION**

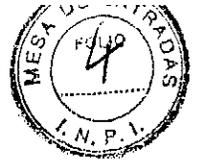
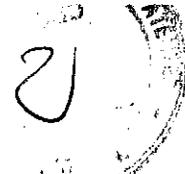
***SOBRE:***

MOTOR HÍBRIDO DE AIRE DE CICLO DIVIDIDO

***SOLICITADA POR:*** Scuderi Group, Inc.

***CON DOMICILIO EN:*** 1111 Elm Street, Suite 4  
West Springfield,  
Massachusetts 01089  
USA

**POR EL PLAZO DE VEINTE AÑOS**



## MOTOR HÍBRIDO DE AIRE DE CICLO DIVIDIDO

### CAMPO TÉCNICO

Esta invención se relaciona con un motor de ciclo dividido y, más particularmente, a un motor tal que incorpora un sistema de aire híbrido.

### ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El término motor de ciclo dividido como es utilizado en la presente memoria puede no haber recibido aún una definición fija conocida para aquellos versado en la materia. En consecuencia, para propósitos de claridad, la siguiente definición es ofrecida para el término motor de ciclo dividido, tal como puede ser aplicada a los motores descritos en el estado de la técnica que se hace referencia en la presente memoria.

Un motor de ciclo dividido como se refiere aquí mismo incluye:

un cigüeñal rotativo alrededor del eje del cigüeñal;

un pistón de potencia deslizable dentro de un cilindro de potencia y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de potencia pasa por un tiempo de potencia (o expansión) y un tiempo de escape en recíproco a una sola vuelta del cigüeñal;

un pistón de compresión deslizable dentro de un cilindro de compresión y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de compresión pasa por un tiempo de admisión y un tiempo de compresión en recíproco a una sola vuelta del cigüeñal; y

un pasaje de gas que interconecta los cilindros de potencia y de compresión, el pasaje de gas incluye una válvula de admisión y una válvula de salida (o transversal) definiendo una cámara presurizada entre medio.

Para propósitos de claridad, la siguiente lista de acrónimo para los diversos modos operativos de motores descrito aquí:

- AC Compresor de aire;
- AM Motor de aire;
- CB Freno-compresión;
- ICE Motor de combustión interna;



PAP Potencia de aire pre-comprimido;  
PCA Aire de combustión pre-comprimido.

Las patentes US 6.543.225 B2, US 6.609.371 B2 y US 6.952.923, todas asignadas al solicitante de la presente invención, describe ejemplos de motores de combustión interna de ciclo dividido como se describe aquí. Estas patentes contienen una lista extensa de publicaciones y patentes estadounidenses y extranjeras citadas como antecedentes de estas patentes. El término "ciclo dividido" ha sido utilizado para estas máquinas debido a que literalmente dividen los cuatro tiempos de un ciclo Otto de presión/volumen convencional (i.e., admisión, compresión, potencia y escape) en dos cilindros exclusivos: un cilindro dedicado a los tiempos de compresión de alta presión y el otro cilindro dedicado a los tiempos de potencia de alta presión.

Considerables investigaciones han sido recientemente dedicadas a motores de aire híbridos comparadas con, por ejemplo, sistemas eléctricos híbridos. Los sistemas eléctricos híbridos requieren adicionalmente al motor convencional de cuatro tiempos de baterías, un generador eléctrico y un motor. El motor de aire híbrido necesita solamente adicionalmente de un estanque de aire presurizado agregado al un motor que incorpore las funciones de un compresor y un motor de aire, juntos con las funciones de un motor convencional para entregar los beneficios de un sistema híbrido. Estas funciones incluyen almacenar aire presurizado durante el freno y utilizar aire presurizado para transmitir potencia al motor seguido del inicio y durante la aceleración.

Sin embargo, el estado de la técnica aparece cubrir solo adaptaciones de motores convencionales de cuatro tiempos para realizar la compresión, la combustión y las funciones del motor en un sólo cilindro. Esto, por lo tanto, requiere de una válvula compleja y un sistema de tren de transmisión y control capaz de intercambiar desde un modo de freno-compresión (CB) a un modo de motor de aire (AM) y de vuelta a un modo de motor convencional de combustión interna (ICE) durante su uso.

En un ejemplo típico, cuando no se almacena o utiliza aire comprimido para transmitir el vehículo, un motor de aire híbrido del estado de la técnica



opera como un motor convencional de combustión interna, donde los cuatro tiempos del ciclo de Otto (admisión, compresión, potencia y escape) son realizadas en cada pistón cada dos vueltas del cigüeñal. Sin embargo, en modo de freno-compresión, cada cilindro del motor convencional es configurado para operar como un pistón de un compresor de aire de dos tiempos recíprocamente, transmitiendo desde las ruedas del vehículo por el movimiento del vehículo. El aire es recibido desde la atmósfera externa dentro de los cilindros del motor, comprimido en ellos y desplazado en el estanque de aire. El trabajo realizado por los pistones del motor absorbe la energía cinética del vehículo y disminuye su velocidad y limita su movimiento. De esta manera la energía cinética del movimiento del vehículo es transformado en energía del aire comprimido almacenado en el estanque de aire.

Durante el modo de motor de aire, cada cilindro del motor está configurado para utilizar el aire comprimido almacenado para producir tiempos de potencia para la propulsión sin combustión. Esto puede realizarse al expandir primero el aire comprimido almacenado, aire comprimido dentro de los cilindros desplazan los pistones hacia abajo desde el punto muerto superior (PMS) al punto muerto inferior (PMI) de para un primer tiempo de potencia. Luego los pistones comprimen el gas expandido al viajar desde el PMI al PMS. Combustible es inyectado justo antes del PMS. Los productos de la combustión en expansión luego desplazan a los pistones hacia abajo nuevamente para un segundo tiempo de potencia en la segunda vuelta del cigüeñal.

Alternativamente, la motorización por aire puede realizarse al expandir el aire comprimido almacenado para desplazar el pistón de potencia hacia abajo desde el PMS al PMI para un tiempo de potencia sin combustión en cada vuelta del cigüeñal. Este método alternativo de motorización por aire puede seguir hasta que la presión en el estanque de aire caiga por debajo de un nivel umbral, donde el motor puede cambiar tanto al método alternativo de motorización por aire o al modo de operación convencional de un motor ICE.

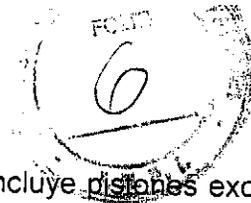


Problemáticamente, de manera de cambiar entre los modos CM, AM e ICE, el sistema de tren de válvulas/bielas se vuelve complejo, caro y difícil de controlar o mantener. Adicionalmente, puesto que cada cilindro debe realizar todas las funciones para cada modo, no pueden ser optimizados fácilmente. Por ejemplo, los pistones y cilindros deben ser diseñados para sobrellevar una combustión explosiva, aún cuando solamente están actuando como compresor de aire. En consecuencia, debido a las tolerancias y los materiales necesarios para soportar el calor de la combustión, algunos sacrificios a la eficiencia del modo de compresor deben realizar.

Otro problema con realizar todas las funciones por cada modo (ICE, CB y AM) en cada cilindro es que dos modos no pueden realizarse en paralelo (i.e. simultáneamente). Debido a que los sistemas híbridos de aire utilizan motores convencionales, estos están restringidos a operar en cada modo en serie, lo que impone limitaciones inherentes en sus capacidades. Por ejemplo, debido a que el modo CB no puede ser utilizado cuando el motor está funcionando como un motor de combustión interna (en modo ICE), el estanque de aire puede solamente ser cargado durante las funciones de freno de un vehículo en movimiento. Esta limitación lleva a problemas en mantener la carga almacenado en el estanque de aire. Adicionalmente, esta limitación también significa que los sistemas híbridos de aire del estado de la técnica solamente son aplicables a vehículos en movimiento y no son prácticos para aplicaciones estacionarias como generadores estacionarios.

#### RESUMEN DE LA INVENCION

La presente invención combina las características de un motor de ciclo dividido con un estanque de aire del concepto híbrido de aire y varias características de control simplificadas para entregar nuevos arreglos para operar y controlar los ensambles resultantes de motores híbridos. Una ventaja distintiva de la invención es que dos o más modos de motores tal como son descritos aquí pueden ser operados simultáneamente (i.e., en



paralelo), debido a que el motor de ciclo dividido incluye pistones exclusivos para compresión y para potencia.

Tomado como un concepto amplio, un motor híbrido de aire de ciclo dividido de acuerdo con la invención de preferencia incluye:

un cigüeñal rotativo alrededor del eje del cigüeñal;

un pistón de potencia deslizable dentro de un cilindro de potencia y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de potencia pasa por un tiempo de expansión (o potencia) y un tiempo de escape en recíproco a una sola vuelta del cigüeñal;

un pistón de compresión deslizable dentro de un cilindro de compresión y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de compresión pasa por un tiempo de admisión y un tiempo de compresión en recíproco a una sola vuelta del cigüeñal, el cilindro de compresión es controlable selectivamente para ubicar el pistón de compresión en un modo de compresión o un idle modo pasivo;

un estanque de aire operativamente conectado entre el cilindro de compresión y el cilindro de potencia y operable selectivamente para recibir aire comprimido desde el cilindro de compresión y entregar aire comprimido al cilindro de potencia para utilizar en transmitir la potencia al cigüeñal durante la operación del motor; y

válvulas selectivamente controlables de flujo de gas dentro y fuera de los cilindros de compresión y potencia y el estanque de aire.

Alternativamente, el cilindro de potencia puede también ser selectivamente controlable para ubicar el pistón de potencia en un modo de potencia o un modo pasivo.

Por propósitos señalados acá, cuando el pistón de compresión es ubicado en modo pasivo, esto significa que para una sola vuelta del cigüeñal, la cantidad total de trabajo negativo neto (opuesto a la dirección de rotación del cigüeñal) realizada en el cigüeñal por el pistón de compresión es despreciable. Típicamente, el trabajo despreciable en modo pasivo del pistón de compresión es menos del 20% del trabajo negativo realizado en el cigüeñal que tiene el pistón de compresión en su modo de compresión.



Adicionalmente a estos propósitos, cuando el pistón de potencia es puesto en modo pasivo, es significa que para una sola vuelta del cigüeñal, la cantidad total de trabajo positivo neto (en la dirección de rotación del cigüeñal) realizada en el cigüeñal por el pistón de potencia es despreciable. Típicamente, el trabajo despreciable en el modo pasivo del pistón de potencia debería ser menos del 20% del trabajo positivo realizado en el cigüeñal que tiene el pistón de potencia en su modo de potencia.

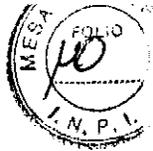
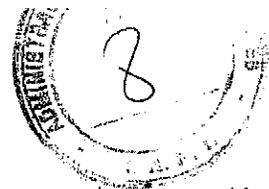
En general, un motor de acuerdo con la invención es capaz de operar en al menos tres modos, incluyendo el modo de motor de combustión interna (ICE), de compresor de aire (AC) y de potencia de aire pre-comprimido (PAP).

En el modo ICE, el pistón de compresión y el pistón de potencia están típicamente en sus modos respectivos de compresión y potencia. El pistón de compresión se levanta y comprime el aire admitido para utilizarse en el cilindro de potencia. El aire comprimido es admitido al cilindro de potencia con combustible poco después de que el pistón de potencia alcance su posición de punto muerto superior (PMS) al comienzo de un tiempo de expansión. La mezcla de combustible/aire es entonces encendida, quemada y expandida en el mismo tiempo de expansión del pistón de potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal. Los productos de la combustión son expulsados en el tiempo de escape.

En el modo AC, el pistón de compresión está en el modo de compresión, se levanta y comprime el aire, el cual es almacenado en el estanque de aire para utilizarse posteriormente en el cilindro de potencia.

En el modo PAP, el cilindro de potencia está en modo de potencia y recibe aire comprimido desde el estanque de aire, el cual es expandido en el tiempo de expansión del pistón de potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal. El aire expandido es expulsado en el tiempo de escape.

En algunos ensamblés preferidos de la invención, la potencia se desarrollada en el modo PAP de manera similar al modo ICE. Es decir, durante su operación en modo PAP, el combustible es mezclado con aire comprimido poco después que el pistón de potencia alcance su posición de



punto muerto superior (PMS) al comienzo de un tiempo de expansión. La mezcla de combustible/aire es entonces encendida, quemada y expandida en el mismo tiempo de expansión del pistón de potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal. Los productos de la combustión son expulsados en el tiempo de escape.

En otros ensambles alternativos del motor, la potencia puede ser desarrollada en el modo PAP de manera similar a la previamente descrita motorización por aire. Es decir, durante su operación en modo PAP, el aire comprimido admitido en el cilindro de potencia es expandido sin agregar combustible o iniciar una combustión.

En un primer ensamble ejemplar del motor, el estanque de aire incluye un ducto de gas diseñado para recibir y almacenar aire comprimido de una pluralidad de tiempos de compresión, el ducto de gas interconecta los cilindros de compresión y potencia. El ducto de gas incluye una válvula de admisión y de salida definiendo una cámara presurizada entre medio.

En un segundo ensamble ejemplar del motor, un ducto de gas también interconecta los cilindros de compresión y potencia, y el ducto de gas incluye una válvula de admisión y de salida definiendo una cámara presurizada entre medio. Sin embargo, el estanque de aire es conectado a través de un ducto de estanque a la cámara presurizada en una posición entre válvula de admisión y la válvula de salida.

Un tercer ensamble ejemplar del motor agrega una válvula de control del estanque en el ducto de estanque para permitir una separación del estanque y de la cámara presurizada durante su operación ICE.

En un cuarto ensamble ejemplar del motor, el estanque de aire es un acumulador adaptado para mantener una presión relativamente constante en él dentro de un rango de presión predeterminado.

Un quinto ensamble del motor incluye múltiples pares de cilindros de compresión y de potencia interconectados por ductos de gas que tienen cámaras presurizadas, donde las cámaras presurizadas están todas conectadas con un solo estanque de aire.



En un sexto ensamble alternativo de la invención, el motor incluye un ducto de gas que interconecta los cilindros de compresión y potencia. El ducto de gas incluye una válvula de admisión y de salida definiendo una cámara presurizada entre medio. El estanque de aire está conectado en paralelo con el ducto de gas, con conexiones de admisión y salida desde el estanque de aire con los cilindros de compresión y potencia.

Estas y otras características y ventajas de la invención serán mejor entendidas desde la descripción detallada de la invención en conjunto con los dibujos acompañantes.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

En los dibujos:

la figura 1 es un diagrama esquemático mostrando un primer ensamble de un motor híbrido de aire de ciclo dividido que tiene un estanque de aire y válvulas de control de acuerdo con la invención;

la figura 2 es una vista similar a la figura 1 pero mostrando un segundo ensamble con un ducto transversal separado (o ducto de gas) conectado con el estanque de aire y una válvula de control adicional;

la figura 3 es una vista similar a la figura 2 pero mostrando un tercer ensamble con una válvula de control de estanque adicional;

la figura 4 es una vista similar a la figura 3 pero mostrando un cuarto ensamble que incluye un acumulador de presión constante en el estanque de aire;

la figura 5 es una vista similar a la figura 3 pero mostrando un quinto ensamble que tiene un estanque común para múltiples pares de cilindros; y

la figura 6 es una vista similar a la figura 3 pero mostrando un sexto ensamble con un estanque en paralelo con el ducto transversal y conectado con válvulas de manera separada entre los cilindros.

#### DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En referencia con la figura 1 de los dibujos en detalle, el numerando 10 generalmente indica un primer ensamble ejemplar de un motor híbrido de



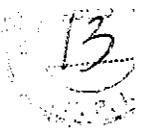
aire de ciclo dividido de acuerdo con la invención. El motor 10, mostrado esquemáticamente, es generalmente el tipo ciclo dividido descrito en las anteriores patente Estadounidense US 6.543.225, B2 y US 6.952.923 B2 (patentes Scuderi), incorporadas aquí con sus referencias en integridad.

Como es mostrado, el motor incluye un bloque de motor 12 que tiene un primer cilindro 14 y un adyacente segundo cilindro 16 que se extiende a lo largo. Un cigüeñal 18 es instalado en el bloque 12 para rotar alrededor del eje de n cigüeñal 20 que se extiende perpendicular al plano del dibujo. Los terminales de los cilindros 14, 16 son cerrados por un cabezal de cilindro 22.

El primer y segundo cilindros 14, 15 definen unas superficies internas soportadoras en las cuales son alojados para un vaivén un primer pistón de potencia 24 y un segundo pistón de compresión 26 respectivamente. El cabezal de cilindro 22, el pistón de potencia 24 y el primer cilindro 14 definen una cámara de combustión de volumen variable 25 en el cilindro de potencia 14. El cabezal de cilindro 22, el pistón de compresión 26 y el cilindro de compresión 16 definen una cámara de compresión de volumen variable 27 en el cilindro de compresión 16.

El cigüeñal 18 incluye una primera y segunda manivelas 28, 30 axialmente desplazadas y distantes angularmente, que tienen un ángulo de fase 31 entre ellos. La primera manivela 28 está unida en pivote por una primera biela conectora 32 al primer pistón de potencia 24 y la segunda manivela 30 está unida en pivote por una segunda biela conectora 34 al primer pistón de compresión 26 para el vaivén de los pistones en sus cilindras en relaciones de tiempo determinadas por la distancia angular de sus manivelas y la relación geométrica de los cilindros, cigüeñal y pistones.

Alternativamente, mecanismos para relacionar el movimiento y el tempo de los pistones puede ser utilizado si es deseado. El tempo puede ser tan similar o variado como es deseado desde lo divulgado en las patentes Scuderi. La dirección rotacional del cigüeñal y los movimientos relativos de los pistones cerca de sus posiciones de punto muerto inferior (PMI) son indicados por sus flechas asociadas en los dibujos con sus correspondientes componentes.



El cabezal de cilindro 22 incluye algunos de varios ductos, orificios, válvulas apropiadas para los propósitos deseados del motor híbrido de aire de ciclo dividido 10. En el primer ensamble ilustrado, el ducto de gas/cámara presurizada de las patentes previamente mencionadas es reemplazado por un estanque de aire 36 mucho mayor, conectado al cabezal 22 a través de un orificio de admisión de estanque 38 abriendo dentro del terminal cerrado del segundo cilindro 16 y un orificio de salida de estanque 40 abriendo dentro del terminal cerrado del primer cilindro 14. Opuesto a un ducto de gas más pequeño de un tipo ejemplificado en las patentes Scuderi, el estanque de aire 36 es del tamaño de recibir y almacenar energía de aire comprimido desde una pluralidad de tiempos de compresión del pistón de compresión 26. El segundo cilindro 16 también conecta con un orificio de admisión 42 convencional y el primer cilindro 14 también conecta con un orificio de escape 44 convencional.

Las válvulas en el cabezal de cilindro 22, las cuales son similares a las válvulas del motor de las patentes Scuderi, incluye una válvula de retención de admisión de estanque 46 y tres válvulas circulares accionadas por leva, una válvula de salida a estanque (o válvula transversal) 50, una válvula de admisión del segundo cilindro 52 y una válvula de escape del primer cilindro 54. La válvula de retención 46 permite solamente el flujo en una sola dirección de aire comprimido dentro del orificio de admisión del estanque 38 desde el segundo cilindro (de compresión) 16. La válvula de salida a estanque 50 se abre para permitir un flujo de aire a alta presión desde el estanque 36 dentro del primer cilindro (de potencia) 14.

El presente motor 10 incluye dos válvulas adicionales que pueden ser solenoide. Esto incluye una válvula de control de admisión 56 en el orificio de admisión del cilindro 42 y una válvula de control de salida del estanque 58 en el orificio de salida del cilindro 40. Estas válvulas pueden ser en dos válvulas de posición on-off pero incluye controles de posición variable para que puedan ser operadas como válvulas de estrangulamiento si es deseado.

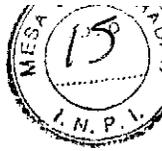
Handwritten initials "RU" and a circular stamp with the text "I. N. P. I." and the number "14".

Las válvulas circulares 50, 52 y 54 pueden ser accionadas por cualquier dispositivo apropiado, tal como árbol de levas 60, 62 y 64 y levas 66, 68 y 70 respectivamente enganchadas a las válvulas para accionar las válvulas como será discutido a continuación. Alternativamente, las válvulas 50, 52 y 54 como también las otras válvulas 46, 56 y 58 pueden ser accionadas electrónicamente, neumáticamente o hidráulicamente.

Una bujía 72 también es montada en el cabezal del cilindro con electrodos que se extienden en la cámara de combustión 25 para encender las cargas de aire/combustible en los tiempos precisos por un control de encendido, no mostrado. Debe entenderse que el motor puede ser un motor diesel y ser operado sin una bujía si es deseado. Más aun, el motor 10 puede ser diseñado para operar con cualquier combustible apropiado para motores de pistones alternos en general, tal como hidrogeno o gas natural.

La figura 2 a la 6 de los dibujos describe varios ensambles alternativos, los cuales son variaciones del motor 10 de la figura 1 y son descritos a continuación. La operación de los seis ensambles ejemplares será descrita enseguida.

En referencia con la figura 2, un segundo ensamble del motor 74 es descrito números similares indican partes similares. El motor 74 es generalmente similar al motor 10, pero difiere en que un ducto transversal (o de gas) de pequeño volumen 76 está conectado entre un orificio de admisión 38 y una válvula de retención de admisión 46 en un término y el orificio de salida 40 y la válvula de salida 50 en su término opuesto. Este ducto transversal 76 está conectado entre la cámara de compresión 27 en el segundo cilindro 16 y la cámara de combustión 25 en el primer cilindro 14 y es similar al ducto transversal de las patentes Scuderi. Opuesto a un estanque de aire, este ducto transversal 76 no tiene el tamaño para almacenar una cantidad substancial de energía de aire comprimido para su uso posterior. Más bien, el ducto 76 es típicamente diseñado para ser tan pequeño como es prácticamente posible para la transferencia más eficiente de gas comprimido durante el modo ICE del motor 74.



En una modificación adicional, un estanque de aire separado 36 está conectado a través de un corredor de estanque o ducto de estanque 78 al ducto transversal 76 y conecta a los orificios de admisión y salida 38 y 40 a través del ducto transversal 76. La válvula de control solenoide de salida del estanque 58 está ubicada en el ducto 76 entre el orificio de salida 40 y el corredor del estanque 78. La válvula 58 se abre durante el modo ICE para permitir aire comprimir seguir el camino de menos resistencia y fluir en primero a través del pasaje 76 dentro de la cámara de combustión 25. La válvula 58 puede ser cerrada durante el modo AC para bombea aire comprimir en el estanque 36 y puede ser abierta durante el modo PAP para sacar aire comprimido desde el estanque 36.

Refiriéndose ahora a la figura 3 de los dibujos, un tercer ensamble de un motor 80 es descrito, el cual difiere del motor 74 en la figura 2, solamente en la adición de una tercera válvula solenoide 82. La válvula 82 está ubicada en el corredor 78 en su unión con el ducto transversal 76 para cortar la conexión del estanque de aire 36 con el ducto transversal cuando es deseado.

Al aislar el estanque de aire 36 mediante la válvula 82, el rendimiento del conjunto del motor 80 puede ser más efectivamente optimizado durante el modo ICE de su operación. Por ejemplo, durante el modo ICE, todo el aire comprimido puede realizarse para fluir a través del ducto transversal 76. En consecuencia, el ducto transversal 76 puede ser diseñado para la transferencia de gas más eficiente sin interactuar con el estanque de aire. Adicionalmente la válvula 82 puede también ser utilizada como una válvula de estrangulamiento para condiciones de carga parcial durante el modo PAP.

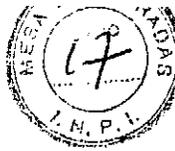
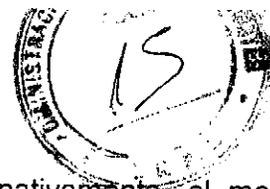
La figura 4 muestra un cuarto ensamble de motor 84 similar al motor 80 de la figura 3. Este difiere en la conversión del estanque de aire en un acumulador de presión 86, al agregar un diafragma o ampolla 87 y un mecanismo de resorte 88. Estos actúan para presurizar el aire que está presente en el acumulador 86 y para mantener el contenido a una presión relativamente constante entre las condiciones donde el estanque está o vacío o está siendo llenado para el máximo control de la presión.

La figura 5 muestra un quinto ensamble de un motor multi-cilindro 89 que tiene al menos dos par de cilindros 90, cada uno equivalente al motor 80 de la figura 3. El motor 89 es modificado para incluir un estanque de entrega común 92 que está unido a los ductos transversales 76 de todos los pares de cilindros con una válvula de control estanque solenoide 82 que controlar la comunicación de cada corredor de estanque 78 con sus respectivos ductos transversales 76.

La figura 6 muestra un sexto ensamble del motor 94 que es más similar al motor 80 de la figura 3. El motor 94 difiere en que el estanque de aire 36 es separado de una conexión directa con el ducto transversal 76, el cual sigue controlado por válvula de retención de admisión 46, válvula solenoide 58, y válvula de salida 50. El estanque de aire 36 está conectado en paralelo con el ducto transversal 76 por un primer y segundo corredor (o pasajes) 96 y 98 respectivamente conectando el estanque directamente con la cámara de combustión 25 del primer cilindro 14 y la cámara de compresión 27 del segundo cilindro 16. La cuarta y la quinta válvulas de control solenoide 100 y 102 controla respectivamente el flujo entre los corredores 96 y 98 y los cilindros 14 y 16.

La operación de los ensambles ejemplares descritos de motores híbridos de aire de ciclo dividido de acuerdo con la invención será ahora discutida para propósitos de explicación y no de limitación, es entendido que métodos adicionales y variaciones serán aparentes y que estarán dentro del alcance del invento.

Básicamente, los motores híbridos de aire de ciclo dividido de acuerdo con la presente invención son típicamente operable en al menos tres modos, un modo de motor de combustión interna (ICE), un modo de compresor de aire (AC) y un modo de potencia por aire pre-comprimido (PAP). El modo PAP incluye preferentemente un modo de potencia de combustión-aire pre-comprimido donde el aire pre-comprimido y el combustible son mezclados poco después de que el pistón de potencia alcance su posición de punto muerto superior (PMS) durante un tiempo de expansión y luego la mezcla combustible/aire es quemada para llevar el pistón de potencia hacia abajo



durante el mismo tiempo de expansión. Alternativamente, el modo PAP podría también incluir varias formas de modos de motorización por aire (AM) (como se ha ejemplificado anteriormente acá), donde el aire pre-comprimido es utilizado para proveer un tiempo de expansión sin combustión. Como será discutido en mayor detalle, debido que el motor híbrido de aire de ciclo dividido de acuerdo con la presente invención tiene cilindros de compresión y potencia exclusivos y separados, los tres modos, ICE, AC y PAP pueden ejecutarse tanto en serie como en paralelo según es deseado.

El modo ICE es básicamente el modo de operación normal de los motores divulgados en las patentes Scuderi previamente mencionadas. Los tiempos de admisión, compresión, potencia y escape de un ciclo convencional de un motor a pistón son divididos entre los cilindros de compresión y potencia del motor de ciclo dividido.

En referencia con el ensamble de la figura 1, los motores de ciclo dividido tal como son descritos en las patentes Scuderi (US 6.543.225, US 6.609.371 y US 6.952.923) incluyen parámetros estructurales que son ventajosos sobre los motores de ciclo divididos del estado de la técnica. Varios de estas ventajas serán descritas en relación con la siguiente discusión del modo ICE del motor 10. Es importante notar que el estanque de aire 36 de la figura 1 realiza las funciones combinadas tanto de un ducto transversal (o de gas) separado 76 y un estanque de aire 36 de las subsecuentes figuras 2 a 6.

En el modo ICE, las válvulas de admisión solenoide 56 y 58 permanecen abiertas. En el tiempo de admisión, la válvula de admisión 52 se abre al bajar el pistón de compresión, atrayendo aire dentro la cámara de compresión 27. En el tiempo de compresión, la válvula de admisión 52 se cierra y el pistón de compresión sube comprimiendo el aire y forzándolo a través de la válvula de retención 46 y el orificio de admisión 38 dentro del estanque de aire 36.

El pistón de potencia 24 se adelanta al pistón de compresión 26 en un ángulo de fase 31 que es substancialmente mayor que 0 grados de rotación del cigüeñal. El ángulo de fase 31 como es definido acá está en grados de

16



rotación de manivela (CA), el cigüeñal 18 debe girar después de que el pistón de potencia 24 haya alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS) de manera que el pistón de compresión 26 alcance su respectiva posición PMS. En el ensamble particular ilustrado en la figura 1, la magnitud del ángulo entre la primera y segunda manivela 28 y 30 es igual al ángulo de fase 31. De preferencia, este ángulo de fase está entre 10 y 40 grados CA y más preferentemente entre 20 y 30 grados CA. El ángulo de fase 31 es del orden tal que cuando el pistón de compresión 26 asciende hacia su posición PMS y el pistón de potencia desciende de su posición PMS, una cantidad de masa substancialmente igual de aire comprimido es transferido dentro y fuera del estanque de aire 36 (en las subsecuentes figuras 2 a 6, una cantidad de masa substancialmente igual de aire comprimido es transferido dentro y fuera del ducto de gas 76).

En el tiempo de potencia, la válvula de salida (o transversal) 50 está típicamente abierta en el PMS del pistón de potencia 24. De preferencia, la válvula de salida 50 se abre dentro de un rango de 10 a 0 grado CA antes del PMS del pistón de potencia 24, y más preferentemente dentro de un rango de 7 a 3 grados CA antes del PMS del pistón de potencia 24. La válvula de salida 50 está de preferencia cerrada dentro de un rango de 10 a 40 grado CA después del PMS del pistón de potencia 24, y más preferentemente cierra dentro de un rango de 20 a 30 grados CA después del PMS del pistón de potencia.

El pistón de potencia 24 desciende desde su posición PMS hacia una posición de encendido de combustión, la cual es típicamente dentro de un rango de 5 a 40 grados CA después del PMS y más preferentemente dentro de un rango de 10 a 30 grados CA después del PMS. El combustible puede ser inyectado y mezclado con el aire comprimido mediante al menos dos métodos, es decir, o en el estanque de aire 36 en corriente arriba desde la válvula de salida 50 (orificio de inyección de combustible) o directamente dentro del cilindro de potencia 14 (inyección directa). Una vez que el pistón de potencia 24 alcanza su posición de encendido de combustión, la mezcla de combustible/aire es encendida por una bujía 72 (o encendido por



compresión en caso de motor diesel), forzando el pistón 24 hacia abajo a su PMI y entregando potencia al cigüeñal 18. La presión a la cual el encendido de la combustión ocurre es la presión de condición de encendido (o quemado).

En el tiempo de escape, la válvula de escape 54 se abre y la válvula transversal 50 se cierra. A medida que el pistón de potencia 24 se desplaza hacia arriba desde el PMI al PMS, los gases de escape gastados son forzados fuera de la cámara de combustión 25 a través del orificio de escape 44.

Los tiempos de admisión y compresión para un ciclo presión/volumen dentro del motor ocurre durante la misma revolución del cigüeñal que los tiempos de potencia y escape del ciclo, excepto que los tiempos de potencia y escape están avanzado por el ángulo de fase fijo 31. Por lo tanto, un nuevo ciclo de presión/volumen es completado en cada revolución del cigüeñal del motor en cambio de en dos revoluciones como en un motor convencional de cuatro tiempo. Sin embargo, la válvula de admisión 46 y la válvula de salida 50 mantienen la presión de gas dentro del estanque de aire 36 en o por debajo de una presión de encendido (o quemado) durante el ciclo completo de cuatro tiempos.

Una de las diferencias básicas entre el Ciclo Dividido de Scuderi y el estado de la técnica es el parámetro que la presión dentro del ducto de gas es mantenido en o por debajo de una presión de encendido durante todos los cuatro tiempos del ciclo Otto combinado con el parámetro que el encendido en el cilindro de potencia ocurre substancialmente después del PMS (es decir, más de 5 grados y de preferencia más que 10 grados ATDC). Esto configura una condición donde el evento de combustión (o velocidad de llama) es muy veloz (ocurriendo dentro de los 24 grados CA o menos), y las emisiones NOx son muy bajas (50% o 80% menos que un motor convencional). Otro aspecto único del Ciclo Dividido Scuderi, que no se encuentra en el estado de la técnica, es que la línea central de los cilindros de potencia y compresión está distante del eje del cigüeñal. Esto permite que la fricción de la camisa del pistón con las paredes del cilindro sea



substantialmente reducida. Estas tres características ventajosas (mantener presión de condición de encendido en el ducto de gas, combustión después del punto muerto superior y las distancias) están divulgadas y reivindicadas en las patentes Scuderi.

Además a los parámetros anteriores, varios otros parámetros también han sido identificados en las patentes Scuderi, los cuales tienen un efecto significativo en la eficiencia de un motor. Estos parámetros incluyen:

1. Mantener las relaciones de compresión y expansión iguales o mayores que 26 a 1, de preferencia iguales o mayores que 40 a 1 y más preferentemente iguales o mayores que 80 a 1;
2. La duración de la válvula transversal (cantidad de ángulo de cigüeñal necesaria para abrir y cerrar la válvula 50) debería ser igual o menor que 69 grados, de preferencia igual o menor que 50 grados y más preferentemente igual o menor que 35 grados; y
3. La válvula transversal 50 debería ser abierta en un pequeño porcentaje de tiempo después de que la combustión se haya iniciado en el cilindro de potencia.

Al frenar un vehículo conducido por un motor 10, el motor cambia para operar en modo de compresor de aire (AC). La inyección de combustible se detiene y la válvula solenoide 58 se cierra, impidiendo que aire fluya a través de los orificios de salida 40 y suspendiendo la entrega de potencia desde el pistón de potencia 24, por lo tanto, dejando el pistón de potencia 24 en un modo pasivo. Sin embargo, el pistón de compresión continúa operando, conducido por la inercia del vehículo en movimiento y bombeando el aire comprimido en el estanque de aire 36. La acción de bombeo ralentiza efectivamente, o frena, el vehículo y la acción de freno se vuelve crecientemente efectiva a medida que la presión del aire del estanque aumenta. La presión creciente del estanque es contenida para su uso posterior en el modo PAP.



Mientras que en modo AC, la válvula de escape 54 puede ser mantenida abierta para reducir pérdidas pasivas en el pistón de potencia 24. Más aún, el pistón de potencia podría ser utilizado para aumentar el efecto de freno de varias maneras, tal que al alterar los tiempos y operaciones de válvula para llevar y comprimir aire adicional en el estanque de aire. Alternativamente (para mantener el estanque de aire limpio), el pistón 24 podría ser utilizado como un freno de compresión convencional, atrayendo aire en el tiempo de bajada, comprimiéndolo en el tiempo de subida y abriendo la válvula de escape 54 cerca del punto muerto superior (PMS) para expulsar el aire comprimido y disipar su energía. Esto podría aumentar el freno y reducir el desgaste del freno pero limitaría la recuperación de energía desde el aire comprimido en los modos PCA o AM.

Aún refiriéndose a la figura 1, el preferido tercer modo de operación es de aire pre-comprimido de combustión (PCA) en el cual, desde la operación en AC anterior, ha almacenado aire comprimido en el estanque 36 a una presión más alta que la que ocurre generalmente en operación ICE. El motor ha al menos ralentizado y está listo para ser acelerado. Para operar el modo PCA, la válvula solenoide 58 es abierta y las funciones de encendido por chispa y de inyección de combustibles están re-activadas. También, el pistón de compresión está pasivo al mantener abiertas tanto la válvula de admisión 52 y la válvula de admisión solenoide 56, tal que el pistón de compresión 26 se mueve libremente sin resistencia y el aire no es comprimido o agregado al estanque 36.

Si la válvula 52 no es independientemente ajustable, el pistón de compresión 26 puede también disponerse en modo pasivo lacerar la válvula solenoide 56. De esta manera, el pistón de compresión alternamente comprime y expande el gas atrapado en el cilindro. La compresión y expansión del gas atrapado alterna el trabajo negativo y positivo ejercido en el cigüeñal por el pistón. Puesto que el trabajo negativo y positivo es aproximadamente igual, el trabajo neto realizado sobre el cigüeñal es despreciable. Aún otro método para poner el pistón de compresión en modo pasivo, es de impedir que el pistón de compresión 26 alterne al



desconectarlo operativamente del cigüeñal 18. En cualquiera de los anteriores ejemplos de los modos pasivos del pistón de compresión, la cantidad total de trabajo negativo neto realizado en el cigüeñal es despreciable.

Poco después o justo antes del PMS del pistón de potencia 24, como en operación ICE, la válvula de salida de estanque 50 se abre, forzando un carga de aire comprimido (de preferencia controlado y con combustible agregado) desde el estanque 36 dentro de la cámara de combustión. Dentro de un rango de 5 a 40 grados CA después del PMS, y preferentemente dentro de un rango de 10 a 20 grados CA después del PMS, el combustible es rápidamente encendido y quemado en el tiempo de potencia, generando potencia en el cigüeñal. Los productos de escape son expulsados en el tiempo de escape y el ciclo es repetido.

En cuanto el vehículo es acelerado y vuelve a su operación normal, el aire de alta presión almacenado continúa a ser utilizado para la combustión en el cilindro de potencia 14 hasta que la presión cae a una presión de operación normal y el motor vuelve completamente a una operación en ICE. Sin embargo, la operación en modo PCA tan larga como posible incrementa la eficiencia operativa debido a que la energía de la compresión en la frenada es devuelta al ciclo de potencia PCA, mientras que el pistón de compresión 26 está pasivo utilizando muy poca energía. Por lo tanto, la energía de compresión de la frenada del vehículo es utilizada para entregar energía de compresión en el modo de potencia PCA.

Si el motor es detenido, la energía de compresión almacenada puede utilizarse para partir el motor y el vehículo si es deseado, hasta que una velocidad mínima sea alcanzada, en donde el motor puede volver a operar en ICE. Sin embargo, un partidador eléctrico de respaldo puede ser deseable.

Refiriéndose nuevamente a la figura 2, la operación del motor 72 es similar al motor 10 (figura 1). Sin embargo, la utilización de un ducto transversal de pequeño volumen 76 para el flujo entre los cilindros evita el flujo a través del estanque de aire 36 durante la operación en CE y



potencialmente reduce variaciones de presión indeseable en el ducto de gas 76 que podrían afectar adversamente las prestaciones del motor.

En el ensamble de la figura 3, la adición de la válvula solenoide 82 en la conexión del estanque con el ducto transversal 76 permite separar el estanque de mantener un presión más alta o más baja en él, mientras que ducto transversal 76 más pequeño puede operar con cambios de presiones rápidamente en una operación normal ICE del motor para un motor de ciclo dividido.

En la figura 4, el reemplazo del estanque de aire con un acumulador 86 permite el almacenamiento de un rango de volúmenes de aire en una presión relativamente constante para su utilización, principalmente, en controlar cargas de volúmenes de aire entregadas a la cámara de combustión al controlar solamente el tiempo de abertura de la válvula de salida 50.

El uso de un estanque de aire común, o acumulador, como en la figura 5, puede reducir costos de fabricación. Aunque el estanque de aire común es ilustrado en la figura 5 como conectado directamente con los ductos de gas, un experto en la materia podría reconocer que el estanque de aire puede ser configurado para conectarse con el motor de ciclo dividido de otras maneras. Por ejemplo, el estanque de aire común puede ser parte integral del ducto de gas como en la figura 1 o puede ser conectado en paralelo con el ducto de gas como en la figura 6.

El ensamble de la figura 6, adicionalmente separa los efectos del estanque de aire 36 en las presiones dentro del ducto transversal 76 y permite una separación más completa de operación en el modo ICE del tanto el modo AC como el modo PCA.

Refiriéndose a las figuras 1 a 6 en general, una ventaja distintiva de la presente invención es que los sistemas híbridos de aire utilizando un motor de ciclo dividido 10, 74, 80, 84, 89 y 94 puede funcionar en varios modos operativos (ICE, AC y PAP) simultáneamente (o en paralelo) sobre el par de cilindros de compresión 16 y cilindros de potencia 14, en vez de ser restringido a operar cada modo en serie para cada cilindro. Esta capacidad



de modo paralelo inherente provee capacidades y aplicaciones adicionales para sistemas de aire de ciclo dividido.

Refiriéndose ahora a la figura 3, por ejemplo, bajo condiciones de carga parcial, el motor 80 puede simultáneamente operar en el modo ICE mientras carga continuamente el estanque de aire en el modo AC. Esto es, una carga completa de aire puede ser realizada para ingresar en cilindro de compresión 16 en un tiempo de admisión, donde es comprimido y forzado en el ducto de gas 76. Sin embargo, solamente una fracción de la carga de aire es requerida para operar el modo ICE bajo condiciones de carga parcial. En consecuencia, solamente una parte de la carga puede seguir al cilindro de potencia 14, mientras el restante de la carga puede dirigida al estanque de aire 36 para mantenerlo en plena carga. De esta manera, sistemas de aire de ciclo dividido tienen la habilidad de cargar continuamente sus estanques de aire bajo condiciones de carga parcial.

Adicionalmente, de manera muy similar, la energía gastada de los gases reescape puede ser recirculada tanto directamente o a través de un supercargador turbo, de vuelta en la admisión de un motor híbrido de aire de ciclo dividido 80 para ser almacenado como energía de aire comprimido en el estanque de aire 36. Ventajosamente, esta técnica de recuperación de energía de gases de escape mientras se opera bajo condiciones de carga parcial puede también utilizarse en aplicaciones estacionarias, e.g., en generadores estacionarios.

Aunque la invención ha sido descrita en referencia a ciertos ensambles específicos, debe entenderse que numerosos cambios pueden ser realizados dentro del espíritu y alcance de los conceptos inventivos divulgados. En consecuencia, es una intención que la invención no se limite a los ensambles descritos, pero que tenga el alcance completo definido por las palabras de las siguientes reivindicaciones.

## REIVINDICACIONES

1.- Un motor híbrido de aire de ciclo dividido CARACTERIZADO porque comprende:

un cigüeñal rotativo alrededor del eje del cigüeñal;

un pistón de potencia deslizable dentro de un cilindro de potencia y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de potencia pasa por un tiempo de expansión y un tiempo de escape en recíproco durante una sola vuelta del cigüeñal, el cilindro de potencia siendo selectivamente controlable ubicar el pistón de potencia en un modo de expansión o un modo pasivo;

un pistón de compresión deslizable dentro de un cilindro de compresión y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de compresión pasa por un tiempo de admisión y un tiempo de compresión en recíproco durante una sola vuelta del cigüeñal, siendo el cilindro de compresión selectivamente controlable para ubicar el pistón de compresión en un modo de compresión o un modo pasivo;

un estanque de aire operativamente conectado entre el cilindro de compresión y el cilindro de potencia y selectivamente operable para recibir aire comprimido desde el cilindro de compresión y entregar aire comprimido al cilindro de potencia para utilizar en transmitir potencia al cigüeñal durante la operación del motor; y

válvulas selectivamente controlando el flujo de gas dentro y fuera de los cilindros de compresión y potencia y el estanque de aire Tal que el motor es operable en al menos tres modos, incluyendo un modo de motor de combustión interna (ICE), un modo de compresor de aire (AC) y un modo de potencia de aire pre-comprimido (PAP), y donde:

en el modo ICE, el pistón de compresión y el pistón de potencia están en sus respectivos modos de compresión y potencia, donde el pistón de compresión admite y comprime el aire de admisión para uso en el cilindro de potencia, y aire comprimido es admitido al cilindro de potencia con combustible, al comienzo de un tiempo de expansión, que es encendido, quemado y expandido en el mismo tiempo de expansión del pistón de

potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal, y los productos de la combustión son expulsados en el tiempo de escape;

en el modo AC, el pistón de compresión está en el modo de compresión, admite y comprime aire, que es almacenado en el estanque de aire para uso posterior en el cilindro de potencia; y

en el modo PAP, el cilindro de potencia está en modo de potencia y recibe aire comprimido desde el estanque de aire que es expandido en el tiempo de expansión del pistón de potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal, el aire expandido es expulsado en el tiempo de escape, y aire comprimido del cilindro de compresión no es recibido en el estanque de aire.

2. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque en el modo PAP, combustible es mezclado con el aire comprimido al comienzo del tiempo de expansión y la mezcla es encendida, quemada y expandida en el mismo tiempo de expansión del pistón de potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal, y los productos de la combustión son expulsado en el tiempo de escape.

3. Un motor de acuerdo a la reivindicación 2, CARACTERIZADO porque en el modo PAP, el combustible es encendido dentro del rango de 5 a 40 grados del ángulo de rotación de manivela (CA) después que el pistón de potencia ha alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS).

4. Un motor de acuerdo a la reivindicación 3, CARACTERIZADO porque en modo PAP, combustible es encendido dentro de un rango de 10 a 30 grados de manivela (CA) después de que el pistón de potencia ha alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS).

5. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque en el modo PAP, el aire comprimido admitido al cilindro de potencia es expandido sin agregar combustible o iniciar la combustión.

6. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque el estanque de aire comprende un ducto de gas dimensionado para recibir y almacenar aire comprimido de una pluralidad de tiempos de compresión, el ducto de gas interconectando los cilindros de compresión y

potencia, el ducto de gas incluyendo una válvula de admisión y una válvula de salida definiendo una cámara de presión entre ellas.

7. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque incluye un ducto de gas que interconecta los cilindros de compresión y potencia, el ducto de gas incluye una válvula de admisión y una válvula de salida definiendo una cámara de presión entre ellas;

donde el estanque de aire es conectado por un ducto de estanque a la cámara de presión en un lugar entre la válvula de admisión y la válvula de salida.

8. Un motor de acuerdo a la reivindicación 7, CARACTERIZADO porque incluye una válvula de control de estanque en el ducto de estanque.

9. Un motor de acuerdo a la reivindicación 8, CARACTERIZADO porque el estanque de aire es un acumulador adaptado para mantener una presión relativamente constante dentro del mismo dentro de un rango de presión predeterminado.

10. Un motor de acuerdo a la reivindicación 7, CARACTERIZADO porque incluye múltiples pares de cilindros de compresión y de potencia interconectados por ductos de gas que tienen cámaras de presión, donde las cámaras de presión están todas conectadas con estanque de aire común.

11. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque incluye un ducto de gas que interconecta los cilindros de compresión y potencia, el ducto de gas incluyendo una válvula de admisión y de salida definiendo una cámara de presión entre ellas;

estando conectado el estanque de aire en paralelo con el ducto de gas con conexiones de admisión y salida desde el estanque de aire a los cilindros de compresión y potencia.

12. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque en modo ICE, combustible es encendido dentro de un rango de 5 a 40 grados de manivela (CA) después de que el pistón de potencia ha alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS).

13. Un motor de acuerdo a la reivindicación 12, CARACTERIZADO porque en modo ICE, combustible es encendido dentro de un rango de 10 a

30 grados de manivela (CA) después de que el pistón de potencia ha alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS).

14. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO el motor es operable en el modo ICE y el modo AC simultáneamente.

15. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque durante uno del modo ICE y el modo PAP, combustible es encendido dentro del rango de 5 a 40 grados de manivela (CA) después de que el pistón de potencia ha alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS).

16. Un motor de acuerdo a la reivindicación 15, CARACTERIZADO porque durante uno del modo ICE y el modo PAP, combustible es encendido dentro del rango de 10 a 30 grados de manivela (CA) después de que el pistón de potencia ha alcanzado su posición de punto muerto superior (PMS).

17. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque una relación de compresión y una relación de expansión del motor es igual o superior a 26 a 1.

18. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque una relación de compresión y una relación de expansión del motor es igual o superior a 40 a 1.

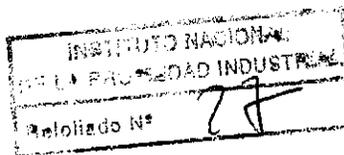
19. Un motor de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque una relación de compresión y una relación de expansión del motor es igual o superior a 80 a 1.

20. Un motor híbrido de aire de ciclo dividido de acuerdo a la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque incluye:

un cigüeñal rotativo alrededor del eje del cigüeñal;

un pistón de potencia deslizable dentro de un cilindro de potencia y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de potencia pasa por un tiempo de expansión y un tiempo de escape en-recíproco durante una sola vuelta del cigüeñal;

un pistón de compresión deslizable dentro de un cilindro de compresión y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de compresión pasa por un tiempo de admisión y un tiempo de compresión en recíproco durante una sola vuelta del cigüeñal;



un ducto de gas que interconecta los cilindros de compresión y potencia, el ducto de gas incluyendo una válvula de admisión y una válvula de salida definiendo una cámara de presión entre ellas;

un estanque de aire que es conectado a través de un primer ducto de estanque a la cámara de presión y un segundo ducto de estanque directamente al cilindro de compresión, el estanque de aire separado de la conexión directa con el ducto de gas y es conectado en paralelo con él, el estanque de aire es selectivamente operable para recibir aire comprimido desde el cilindro de compresión y entregar aire comprimido al cilindro de potencia para utilizar en transmitir la potencia al cigüeñal durante la operación del motor.

21. Un motor de acuerdo a la reivindicación 20, CARACTERIZADO porque incluye una primera válvula de control de estanque en el primer ducto de estanque y una segunda válvula de control en el segundo ducto de estanque.

22. Un motor de acuerdo a la reivindicación 20, CARACTERIZADO porque el motor es operable en al menos tres modos, incluyendo el modo de motor de combustión interna (ICE), el modo de compresor de aire (AC) y el modo de potencia de aire pre-comprimido (PAP), donde:

en el modo ICE, el pistón de compresión admite y comprime aire para uso del pistón de potencia, y el aire de admisión es admitido al cilindro de potencia con combustible, al comienzo de un tiempo de expansión, que es encendido, quemado y expandido en el mismo tiempo de expansión del pistón de potencia;

en el modo AC, el pistón de compresión admite y comprime aire que es almacenado en el estanque de aire para su posterior uso en el cilindro de potencia; y

en el modo PAP, el cilindro de potencia recibe aire comprimido almacenado desde el estanque de aire, y el aire del estanque es admitido al cilindro de potencia con combustible, en el comienzo del tiempo de expansión, el cual es encendido, quemado y expandido en el mismo tiempo de expansión del pistón de potencia.

23. Un motor de acuerdo a la reivindicación 22, CARACTERIZADO porque durante uno de los modos ICE o PAP, combustible es encendido dentro de un rango de 5 a 40 grados de manivela después que el pistón de potencia alcance su posición PMS.

24. Un motor de acuerdo a la reivindicación 23, CARACTERIZADO porque durante uno de los modo ICE o PAP, combustible es encendido dentro de un rango de 10 a 30 grados de manivela después de que el pistón de potencia alcance su posición PMS.

25. Un motor de acuerdo a la reivindicación 22, CARACTERIZADO porque el motor es operable en el modo ICE y en el modo AC simultáneamente.

26. Un motor híbrido de aire de ciclo dividido de acuerdo a la reivindicación 1 CARACTERIZADO porque incluye:

un pistón de potencia deslizable dentro de un cilindro de potencia y operativamente conectado a un cigüeñal tal que el pistón de potencia pasa por un tiempo de expansión y un tiempo de escape en recíproco durante una sola vuelta del cigüeñal;

un pistón de compresión deslizable dentro de un cilindro de compresión y operativamente conectado al cigüeñal tal que el pistón de compresión pasa por un tiempo de admisión y un tiempo de compresión en recíproco durante una sola vuelta del cigüeñal;

un estanque de aire que es operativamente conectado entre el cilindro de compresión y el cilindro de potencia y operable para recibir aire comprimido del cilindro de compresión y entregar aire comprimido al cilindro de potencia para usar en transmitir la potencia al cigüeñal durante la operación del motor; y

válvulas para controlar el flujo de gas hacia adentro y hacia fuera del cilindro de compresión y el cilindro de potencia y el estanque de aire, donde:

el cilindro de potencia es selectivamente operable para poner el pistón de potencia en los siguientes modos:

(27)

un modo de potencia, donde aire comprimido del estanque de aire o el cilindro de compresión es suministrado, con o sin combustible, al cilindro de potencia; y

un modo pasivo, donde aire comprimido del estanque de aire o el cilindro de compresión no es suministrado al cilindro de compresión.

27. Un motor de acuerdo con la reivindicación 26, CARACTERIZADO porque el cilindro de potencia es selectivamente operable para poner el pistón de compresión en los siguientes modos:

un modo de compresión, donde el aire comprimido es recibido del estanque de aire o del cilindro de compresión; y

un modo pasivo, donde el aire comprimido del estanque de aire o del cilindro de potencia no es entregado al cilindro de potencia.

28. Un motor de acuerdo con la reivindicación 27, CARACTERIZADO porque incluye adicionalmente:

un mecanismo de control operable para seleccionar cualquiera de al menos dos de los siguientes modos de operación del motor:

un modo de motor de combustión interna, donde al menos parte del aire comprimido del cilindro de compresión es entregado, con combustible, al cilindro de potencia;

un modo de compresor de aire, donde aire comprimido del cilindro de compresión es recibido en el estanque de aire pero aire comprimido del estanque de aire no es entregado al cilindro de compresión; y

un modo de potencia de aire pre-comprimido, donde aire comprimido del estanque de aire es entregado, con o sin combustible, al cilindro de potencia pero aire comprimido del cilindro de compresión no es recibido en el estanque de aire.

29. Un motor de acuerdo con la reivindicación 28, CARACTERIZADO porque el mecanismo de control comprende:

una válvula de control de salida de estanque, operativamente conectada entre el estanque de aire y el cilindro de potencia, y operable para controlar el flujo de aire comprimido desde el estanque de aire al cilindro de potencia; y



una válvula de control de admisión, ubicada en un puerto de admisión de cilindro de compresión y operable para controlar el aire ingresado al cilindro de compresión.

30. Un motor de acuerdo con la reivindicación 29, CARACTERIZADO porque el mecanismo de control incluye adicionalmente una unidad de control para operar selectivamente e independientemente las válvulas de control de salida y de control de admisión del estanque.

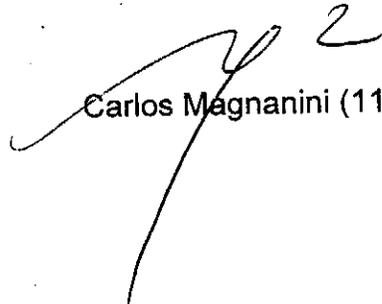
31. Un motor de acuerdo con la reivindicación 29, CARACTERIZADO porque está configurado de modo que cuando es operado en modo de potencia de aire pre-comprimido, el combustible es mezclado con el aire comprimido entregado al cilindro de potencia al comienzo de un tiempo de expansión y la mezcla es encendida, quemada y expandida en dicho tiempo de expansión del pistón de potencia, transmitiendo potencia al cigüeñal, y los productos de la combustión son expulsados en el siguiente tiempo de escape.

32. Un motor de acuerdo con la reivindicación 29, CARACTERIZADO porque está configurado de modo que cuando es operado en modo de potencia de aire pre-comprimido, el aire comprimido entregado al cilindro de potencia es expandido sin agregar combustible o iniciar una combustión.

33. Un motor de acuerdo con la reivindicación 27, CARACTERIZADO porque incluye adicionalmente un ducto transversal de gas que interconecta los cilindros de compresión y potencia, el ducto transversal de gas incluye una válvula de admisión y una válvula de salida que definen una cámara de presión entre ellas, las válvulas siendo operables independientemente.

34. Un motor de acuerdo con la reivindicación 33, CARACTERIZADO porque el estanque de aire está conectado con el ducto transversal de gas a través de una válvula de control de estanque.

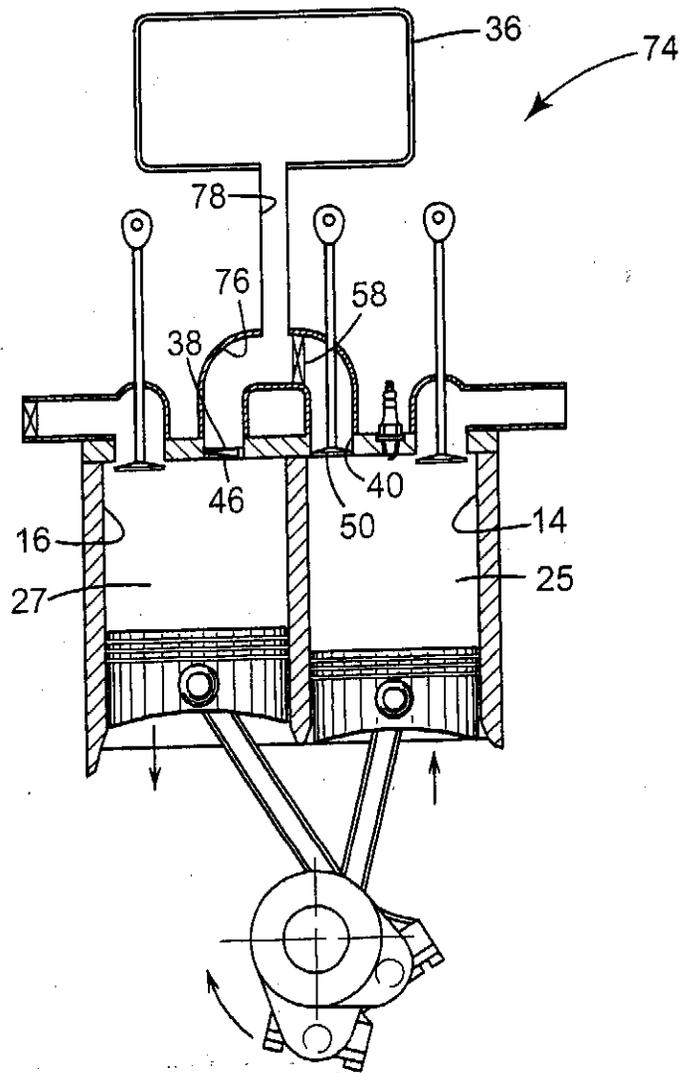
p.p. Scuderi Group, LLC

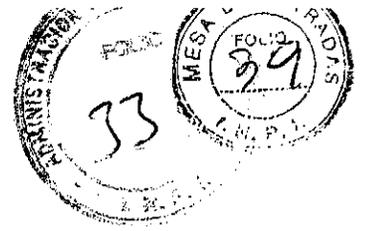
  
Carlos Magnanini (1102)





**FIG. 2**





**FIG. 3**

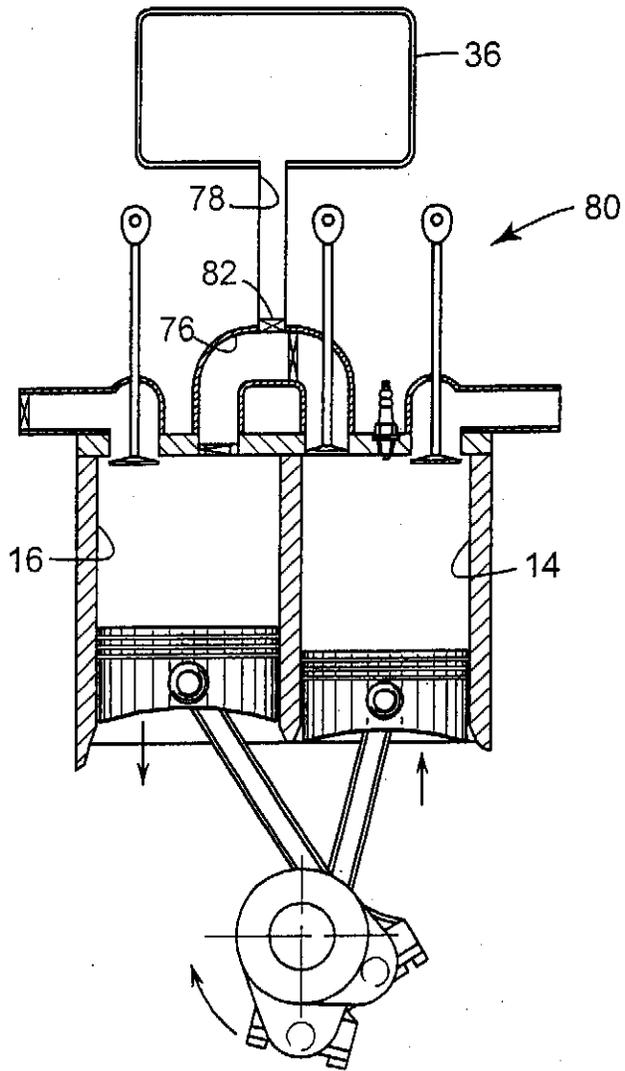


FIG. 4

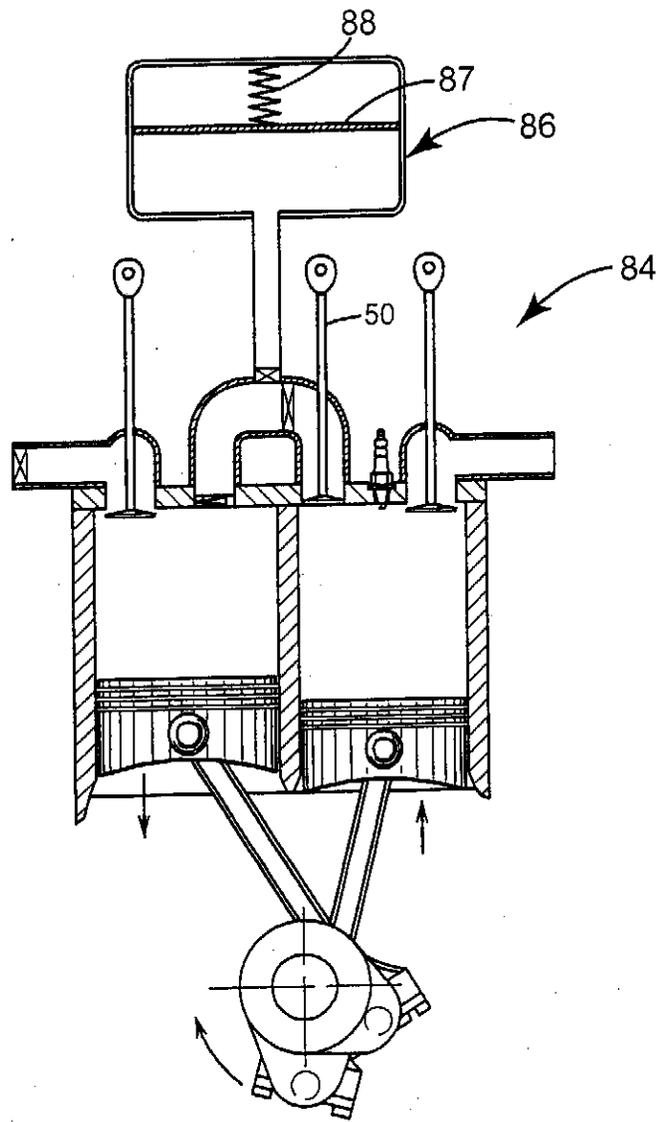


FIG. 5

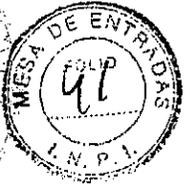
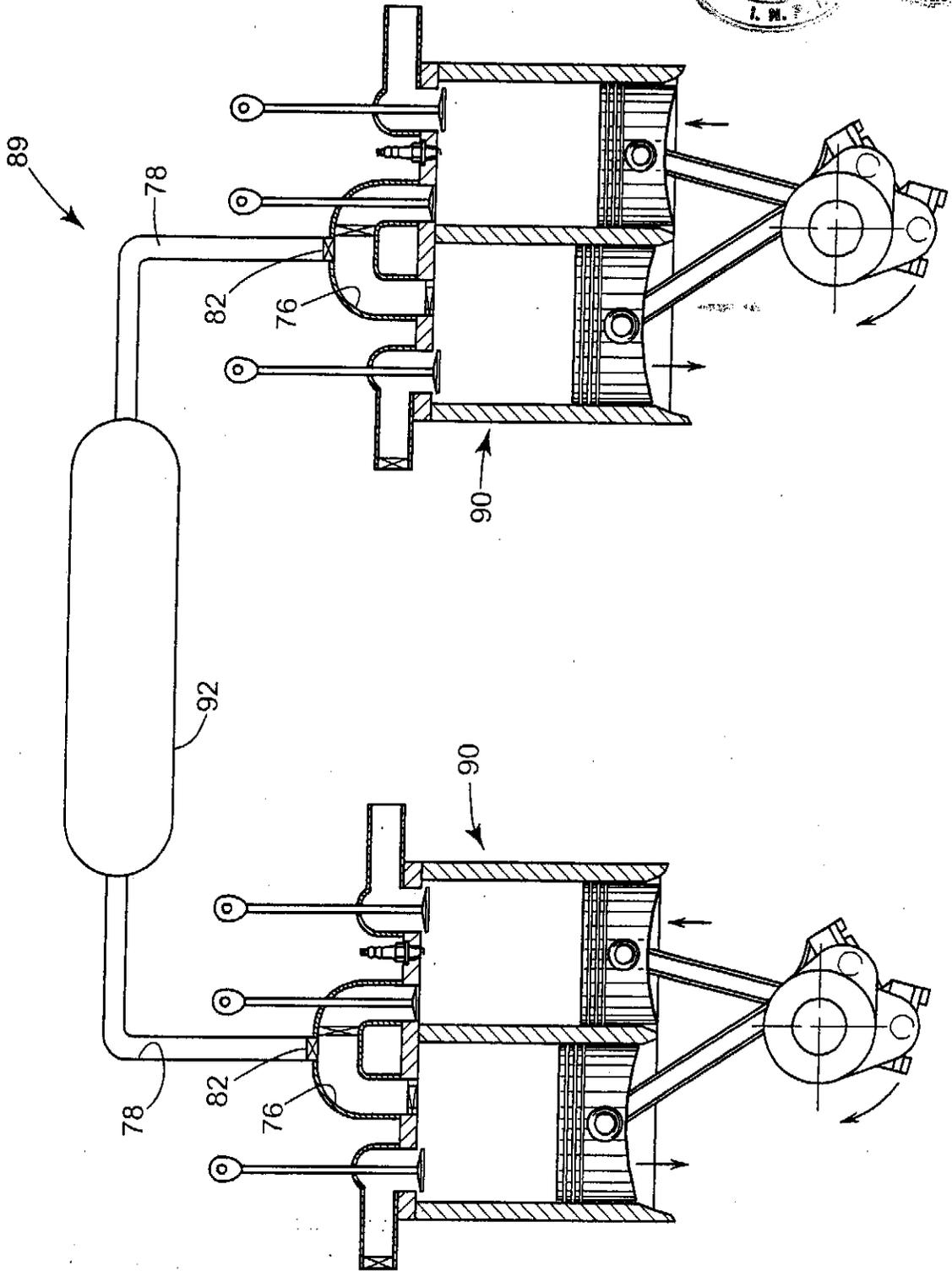


FIG. 6

