
SECRETARÍA DE COMUNICACIONES Y TRANSPORTES
INSTITUTO MEXICANO DEL TRANSPORTE

**Caracterización de un motor de combustión
interna con dos tipos de combustibles**

Publicación Técnica No. 417
Sanfandila, Qro, 2014

2 El motor de combustión interna

La energía mecánica es indispensable para poner en funcionamiento las diferentes máquinas, esta energía se puede obtener utilizando energía térmica, hidráulica, solar y eólica. La más utilizada es la energía térmica que se obtiene de la quema de los combustibles de naturaleza orgánica tales como los hidrocarburos. Dentro de los equipos que transforman la energía térmica en trabajo se encuentran los motores de combustión interna, los cuales consumen el 80% de la energía derivada de los hidrocarburos a nivel mundial. Los motores de combustión interna transforman la energía térmica del combustible en trabajo útil.

Un motor de combustión interna tiene como propósito la producción de trabajo mecánico a partir de la energía química contenida en un combustible.

En los motores de combustión interna la energía es liberada por la quema u oxidación del combustible dentro del motor.

2.1 Clasificación de los motores de combustión interna

En un motor de combustión interna se introduce aire y combustible. En los motores de encendido por chispa, la mezcla de aire y combustible se preparaba antiguamente en el carburador y es luego conducida al cilindro, ahora es por medio de inyectores, lo que permite un ahorro de combustible y un mejor aprovechamiento del mismo; en los motores de encendido por compresión se realiza directamente en el cilindro, donde el combustible se inyecta después de haber introducido y comprimido el aire.

La mezcla comprimida en la cámara de combustión se transforma, por efecto de la combustión, en vapor de agua (H_2O), bióxido de carbono (CO_2) y nitrógeno (N). El nitrógeno, gas inerte contenido en el aire, no interviene en la combustión. El vapor de agua producido en la combustión se mantiene y se comporta como un gas permanente.

Entre los otros productos de la combustión se encuentran partículas de otros gases tales como: monóxido de carbono (CO), hidrógeno (H_2), metano (CH_4) y oxígeno (O_2), cuando la combustión es incompleta. La cantidad de oxígeno que participa en el proceso está en razón directa del exceso de aire introducido con respecto al necesario para la combustión.

En consecuencia, el fluido de trabajo está formado inicialmente por el aire y el combustible y después, por el conjunto de gases producidos durante la combustión. Como es natural y evidente, su composición química varía en el curso del ciclo de trabajo. Los motores de combustión interna se pueden clasificar de acuerdo a la tabla 2.1.

Tabla 2.1 Clasificación de los motores de combustión interna

Aplicación	En automóviles, camiones, locomotoras, avión ligero, marino, sistema de potencia portátil y generación de energía
Diseño básico del motor	Motores reciprocantes (subdivididos por el arreglo de los cilindros: En línea, en V, etc.), motores rotatorios (Wankel y otras geometrías)
Ciclos de funcionamiento	Ciclo de cuatro tiempos: Aspirado naturalmente (admitiendo el aire atmosférico), sobrealimentado (admite previamente comprimida la mezcla fresca) y turbocargado (admitiendo la mezcla fresca comprimida en un compresor conducido por una turbina de extractor), ciclo de dos tiempos: Sobrealimentado y turbocargado
Válvula o diseño del puerto y localización	Válvulas en la cabeza, válvulas debajo de la cabeza, válvulas rotatorias, etc.
Combustible	Gasolina, Diesel, gas natural, gas líquido, alcoholes (metanol, etanol), hidrógeno, combustible dual
Método de preparación de la mezcla	Carburación, inyección del combustible en los puertos, inyección del combustible en el cilindro del motor
Método de encendido	Encendido por chispa, encendido por compresión
Diseño de la cámara de combustión	Cámara abierta, Cámara dividida
Método de control de carga	La estrangulación de la mezcla del flujo del combustible y de aire junto permanece sin cambio, control del flujo del combustible solamente, una combinación de éstos
Método de enfriamiento	Enfriados por agua, enfriados por aire, sin enfriar (por convección y radiación naturales)

2.2 Aspectos termodinámicos

Para comprender el funcionamiento de los motores de combustión interna es necesario tener los conocimientos de los conceptos de la Termodinámica, tales como trabajo y calor, los cuales son fuentes de energía.

Por energía se entiende en física la capacidad para realizar un trabajo. Se realiza un trabajo cada vez que se efectúa un desplazamiento con la aplicación de una fuerza.

Existen diferentes formas de energía como son la energía potencial, cinética, mecánica y térmica.

Para efectos de este estudio solo se considera la energía mecánica y térmica a las cuales corresponde respectivamente la capacidad de producir trabajo y calor.

El trabajo es energía mecánica en transición y no puede ser almacenada en un campo o en un sistema. Cuando un campo es sometido a un trabajo en éste

permanece solo el resultado del trabajo capaz de manifestarse bajo otra forma de energía.

Por otro lado, el calor es la energía térmica de transición a través de las superficies que limitan un sistema. Para que exista una transición del calor es necesario que exista una diferencia de temperatura entre el sistema considerado y el medio que lo rodea.

Un ciclo termodinámico es un proceso o conjunto de procesos que dejan nuevamente el sistema en el estado original que tenía antes de que se realizara.

Un sistema es una porción de espacio o cantidad de materia que se selecciona para que se desarrolle el proceso. Todo lo ajeno al sistema se conoce como alrededores y el límite real o hipotético entre el sistema y sus alrededores se llama fronteras o límites del sistema.

En conclusión, el sistema puede ser cualquier cosa.

Los sistemas termodinámicos generalmente se clasifican en dos grandes categorías que son:

- I Sistemas Cerrados: Un sistema es cerrado si no existe transferencia de masa entre el sistema y sus alrededores.
- II Sistemas Abiertos: Un sistema es abierto cuando existe transferencia de masa entre el sistema y sus alrededores. En un sistema abierto el cambio neto de masa es igual a cero, es decir, el flujo de masa que entra al sistema es igual al flujo de masa que sale de éste.

El estudio de los ciclos termodinámicos se lleva a cabo suponiendo que el ciclo está constituido por una serie de transformaciones termodinámicas ideales, tales como:

- a) Adiabáticas: Sin flujo de calor hacia o desde el sistema
- b) Isobáricas: A presión constante
- c) Isocóricas: A volumen constante
- d) Isotérmicas: A temperatura constante

2.3 Ciclos de funcionamiento de un motor de combustión interna

Los ciclos utilizados en el funcionamiento de los motores de combustión interna son el ciclo Otto y el ciclo Diesel.

2.3.1 Ciclo Otto

Todos los motores han tenido su origen en algún ciclo termodinámico, el cual consta de una serie de eventos en los que la energía se recibe a un nivel elevado, convirtiéndose en trabajo la mayor cantidad posible y el resto se vierte en el medio que lo rodea. En 1862, el francés Beau De Rochas patentó un ciclo, el cual fue utilizado por los alemanes Otto y Langen en un motor de cuatro tiempos. Este motor fue el primero de los motores de ciclo Otto. El ciclo mecánico de un motor Otto de cuatro tiempos, se completa con cuatro carreras del pistón y dos vueltas del cigüeñal y una del eje de levas.

En un motor de cuatro tiempos de encendido por chispa se introduce al cilindro durante el proceso de admisión una mezcla de aire y combustible con una proporción determinada como se aprecia en el esquema de la figura 2.1 (a). Durante esta carrera de admisión el pistón se desplaza desde su Punto Muerto Superior (PMS) hasta su Punto Muerto Inferior (PMI), mientras la válvula de admisión permanece abierta. Una vez terminado este proceso de llenado, se comprime la mezcla de aire y combustible como se muestra en el esquema 2.1 (b), desplazándose el pistón desde su PMI hasta su PMS. En esta carrera de compresión permanecen cerradas las válvulas de admisión y de escape. Terminando este proceso se realiza la combustión de la mezcla aire-combustible, mediante la acción de una bujía, incrementándose la presión y la temperatura de la mezcla, mientras el volumen permanece constante en su valor mínimo. Como consecuencia de esta combustión, el pistón es lanzado de su PMS hasta el PMI, como se observa en la figura 2.1 (c). Durante esta carrera de expansión las válvulas de admisión y escape permanecen cerradas.

Al llegar el pistón a su PMI la válvula de escape se abre, iniciándose así el proceso o carrera de escape en que los productos de combustión son descargados del cilindro hacia la atmósfera. El proceso de escape está diseñado en la figura 2.1 (d). De esta manera el cigüeñal gira 720 grados o dos vueltas para completar los cuatro procesos; de admisión, compresión, expansión y escape.

En la realidad no se cumple el ciclo termodinámico teórico ya que el ciclo real funciona sobre un sistema abierto. Para el análisis del ciclo teórico se supone que el ciclo es cerrado y que el medio sufre el proceso del ciclo repetidas veces.

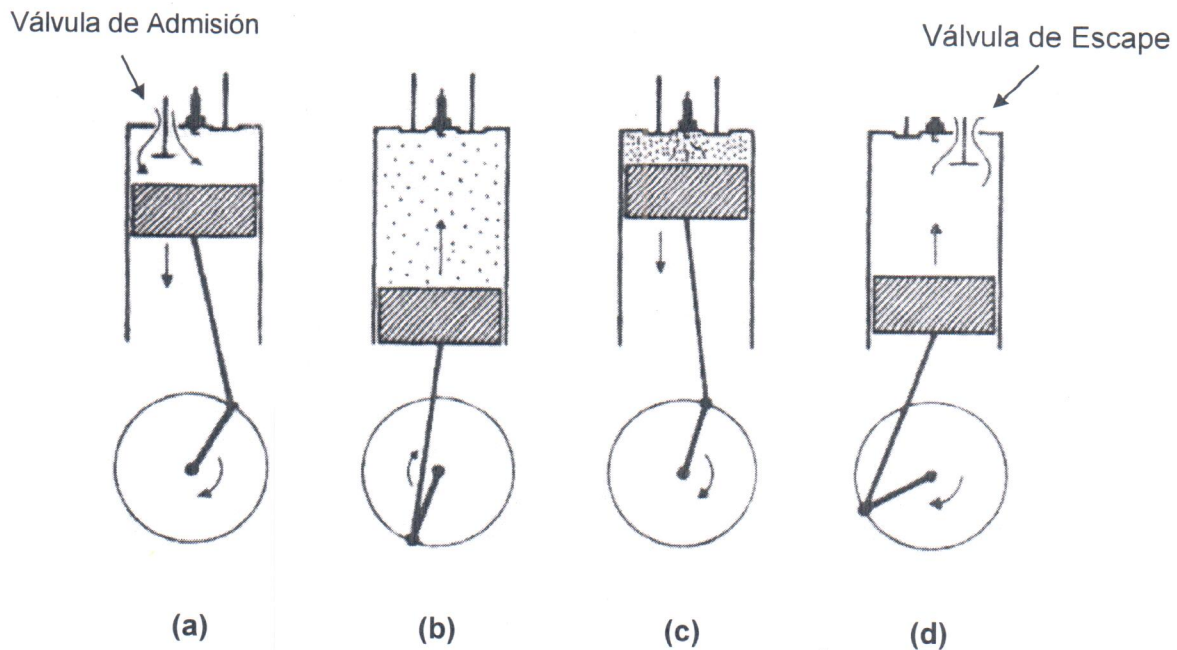


Figura 2.1 Tiempo de un Ciclo Otto, a) Admisión, b) Compresión, c) Expansión, d) Escape

2.3.2 Diferencia entre el ciclo Otto teórico y el ciclo Otto real

Las diferencias entre los ciclos se hace en dos partes: En la primera, el ciclo teórico con el mejor rendimiento posible (figura 2.2) y la segunda, las desviaciones del ciclo real en la aparición práctica de un motor (figura 2.3).

a) Ciclo Otto teórico

0-1 Aspiración (proceso isocórico)

La válvula de admisión se abre y se aspira una carga de aire y combustible a una presión teóricamente igual a la atmosférica, provocando el descenso del pistón. La válvula de escape permanece cerrada.

1-2 Compresión (proceso adiabático)

No existe intercambio de calor entre el gas y las paredes del cilindro. La válvula de admisión y la de escape están cerradas y el pistón comienza a subir, comprimiendo la mezcla que se vaporiza.

2-3 Combustión (proceso isocórico)

Ambas válvulas permanecen cerradas. Al llegar el pistón a la parte superior de su carrera, el gas comprimido se inflama por la chispa de la bujía. La combustión de toda la masa gaseosa es instantánea, por lo tanto el volumen no variará y la presión aumentará rápidamente.

3-4 Expansión (proceso adiabático)

El gas inflamado empuja al pistón. Durante la expansión, no hay intercambio de calor, al aumentar el volumen, la presión aumenta.

4-1 Escape (proceso isocórico)

Cuando el pistón se encuentra en el extremo inferior de su recorrido, la válvula de admisión permanece cerrada y se abre la de escape, disminuyendo rápidamente la presión, sin variar el volumen interior. Luego manteniéndose la presión igual a la atmosférica, el volumen disminuye.

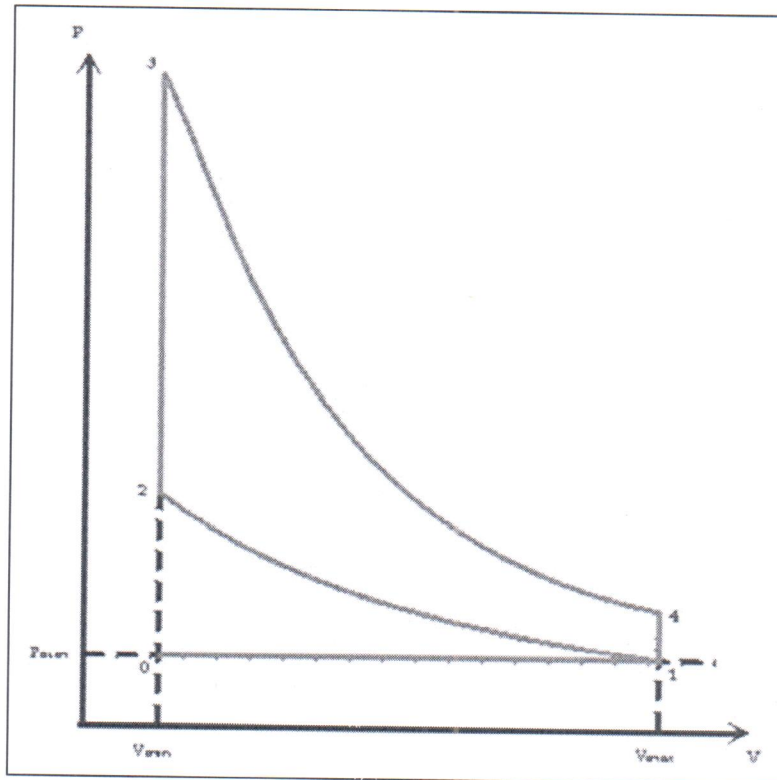


Figura 2.2 Ciclo Otto teórico

b) Ciclo Otto real

0-1 Aspiración

La presión del gas durante la aspiración es inferior a la presión atmosférica, por lo tanto, el cierre de la válvula de admisión se produce después que el pistón llega al extremo inferior de su carrera, es decir, se prolonga el período de admisión y entra en el cilindro la máxima cantidad de mezcla de aire y combustible.

1-2 Compresión

El gas cede calor al cilindro, por consiguiente el gas se enfría y adquiere menos presión.

2-3 Combustión

La combustión no es instantánea y el volumen de la mezcla va variando mientras se propaga la inflamación. En este caso, el perfeccionamiento que se puede aportar para la obtención de un máximo trabajo, será en la elección en que ha de producirse el encendido. La chispa debe saltar antes de que el pistón haya terminado la carrera de compresión, de esta manera aumenta considerablemente la presión alcanzada después de la combustión y de esta forma el trabajo ganado será significativo.

3-4 Expansión

El aumento de la temperatura en el interior del cilindro durante la combustión produce en la expansión, que los gases cedan calor al cilindro y se enfrían, dando como resultado una presión menor.

4-1 Escape

En realidad el escape no se hace instantáneamente, sino que en este período los gases tienen aún una presión superior a la atmosférica.

Por lo tanto, la válvula de escape se abre antes de que el pistón llegue al extremo inferior de su recorrido, de este modo la presión del gas tendrá tiempo de disminuir mientras el pistón termina su carrera descendente, al realizar éste su carrera ascendente sólo encontrará delante de él gases expansionados ya casi por completo. La válvula de admisión se abre antes de que el pistón llegue al extremo superior de su recorrido, produciendo una cierta depresión en el cilindro que hace que la aspiración sea más enérgica.

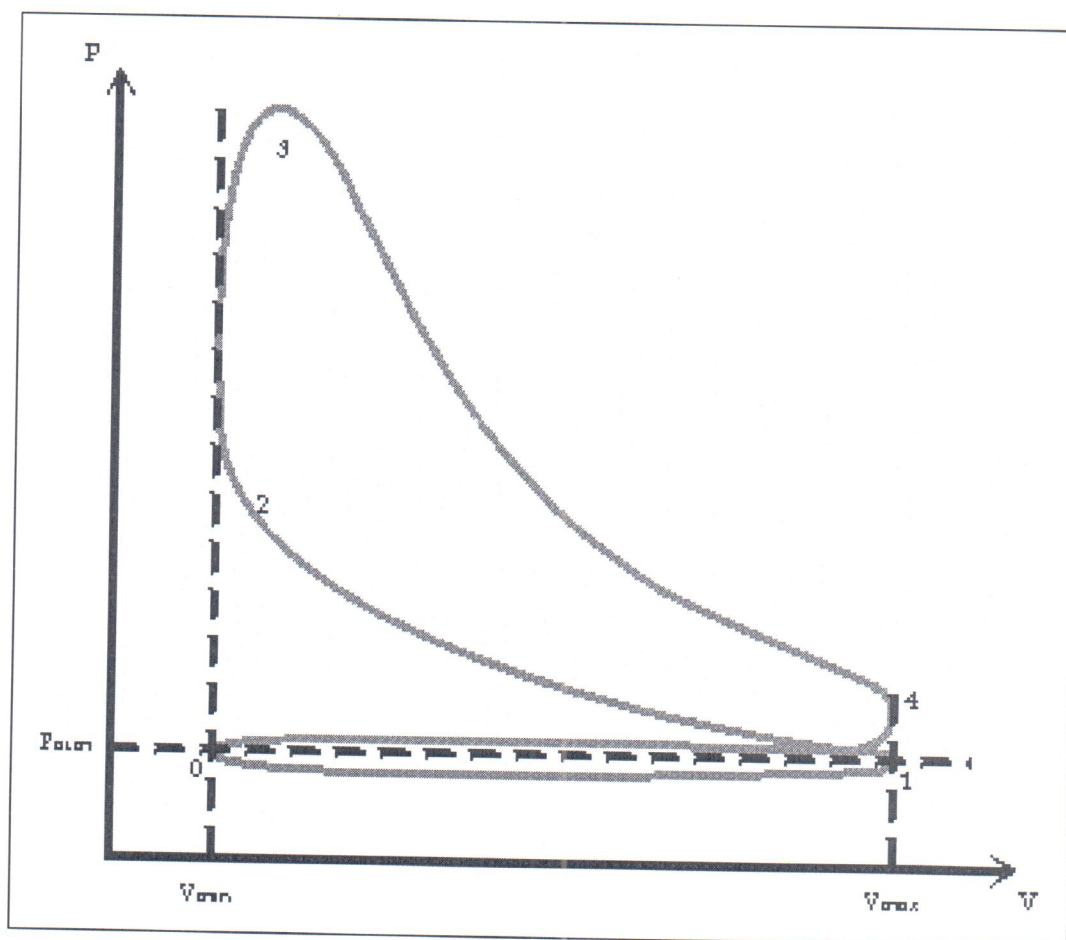


Figura 2.3 Ciclo Otto real

2.3.3 Ciclo Diesel

El motor Diesel es un motor de combustión interna cuyo funcionamiento se basa en el ciclo Otto, a diferencia que se inyecta combustible dentro del pistón una vez realizada la compresión del aire.

Esto es, en el primer tiempo la diferencia con el motor encendido por chispa es que en lugar de entrar una mezcla de aire y combustible entra solo aire, esto produce que en el segundo tiempo, el aire se comprima y se caliente cuando llega el pistón al PMS, en ese instante el diesel es inyectado. En el tercer tiempo el diesel se enciende a raíz de la presión elevada en la que se encuentra el aire. El cuarto tiempo es igual al de encendido por chispa. La relación de compresión de la carga del aire es lo suficientemente alta como para encender el combustible inyectado.

Este motor utiliza varios tipos de combustible, los cuales se caracterizan por una mayor eficiencia térmica y por las ventajas económicas para las aplicaciones que tiene.

En los sistemas que funcionan con combustible líquido (los que predominan), se producen complicaciones técnicas (en las bombas de inyección, en las boquillas inyectoras y en las cámaras de combustión en las cuales se realizan los procesos de entrega, atomización y quema del combustible).

Para obtener una combustión limpia, así como para no emplear una gran cantidad de aire, todo el proceso se realiza en milisegundos. Según el proyecto de Rudolph Diesel, el motor diesel presenta un sistema de inyección de combustible en el que la razón de inyección se retarda y se controla para obtener una presión constante durante el proceso de combustión.

2.4 Ciclos de trabajo

Un ciclo de trabajo es la sucesión de operaciones que la mezcla aire y combustible o combustible se ejecuta dentro del cilindro, necesarias para que haya una carrera de trabajo.

La duración del ciclo de trabajo es medida por el número de carreras efectuadas por el pistón para realizarlo.

Una carrera es la distancia que recorre el pistón en el cilindro desde PMI hasta el PMS relacionado con el ciclo del motor que lleva a cabo, es decir, en un motor de cuatro tiempos hay carreras de admisión, de compresión, de expansión (o trabajo) y de escape. Las carreras de admisión y expansión son descendentes y las de compresión y escape son ascendentes.

2.4.1 Motor de cuatro tiempos

Se denominan de cuatro tiempos porque el ciclo de trabajo se realiza en cuatro carreras del pistón, es decir, en dos vueltas del cigüeñal. El ciclo de cuatro tiempos comprende las cuatro fases siguientes:

- a) Admisión de la mezcla en el cilindro
- b) Compresión de la mezcla en el cilindro
- c) Explosión de la mezcla en el cilindro
- d) Escape de los productos de la combustión

Cada fase corresponde a una carrera del pistón.

Este ciclo de funcionamiento es el que rige a los motores de gasolina (también conocidos como motores Otto) y a los Diesel. La diferencia entre ambos es que en

el motor Otto el combustible se mezcla con el aire necesario para su combustión y se hace explotar en el interior de los cilindros mediante el encendido provocado por una chispa eléctrica procedente de una bujía. En los motores Diesel, el combustible se inyecta directamente en la precámara (inyección indirecta) o en la cámara de combustión (inyección directa) y el encendido se produce de forma espontánea debido a las altas temperaturas que se alcanzan durante la elevada compresión.

Sin importar si un motor es de 2, 3, 4, 5, 6, 8 o más cilindros la mayoría de los vehículos en circulación utilizan un motor de cuatro tiempos. En la figura 2.4 se observa un pistón mostrando los cuatro tiempos.

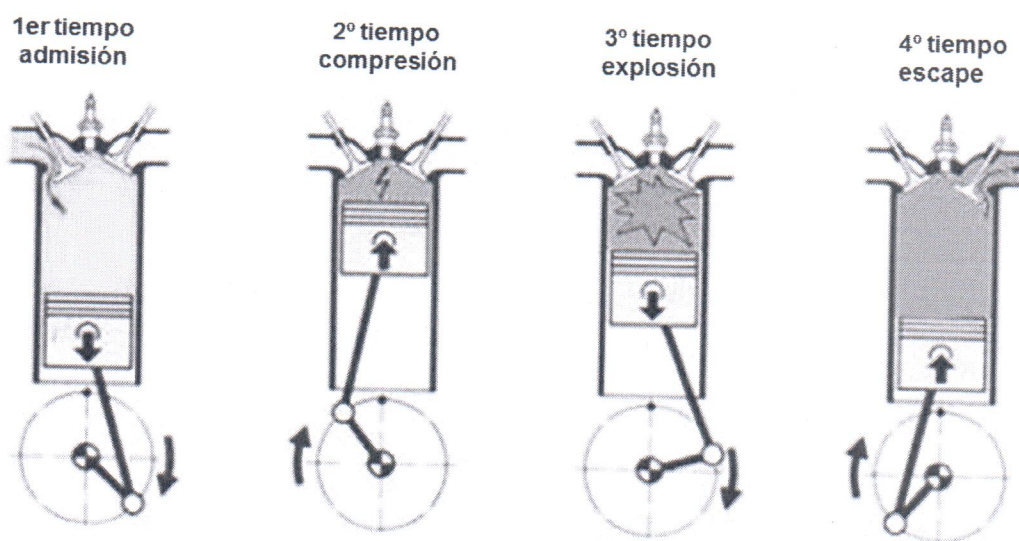


Figura 2.4 Ciclo de trabajo en un motor de cuatro tiempos de gasolina; admisión, compresión, explosión y escape

- Primer tiempo admisión: El pistón baja en el momento en que la válvula de admisión se abre, permitiendo el ingreso de la mezcla aire-combustible en los motores de encendido por chispa y aire en motores encendidos por compresión.
- Segundo tiempo compresión: El pistón sube comprimiendo la mezcla aire-combustible en los motores de encendido por chispa y aire en motores encendidos por compresión, las dos válvulas están cerradas.
- Tercer tiempo explosión: El pistón llega al máximo de su recorrido, la bujía entrega la chispa (motor encendido por chispa) y a presión (motor encendido por compresión), se produce la explosión y el pistón es impulsado hacia abajo.

- d) Cuarto tiempo escape: El pistón sube nuevamente, pero esta vez la válvula de escape se encuentra abierta permitiendo la salida de los gases quemados.

2.4.2 Motor de dos tiempos

En los motores de dos tiempos, el ciclo completo de trabajo es realizado en dos carreras del pistón, que corresponde a una vuelta del cigüeñal. Durante la subida desde el PMI al PMS se introduce la mezcla de combustible y a la vez se comprime; la combustión se produce cuando el pistón llega al PMS y durante la carrera de bajada los gases de la combustión se descargan a la vez que entra la nueva mezcla de combustible por unos orificios denominados lumbreras de escape y admisión respectivamente. Las ventajas de estos motores son precisamente la obtención de una explosión por cada vuelta del cigüeñal y la sencillez que supone la ausencia de un sistema de distribución (válvulas, árbol de levas, etc.). Lo negativo de estos motores es su elevado consumo y las excesivas emisiones contaminantes comparados con los motores de cuatro tiempos.

2.4.3 Motor de encendido por chispa

El motor de encendido por chispa (*Spark Ignition, SI*) está basado en principios teóricos enunciados por Beau de Rochas, según los cuales la combustión se verifica a volumen constante y fue realizado prácticamente por el alemán Otto, en 1862. Hoy en día, el motor de *SI* suele llamarse, motor de ciclo Otto.

En la categoría de *SI* pertenece la mayoría de los motores de automóviles, una gran parte de los motores para tracción industrial, todos los motores para motocicletas y aeronaves y una buena parte de los motores para aplicaciones náuticas y agrícolas.

Por tanto, la gran mayoría de los motores de *SI* funcionan según el ciclo de cuatro tiempos. El de dos tiempos se adopta solamente en casos particulares, como son los motores fuera de borda y los pequeños motores de motocicleta.

El combustible es la gasolina, esto es, hidrocarburos ligeros de elevado poder calorífico que se evapora fácilmente. Pueden usarse también combustibles gaseosos o también, gas licuado, pero su empleo es menos práctico aunque en la actualidad ha adquirido gran uso.

Los motores de encendido por chispa pueden ser alimentados por medio de un carburador o por inyección. En el caso del encendido por inyección, el combustible se mezcla con el aire inyectándolo en el conducto de aspiración en la toma de la válvula, o bien directamente en la cámara de combustión. Con todo, este último método es el más empleado ya que es el más eficiente. La alimentación por inyección tiene la ventaja de distribuir de manera uniforme el combustible en los diversos cilindros.

Los sistemas de encendido eléctrico más utilizados son de encendido por magneto y el del distribuidor.

- a) En el encendido por magneto, se emplea un generador de corriente diseñado para generar un voltaje suficiente para hacer saltar una chispa en las bujías y así provocar la ignición de los gases comprimidos en un motor de combustión interna.
- b) El encendido por distribuidor es accionado por el árbol de levas girando el mismo número de vueltas que este y la mitad que el cigüeñal. La forma de accionamiento del distribuidor no siempre es la misma, en unos el accionamiento es por medio de una transmisión piñón-piñón, quedando el distribuidor en posición vertical con respecto al árbol de levas (figura 2.5). En otros el distribuidor es accionado directamente por el árbol de levas sin ningún tipo de transmisión, quedando el distribuidor en posición horizontal (figura 2.6).

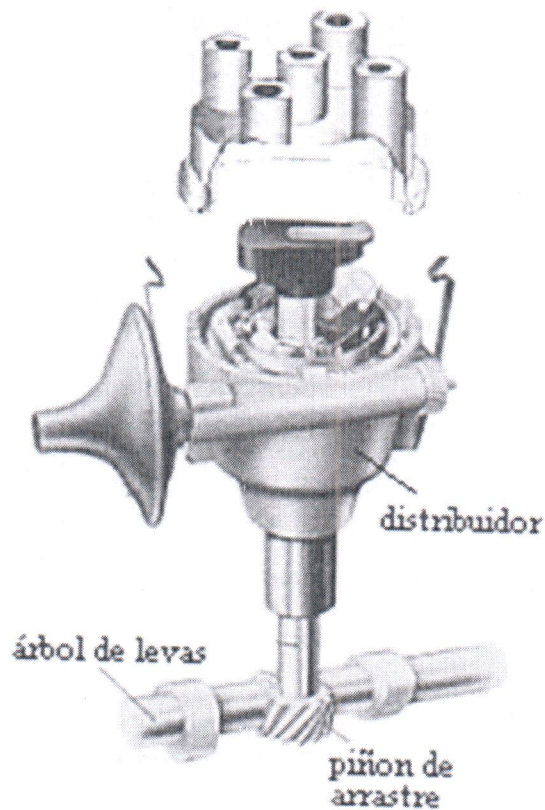


Figura 2.5 Encendido por distribuidor accionado por medio de una transmisión piñón-piñón

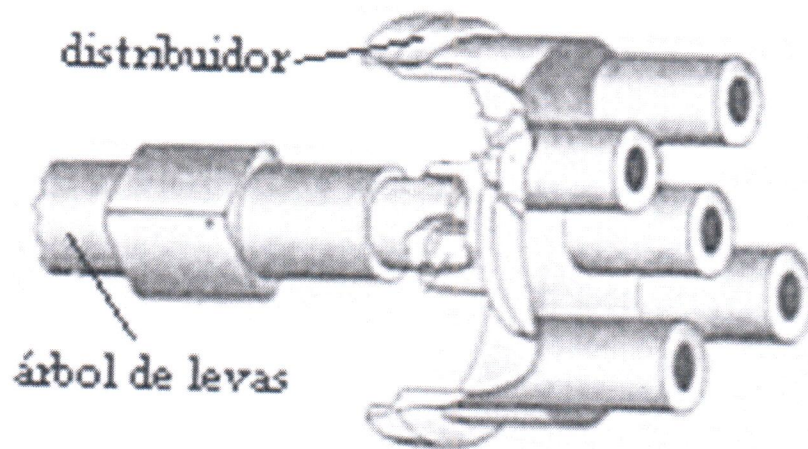


Figura 2.6 Encendido por distribuidor accionado por el árbol de levas

2.4.4 El motor encendido por compresión

El motor de encendido por compresión (*Compresión Ignition CI*) está basado en los trabajos de Rudolph Diesel, que realizó sus primeros motores alrededor del año 1892. En este tipo, la combustión se realiza a presión constante, según el ciclo que ha tomado el nombre de su inventor.

Los combustibles empleados son hidrocarburos líquidos de propiedades diferentes al hidrocarburo usado en motores de encendido por chispa, menos volátiles y con un peso específico superior, por lo cual se llaman combustibles pesados. El tipo más usado para los motores de los automóviles es el Diesel.

El Diesel es una mezcla de hidrocarburos obtenida por destilación fraccionada del petróleo, más pesada y menos volátil que la gasolina. Su principal característica es que se inflama bajo fuerte presión. También se utiliza un sistema de graduación para medir su calidad, en este caso con referencia a una mezcla de un hidrocarburo denominado cetano (grado 100) y el alfa metil naftaleno (grado cero).

La mayoría del Diesel para automóviles tiene un número de cetano cercano a 50. Frente a la gasolina, otra característica del Diesel es que la presencia de hidrocarburos específicos como ceras o parafinas, hacen que pueda helarse a temperaturas muy frías. Para evitarlo se añaden aditivos que mejoran su capacidad para fluir y evitan la congelación. El Diesel no es un combustible de clase inferior a la gasolina. Debe estar muy bien filtrado para no estropear los sistemas de inyección de alta presión, con inyectores que cuentan con orificios de milésimas de milímetro. La alimentación del combustible se efectúa exclusivamente por inyección.

Los motores de *CI* son similares, en importancia y variedad de aplicaciones, a los motores *SI*; pertenecen a esta vasta categoría los grandes motores Diesel lentos

para instalaciones navales y fijas, así como los motores Diesel rápidos empleados en la transportación terrestre y en embarcaciones ligeras.

Hay que considerar como motores de *CI* los motores de cabeza caliente llamados también semi-Diesel. Estos tienen un número limitado de aplicaciones en el campo de las instalaciones fijas, de tractores agrícolas y sobre algunos tipos de embarcaciones, pero tienden a ser suplantados por los motores Diesel rápidos y por los motores de *SI*.

Los motores de cabeza caliente presentan un tipo particular de autoencendido que por su sencillez y economía, encuentra aplicación en las instalaciones fijas y en el sector agrícola.

En su construcción, estos motores son muy similares a los Diesel, diferenciándose de ellos por su menor relación de compresión, la cual no es suficiente para provocar el autoencendido de la mezcla del aire y combustible. El autoencendido se produce debido a la presencia de un punto caliente constituido por un casquete (en forma de cámara pequeña, aislada y carente de refrigeración), en cuya dirección se inyecta el combustible. En contacto con la superficie sobrecalentada, el combustible se vaporiza, aumentando la compresión y se inflama. El ciclo termodinámico se acerca mucho al de Otto ya que contrariamente al caso Diesel, la combustión se produce prácticamente a volumen constante.

Los sistemas de inyección de combustible más utilizados son dos, la inyección neumática y la inyección mecánica.

- a) En la inyección neumática, también llamada inyección de pulverización, el combustible depositado en el pulverizador o inyector en la cantidad exacta necesaria para cada ciclo, se introduce en el cilindro aprovechando el efecto de arrastre de una corriente de aire de alta presión suministrada por un compresor adecuado.

La inyección neumática está hoy en día obsoleta, pero hay motores lentos que aún siguen utilizándola.

- b) En la inyección mecánica o inyección sólida, el combustible es inyectado a una elevada presión hidráulica. Es un sistema que regula la entrega de combustible a los cilindros mediante señales mecánicas, como puede ser la energía cinética del aire de admisión, la presión de la gasolina, etc.

Dentro de la clasificación de los motores de encendido por compresión existen dos tipos de motores que son motores lentos y motores rápidos.

- a) Los motores lentos son aquellos usados en instalaciones fijas y marinas, en general, en aplicaciones para las cuales la relación peso y potencia no tiene una importancia predominante. Teniendo que funcionar ininterrumpidamente durante largos periodos de tiempo, tienen sobresalientes características de seguridad y duración, además de ser de

dimensiones muy grandes. Aprovechan su poca cilindrada y gran peso; el funcionamiento a un bajo número de revoluciones provoca que tenga una potencia limitada, pero con la ventaja de una larga duración.

- b) Los motores rápidos son comparables con los motores de encendido por chispa, con los cuales difieren esencialmente por el sistema de alimentación, de encendido y por la relación peso/potencia.

También existen motores encendidos por compresión que son clasificados como doble efecto y simple efecto.

Los *motores de simple efecto* son los más comunes y más empleados en todos los motores Diesel.

En los *motores de doble efecto* el cilindro está provisto de dos cámaras de combustión, una en cada extremo. La presión de combustión actúa alternadamente sobre las dos caras opuestas del pistón y los ciclos se desarrollan en las dos cámaras de combustión, por ende, se encuentran defasados en un cierto tiempo.

2.4.5 Diferencias principales entre el motor de encendido por chispa y el de encendido por compresión

Desde el punto de vista mecánico, no hay diferencias substanciales entre los dos tipos de motores. Esencialmente se distinguen por su ciclo teórico, el motor de *SI* funciona según el ciclo Otto y el de *CI* según el ciclo Diesel.

Las diferencias fundamentales entre los dos tipos de motores se derivan de las características de sus ciclos:

Introducción de combustible

En la mayor parte de los motores de *SI*, el aire y el combustible son introducidos en la cámara de combustión bajo forma de mezcla gaseosa. La mezcla se efectúa en el carburador y la regulación de la cantidad de la mezcla introducida se obtiene por medio de una válvula de mariposa y en la actualidad se hace por medio de los inyectores.

En los motores de *CI*, el aire se introduce en la cámara de combustión a través de conductos que van a la válvula de aspiración, mientras el combustible se introduce directamente por medio de un inyector. La mezcla aire-combustible se realiza en la cámara de combustión; no hay regulación de la cantidad de aire, sino tan sólo una regulación de la cantidad de combustible introducido.