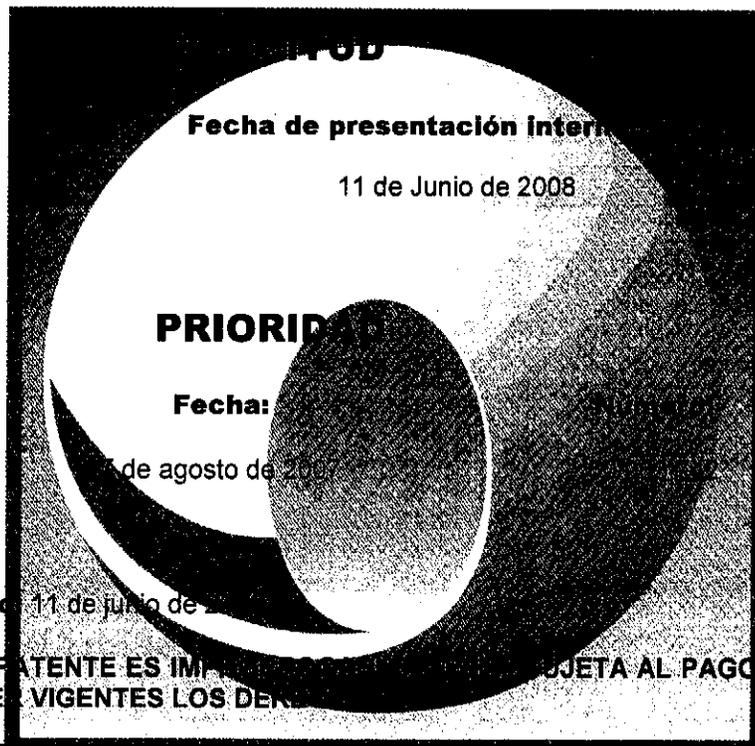


## TÍTULO DE PATENTE NO. 300073

**Titular(es):** SCUDERI GROUP LLC  
**Domicilio(s):** 1111 Elm Street, Suite 4, West Springfield, Massachusetts, 01089, E.U.A.  
**Denominación:** MOTOR DE CICLO DIVIDIDO CON PASAJE DE CRUCE HELICOIDAL.  
**Clasificación:** Int.CI.8: F02B33/22  
**Inventor(es):** MARK TUSSING; WEI LI; GARETH ROBERTS



**Vigencia:** Veinte años

**Fecha de Vencimiento:** 11 de junio de 2028

LA VIGENCIA DE ESTA PATENTE ES IMPROCEDENTE SI NO SE SUJETA AL PAGO DE LA TARIFA PARA MANTENER VIGENTES LOS DERECHOS

**Fecha de expedición:** 8 de junio de 2012

**EL DIRECTOR DIVISIONAL DE PATENTES**

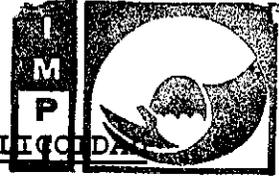
  
**QUÍM. FABIÁN R. SALAZAR GARCÍA**



300073  
8/6/12

1

MX/a/2009/01/293



MOTOR DE CICLO DIVIDIDO CON PASAJE DE CRUCE HELICOIDAL

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

La presente invención se refiere a una combustión interna. Más específicamente, la presente invención

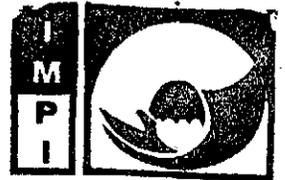
5 se refiere a un motor de ciclo dividido que tiene un cilindro de compresión y un cilindro de expansión interconectados por pasajes de cruce helicoidal tangencial doble.

Para propósitos de claridad, el término "motor convencional" como se utiliza en la presente solicitud se  
10 refiere a un motor de combustión interna donde las cuatro carreras del ciclo Otto bien conocido (es decir, las carreras de admisión, compresión, expansión y escape) se contienen en cada combinación de pistón/cilindro del motor. También, para  
propósitos de claridad, la siguiente definición se ofrece  
15 para el término "motor de ciclo dividido" que puede aplicarse a motores descritos en la técnica anterior y como se refiere en la presente solicitud.

Un motor de ciclo dividido como se refiere en la presente comprende:

20 un cigüeñal que puede girar sobre un eje de cigüeñal;

) un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de  
25 compresión alterna a través de una carrera de admisión y una



carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal, un pistón de expansión (potencia) recibido deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en

Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

5 forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal; y un pasaje de cruce (lumbreira) que interconecta los cilindros de compresión y expansión, el pasaje de cruce incluye una válvula de compresión de cruce (XovrC) y una

10 válvula de expansión de cruce (XovrE) que definen una cámara de presión entre las mismas.

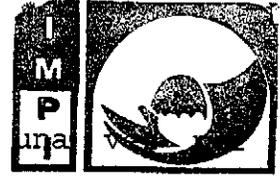
La Patente Norteamericana 6,543,225 concedida el 8 de abril de 2003 para Carmelo J. Scuderi contiene una discusión extensiva de motores de ciclo dividido y tipo

15 similares. Además, la patente describe detalles de una versión anterior de un motor de la cual la presente invención comprende un desarrollo adicional.

Con referencia a la FIGURA 1, una modalidad ejemplar de un concepto de motor de ciclo dividido de la

20 técnica anterior del tipo descrito en la patente Norteamericana 6,543,225 se muestra generalmente por el número 10. El motor 10 de ciclo dividido reemplaza dos cilindros adyacentes de un motor de cuatro carreras convencional con una combinación de un cilindro 12 de

25 compresión y un cilindro 14 de expansión. Estos dos cilindros



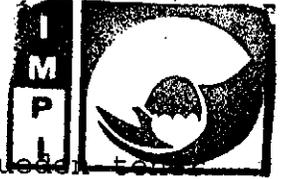
Instituto  
Mexicano  
de Investigación y  
Tecnología Industrial

12, 14 desempeñan sus funciones respectivas  
 revolución del cigüeñal 16. El aire de admisión y la carga  
 combustible se extraen en el cilindro 12 de  
 través de válvulas 18 de admisión tipo barras típicas. El

5 pistón 20 de compresión presuriza la carga e impulsa la carga  
 a través del pasaje 22 de cruce, el cual actúa como el pasaje  
 de admisión para el cilindro 14 de expansión.

Una válvula 24 de compresión (XovrC) de cruce tipo  
 retención en la entrada del pasaje de cruce se utiliza para  
 10 evitar el flujo inverso del pasaje 22 de cruce. Una válvula  
 26 de expansión de cruce (XovrE) en la salida del pasaje 22  
 de cruce controla el flujo de la carga de admisión  
 presurizada de modo que la carga completamente entra al  
 cilindro 14 de expansión brevemente después de que el pistón  
 15 30 de expansión alcanza su posición de punto muerto superior.  
 La bujía 28 se enciende poco después de que la carga de  
 admisión entra al cilindro 14 de expansión y la combustión  
 resultante impulsa el pistón 30 de expansión. Los gases de  
 escape se bombean del cilindro de expansión a través de las  
 20 válvulas 32 de escape de barra.

Con el concepto de motor de ciclo dividido, los  
 parámetros geométricos del motor (es decir, el diámetro  
 interno, la carrera, la longitud de la biela, la relación de  
 compresión, etc.) de los cilindros de compresión y expansión  
 25 generalmente son independientes entre sí. Por ejemplo, las

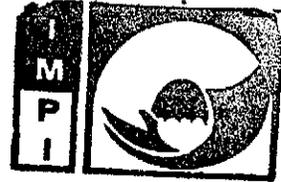


Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

cigüeñas 34, 36 del cigüeñal para cada cilindro pueden tener diferentes radios y desfasarse entre sí con el punto muerto superior (TDC) del pistón 30 de expansión que se presenta antes de TDC del pistón 20 de compresión. Esta independencia permite al motor de ciclo dividido lograr potencialmente mayores niveles de eficiencia y mayores torsiones que los motores de cuatro carreras típicos.

Una de las diferencias del motor 10 de ciclo dividido, en comparación con el motor de combustión interna convencional, es que su movimiento de carga debe comenzar después que el pistón 30 de expansión alcanza el TDC durante la carrera de expansión en el cilindro 14 de expansión, mientras el movimiento de carga en un motor convencional alcanza aproximadamente 360 grados de ángulo de cigüeñal (CA) antes del punto muerto superior (BTDC) de la carrera de expansión (es decir, al comienzo de la carrera de admisión). Esto permite al motor convencional más tiempo, con respecto a un motor de ciclo dividido para desarrollar un movimiento de carga adecuado para ayudar en la mezcla y combustión de combustible/aire.

El movimiento de carga es necesario para la combustión de ignición de chispa (SI) satisfactoria. Por consiguiente, existe la necesidad de generar rápidamente movimiento de carga en un motor de ciclo dividido para mezclar rápidamente y distribuir en forma adecuada una carga



de combustible/aire antes del inicio de la combustión, la cual se presenta aproximadamente 15-20° CA después del punto muerto superior (ATDC). Adicionalmente, un movimiento apropiado del combustible/aire debe presentarse durante la fase principal de combustión, la cual es aproximadamente 20-40° CA ATDC, dependiendo de las condiciones de operación.

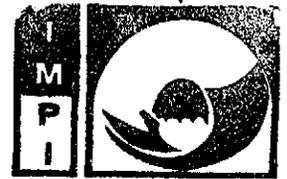
Un motor de ciclo dividido de acuerdo con la invención puede incluir un cigüeñal que puede girar sobre un eje de cigüeñal del motor;

10 un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

15 un pistón de expansión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal; y

20 un pasaje de cruce helicoidal que interconecta los cilindros de compresión y expansión, el pasaje de cruce helicoidal incluye:

) una válvula de compresión de cruce y una válvula de expansión de cruce que definen una cámara de presión entre  
25 las mismas,



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

una sección móvil generalmente recta en una corriente abajo del pasaje de cruce helicoidal, y una sección extrema helicoidal integralmente a la sección móvil y dispuesta sobre la válvula de expansión de cruce, la válvula de expansión de cruce tiene una vástago de válvula y cabezal, la sección extrema helicoidal encierra un embudo que se mueve en espiral alrededor del vástago de válvula, donde el embudo obliga al aire entrante a girar sobre el vástago de válvula antes de entrar al cilindro de expansión para promover el desarrollo de energía cinética turbulenta y remolino en la carga de aire/combustible distribuida al cilindro de expansión.

Características adicionales pueden incluir:

Orientación de las secciones móviles rectas en tangente o posiciones radiales con respecto a la periferia del cilindro de expansión;

Orientación de las secciones extremas del pasaje de cruce en dirección de las manecillas del reloj, en dirección contraria a las manecillas del reloj y posiciones dirigidas.

Estas y otras características y ventajas de la invención se entenderán más completamente a partir de la siguiente descripción de ciertas modalidades ejemplares tomadas junto con los dibujos anexos.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La FIGURA 1 es una vista en sección transversal de



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

un motor de ciclo dividido de la técnica anterior relacionada con el motor de la invención;

la FIGURA 2 es una vista en gráfica de las secciones extremas móvil y helicoidal rectas de una porción corriente abajo de un pasaje helicoidal dispuesto sobre una válvula de barra, vista desde el lado extremo helicoidal;

la FIGURA 3 es una vista similar a la FIGURA 2 pero desde el lado móvil recto;

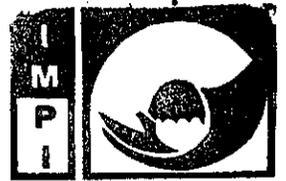
la FIGURA 4 es una vista en sección transversal de la línea 4-4 de la FIGURA 5 de un motor de ciclo dividido ejemplar con pasajes de cruce helicoidales de acuerdo con la presente invención;

la FIGURA 5 es una vista superior del motor de ciclo dividido de la FIGURA 4;

la FIGURA 6 es una vista en gráfico de una cara interna del cabezal de cilindro de expansión con la lumbrera de escape interna y las porciones corriente abajo del pasaje de cruce y válvulas;

las FIGURAS 7-9 son vistas superiores de las porciones corriente abajo del pasaje de cruce ejemplares en el cilindro de expansión que incluyen las secciones móviles rectas tangentes y radiales con secciones extremas helicoidales y directas en dirección de las manecillas del reloj y en dirección contraria a las manecillas del reloj;

la FIGURA 10 es una gráfica de una rejilla de



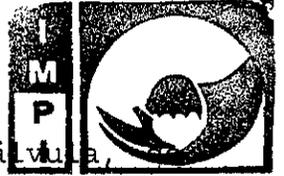
explicación que indica la relación de remolino y los valores previstos de energía cinética turbulenta para combinaciones de pasaje de cruce doble; y

la FIGURA 11 es una vista superior similar a la FIGURA 5 pero que ejemplifica una de las diversas configuraciones del paso de cruce alternativo.

#### GLOSARIO

El siguiente glosario de acrónimos y definición de términos utilizados en la presente se proporciona para referencia:

Pasaje Helicoidal (o lumbrera Helicoidal): Con referencia a las FIGURAS 2 y 3, un pasaje helicoidal es un pasaje de conexión (lumbrera), el cual típicamente enlaza un colector de entrada a una válvula de entrada en una culata de cilindro de un motor convencional. La porción corriente abajo del pasaje helicoidal incluye una sección móvil generalmente recta conectada integralmente una sección extrema helicoidal, la cual se dispone sobre una válvula de entrada que tiene un vástago y un cabezal que abre hacia un cilindro (no mostrado). El área de flujo dentro de la sección extrema helicoidal se dispone en un embudo circunferencial y descendente alrededor del vástago de válvula llevado en diámetro interno de la sección extrema. El embudo gira en espiral sobre por lo menos un tercio de una vuelta, y de preferencia entre la mitad y tres



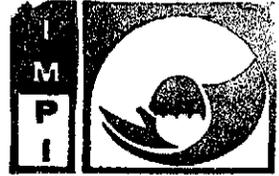
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

cuartos de una vuelta, sobre el vástago 42 de válvula, modo que el aire entrante se hace girar sobre el vástago de válvula antes de entrar al cilindro. El techo embudo 44 se reduce en altura cuando el embudo 44 gira en espiral alrededor del vástago 42 de válvula.

Remolino: La rotación organizada de la carga (aire) sobre el eje de cilindro. Más específicamente, "volumen" remolino de aire o mezcla de combustible/aire en un cilindro de un motor es la rotación del cuerpo principal, es decir, en "volumen", del aire o mezcla de combustible/aire, sobre la línea central del cilindro, medida sobre una carrera de inducción (o admisión). El remolino en volumen es un concepto de parámetro o promedio del movimiento de aire variable verdadero que se presenta en un cilindro durante la inducción. De acuerdo con el concepto de remolino en volumen, el remolino es un vórtice centrado sobre el eje del cilindro principal, con la máxima velocidad del remolino en la periferia del cilindro.

Relación del Remolino (SR): La frecuencia rotacional conceptual métrica del cuerpo principal, es decir, "volumen", del aire o mezclas de combustible/aire, sobre la línea central del cilindro, medida sobre una carrera de inducción (o admisión) y referida a la velocidad rotacional del motor, es decir:

Relación del remolino = Frecuencia rotacional de



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

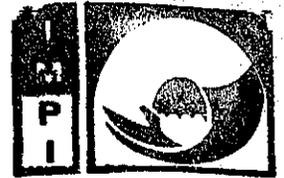
aire en la velocidad del cilindro/motor.

Turbulencia y micro turbulencia: Los movimientos de remolino de pequeña escala, normalmente asociados con pocas porciones individuales del aire. La frecuencia de la turbulencia y los remolinos de micro turbulencia abarcan 10-10,000 Hz y más, mientras el diámetro de la micro turbulencia variará inversamente con la frecuencia de una pequeña parte del cilindro (varios milímetros) a micrones. La turbulencia de alta frecuencia normalmente sólo persiste durante periodos muy cortos, por ejemplo, 2-5 grados de ángulo de cigüeñal, debido a la disipación viscosa.

Energía Cinética Turbulenta (TKE): La energía cinética promedio por unidad de masa de aire asociada con los remolinos en el flujo de aire turbulento de un motor.

#### DESCRIPCIÓN

Con referencia las FIGURAS 4 y 5 de los dibujos en detalle, el número 50 generalmente indica una modalidad ejemplar de un motor de ciclo dividido que tiene pasajes 78 de cruce helicoidal tangencial doble de acuerdo con la presente invención. Como se discutirá en mayor detalle en la presente, las porciones corriente abajo del hospedaje 78 de cruce helicoidal incluyen secciones 100 móviles tangenciales conectadas integralmente a secciones 102 extremas helicoidales las cuales promueven ventajosamente la rápida mezcla de combustible/aire durante la carrera de expansión



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

del motor 50 de ciclo dividido.

El motor 50 incluye un cigüeñal 52 que puede girar sobre un eje 54 de cigüeñal en una dirección de las manecillas del reloj como se muestra en el dibujo. El  
5 cigüeñal 52 incluye cigüeñas 56, 58 del cigüeñal delantera y trasera angularmente desplazadas adyacentes conectadas a bielas 60, 62, respectivamente.

El motor 50 además incluye un bloque 64 'de cilindros que define un par de cilindros adyacentes. En particular, el motor 50 incluye un cilindro 66 de compresión  
10 y un cilindro 68 de expansión cerrados por una culata 70 de cilindro en un extremo superior de los cilindros opuesto al cigüeñal 52.

Un pistón 72 de compresión se recibe en el cilindro  
15 66 de compresión y se conecta a la biela 62 para la reciprocidad del pistón 72 entre las posiciones del punto muerto superior (TDC) y el punto muerto inferior (BDC). Un pistón 74 de expansión se recibe en el cilindro 68 de expansión y se conecta a la biela 60 delantera para una  
20 reciprocidad similar de TDC/BDC.

La culata 70 de cilindro proporciona la estructura para el flujo de gas dentro, fuera y entre los cilindros 66,  
) 68. En el orden del flujo de gas, la culata 70 de cilindro incluye un pasaje 76 de admisión a través del cual el aire de  
25 admisión se extrae hacia el cilindro 66 de compresión, un par



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

de pasajes 78 (Xovr) de cruce helicoidal tangencial a través  
de los cuales el aire comprimido se transfiere desde  
cilindro 66 de compresión hasta el cilindro 68 de expansión  
y el pasaje 80 de escape a través del cual los gases  
5 consumidos se descargan desde el cilindro 68 de expansión.

El flujo de gas hacia el cilindro 66 de compresión  
es controlado por una válvula 82 de admisión tipo barra que  
se abre hacia dentro. El flujo de gas dentro y fuera de cada  
pasaje 78 de cruce helicoidal puede ser controlado por un par  
10 de válvulas de barra que se abren hacia fuera, es decir, las  
válvulas 84 de compresión de cruce (XovrC) en los extremos de  
entrada de los pasajes de cruce helicoidal y las válvulas 86  
de expansión de cruce (XovrE) en los extremos de salida de  
los pasajes de cruce helicoidal. Cada par de válvulas 84, 86  
15 de cruce define una cámara 87 de presión entre las mismas, en  
sus pasajes de cruce respectivos. El flujo de gas de escape  
fuera del pasaje 80 de escape es controlado por una válvula  
88 de escape tipo barra que se abre hacia dentro. Estas  
válvulas 82, 84, 86 y 88 pueden ser accionadas en cualquier  
20 forma adecuada tal como por medio de levas impulsadas  
mecánicamente, tecnología de accionamiento de válvula  
variable, o similares.

Cada pasaje 78 de cruce helicoidal tiene por lo  
menos un inyector 90 de combustible de alta presión dispuesto  
25 en el mismo. Los inyectores 90 de combustible son operativos



para inyectar combustible en la carga de aire comprimido dentro de las cámaras 87 de presión de los pasajes 78 de cruce helicoidal.

**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

El motor 50 también incluye una o más bujías y otros dispositivos de ignición. Las bujías 90 se localizan en lugares apropiados en el extremo del cilindro 68 de expansión donde una carga de combustible y aire mezclados puede encenderse y quemarse durante la carrera de expansión.

Con referencia a la FIGURA 6, una vista en primer plano se muestra en el interior de la cabeza 70 cilíndrico y los pasajes que incluyen el pasaje 80 de escape y las porciones corriente debajo de los pasajes 78 de cruce helicoidal tangencial doble. Como se discute previamente, una carga de combustible/aire debe fluir desde los pasajes 78 de cruce hacia el cilindro 68 de expansión donde se realiza la combustión durante la carrera de expansión y al final se descarga a través del pasaje 80 de escape durante la carrera de escape. Antes de la combustión, la carga de combustible/aire debe mezclarse rápidamente y distribuirse uniformemente en el cilindro 68 de expansión.

Ambos pasajes 78 de cruce se construyen con una sección 100 móvil tangencial generalmente recta conectada integralmente a una sección 102 extrema helicoidal en dirección contraria a las manecillas del reloj, la cual se dispone sobre la válvula 86 de expansión de cruce tipo barra



que se abre hacia fuera. Opcionalmente, cada sección 102 móvil puede orientarse tangencial o radialmente con respecto al cilindro 68 de expansión, tal orientación determina la dirección de flujo en volumen de la carga de combustible/aire conforme entra al cilindro. 68. También, opcionalmente, cada sección 102 extrema helicoidal puede girar en espiral en dirección de las manecillas del reloj o en dirección contraria a las manecillas del reloj, tal dirección rotacional determina la dirección de rotación o giro (si lo hubiera) de la carga de combustible/aire que tendrá conforme entra al cilindro 68.

Alternativamente, si la sección extrema del pasaje 78 de cruce no incluye una espiral helicoidal, el pasaje de cruce se conoce como pasaje de cruce dirigido (o lumbrera de cruce dirigida) la cual puede determinar el flujo en volumen o remolino, pero la carga de combustible/aire no tiene un giro rotacional específico conforme entra al cilindro 68 de expansión.

En la modalidad de la FIGURA 6, cada sección 102 extrema helicoidal de la dirección contraria a las manecillas del reloj incluye un embudo 104 que gira en espiral en una dirección contraria a las manecillas del reloj sobre un vástago 106 de válvula llevado en un diámetro 108 interno, a través del cual el vástago de válvula de cada válvula 86 de expansión de cruce que se abre hacia fuera se extiende. El



embudo 104 en espiral obliga al aire entrante a girar sobre el vástago 106 de válvula antes de entrar al cilindro 68 de expansión. El vástago de válvula lleva un cabezal 109 de válvula que se abre hacia fuera, el cual se mantiene cerrado, parcialmente por la presión en la cámara 87 de presión, cuando se asienta la válvula.

Cada sección 100 móvil es tangencial al perímetro del cilindro 68 de expansión. Es decir, cada sección 100 móvil dirige el flujo de aire hacia el embudo 104 en una trayectoria de flujo que es aproximadamente paralela (es decir, de preferencia más o menos 20 grados, de mayor preferencia más o menos 10 grados y de mayor preferencia más o menos 5 grados) a una línea tangencial que se extiende a través de un punto en el perímetro del cilindro 68 de expansión el cual está más cercano al vástago de válvula. El vástago 106 de válvula lleva un cabezal 109 de válvula que se abre hacia fuera la cual se mantiene cerrada, parcialmente por la presión en la cámara 87 de presión, cuando se asienta la válvula. Esta combinación de pasajes 78 de cruce helicoidal tangencial doble en los cuales las secciones 102 extremas helicoidales giran en espiral en la misma dirección se ha encontrado que promueve mayormente la rápida mezcla de aire/combustible en el motor 50 de ciclo dividido.

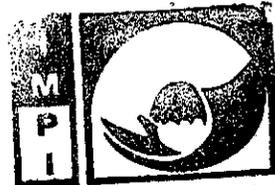
Con referencia a las FIGURAS 7-9, las seis combinaciones posibles de secciones móviles tangenciales o



radiales, más las secciones extremas helicoidales en dirección contraria a las manecillas del reloj, helicoidales en dirección de las manecillas de reloj o dirigidas se ilustran. En la FIGURA 7, el pasaje 110 de cruce incluye una sección 112 móvil tangencial (tan) con una sección 114 helicoidal en dirección contraria a las manecillas del reloj (ccw) como se ilustra previamente en la FIGURA 6, y el pasaje 116 de cruce incluye una sección 118 móvil tangencial con una sección 120 helicoidal en dirección de las manecillas del reloj (cw).

En la FIGURA 8, el pasaje 122 de cruce incluye una sección 124 móvil radial (rad) con una sección 126 helicoidal en dirección contraria a las manecillas del reloj, y el pasaje 128 de cruce incluye una sección 130 móvil radial con una sección 132 helicoidal en dirección de las manecillas del reloj. Las secciones 124 y 130 móviles radiales y el flujo de aire directo hacia los embudos de las secciones 126 y 132 helicoidales, respectivamente, en una trayectoria de flujo que es aproximadamente radial (es decir, de preferencia más o menos 20 grados, de mayor preferencia más o menos 10 grados y de mayor preferencia más o menos 5 grados) al centro del cilindro 68 de expansión.

En la FIGURA 9, el pasaje 134 de cruce incluye una sección 136 móvil radial con una sección 138 extrema dirigida (dir), y el pasaje 140 de cruce incluye una sección 142 móvil



tangencial con una sección 144 extrema dirigida. **Instituto Mexicano de Estadística y Geografía**  
secciones 138 y 144 extremas dirigidas no imparten ninguna **Industria**  
rotación específica a la carga de combustible/aire conforme  
entra al cilindro 68 de expansión. Sin embargo, la  
5 trayectoria de flujo en volumen de la carga aún es  
determinada por la orientación de las correderas 136 y 142,  
es decir, hacia el centro del cilindro 68 de expansión para  
la corredera 136 radial y tangencialmente a lo largo del  
perímetro del cilindro 68 para la corredera 142 tangencial.

10 En un motor convencional, el método aceptado para  
lograr el movimiento de aire apropiado para la combustión  
depende ampliamente de dos fenómenos separados conocidos como  
remolino y turbulencia. El remolino es la generación de un  
movimiento rotacional en volumen de aire en el cilindro, tal  
15 como un vórtice de rotación grande, con un diámetro exterior  
enlazado por el diámetro interior del cilindro, de modo que  
existe una energía cinética considerable en el aire. Este  
movimiento de remolino en volumen se transforma en  
turbulencia durante las fases posteriores de compresión. Más  
20 específicamente, el movimiento de remolino se transforma en  
"micro-turbulencia" de muy pequeña escala, es decir, una  
pluralidad de vórtices a mini escala en el orden de 1/100,000  
a 1/100 del diámetro de cilindro. Estos vórtices de micro-  
turbulencia idealmente se encuentran en la zona de combustión  
25 del momento apropiado de modo que pueden reducir el frente de

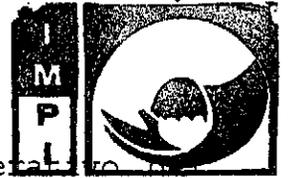


la flama para crear una mayor área para que se propague flama, es decir, para acceder al combustible y <sup>aire no quemados.</sup>

**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

En motores convencionales, las lumbreras de entrada  
5 (o pasajes) son responsables de la generación del remolino en  
volumen durante la carga de admisión, mientras el  
acercamiento de la corona del pistón hacia la culata de  
cilindro alrededor de TDC es responsable de la transformación  
del remolino en turbulencia. Los pasajes de entrada por lo  
10 tanto son desarrollados para desarrollar su capacidad de  
hacer remolinos, clasificado en términos de "relación de  
remolino" (SR), lo cual relaciona la velocidad del vórtice  
con la velocidad del motor. La relación de remolino puede  
medirse utilizando un dispositivo de flujo especializado o  
15 más recientemente puede calcularse utilizando técnicas  
dinámicas de fluido computacionales (CFD). Utilizando CFD,  
también es posible modelar la conversión subsiguiente del  
remolino en turbulencia, lo cual es pesadamente influenciado  
por la forma de las características de la cámara de  
20 combustión en la cabeza y/o pistón. Uno de los parámetros  
utilizados para evaluar el nivel de turbulencia es la Energía  
Cinética Turbulenta (TKE), la cual es una medida del momento  
total de todos los vórtices, grande y pequeño.

Para motores convencionales, el desarrollo de estos  
25 dos procesos se trata en forma muy separada, ya que se

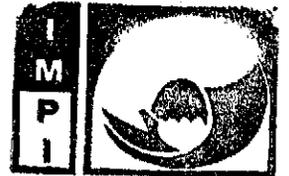


Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

presenta en diferentes momentos en el ciclo operativo del motor, es decir, el remolino durante la carga de admisión y la turbulencia durante la carga de compresión. Sin embargo, en el motor 50 de ciclo dividido, debido al influjo de aire de los pasajes 78 de cruce hacia el cilindro 68 de expansión se presenta muy cercano a TDC, los pasajes de cruce deben ser responsables de la generación de remolino y turbulencia.

Las disposiciones de pasaje que son adecuadas para la generación de remolino se establecen en forma muy razonable para motores convencionales; sin embargo, no se sabe previamente si estas mismas disposiciones también serían efectivas en el motor 50 de ciclo dividido. Adicionalmente, el grado de incertidumbre del efecto de las disposiciones de pasaje sobre el remolino en el motor 50 de ciclo dividido se calculó debido a que el motor 50 incluye válvulas 86 de XovRE de barra que se abren hacia fuera, las cuales abren lejos del cilindro 68 de expansión, mientras que los motores convencionales casi utilizan universalmente válvulas de barra que se abren hacia dentro las cuales se abren hacia un cilindro de expansión convencional. Además, no se sabe previamente cómo la generación de remolino se relacionó con TKE.

Además, el efecto de cada una de las seis configuraciones del pasaje 38 de cruce ilustrado en las FIGURAS 7-9 sobre remolino y turbulencia en el motor 50 de



ciclo dividido no se sabe previamente. Adicionalmente, pu  
que existen dos pasajes 78 de cruce individuales, existe un  
total de por lo menos 36 configuraciones combinadas posibles  
del pasaje de cruce para cada cilindro 68 de expansión, y  
5 tampoco se sabe cómo cada configuración de pasaje de cruce  
doble pudiera afectar el remolino y la turbulencia.

Con referencia a la FIGURA 10, por consiguiente, un  
estudio de CFD de pronóstico exhaustivo se realizó en el cual  
36 configuraciones de pasaje de cruce se compararon con el  
10 movimiento de carga óptimo para el motor 50 de ciclo  
dividido. La gráfica 150 muestra los resultados de ese  
estudio. La rejilla 166 de datos, la cual se extiende  
horizontalmente en la parte inferior de la gráfica 150 y se  
dispone en 36 columnas y 5 filas, representa las 36  
15 combinaciones posibles de parámetro para los pasajes 78 de  
cruce doble. Los valores relativos de la energía cinética  
turbulenta se llevaron a cabo verticalmente a lo largo del  
lado izquierdo de la gráfica 150, mientras que los valores de  
relación de remolino relativo se llevaron a cabo  
20 verticalmente a lo largo del lado derecho de la gráfica 150.

Dentro de la rejilla 166, la fila 156 representa la  
orientación tangente (tan) o radial (rad) de la sección 100  
móvil de los primeros pasajes 78 de cruce, y la fila 158  
representa la configuración helicoidal en dirección de las  
25 manecillas del reloj (cw), helicoidal en dirección contraria



a las manecillas del reloj (ccw) o dirigida (dir) de la sección 102 extrema de los primeros dos pasajes 78 de cruce. También dentro de la rejilla 166, la fila 160 representa la orientación tangente (tan) o radial (rad) de la sección 100 móvil de los segundos dos pasajes 78 de cruce, y la fila 162 representa la configuración helicoidal en dirección de las manecillas del reloj (cw), helicoidal en la dirección contraria a las manecillas del reloj (ccw) o dirigida (dir) de la sección 102 extrema de los segundos dos pasajes 78 de cruce. La fila 164 numera las diversas combinaciones de parámetro de 1-36 para facilidad de referencia. El efecto de cada una de las 36 combinaciones sobre la relación de remolino y la energía cinética turbulenta se esquematiza en las líneas 152 y 154, respectivamente.

Una tendencia general se observó en que los pasajes que producen más remolino produjeron mayores niveles de TKE. Los pasajes helicoidales tangenciales dobles que tienen las rotaciones de sección extrema en la misma dirección, es decir, las combinaciones 1 y 2 de parámetro en la fila 164, produjeron el nivel más alto de remolino en volumen y de energía cinética turbulenta.

El trabajo de pronóstico mostró que un medio efectivo para generar un movimiento de carga en el cilindro 68 de expansión del motor 50 de ciclo dividido es utilizar dos pasajes 78 de cruce helicoidal tangenciales (mejor



mostrados en la FIGURA 6), dispuestos con las secciones 10  
móviles tangenciales descargando tangencialmente con respecto  
al perímetro del cilindro 68 de expansión y las secciones  
extremas helicoidales girando en la misma dirección (ya sea  
5 en dirección de las manecillas del reloj o en dirección  
contraria a las manecillas del reloj). Por consiguiente, la  
dirección rotacional del aire que deja cada pasaje se  
encuentra en la misma dirección. De esta manera, la energía  
cinética del aire que surge de cada pasaje es aditiva, de  
10 este modo proporcionando el mayor movimiento en volumen de  
cilindro y al mismo tiempo generando un alto nivel de TKE.

Mientras las FIGURAS 4-6 se describen como  
ilustrando una modalidad ejemplar de la invención, y las  
FIGURAS 7-10 se incluyen para mostrar los estudios extensivos  
15 llevados a cabo para determinar cuál de las disposiciones de  
lumbreras diversas consideradas se pronosticaron para  
proporcionar la mayor relación de remolino y valores de  
energía cinética turbulenta, se reconoce que otras  
disposiciones alternativas de pasaje de cruce podrían  
20 utilizarse teniendo características incluidas dentro del  
alcance pretendido de la presente invención.

La FIGURA 11 ilustra un ejemplo de tal disposición  
alternativa donde números de referencia similares se utilizan  
para indicar componentes o características similares o  
25 parecidas a aquellas ilustradas en las FIGURAS 4-6. La FIGURA



11 muestra un motor 170 generalmente similar al motor 50 como se muestra en la FIGURA 4, y la FIGURA 5 en particular bloque de cilindros, pistones, y el mecanismo de cigüeñal se muestran pero pueden ser idénticos a aquellos del motor 50. Los cilindros de compresión y expansión se muestran por líneas 66, 68 truncadas en la FIGURA 11.

El motor 170 en la FIGURA 11 además incluye una culata 70 de cilindro que incluye un pasaje 76 de admisión y una válvula 82 de admisión, un pasaje 80 de escape y una válvula 88 de escape, y una bujía 92 similar a aquellas del motor 50. Las válvulas 84 de compresión de cruce doble y las válvulas 86 de expansión de cruce también se incluyen colocadas como aquellas del motor 50.

El motor 170 difiere en que las válvulas de cruce doble se conectan por un pasaje 172 de cruce modificado que define una cámara 174 de presión común entre las válvulas 84, 86 de cruce. El pasaje 172 de cruce se forma con una porción 176 de pasaje sencilla, la cual se comunica en serie con las válvulas 84 de compresión de cruce. La porción 176 de pasaje entonces se divide en por lo menos una primera ramificación 178 y una segunda ramificación 180, cada una conectando en forma separada con una de las válvulas 86 de expansión de cruce a través de una sección 182 móvil tangencial. Las secciones 182 móviles se conectan cada una con una sección 184 extrema helicoidal, la cual puede ser idéntica a las



secciones 100 móviles y las secciones 102 extremas del motor  
50. Se colocan inyectores 90 de combustible para inyectar  
combustible en las ramificaciones separadas del pasaje 172 de  
cruce cerca de las secciones 184 extremas helicoidales como  
5 en el motor 50.

Otras diversas modalidades alternativas también son  
posibles. Como ejemplos no limitantes, las válvulas de  
compresión de cruce podrían conectarse a ramificaciones  
separadas de un pasaje de cruce en forma Y o X con las  
10 ramificaciones conectadas por una porción de pasaje central o  
extremo. Un colector de cruce que conecta diferentes números  
de válvulas de cruce de un par de cilindros de compresión y  
expansión también es una posibilidad, por ejemplo, una o más  
válvulas de compresión de cruce con una o más válvulas de  
15 expansión de cruce. Los colectores que conectan más de un par  
de cilindros también podrían considerarse. También, si se  
desea, inyectores de combustible podrían montarse para  
inyectar combustible directamente en los cilindros de  
expansión, en lugar de los pasajes de cruce del motor de  
20 ciclo dividido. Además, la inyección de combustible directa  
en un motor de ignición por compresión de ciclo dividido se  
encuentra dentro del alcance de esta invención.

Aunque la invención se ha descrito por referencia a  
modalidades específicas, debe entenderse que numerosos  
25 cambios pueden hacerse dentro del espíritu y alcance de los



conceptos inventivos descritos. Por consiguiente, se pretende que la invención no se limite a las modalidades descrito sino que tenga el alcance más amplio definido por el lenguaje de las siguientes reivindicaciones.



### REIVINDICACIONES

1. Un motor de ciclo dividido, caracterizado <sup>porque</sup> comprende:

un cigüeñal que gira sobre un eje de cigüeñal del  
5 motor;

un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una  
10 carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

un pistón de expansión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de  
15 escape durante una sola rotación del cigüeñal; y

al menos un pasaje de cruce helicoidal que interconecta los cilindros de compresión y expansión, cada uno del al menos un pasaje de cruce helicoidal incluye:

una válvula de compresión de cruce y una válvula de  
20 expansión de cruce que definen una cámara de presión entre las mismas,

una sección móvil generalmente recta en una porción corriente abajo del pasaje de cruce helicoidal; y

una sección extrema helicoidal conectada  
25 integralmente a la sección móvil y dispuesta sobre la válvula



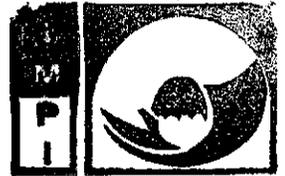
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

de expansión de cruce, la válvula de expansión de cruce incluye un vástago de válvula y un cabezal, la sección extrema helicoidal encierra un embudo que gira en espiral alrededor del vástago de válvula, en donde el embudo obliga al aire entrante a girar sobre el vástago de válvula antes de entrar al cilindro de expansión,

en donde la sección móvil, de un primer pasaje de cruce del al menos un pasaje de cruce, es una sección móvil tangencial, la cual dirige el flujo de aire hacia el embudo de la sección extrema helicoidal del primer pasaje de cruce en una trayectoria de flujo que se encuentra dentro de más o menos 20 grados del paralelo con respecto a una línea tangencial que se extiende a través de un punto en el perímetro del cilindro de expansión el cual está más cercano del vástago de válvula correspondiente al primer pasaje de cruce.

2. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque el al menos un pasaje de cruce helicoidal además comprende un par de pasajes de cruce helicoidales, en donde las secciones extremas helicoidales de cada par de pasajes de cruce helicoidales giran en espiral en la misma dirección.

3. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 2, caracterizado porque el par de pasajes de cruce helicoidales además comprende un par de secciones



móviles tangenciales, las cuales dirigen el flujo de aire hacia el embudo de la sección extrema helicoidal, en una trayectoria de flujo que se encuentra dentro de más o menos 20 grados del paralelo con respecto a cada línea tangencial que se extiende a través de cada punto en el perímetro del cilindro de expansión el cual está más cercano del vástago de válvula correspondiente.

4. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque cada sección extrema helicoidal gira en espiral en la dirección de las manecillas del reloj.

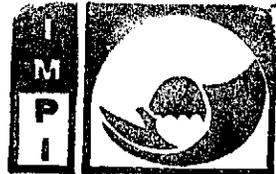
5. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 3, caracterizado porque cada sección extrema helicoidal gira en espiral en la dirección contraria a las manecillas del reloj.

6. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado porque la válvula de expansión de cruce es una válvula de barra que se abre hacia fuera.

7. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 1, caracterizado, además, porque incluye un inyector de combustible dispuesto en el pasaje de cruce.

8. Un motor de ciclo dividido, caracterizado porque comprende:

un cigüeñal que gira sobre un eje de cigüeñal del



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

motor;

un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

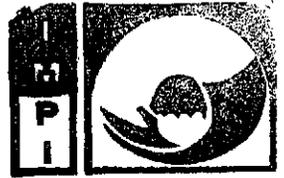
un pistón de expansión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal; y

al menos un pasaje de cruce helicoidal que interconecta los cilindros de compresión y expansión, cada uno del al menos un pasaje de cruce helicoidal incluye:

una válvula de compresión de cruce y una válvula de expansión de cruce que definen una cámara de presión entre las mismas,

una sección móvil generalmente recta en una porción corriente abajo del pasaje de cruce helicoidal;

una sección extrema helicoidal conectada integralmente a la sección móvil y dispuesta sobre la válvula de expansión de cruce, la válvula de expansión de cruce incluye un vástago de válvula y un cabezal, la sección extrema helicoidal encierra un embudo que gira en espiral alrededor del vástago de válvula, en donde el embudo obliga



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

al aire entrante a girar sobre el vástago de válvula antes de entrar al cilindro de expansión, y

por lo menos una primera ramificación y una segunda ramificación que se divide de una sola porción de pasaje;

5 en donde la primera ramificación incluye la sección móvil y la sección extrema helicoidal dispuestas sobre la válvula de expansión de cruce; y

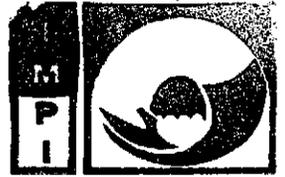
la segunda ramificación incluye una segunda sección móvil conectada integralmente a una segunda sección extrema, 10 la segunda sección extrema se dispone sobre una segunda válvula de expansión de cruce.

9. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 8, caracterizado porque la segunda sección extrema de la segunda ramificación, además, comprende una 15 segunda sección extrema helicoidal que gira en espiral en la misma dirección que la sección extrema helicoidal de la primera ramificación.

10. El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 9, caracterizado porque la sección móvil de la 20 primera ramificación y la segunda sección móvil de la segunda ramificación comprenden un par de secciones móviles tangenciales.

11. Un motor de ciclo dividido, caracterizado porque comprende:

25 un cigüeñal que gira sobre un eje de cigüeñal del



**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**

motor;

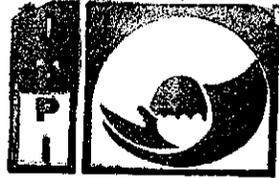
un pistón de compresión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de compresión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión durante una sola rotación del cigüeñal;

un pistón de expansión recibido en forma deslizable dentro de un cilindro de expansión y conectado en forma operativa al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape durante una sola rotación del cigüeñal; y

un par de pasajes de cruce helicoidales tangenciales que interconectan los cilindros de compresión y expansión, cada pasaje de cruce helicoidal tangencial incluye:

una válvula de compresión de cruce y una válvula de expansión de cruce que definen una cámara de presión entre las mismas,

una sección extrema helicoidal dispuesta sobre cada válvula de expansión de cruce, cada válvula de expansión de cruce incluye un vástago de válvula y un cabezal, cada sección extrema helicoidal incluye un embudo que gira en espiral sobre el vástago de válvula de su válvula de expansión de cruce, en donde el embudo obliga al aire entrante a girar sobre el vástago de válvula antes de entrar



al cilindro de expansión, y las secciones extremas helicoidales del par de pasajes de cruce helicoidales en espiral en la misma dirección, y

una sección móvil tangencial conectada integralmente a cada sección extrema helicoidal, la cual dirige el flujo de aire hacia el embudo de la sección extrema helicoidal en una trayectoria de flujo que se encuentra dentro de más o menos 20 grados del paralelo con respecto a una línea tangencial que se extiende a través de un punto en el perímetro del cilindro de expansión el cual está más cercano al vástago de válvula.

**12.** El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 11, caracterizado porque cada sección extrema helicoidal gira en espiral en la dirección de las manecillas del reloj.

**13.** El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 11, caracterizado porque cada sección extrema helicoidal gira en espiral en la dirección contraria a las manecillas del reloj.

**14.** El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 11, caracterizado porque cada válvula de expansión de cruce es una válvula de barra que se abre hacia fuera.

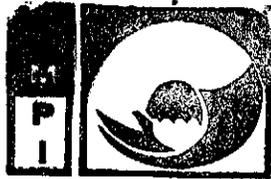
**15.** El motor de ciclo dividido de conformidad con la reivindicación 11, caracterizado además porque incluye un



inyector de combustible dispuesto en cada uno de los pasajes  
de cruce.

**Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial**



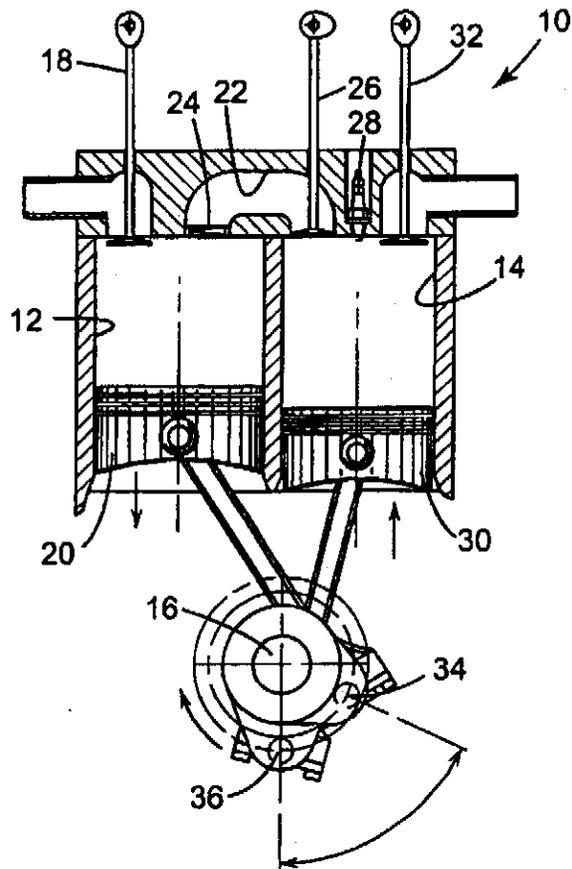


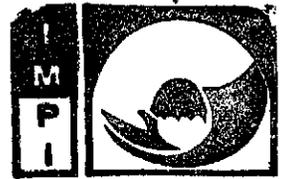
Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

### RESUMEN

Un motor tiene un cigüeñal. Un pistón de compresión dentro de un cilindro de compresión se conecta al cigüeñal de modo que el pistón de compresión alterna a través de una carrera de admisión y una carrera de compresión. Un pistón de expansión dentro de un cilindro de expansión se conecta al cigüeñal de modo que el pistón de expansión alterna a través de una carrera de expansión y una carrera de escape. Un pasaje de cruce interconecta los cilindros de compresión y de expansión. El pasaje de cruce incluye una válvula de compresión de cruce y una válvula de expansión de cruce. Una sección móvil se encuentra en una porción corriente abajo del pasaje de cruce, y una sección extrema helicoidal se conecta integralmente con la sección móvil. La sección extrema helicoidal tiene un embudo que gira en espiral sobre un vástago de válvula de la válvula de expansión de cruce. El embudo obliga al aire entrante a girar sobre el vástago el vástago de válvula antes de entrar al cilindro de expansión para promover la energía cinética turbulenta en la carga de aire/combustible del cilindro.

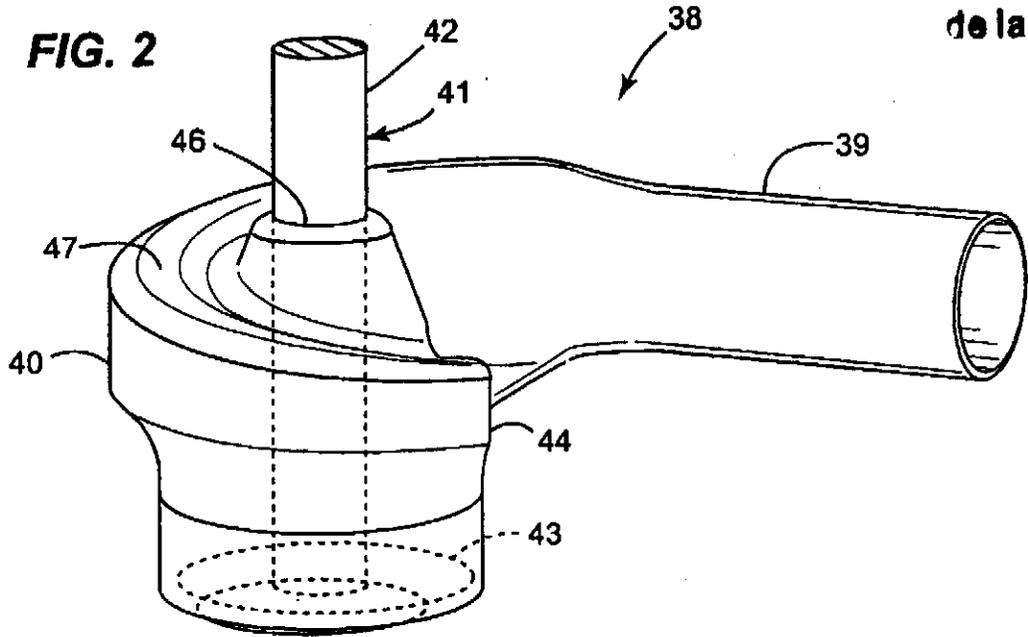
FIG. 1



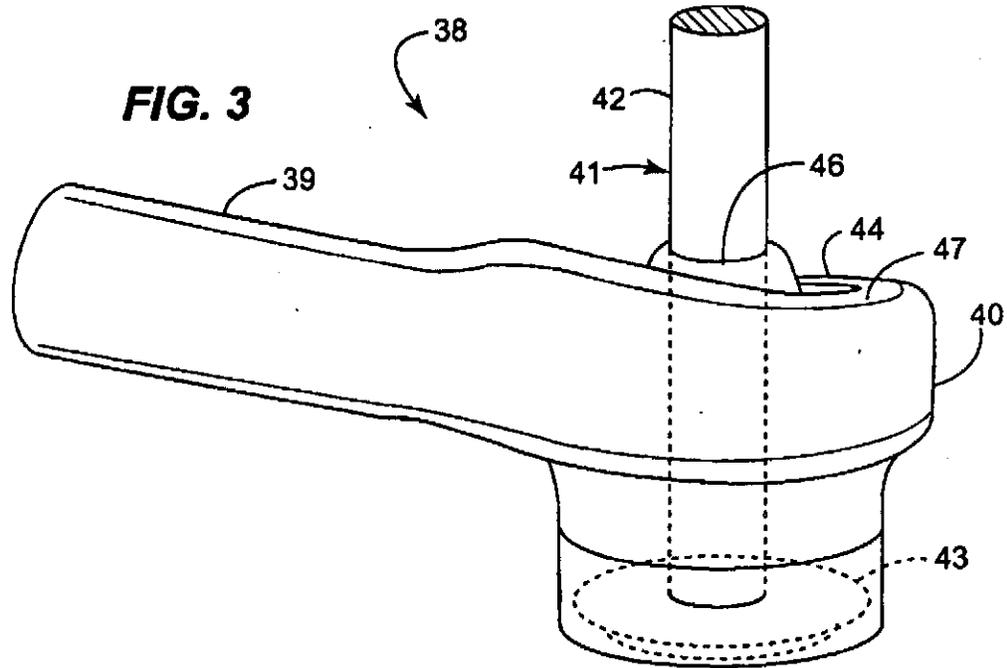


Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

**FIG. 2**



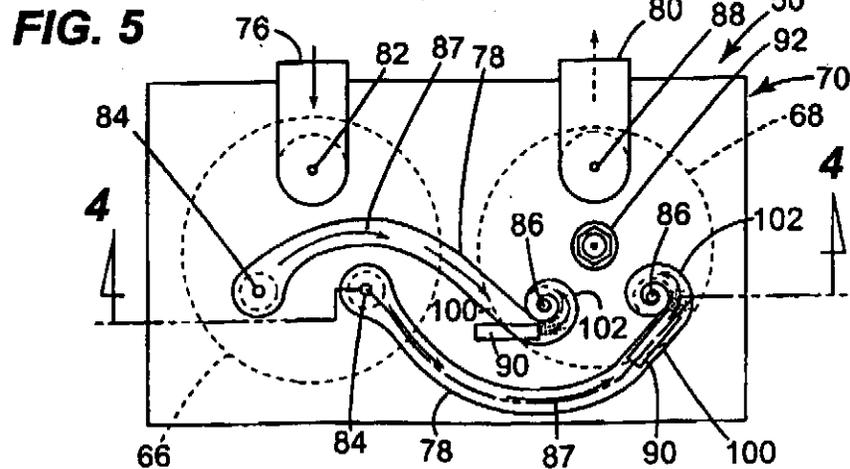
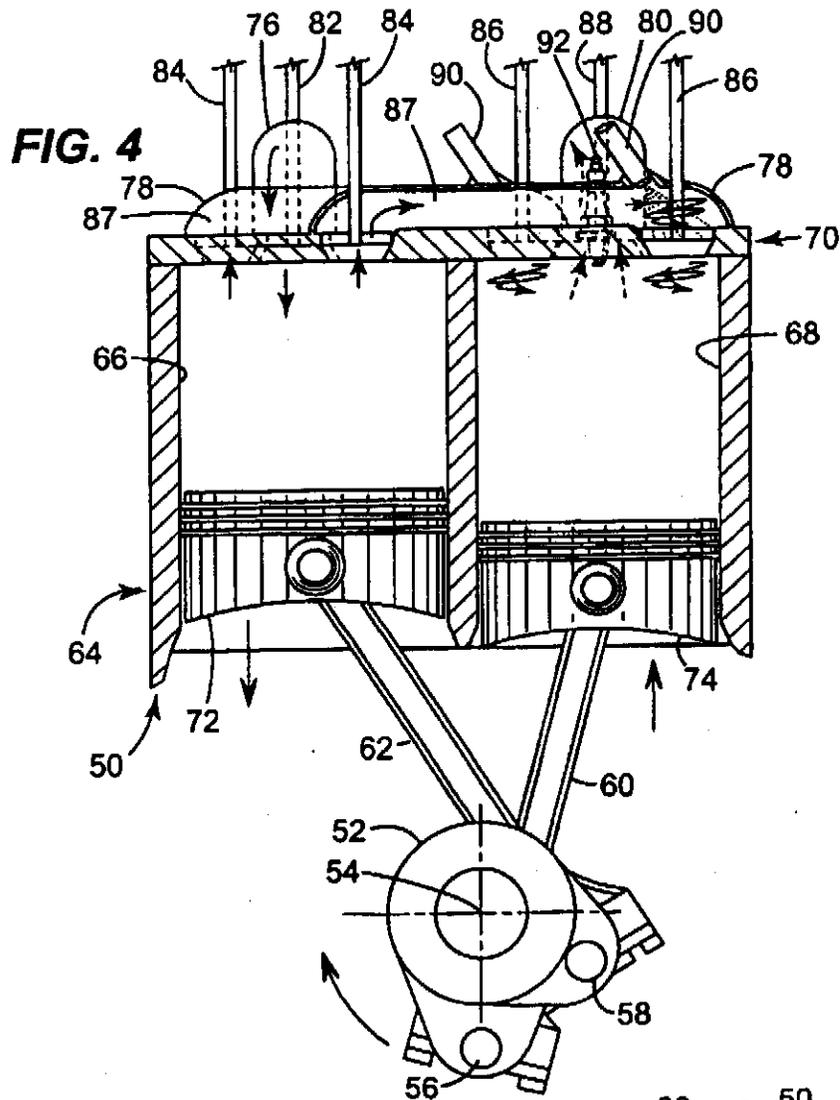
**FIG. 3**





Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

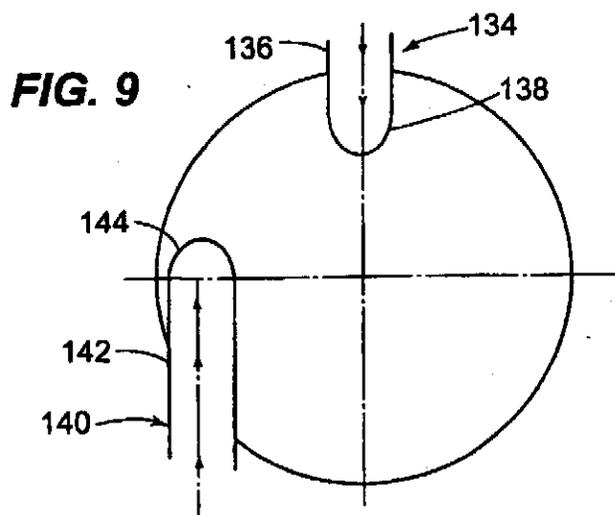
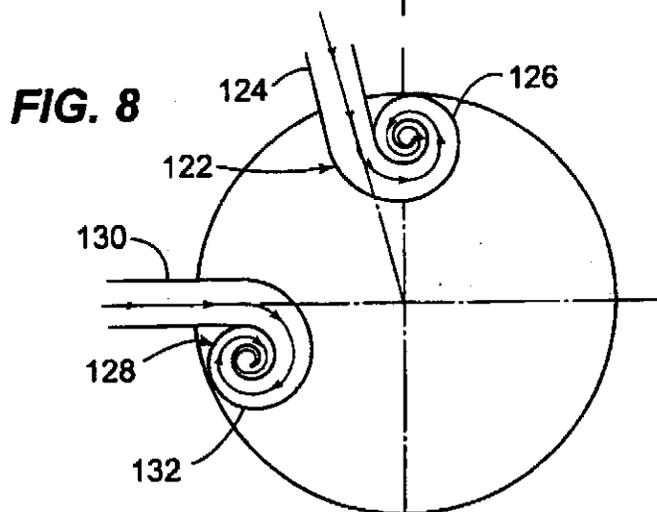
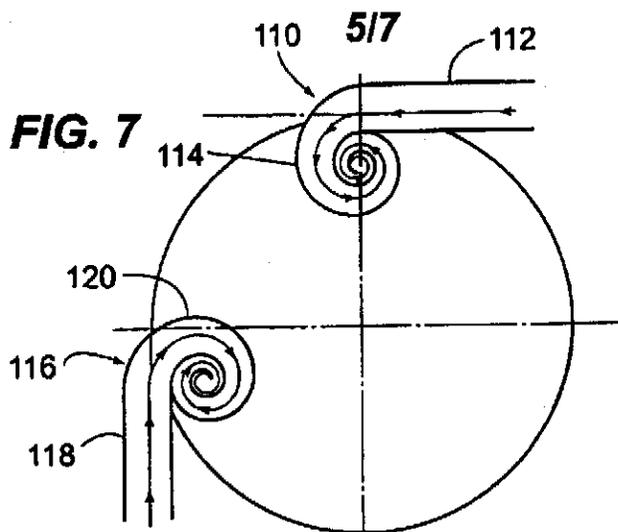
317





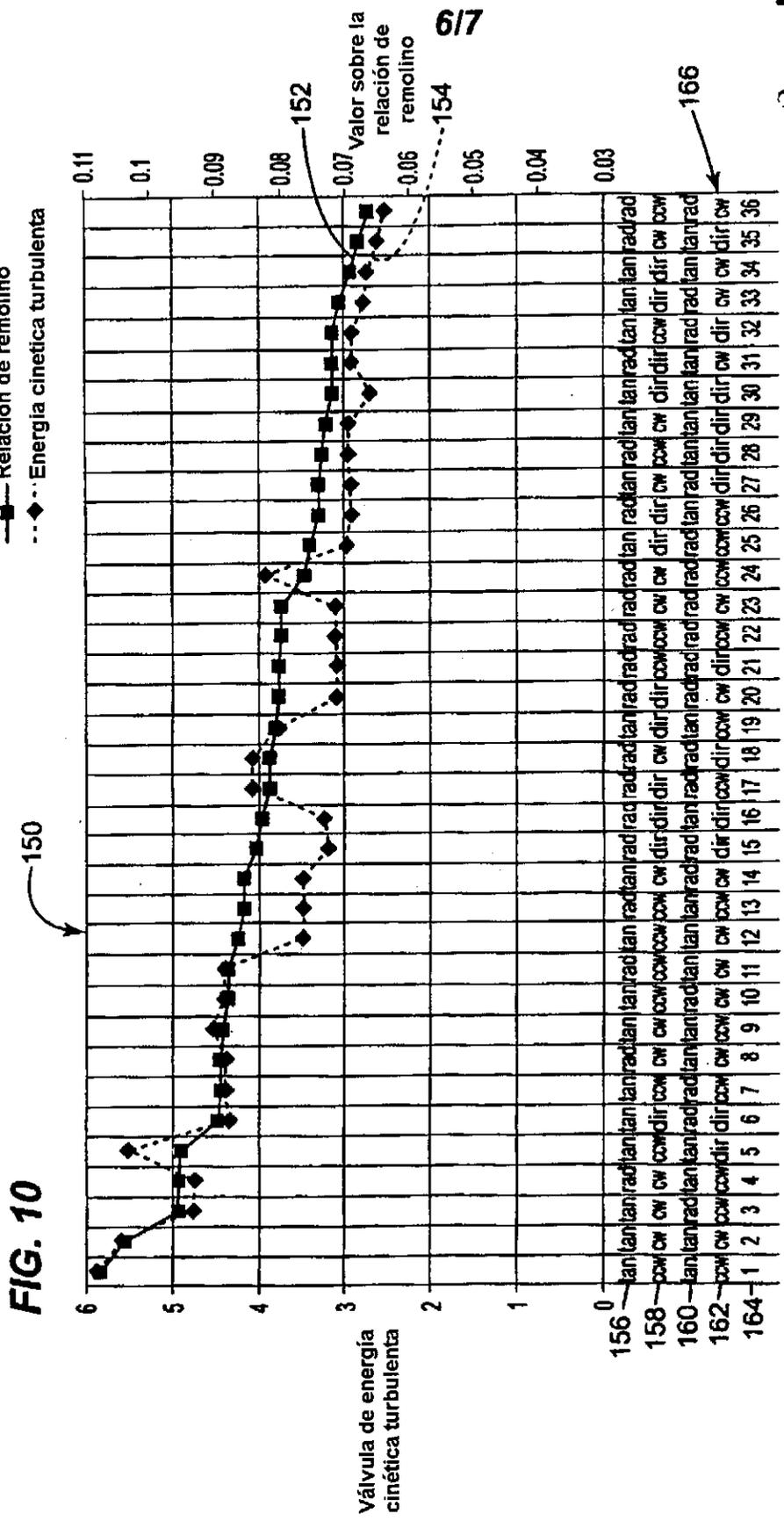


Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial





Instituto Mexicano de la Propiedad Industrial



**FIG. 10**

Válvula de energía cinética turbulenta

Combinación de parámetros



Instituto  
Mexicano  
de la Propiedad  
Industrial

717

FIG. 11

