

## Motor rotativo de combustión interna

Julio Cesar Rivera Pelaez<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero Mecánico Industrial, Universidad San Carlos de Guatemala (1975). Maestría en Metalurgia en la UNAM de México D.F. (1976-1977), 15 años de docencia universitaria en la USAC, URL, UNIS y Galileo y 36 años de ejercicio profesional en industrias de vidrio, alimento para animales y producción de aceite de palma africana.

### RESUMEN

Recientemente se ha revisado el diseño, el desempeño y la eficiencia del motor rotativo de combustión interna para conocer su desarrollo con los avances tecnológicos en materiales, combustibles renovables y sistemas electrónicos de ignición y control. El motor rotativo de combustión interna es totalmente distinto a cualquier sistema motriz jamás concebido, dándole a una sociedad moderna, aun propulsada por pistones, una alternativa real a lo que existe hoy en el mercado.

Está destinado a reemplazar al motor convencional que tiene más de 125 años de

### ABSTRACT

It has been recently reviewed the design and performance, and the efficiency of the rotary motor internal combustion to learn about the developed to the technological advances in material, and renewable fuel systems and electronic control ignition.

The rotary motor internal combustion is totally different from any driving system ever devised, giving a modern society, even driven pistons a real alternative to what is there in today in the market.

### INTRODUCCIÓN

La tecnología en general, y en particular, la que se relacione con energía derivada del petróleo frente al aprovechamiento de combustibles renovables, tiene hoy en día una gran atención.

Es por ello que todo lo relativo a los motores rotativos de combustión interna es tan apasionante y aplicable por ser un tema de ingeniería de total actualidad y muy necesario.

existencia, al ser como mínimo dos veces más eficiente.

El motor rotativo de combustión interna posee enormes ventajas y características únicas que lo convertirán en el motor indiscutible del siglo 21.

**Palabras clave:** Eficiencia, combustión interna, sistema motriz, ralentí, motor convencional, motor rotativo, potencia nominal, revoluciones por minuto (RPM).

It is designed to replace the conventional engine that you have more than 125 years of

existence, to be at least two times more efficiently. The rotary motor internal combustion possesses huge benefits and unique feature that will make it indisputable engine of the 21st century.

**Keywords:** Efficiency, internal combustion, driving system, idle, conventional engine, rotary motor, power rating, revolutions per minute (RPM).

Los diferentes materiales que existen y se pueden utilizar en esta tecnología son fundamentales en la transformación y utilización de los motores rotativos de combustión interna.

## **Las Grandes Ventajas del Motor Rotativo de Combustión Interna**

El diseño único del motor rotativo permite presentar al mundo un motor totalmente SIN VIBRACIONES.

Ese hecho se debe a que los elementos que hacen la función de los pistones tradicionales no están constantemente parándose y volviendo a arrancar desde el punto de parada al cambiar de sentido de dirección.

En el motor rotativo los "pistones" no se mueven linealmente, sino que simplemente describen un círculo perfecto, girando alrededor de su eje central (balances primarios y secundarios han sido equilibrados). Ya no consumen energía con los cambios de sentido. Es decir, no tienen puntos muertos de parada o sea que nunca se detienen, no suben ni bajan jamás, por lo tanto, no tienen brazo de palanca en ese punto de potencia óptima.

Al no pararse, los elementos rotativos siempre están generando potencia al girar, transmitiendo siempre la potencia al cigüeñal, que permite aprovechar toda la compresión del combustible.

Se comprime el combustible para que entregue toda la fuerza expansiva al cigüeñal.

En cambio, al llegar a sus "puntos muertos", el ineficiente motor convencional se encuentra continuamente con las bielas totalmente rectas al subir el pistón (máxima compresión) sin brazo de palanca (por tanto, no puede transferir esa potencia al cigüeñal). (Ansdale, 1968)

El motor rotatorio aprovecha toda la compresión de la combustión con un provechoso BRAZO DE PALANCA DE 70° cuando el pistón ha comprimido totalmente el combustible. Se consigue una carrera que da potencia máxima desde su inicio y al mismo tiempo siempre se está generando potencia, sin llegar nunca a esos puntos "muertos".

Se obtiene un par motor óptimo, consiguiendo más potencia a menos revoluciones (menos consumo y desgaste). Ese punto muerto es

una de las razones por la que el motor convencional, después de beneficiarse de más de un siglo de desarrollo técnico, solo logra un promedio de 28% de eficiencia total. (Yamamoto, 1981)

La conocida realidad es que DESAPROVECHA la mayoría del potencial de la fuerza del combustible comprimido.

La eficiencia mecánica también se ve mejorada por el hecho de que no se tiene el consumo desproporcionado del sistema alternativo. Los pistones no consumen energía al no estar siempre subiendo, parando y arrancando de nuevo de una posición estática en dirección opuesta.

Los pistones de un motor convencional están constantemente invirtiendo su sentido y dirección. Las cargas tradicionalmente creadas por ese movimiento lineal del pistón y de sus contrapesos de absorción de vibraciones y el volante de inercia, que el sistema rotativo no necesita, causan enormes ineficiencias, especialmente a altas revoluciones.

El volver a arrancar una masa continuamente de un punto parado en menos tiempo requiere mucha más fuerza. Todo este movimiento ineficiente y contra productivo consume, restándole potencia que de otra manera podría ser aprovechada en fuerza generada al cigüeñal.

Un motor convencional rotando a 1000 RPM, al ser acelerado a 2000 RPM está consumiendo combustible de manera muy desproporcionada.

No consume el doble, este factor es de orden del cuadrado (exponencialmente) a raíz de esas cargas lineales, de los arranques y parones del pistón y todo eso con el agregado del golpeteo de vibraciones asociado con el movimiento lineal del pistón del que el sistema rotativo carece.

En aplicaciones como las náuticas o moto sierras por solo nombrar dos, el no tener vibraciones representa una ventaja enorme para ese sector. Por eso se hizo el cambio a pistones de aluminio; menos masa, menos

peso y gracias a esos cambios mejoró el motor convencional. Como este hecho ha sido un factor constante en todos los motores en existencia hasta el presente, nunca se le ha considerado como una variable que podría ser eliminada de esa ecuación.

La eficiencia mecánica del sistema rotativo permite tener un ralentí que oscila entre los 200 a 400 RPM (dependiendo de la cilindrada). (Yamamoto, 1981)

A tan solo 1500 revoluciones (RPM) el motor de 400 C.C. ha generado más de 6 Kg/M (es decir unos 12 caballos). Para conseguir esa potencia con el motor convencional a tan bajas revoluciones, se necesita un motor de 1700 C.C. (más de tres veces el tamaño).

En breve, se espera conseguir de ese mismo prototipo de 400 C.C., 50 caballos a solo 3000 RPM. Esos son los datos que el mundo del motor está esperando.

Se puede generar la misma potencia a menos revoluciones y al mismo tiempo tener un sistema que permite contaminar menos al quemar mejor el combustible (está funcionando a más bajas revoluciones consiguiendo menos consumo y más TIEMPO para una mejor combustión).

Es esencial tomar en consideración el hecho de que el sistema del motor rotativo aún no está totalmente optimizado. Se está comparando un sistema que ha carecido de los billones de dólares y billones de neuronas invertidos en el otro.

El nivel de sofisticación está muy por debajo de los estándares de la industria de hoy, pero, es el mejor momento para crear y mantener una plataforma que logre optimizar y llegar a que sea muy superior.

El Motor Rotativo de Combustión Interna también ha logrado eliminar los puntos de fricción importantes que se encuentran en el motor convencional. El motor rotativo tiene menos de LA MITAD de piezas (una ventaja de fabricación y logística incalculable) y estas piezas no requieren ningún proceso complicado ni sofisticado de mecanización

(pensar cigüeñal con codos y bloque de motor típico).

El cigüeñal del motor rotativo no tiene "codos", es perfectamente recto. Eso significa una reducción importante de costo en la fabricación (tampoco requiere el proceso costoso de endurecimiento), representando ahorros importantes que podrían ser transferidos al consumidor. El motor entero solo tiene cuatro rodamientos y tampoco se encuentra en él el complicado sistema de árbol de levas. Se ha reducido de manera importante los grados de inclinación de las bielas (y la fricción que esto genera), ya que estas se mantienen alineadas al movimiento giratorio, variando solamente unos 7º grados, girando con el bloque entero del motor.

La falta de movimiento lateral elimina el desgaste de los componentes como la camisa y el pistón, en el motor convencional y pone menos estrés al cigüeñal, que por su parte, al no tener codos tampoco genera la misma fricción y desgaste.

Se puede completamente desmontar y reconstruir el sistema motriz en menos de tres horas (comparándolo con las más de doce en el convencional).

Se utiliza una mezcla ligera (100 a 1) de aceite para lubricar los elementos de los motores. Una vez optimizado el motor, con la sofisticación tecnológica y grado de perfección de mecanizado que existe en el mercado hoy, esa cifra se reducirá considerablemente.

Al generar tan poca fricción y ser tan eficiente, es seguro esperar que con el uso de materiales novedosos y tecnología punta como los elementos de grafito, Se logrará crear un motor de combustión interna cuyas necesidades de lubricación no tengan comparación con las del convencional.

La EFICIENCIA TERMODINÁMICA también se incrementa con respecto al motor convencional. Se produce una multi chispa durante solo 100 grados de recorrido (comparados con los 180 del motor convencional), y no se expone un pistón que esta FRENADO durante sus primeros grados de

movimiento a un frente de flama prolongado para la misma cantidad de tiempo durante la fase de combustión. (Giacosa, 2000)

Al tener un brazo de palanca de 70 grados, los pistones bajan inmediatamente, y como los pistones están alineados en cruz, físicamente separados unos de otros por noventa grados, el calor de la explosión no se disipa a todos los pistones, dentro de un bloque de motor masivo, sino que cada pistón, al estar aislado del siguiente y totalmente rodeado de aire fresco mientras gira, se enfría durante unos 260 grados antes de una nueva combustión.

El motor rotativo funciona a una temperatura media de 80°C, y a raíz de eso, no se necesita ningún tipo de líquido de enfriamiento (eliminando la mayoría de componentes necesitados; radiadores, mangueras, ventiladores, líquido de refrigeración, etc.). Se dispone todos los cilindros en cruz a cada revolución, alimentando el motor por las ventanillas y lumbreras, empujando esa mezcla de carburante dentro del cárter del motor con un compresor volumétrico (no se tiene admisión propia), incrementando la presión según se incrementan las revoluciones (pero se efectúa la combustión siempre a presión atmosférica). (Biermann & Ellerbrock, 1939)

Un único diseño de válvula de escape que se encuentra en cada culata permite CONTROLAR el proceso de intercambio de gases nuevos y quemados, con lo que NO se tienen esas mezclas de combustible usado y fresco que seguramente llevarán al motor de dos tiempos a su fin.

Se utilizan las inercias centrífugas para separar los gases quemados y eliminarlos sin que entren en contacto con los gases nuevos.

Se tiene una transferencia limpia como un motor cuatro tiempos, con la ventaja de poder utilizar la alta densidad de potencia de un sistema que dispara todos los cilindros por rotación SIN las pérdidas substanciales de combustible nuevo (20%) que el "mezclado" causa, pero tan importante como eso, se logra REDUCIR de manera concreta, las extremadamente altas emisiones de gases de

CO2 típicamente asociadas con los motores de dos tiempos.

El motor rotativo, es por mucho, más sencillo, más económico, más duradero y consume y contamina menos que cualquier motor que exista en el mercado hoy en día. El motor convencional coge fuerza lineal y la convierte en fuerza circular muy ineficientemente. Los motores rotativos funcionan generando fuerza circular intrínsecamente, mientras que aplican esa fuerza a su ángulo de palanca óptimo. Esa es la diferencia y la esencia fundamental del novedoso sistema. El potencial del mercado es enorme y está listo para un cambio importante, porque se sabe que el motor convencional ya ha llegado a su límite de desarrollo.

Anualmente, los fabricantes de motores se gastan una enorme cantidad de dinero para conseguir un incremento de medio punto porcentual de eficiencia como mucho.

El motor convencional es un ejemplo de más de cien años de "desarrollo" para solo conseguir un límite del 28 % de eficiencia total. Se espera que fácilmente el motor rotativo de combustión interna esté optimizado, llegará a dar un 60% de eficiencia total.

Todos han demostrado interés profundo en el motor rotativo de combustión interna. En marzo de 2001 se presentó el motor en la Feria Bienal de Maquinaria Agrícola de Zaragoza (FIMA) donde asistió un volumen de visitas sin igual, capturando el interés y la curiosidad del público y fabricantes de ese sector.

Por primera vez en la historia, se tiene un motor que ha podido solucionar muchas de las ineficiencias que nacían del motor de combustión interna convencional.

Este motor no tiene nada que ver con el que reemplazará. Ha logrado eliminar el factor desestabilizante de las vibraciones. Se aprovecha TODA la fuerza de la compresión del combustible con un brazo de palanca de 70 grados, con la ventaja de que carece del consumo desproporcionado del tren alternativo causado por el "golpeteo" de los pistones. Menos consumo, menos piezas, más sencillo

tanto en su funcionamiento como en su fabricación y una relación peso potencia inigualable. Una vez optimizado el sistema, se estará produciendo cerca de los 100 caballos por litro.

Esta es una importantísima información sobre una verdadera innovación técnica que sin duda va a sustituir al ineficiente motor de combustión interna convencional.

### **Especificaciones Técnicas**

Este motor incluye un bloque rotatorio montado en un soporte e incluyendo una cámara central en la que se hallan el cigüeñal y las cuatro bielas y "pistones". Esta cámara está cerrada por las culatas. El cigüeñal está montado paralelo al eje de los cilindros y concéntrico a estos. Un tren de engranajes externos conecta las dos partes, sincronizándolas a la misma velocidad y dirección de giro.

Cada pareja de cámaras está confrontada entre sí de manera opuesta y los "pistones" se unen al cigüeñal mediante bielas sencillas, de manera que están en un mismo plano, avanzadas angularmente respecto a la dirección de rotación. La fuerza de combustión se aplica al cigüeñal cuando la biela tiene un ángulo de brazo de palanca sobre este, muy superior a lo habitual (70 grados con relación al cigüeñal).

La admisión se realiza en el cárter, en la zona de unión de las bielas con el cigüeñal a través de un carburador normal y de un compresor volumétrico.

### **Especificaciones de un motor rotativo de cuatro cámaras**

Refrigeración	Aire
Numero de Cilindros	<b>4</b>
Cilindrada	<b>400 c.c.</b>
Configuración	<b>Cuatro en cruz</b>
Ralentí	<b>350 RPM</b>
Válvulas	<b>1 por cilindro</b>
Carburación	<b>1 carburador (asistido por un compresor volumétrico)</b>

Disponer de un motor cuyas bielas apliquen toda la fuerza de la combustión a través de un provechoso e inusual brazo de palanca - 70º a punto muerto superior, siempre manteniendo potencia continua sin "puntos muertos".

Disponer de un motor que carece totalmente de VIBRACIONES. Disponer de un motor con ralentí muy bajo (tan solo 200 RPM - esto disminuye el consumo de combustible y las emisiones al ser más eficiente).

Disponer de un motor que funcione con la sencillez, bajo costo y más alta densidad de potencia, que un motor de dos tiempos SIN las pérdidas y contaminación típicamente asociadas a ellos (eliminamos las mezclas de gases quemados con los gases nuevos). Esto se basa en parte en el hecho de que se tiene una válvula de escape independiente en cada culata y la admisión a través del cárter del motor.

Disponer de un motor que se aproveche de las inercias de rotación para "respirar" mejor. Disponer de un motor que esté eficientemente y efectivamente ENFRIADO AL AIRE. A raíz de su diseño único y al tener un bloque de motor giratorio, cada pistón se encuentra totalmente rodeado de aire mientras gira, eliminando la necesidad de sistemas de refrigeración líquida (no se tiene un bloque de motor masivo que acumula calor continuamente, disipando este calor de un pistón al otro).

Disponer de un motor que se aproveche de la fuerza de los gases de escape para auto propulsar la rotación de los cilindros, utilizando la potencia de cada ciclo de combustión dos veces.

Disponer de un motor con las ventajas de fabricación y logística de tiempos de montaje y desmontaje mucho más breves y menos peso, mientras tiene la MITAD de las piezas que un motor de combustión interna convencional (eliminamos los sistemas de árbol de levas). Es un motor que pueda funcionar en CUALQUIER posición.

Por primera vez en la historia, se tiene un motor que ha podido solucionar de las ineficiencias que nacían del motor de combustión interna convencional.

### **CONCLUSIONES**

El consumo de combustible en relación a una distancia recorrida es mucho menor al

### **BIBLIOGRAFÍA**

Ansdale, R. (1968). *The Wankel RC Engine, Design and Performance*. Iliffe.

consumo de un motor de cilindros de la misma relación en capacidad.

1. El aprovechamiento de la energía termina es más eficiente que en cualquier motor convencional, debido a que los accesorios se reducen notablemente.
2. El mantenimiento es económico respecto al motor convencional, pues sus piezas sufren menor desgaste y consiste en un menor número de piezas.
3. El espacio que necesita para ser instalado comparándolo con un motor convencional de igual potencia es menor.
4. Su funcionamiento requiere menor contaminación ambiental (gases de combustión) y la operación es silenciosa respecto a un motor convencional.

Biermann, A., & Ellerbrock, H. (1939). The design of fins for air cooled cylinders. *NACA Report No. 726*.

Giacosa, D. (2000). *Motores endotérmicos*. México DF: Alfa Omega.

Yamamoto, K. (1981). Rotary engine. . *Toyo Kogyo Co. Ltd. Mazda*.