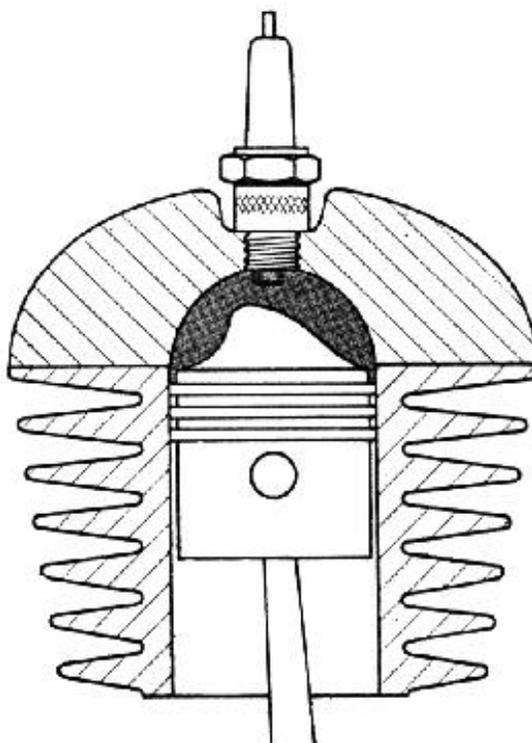


## ***EL MOTOR DE 2 TIEMPOS (a gasolina)***

1	Concepto. Definición	2
2	El ciclo de 2 Tiempos. Teórico, Real y Práctico	4
3	Diseños y aplicaciones.	7
4	Lubricación y lubricantes en los motores de 2T	9
	Bibliografía	12

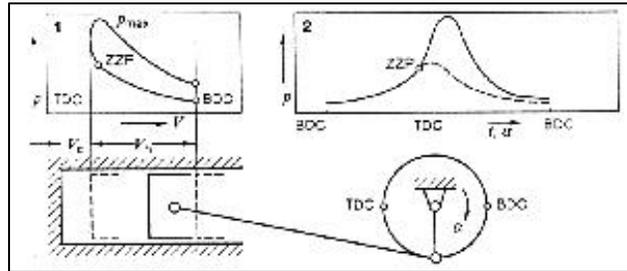


## 1 El Motor de 2 Tiempos. Concepto y Definición.

Un motor con ciclo de 2T no difiere conceptualmente de uno de 4T, ya que los dos emplean el mismo principio de funcionamiento y por tanto se definen como :

"Motores de combustión interna de ciclo alternativo".

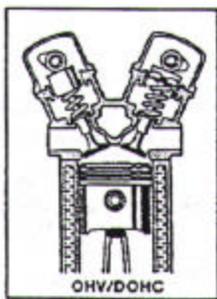
Es lo mismo decir que para su funcionamiento estos motores queman una mezcla de aire y combustible (gasolina) y transforman la energía desprendida por esa reacción endotérmica (combustión) mediante un émbolo de carrera lineal, limitada, y alternativa desplazándose por el interior de un cilindro. El movimiento lineal es transformado en circular mediante una manivela llamada cigüeñal y una biela, articulada, que une los dos elementos.



### 1. ESQUEMA Y CICLO DE TRABAJO DE MOTOR ALTERNATIVO.

1. Según diagrama Presión-Volumen. 2. Según diagrama Presión-Tiempo o ángulo cigüeñal. ZFP= Encendido.

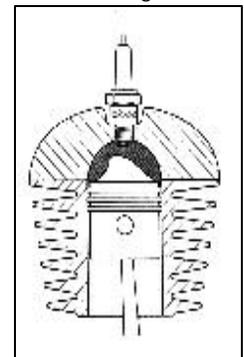
El par de giro obtenido de esa forma en el cigüeñal se utiliza de diversas formas según el diseño de máquina y su aplicación.



**2. MOTOR 4T.** Sistema de distribución con válvulas y eje de levas en cabeza

Constructivamente el motor de 2 tiempos (fig. 3) difiere del motor de 4 tiempos (fig. 2) en la pérdida o la no utilización del complicado sistema de control de alimentación y escape llamado sistema de distribución (válvulas, muelles, levas, correas o cadenas de transmisión).

Una vez los motores están en funcionamiento se puede comprobar que las diferencias son más notables aún: un motor de 2T desarrolla el mismo trabajo en la mitad de tiempo.

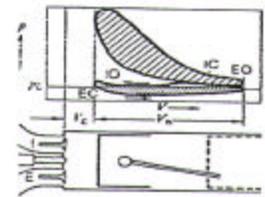


**3. MOTOR 2T.** Elimina el sistema mecánico de la distribución

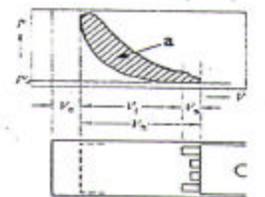
En cada giro completo del cigüeñal, un 2T siempre tiene una fase de trabajo efectivo en cada cilindro. En un 4T han de cumplirse 2 giros completos para obtener una carrera del émbolo con trabajo efectivo por cada cilindro.

Este tipo de diseño supone obtener mayor potencia específica por volumen y peso unitario de motor, ya que en un motor 2T al eliminar el sistema de distribución por válvulas y eje de levas se eliminan las pérdidas de energía requeridas para su arrastre (fig.4 y 5), así como también se eliminan todas sus inercias. El excelente rendimiento global de este motor está penalizado por un elevado consumo real debido a las fugas de combustible sin quemar por la lumbrera de escape en el momento del cruce de flujos de Admisión y Escape.

Aún a pesar de ello las ventajas que presenta son notables, por lo que se ha diversificado enormemente su aplicación a los más variados usos: motocicletas, karting, motonáutica, modelismo, ultraligeros, herramienta variada (cortacéspedes, motocultores, generadores, compresores, motobombas, etc)...



**4 CICLO REAL P-V. 4 Tiempos**  
 ■■■■■ ÁREA DE TRABAJO EFECTIVO  
 ■■■■■ ÁREA DE TRABAJO ABSORBIDO



**5. CICLO REAL P-V. 2 Tiempos**  
 ■■■■■ ÁREA TRABAJO EFECTIVO

## 2. El ciclo de 2 Tiempos. Teórico, Real y Práctico

Todo motor endotérmico para funcionar teóricamente bien habrá de completar un ciclo formado por varias por varias fases sincronizadas que permitirán el transcurso por su interior, del flujo de gases:

ADMISIÓN de los gases-mezcla de aire más gasolina a la cámara de compresión.

COMPRESIÓN de los gases.

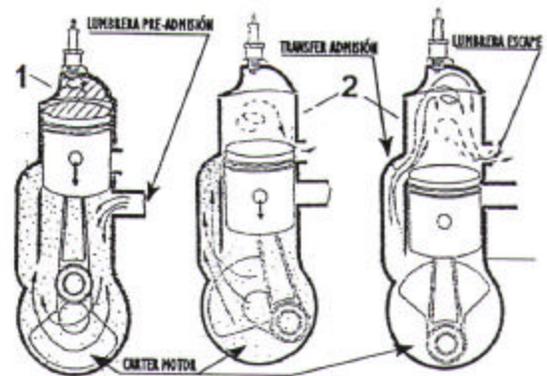
EXPANSIÓN de los gases quemados.

ESCAPE o expulsión del motor de los gases quemados.

Estas fases, perfectamente definidas en su orden lógico son las que corresponden al ciclo teórico.

Para que un motor de 2T pueda completar el ciclo en una sola vuelta de cigüeñal, hay fases que se realizan al mismo tiempo y en el mismo lugar físico (fig.6-2), y sólo se distinguen por la propia dinámica de los fluidos, sus inercias y diferencias de presión y temperatura.

La forma en que se realizan las fases del ciclo de 2T es como sigue:

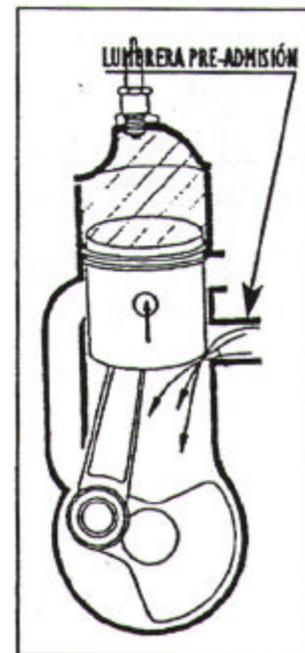


6. DESCENSO ÉMBOLO. Expansión + Escape + Admisión

CICLO REAL (Fig.6 y 7)

CARRERA DESCENDENTE DEL ÉMBOLO:

1. EXPANSIÓN. Es la combustión de los gases comprimidos en la cámara de compresión, originada por una chispa eléctrica generada por los electrodos de una bujía, quien provoca el descenso del émbolo. En la parte del cárter se comprimirá la mezcla de combustible que se ha entrado previamente por la lumbrera de pre-admisión procedente del carburador.
2. ESCAPE-ADMISIÓN. Después de la 1ª media carrera descendente del émbolo descubre una abertura llamada "lumbrera de escape" que permite la salida de los gases quemados por la diferencia de presión aún existente entre el cilindro y el exterior.



7. ASCENSO ÉMBOLO.  
 COMPRESIÓN + PREADMISIÓN

Unos milímetro más tarde, en su carrera descendente aún, el émbolo descubre otra abertura llamada "transfer de admisión" por donde accederán los gases de combustible y aire hacia la parte alta del pistón. La impulsión de los gases hacia la cámara se realiza por la presión que genera el émbolo en el cárter del motor o bajos de cilindro en su carrera descendente.

#### CARRERA ASCENDENTE DEL ÉMBOLO

1. COMPRESIÓN + PRE-ADMISIÓN. En su carrera ascendente el émbolo cierra la ventana o Lumbreira de escape dando por terminada esta fase del ciclo. Milímetro más tarde se cierra la ventana del transfer de admisión, dando comienzo la fase de compresión de gases en la cámara de combustión. Por la parte inferior del émbolo, en su carrera ascendente provoca una disminución de la presión en el cárter motor, mientras procede a abrir la ventana o lumbreira de Pre-admisión, dando entrada a los gases procedentes del carburador.

De esta manera simple se completa una revolución de cigüeñal, habiendo finalizado todas las fases necesarias del ciclo real de trabajo.

#### CICLO PRÁCTICO:

El desarrollo del ciclo real de un motor de 2T como el que se ha expuesto, hace que el motor funcione, pero sin embargo, ese motor no ofrecería un buen rendimiento. Sería necesario hacer modificaciones en la disposición de los transfers y lumbreiras para optimizar al máximo posible el flujo de circulación de gases, teniendo en cuenta las limitaciones de los parámetros a que estos están sometidos: inercias, presiones y temperaturas.

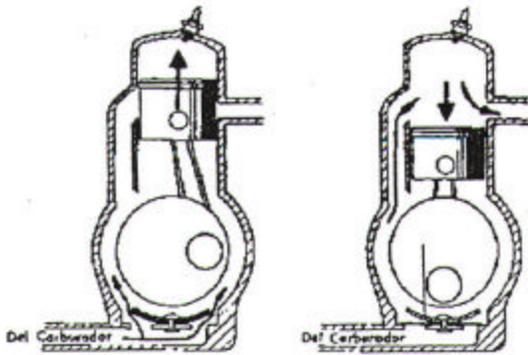
La mejora del rendimiento de un motor endotérmico, pasa obligatoriamente por el incremento de la cantidad de gases listos para quemar en la cámara de combustión. La gran dificultad está en el propio motor, que según sea su diseño, limitará el rendimiento en unos regímenes más que en otros. Si finalmente se obtuviera un motor que su rendimiento fuera sólo "bueno" a todos los regímenes, diríamos que es un motor muy "elástico" porque se comportaría bien en todos los regímenes sin perder potencia. Ese sería un buen objetivo.

No se puede mejorar el llenado del cilindro a todos los regímenes de revoluciones. Las operaciones de optimización sólo han permitido mejorar los rendimientos a regímenes determinados, pero nunca en todos los regímenes. Esta mejora global implica necesariamente mejorar el flujo de estos gases, facilitándoles 1º la entrada, con el objetivo de acercarse a un llenado teórico 1:1 (para un sistema de aspiración atmosférica); 2º una excelente homogeneización de la mezcla con la

intención de envolver cada gota de combustible con el oxígeno necesario y conseguir así una combustión lo más perfecta posible.

Existen diversas soluciones para la mejora de cada punto, pero las más utilizadas son:

- Dimensionado adecuado de las ventanas de acceso y trasiego de gases para facilitar su movilidad.
- Utilización de válvulas que mejoren el control de flujo de los gases, especialmente a la entrada en el cárter de admisión (fig.8) y tras la lumbrera de escape.
- Estudio de las formas de los componentes internos del cárter, para favorecer la atomización de la mezcla gaseosa.



8. Válvulas de láminas elásticas para la pre-admisión.

- Estudio y adopción de deflectores de cabeza de pistón que mejoren la dinámica del intercambio de gases en el acceso al cilindro y a la salida de éste sin perder gases frescos por el tubo de escape mientras permanecen abiertas las dos ventanas o lumbreras del cilindro

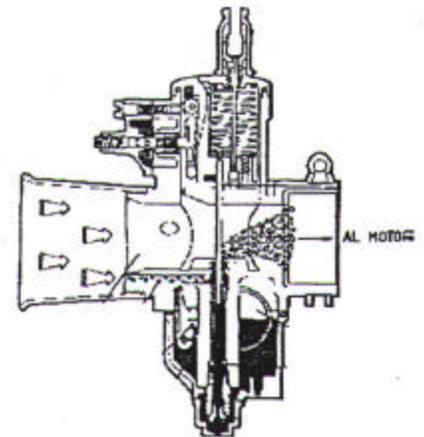
- Dimensionado de cotas de longitud y de los conos del tubo de escape para facilitar la salida de los gases quemados.

El ciclo práctico consta pues, de la correcta disposición de los elementos para favorecer el aumento del rendimiento del motor y disminuir el consumo de combustible sin quemar.

ALIMENTACIÓN. Carburador

La preparación de la mezcla de gases de aire y gasolina con una relación estequiométrica exacta o aproximadamente exacta, se realiza en el carburador (fig.9) cuyo mecanismo de funcionamiento se basa en el principio de VENTURI, con las correcciones y adaptaciones propias a las características de los flujos de gases en un motor de 2T.

Este órgano, salvando las diferencias, tiene enormes parecidos con los carburadores que se



9. Carburador de difusor variable.

emplean en los vehículos de turismo y motocicletas. Como objetivos esenciales, un carburador debe mantener en todo momento la proporción estequiométrica adecuada (partes de aire / partes de combustible), dosificar el volumen de mezcla preparada según necesidad o voluntad del conductor del vehículo o máquina.

### 3 DISEÑOS Y APLICACIONES

Debido a esa natural "falta de elasticidad" de los motores endotérmicos y en concreto de los de ciclo de 2T, en algunos casos en donde la aplicación así lo requiera se ha adoptado una solución externa, menos complicada y costosa, para mejorar su rendimiento de par motor sin necesidad de tener que estar continuamente trabajando sobre el diseño interno del motor.

Esta solución consiste en acoplar un variador de par, también llamado "caja de velocidades", que puede ser bien de accionamiento manual (caja de cambios manual), como automático (scooters y ciclomotores). Esta solución permite trabajar al motor dentro del régimen en el que este desarrolla mejor sus cualidades, aportando mejoras muy apreciables en el vehículo o aplicación.

Clasificación de las aplicaciones según su elasticidad:

	NAÚTICA	KARTING	MAQ.AGRIC.	MOTO	
MOTOR MUY ELÁSTICO	Competición	Competición			TOMA DIRECTA
					VARIADOR PAR
MOTOR ELÁSTICO					TOMA DIRECTA
				Cross Trial compet. Velocidad compe	VARIADOR PAR
MOTOR POCO ELÁSTICO					TOMA DIRECTA
				TRIAL	VARIADOR PAR

La simplicidad de la construcción es la característica principal que aporta un motor de 2T a todas las aplicaciones. De la misma forma que no incorporan un sistema de control y escape (distribución), en algunos casos tampoco incorporan un sistema de refrigeración líquida, lo que les evita tener que acoplar una bomba de circulación de líquido refrigerante, un circuito por donde vehicular el líquido, así como un radiador para el intercambio de calor líquido-aire.

Estos sistemas denominados de "refrigeración por aire", sólo necesitan dimensionar generosamente unas aletas situadas alrededor del foco crítico de temperatura, es decir un cilindro, y mayor será la aleta cuanto más cerca esté situada de la cámara de combustión.

Estas aletas incrementan la superficie de contacto con el aire y facilitan la evacuación de calor por radiación. Se completa el sistema con unas canalizaciones que conducen una corriente de aire forzada hacia las aletas.

Los materiales que intervienen en estos motores refrigerados por aire están sometidos a un stress térmico más elevados y por consiguiente las cotas de tolerancias para dilatación condicionarán enormemente su diseño.

#### UNIDAD DEL CONJUNTO

Todas las piezas que conforman una unidad: "cilindro-émbolo-biela-cárter" serán indivisibles y no podrán compartir, por ejemplo, el cárter con otros cilindros, como es el caso de los motores de 4T, o con la caja de velocidades como en los motores de 4T de motocicletas.

Esto significa que aunque el conjunto del motor de 2T sea multicilíndrico (2,4,...), cada uno de los cilindros tendrá su propio cárter, estanco e independiente de los demás.

## 4. LUBRICACIÓN Y LUBRICANTES

La lubricación del conjunto de las piezas de un motor de 2T también está condicionada por su particular diseño.

Los motores de 2T tampoco disponen de un circuito de lubricación forzada como ocurre en los motores de 4T.

El original sistema de lubricación de un motor de 2T utiliza el flujo de gases de combustión para transportar el aceite lubricante hasta cada una de las piezas que forman parte del conjunto. Para ello, el aceite deberá estar mezclado con el combustible, en una proporción previamente establecida. De esta forma, el lubricante será introducido en el cárter del motor completamente atomizado en la medida en que lo hace el combustible, y una vez dentro, por diferencia de tensión de vapor se separará del flujo de gases para depositarse en todas las superficies que necesitan ser lubricadas.

Posteriormente, el lubricante una vez que ha conseguido evaporarse, se sumará al flujo de gases que asciende hasta la cámara de combustión, incinerándose total o parcialmente junto al aire y la gasolina.

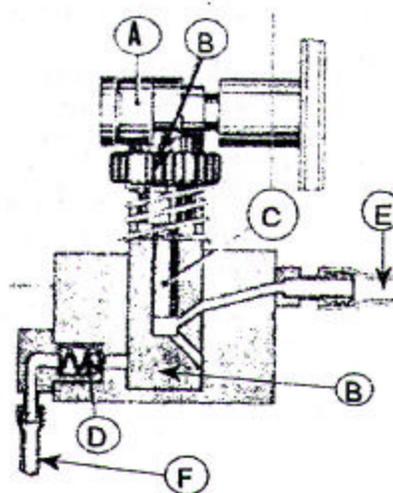
La cantidad de lubricante que se utilice o porcentaje de aceite diluido condicionará por una parte determinada protección lubricante y por otra la calidad de combustión del motor, actuando como freno de la misma y provocando, si la combustión no es total, una serie de residuos que pueden distorsionar el funcionamiento del motor.

Es por ello que el tipo de lubricante empleado ha de reunir propiedades que le permitan desarrollar una gran protección lubricante a la vez que su combustión sea total, evitando la emisión a la atmósfera de residuos contaminantes.

Sistema de inyección automática de aceite.

Para estabilizar la cantidad de lubricante añadido al combustible, se han implantado en algunos motores de 2T, como los de las motos tipo scooter o los de fueraborda, sistemas de dosificación automática del aceite lubricante.

En todos estos sistemas, la dosificación está garantizada mediante una bomba arrastrada por el eje del motor con engranajes tipo "tornillo sin fin" (B). Un pequeño émbolo (C) con movimiento alternativo, es el encargado de recoger una pequeña cantidad de aceite procedente del depósito (E) e inyectarla a presión en el



circuito de alimentación (F), en el flujo de gases de admisión, entre el carburador y el motor, justo antes de entrar en el cárter.

**D**e esta forma las entregas de pequeñas gotas se realizan al mismo compás que el régimen del motor.

**E**n algunos sistemas más sofisticados, se ha incorporado la posibilidad de incrementar o disminuir la cantidad de cada entrega de aceite en relación directa con la posición del acelerador (carga momentánea del motor). Estos sistemas, además, permite modificar los valores mínimos y máximos de volumen de aceite para adaptar a cada usuario una lubricación más adecuada (A).

**L**os aceites para sistemas de engrase automático deberán poseer una viscosidad menor, cosa que facilitará una correcta dosificación ( $\cong 50$  cSt a 40°C).

## Lubricantes para motores 2T

**I**mposiciones muy estrictas de carácter medioambiental son las que han marcado profundas diferencias tanto en la formulación como en el uso de aceites para motores 2T de fueraborda.

**E**stas normas de protección medioambiental han influido de forma decisiva para reducir los porcentajes de dilución de aceite hasta el 1%, disminuyendo de esa forma la posible cantidad de aceite no quemado y que tendría como destino el agua por donde circula la embarcación (río, pantano o mar).

**A**simismo, se ha obligado en la fabricación de aceites lubricantes 2T para náutica reducir considerablemente el contenido de ciertos componentes habituales en los paquetes de aditivación de aceites terrestres. El motivo de ello es el elevado contenido en cenizas sulfatadas que suelen poseer estos elementos y que acaban formando residuos que dificultan el correcto funcionamiento del motor. Por otra parte, estos productos se consideran muy contaminantes, en caso de ser expulsados sin quemar.

**A** medio plazo, la acumulación de residuos puede llegar a colapsar el funcionamiento del motor, especialmente los motores marinos que se refrigeran con agua más fría.

**E**stos depósitos, una vez incandescentes por el propio funcionamiento del motor, provocan un encendido prematuro de los gases, que puede llegar a ser destructivo (perforación de la cabeza del pistón), comunicación de los electrodos de la bujía y obturación de los conductos de escape.

**E**ste tipo de aditivos, muy utilizados en los aceites 2T "terrestres", son elementos organometálicos con un nivel de polaridad muy elevado y que actúan como excelentes protectores antidesgaste y modificadores de fricción.

**S**e completa el paquete de aditivos con componentes que facilitan la limpieza de los residuos de oxidación generados por las propias bases lubricantes, que por naturaleza son incapaces de realizar estas tareas. Son los llamados aditivos dispersantes y detergentes.

**E**n el caso de las normativas más nuevas, se expresa la intención de eliminar de las fórmulas, todo contenido de disolventes, considerados también como elementos contaminantes.

**L**os disolventes se han empleado y se emplean aún en las fórmulas dirigidas a todos los sistemas de lubricación automática, como los que se han detallado anteriormente.

**L**a misión de los disolventes es la de enmascarar una viscosidad muy elevada, "engañando" a la bomba dosificadora. Una vez el aceite ha ingresado en el cárter del motor, y por temperatura el disolvente se evapora, separándose del aceite para recuperar su viscosidad "original".

### Aceites 2T "Terrestres"

**L**as imposiciones normativas de carácter medio ambiental en los aceites para motores 2T de uso "terrestre" se dirigen casi exclusivamente a la disminución de la formación de humos visibles que se desprenden por el tubo de escape de motores.

**E**stas estrictas normativas de origen oriental (JASO), han obligado a modificar las fórmulas tradicionales y utilizar en ellas bases sintéticas que poseen un punto de inflamación muy débil y que, convenientemente mezcladas con las demás bases lubricantes que conforman el producto acabado, ofrecen un punto de inflamación suficientemente reducido que favorece su total incineración y por tanto la reducción de humos visibles.

**P**or lo que respecta a los aditivos empleados en las fórmulas de aceites "terrestres", aún no han sido objeto de revisión, por lo que están siendo empleados productos que han demostrado sobradamente un excepcional rendimiento lubricante, antidesgaste y detergente.

BIBLIOGRAFÍA:

- BOSCH "AUTOMOTIVE HANDBOOK". Ed.1993
- "MOTORES DE DOS TIEMPOS PARA MOTOCICLETAS" J. Torrecillas
- "EL MOTOR DE DOS TIEMPOS" M. de Castro  
S. Estévez  
J. Miralles