



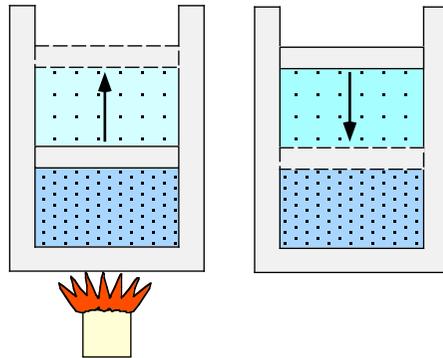
Física y Tecnología Energética

8 - Máquinas térmicas.

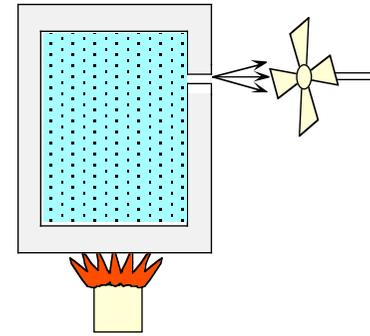
Motores de Otto y Diesel.

Máquinas térmicas y motores

- Convierten calor en trabajo.
Eficiencia limitada por el 2º principio a $\eta < 1 - \frac{T_{\min}}{T_{\max}}$
- Generalmente se basan en la expansión y compresión de gases



Máquinas de pistón



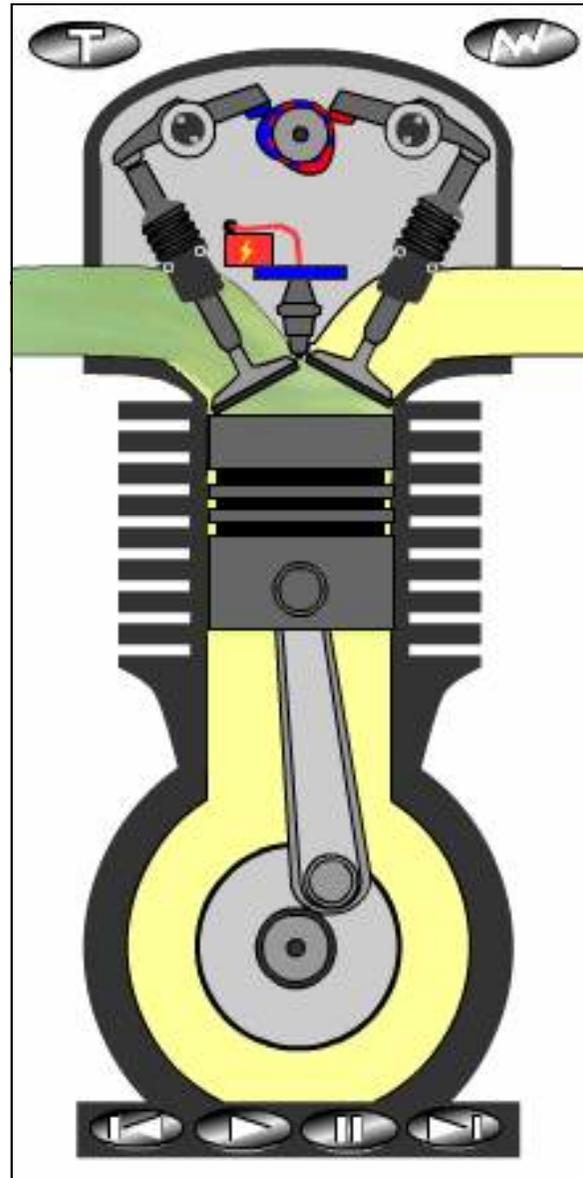
Turbinas

Máquinas térmicas y motores

	Combustión Interna	Combustión externa
Pistón	Motor de Otto (explosión 4 tiempos) Motor Diesel	Motor de vapor
Turbina	Turbina de gas Turboreactor	Turbina de vapor

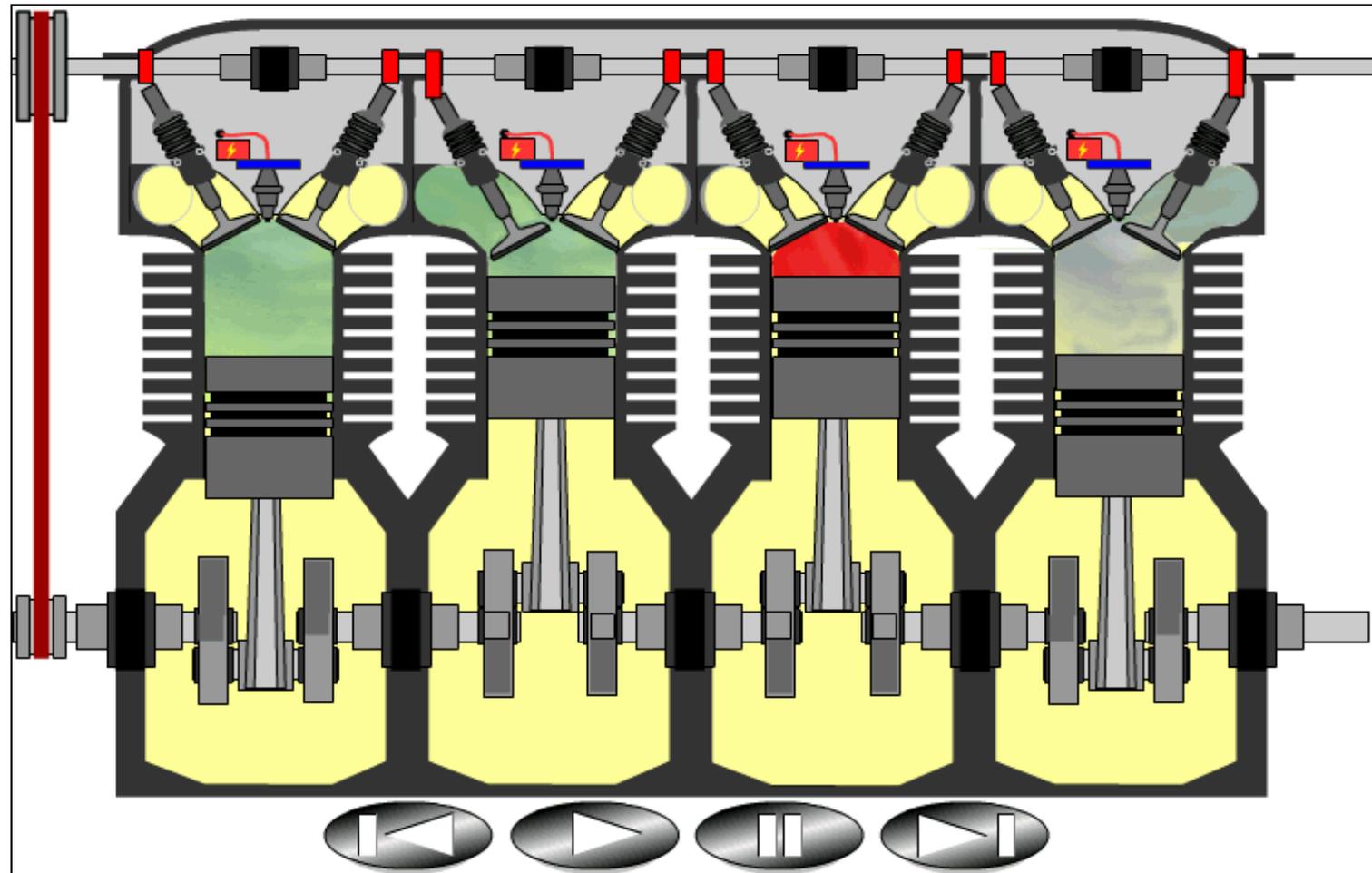
- Máquinas de ciclo combinado
- Cogeneración

Motor de explosión de 4 tiempos

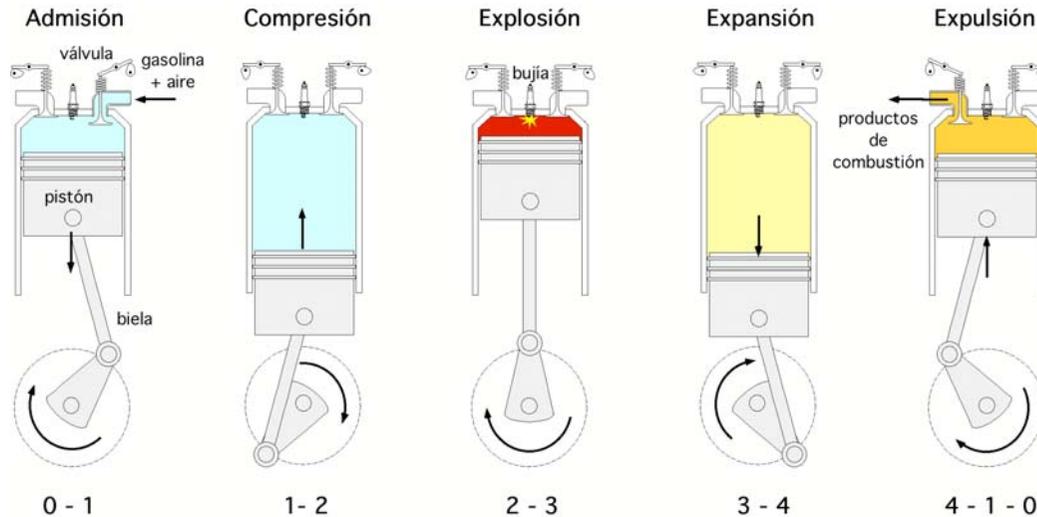


Motor con 4 cilindros

Siempre
hay un
cilindro
en la fase
de
explosión
y
expansión

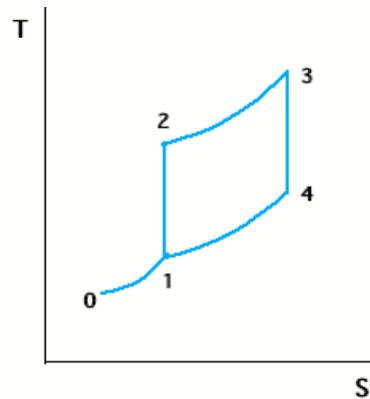
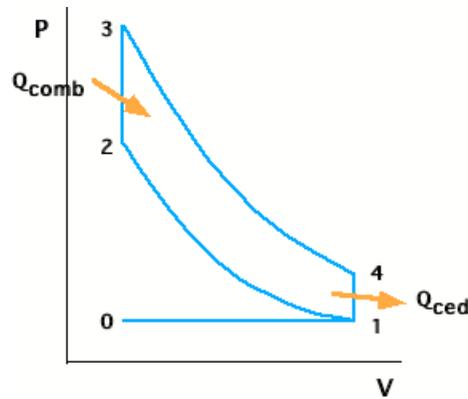


Motor de explosión de 4 tiempos. Ciclo de Otto.



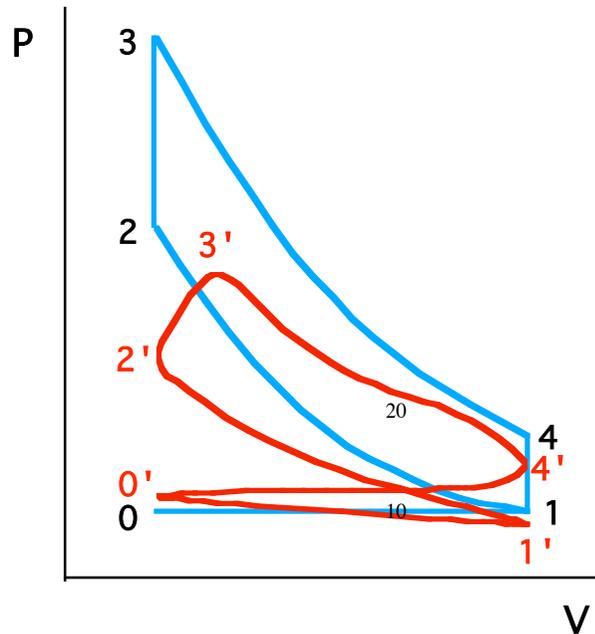
- Se introduce una mezcla de gasolina y aire
- Se comprime
- La bujía hace saltar una chispa que inicia la combustión y los gases se expanden moviendo pistón y bielas
- Se expulsan los productos de la combustión

Rendimiento teórico $\eta = 1 - \left(\frac{V_o}{V_1} \right)^{\gamma-1}$



Relación de compresión 6,5 - 8,5
 $\eta \sim 43 - 55 \%$
 Temperatura en la combustión 2000 K
 $\eta_{Carnot} \sim 85 \%$

Ciclo real del motor de cuatro tiempos



El ciclo real es irreversible, no es práctico efectuarlo lentamente (necesita unas 600 - 7000 r.p.m.)

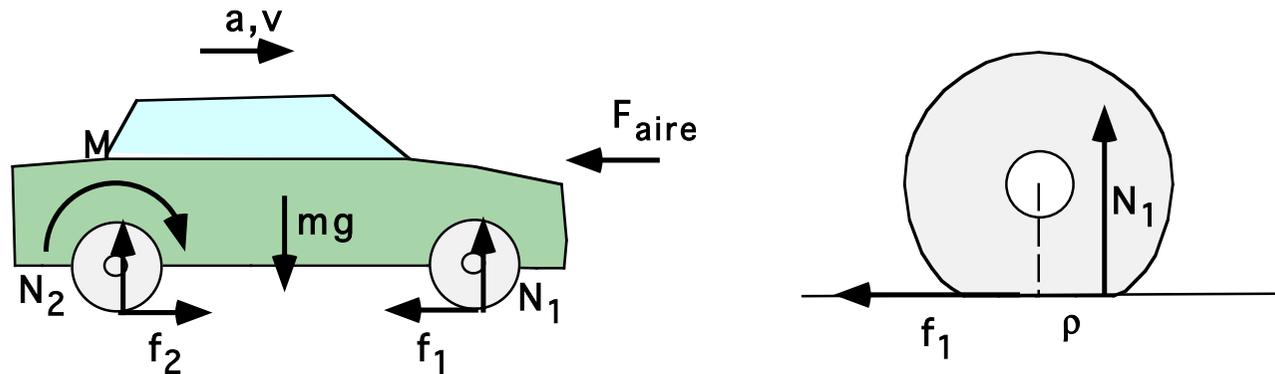
El cilindro debe refrigerarse para que las dilataciones y las altas temperaturas no atasquen el movimiento ni estropeen la lubricación

($T_{\text{exterior cilindro}} < 90 \text{ } ^\circ\text{C}$)

- Admisión. La mezcla entra caliente y el cilindro no se llena completamente
- Compresión. Debido a la refrigeración no es adiabática, politrópica 1,25
- Ignición y expansión. La combustión no es instantánea ni completa. Por la refrigeración se pierde el 36% del calor.
- Expulsión. No es inmediata. La presión debe ser algo superior a la exterior

Eficiencia real $\eta \sim 20 \%$

Movimiento del automóvil



El momento del par motor además de proporcionar aceleración debe vencer los rozamientos, resistencia a la rodadura y la fuerza de resistencia del aire.

$$M - \rho(m_c + 4m_r)g - rF_{\text{aire}} = r(m_c + 6m_r)a$$

$$F_{\text{aire}} = 0,05C_A A_f v^2 \quad (\text{N}; \text{ m}^2, \text{ km/h})$$

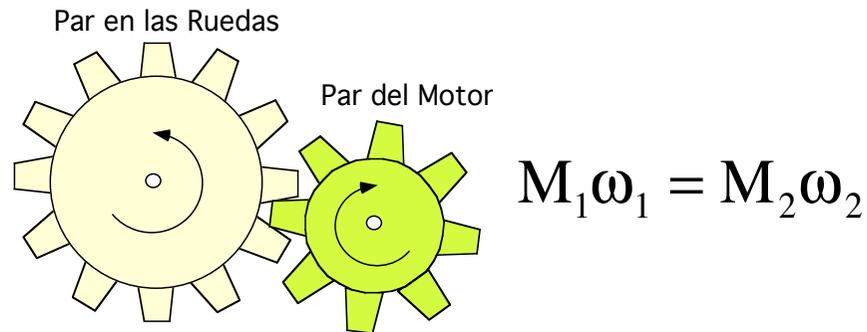
Donde el coeficiente aerodinámico C_A vale

Bloque rectangular	1
Camión	0,6-0,7
Automóvil	0,3-0,6
VW investigación	0,15
Forma aerodinámica ideal	0,03

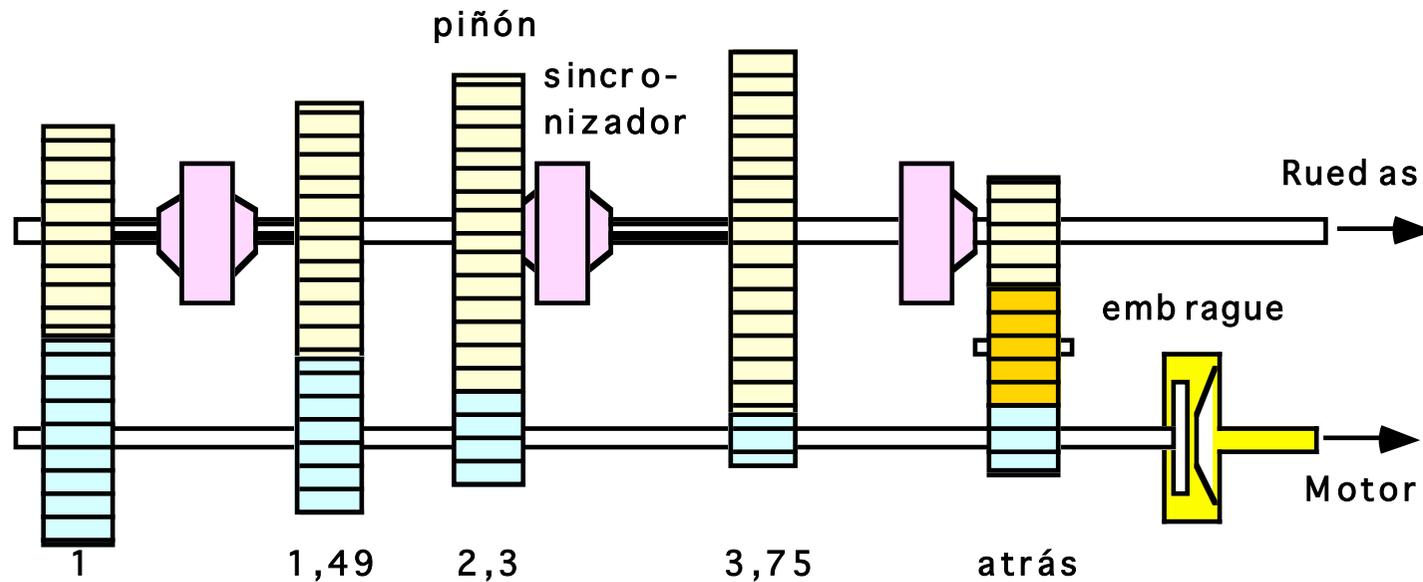
Para mantener $v = \text{cte}$

$$\text{Pot} = M\omega = \frac{\rho}{r}mgv + 0,05C_A A_f v^3$$

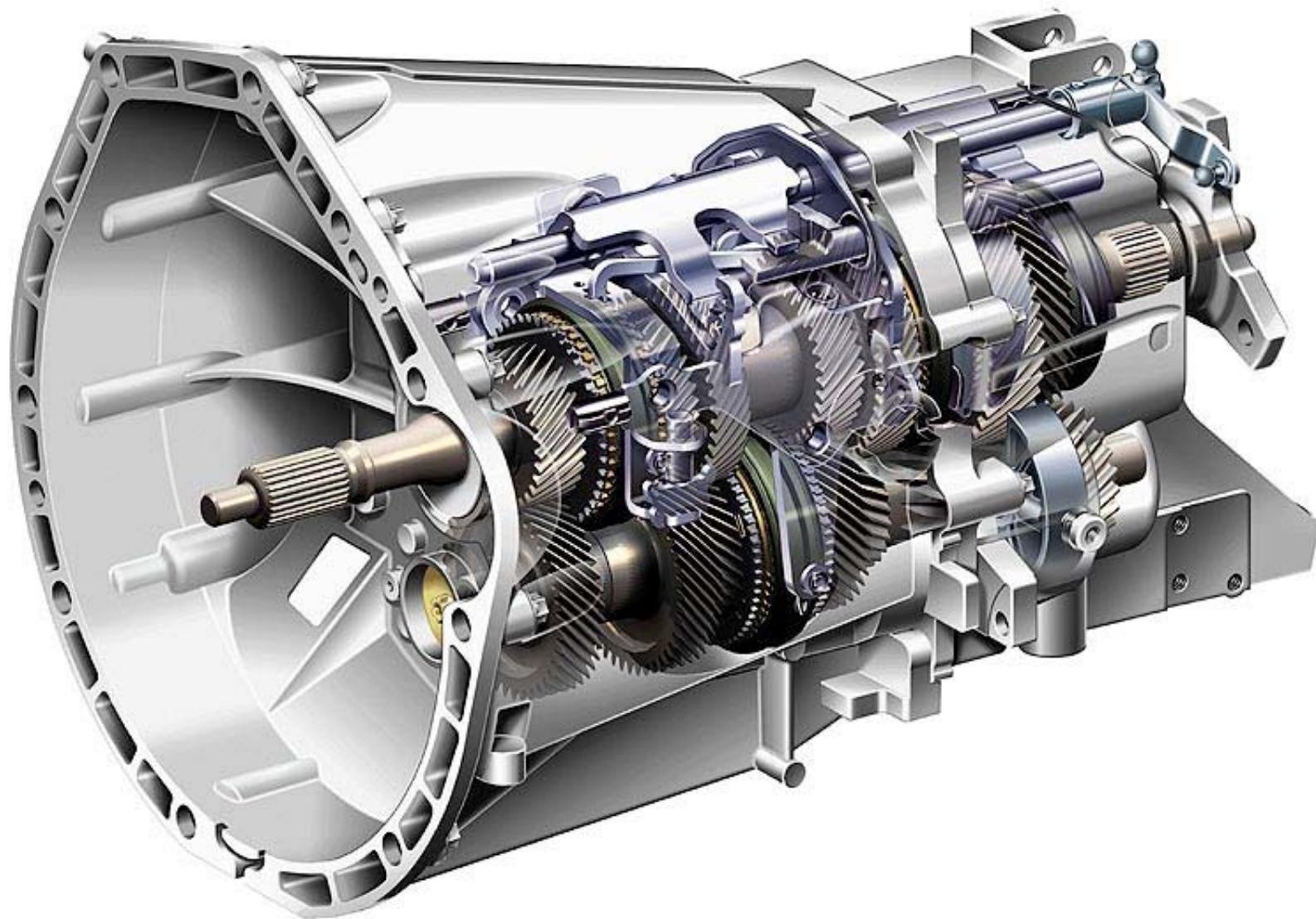
Movimiento del automóvil



El par efectuado por el motor es menor si gira muy rápidamente y se conecta a las ruedas por medio de engranajes

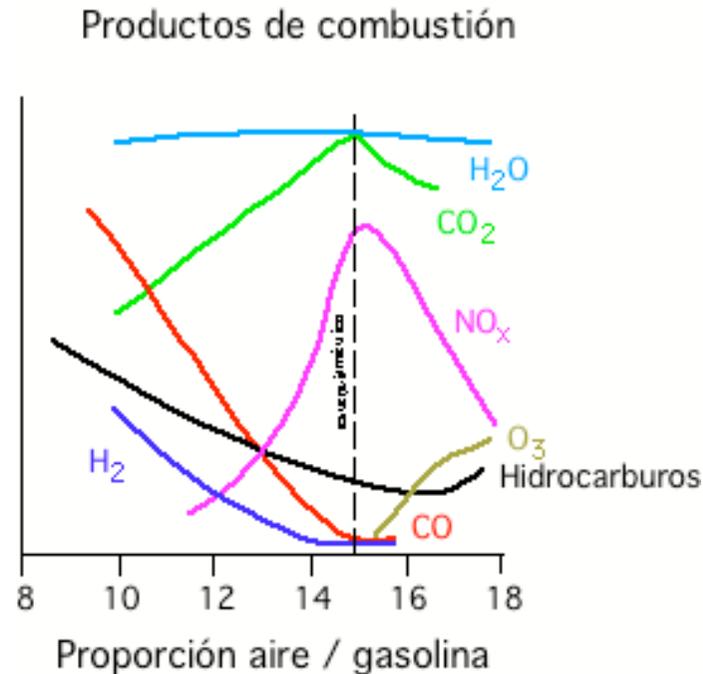


Caja de Cambios



El combustible

- La Combustión de la gasolina no es completa, depende de las proporciones de la mezcla
- Es muy importante que la explosión no ocurra antes de tiempo. (el combustible debe aguantar 400- 500 °C)



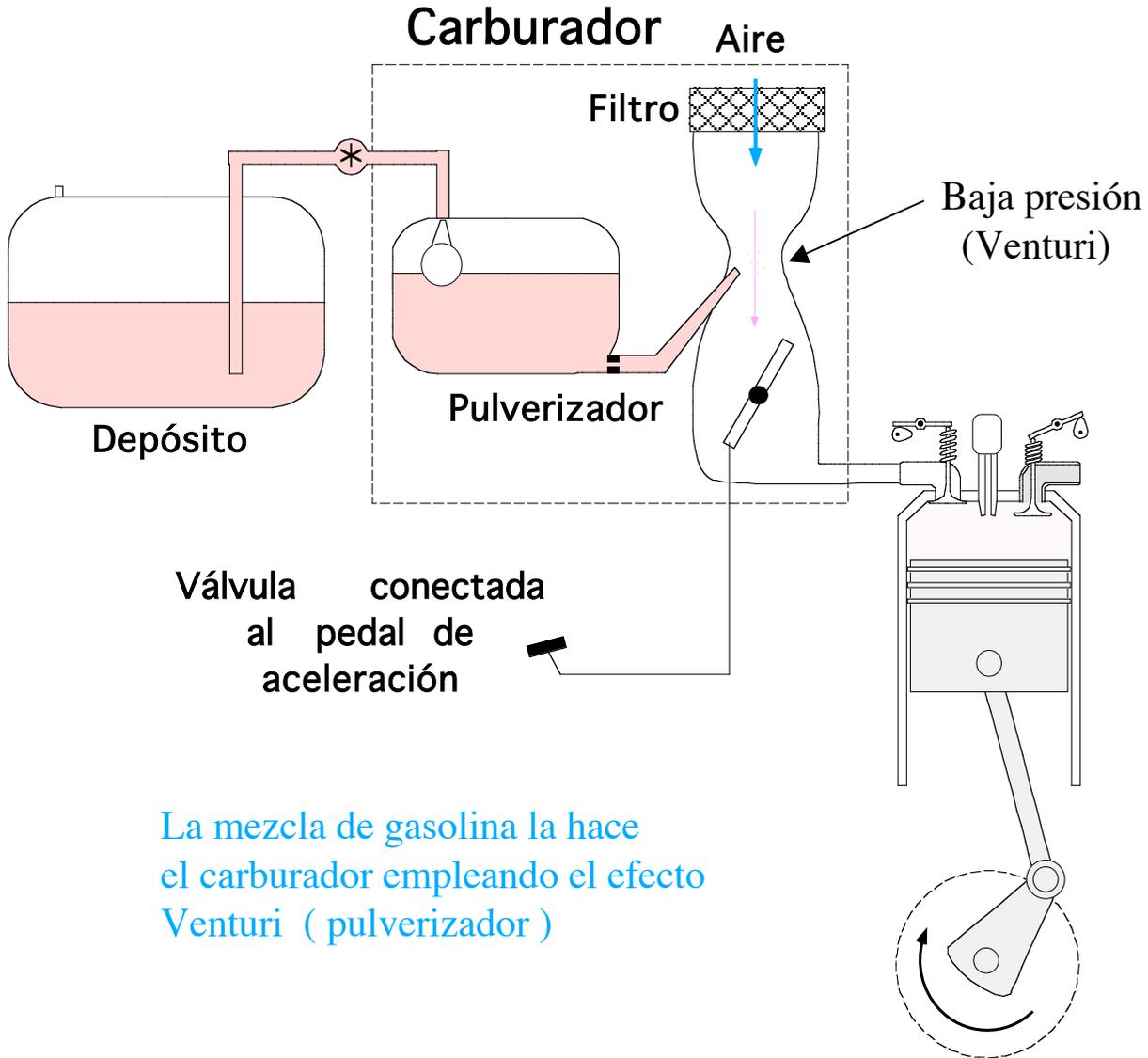
- Solo funciona con gasolina de alto octanaje

Heptano - entra en ignición antes de tiempo - 0

Isooctano - aguanta la compresión sin entrar en ignición - 100

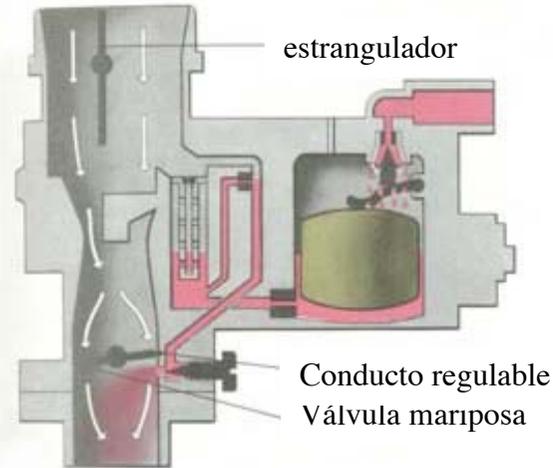
Una gasolina de 96 octanos tiene las mismas propiedades que la mezcla 96% isooctano + 4% heptano

Carburador

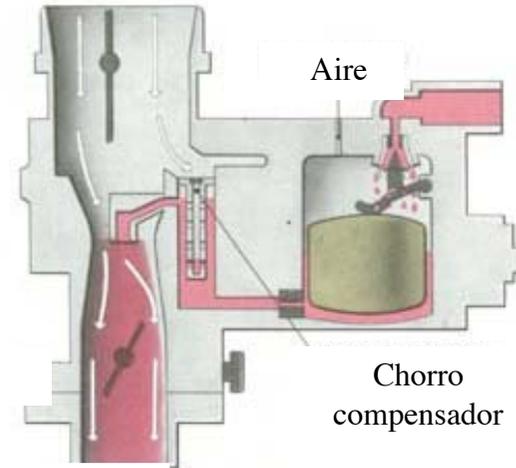


La mezcla de gasolina la hace el carburador empleando el efecto Venturi (pulverizador)

Carburador

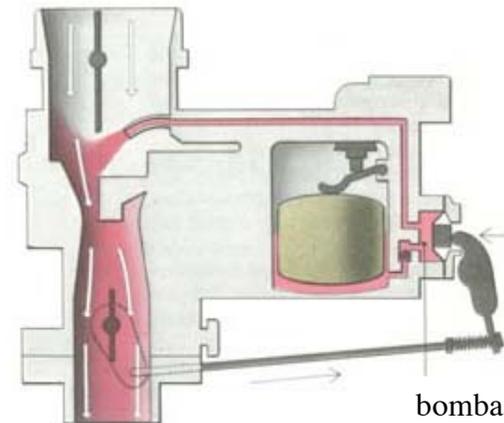


Ralentí, la gasolina llega por un conducto especial



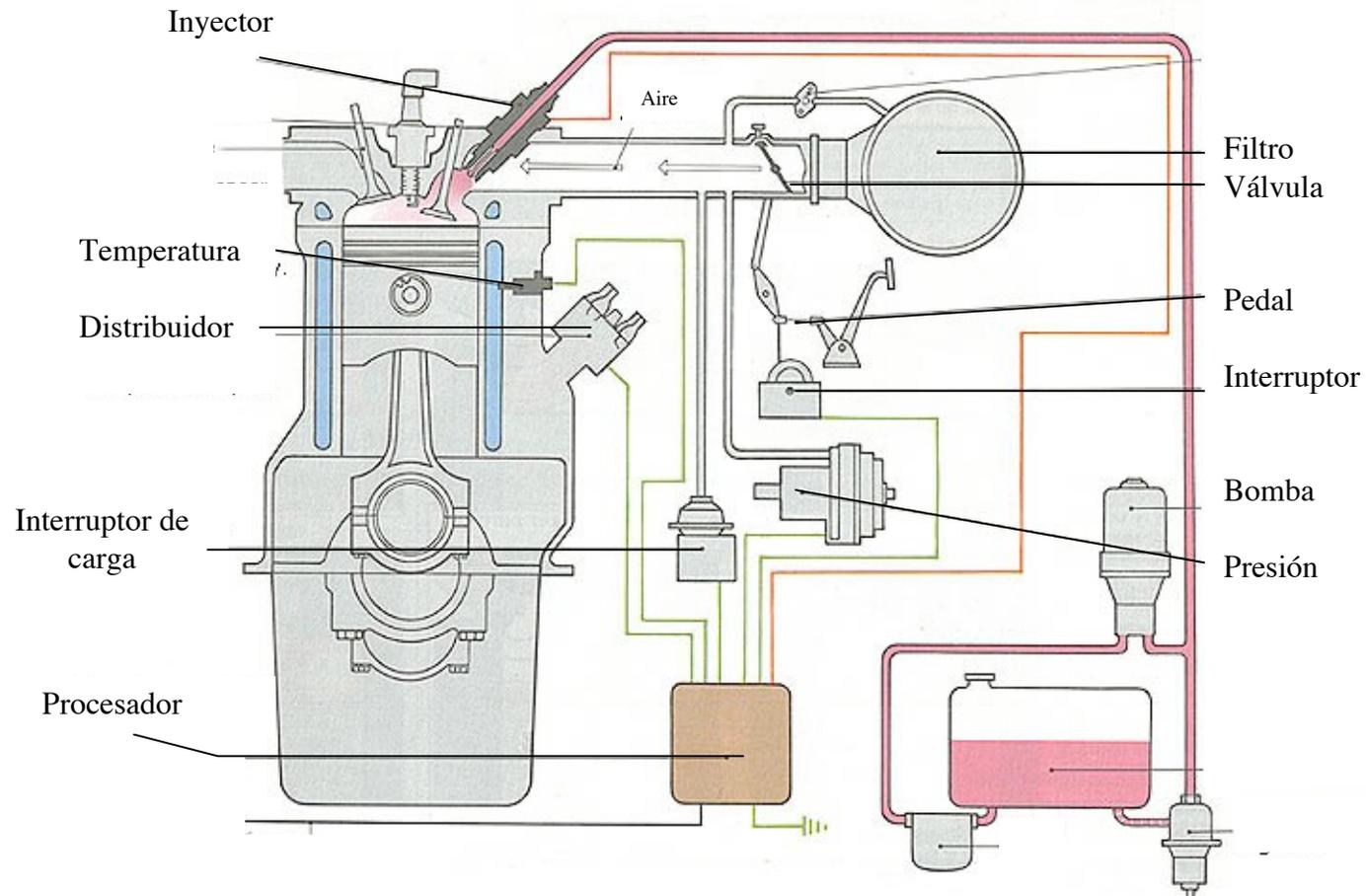
Compensación, para evitar la excesiva riqueza de la mezcla

Debe ajustar la mezcla conveniente para todas la temperaturas y ritmos de revoluciones del motor

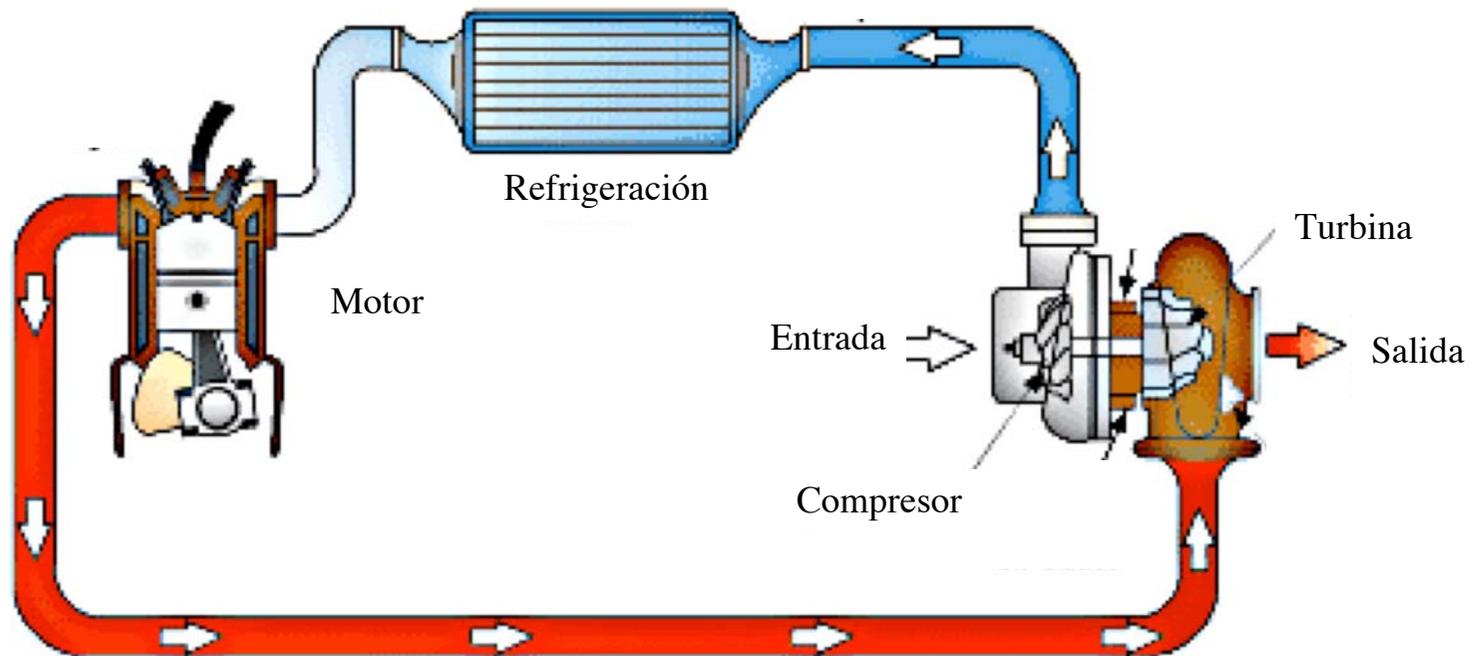


Aceleración, se bombea gasolina para aumentar la riqueza de la mezcla

Inyección de gasolina regulada con microprocesador



Turbo Compresor

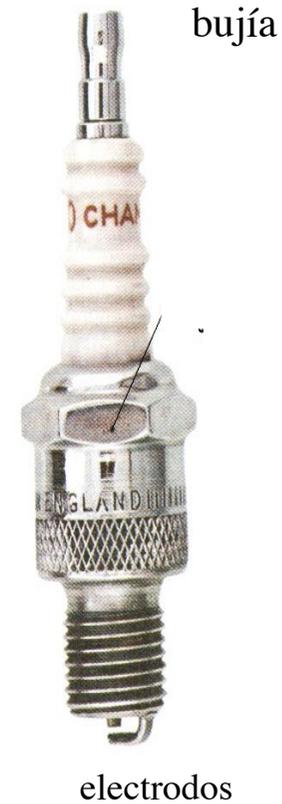
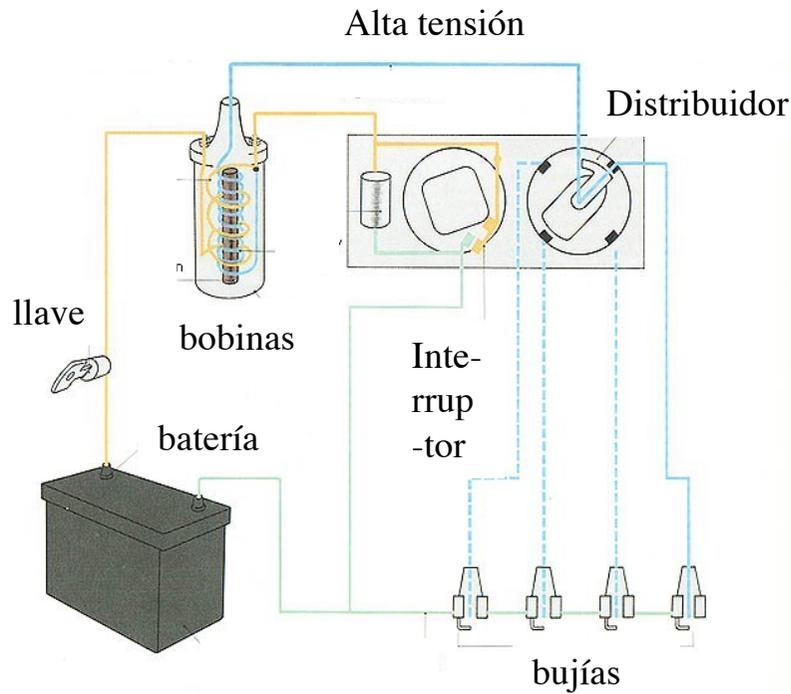


Se introduce una mezcla más densa, mejorando el llenado del cilindro y aumentando la potencia del motor

La eficiencia no mejora

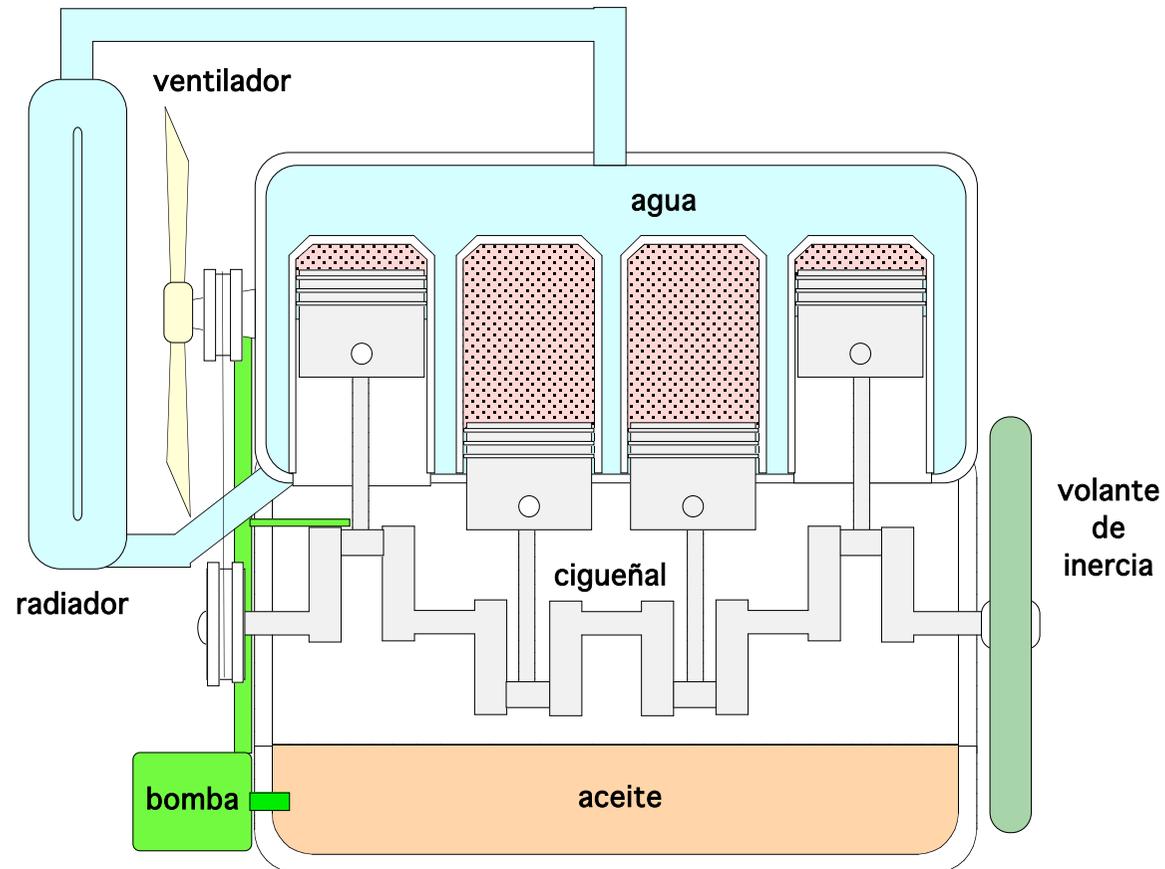
Encendido

Lleva un alternador-rectificador movido por el motor que alimenta continuamente la batería



En las bobinas se generan 20 000 V a partir de los 12 V de la batería Por interrupción de circuito

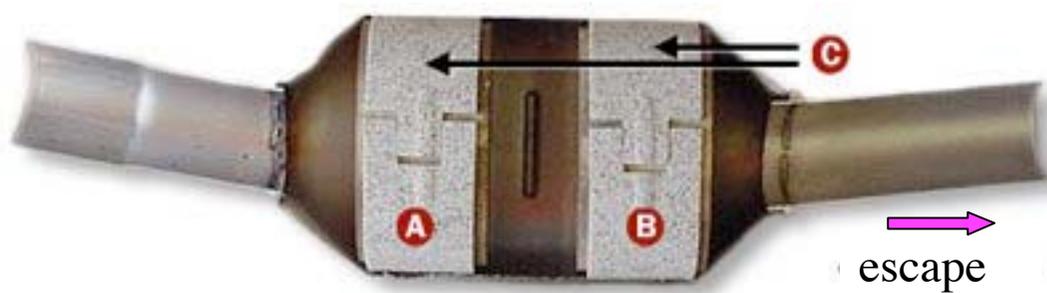
Refrigeración y lubricación



- Es necesario mantener una capa de aceite entre las superficies móviles para reducir la fricción
- Hay que impedir que la temperatura supere ciertos límites

Catalizador

Elimina productos de combustión tóxicos



C - Panal de abeja



A - reductor $2\text{NO} + \text{catalizador} \rightarrow \text{N}_2 + \text{O}_2 + \text{catalizador}$

B - oxidante $2\text{CO} + \text{O}_2 + \text{catalizador} \rightarrow 2\text{CO}_2 + \text{catalizador}$

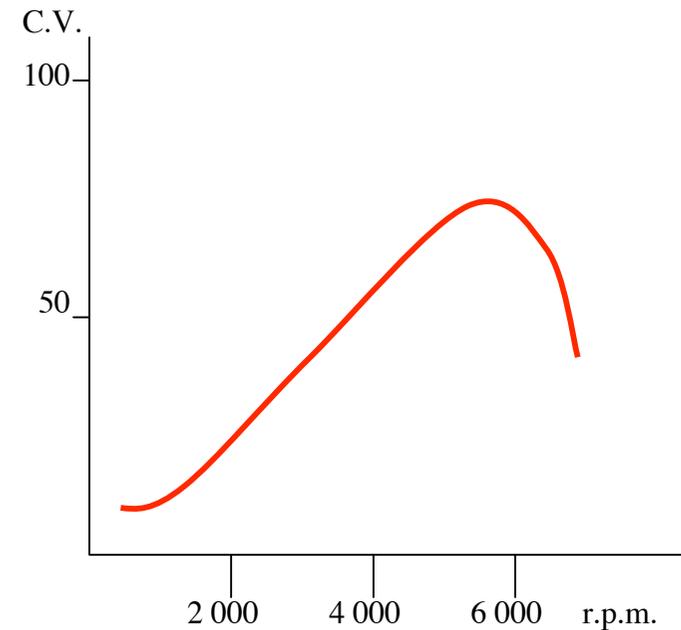
Suelen ser de Platino, Rhodio y Paladio

Para aumentar el octanaje se añadía tetraetilo de plomo
Es incompatible con el catalizador

Eficiencia del motor de 4 tiempos

La potencia que llega a las ruedas es una pequeña fracción de la energía de combustión de la gasolina

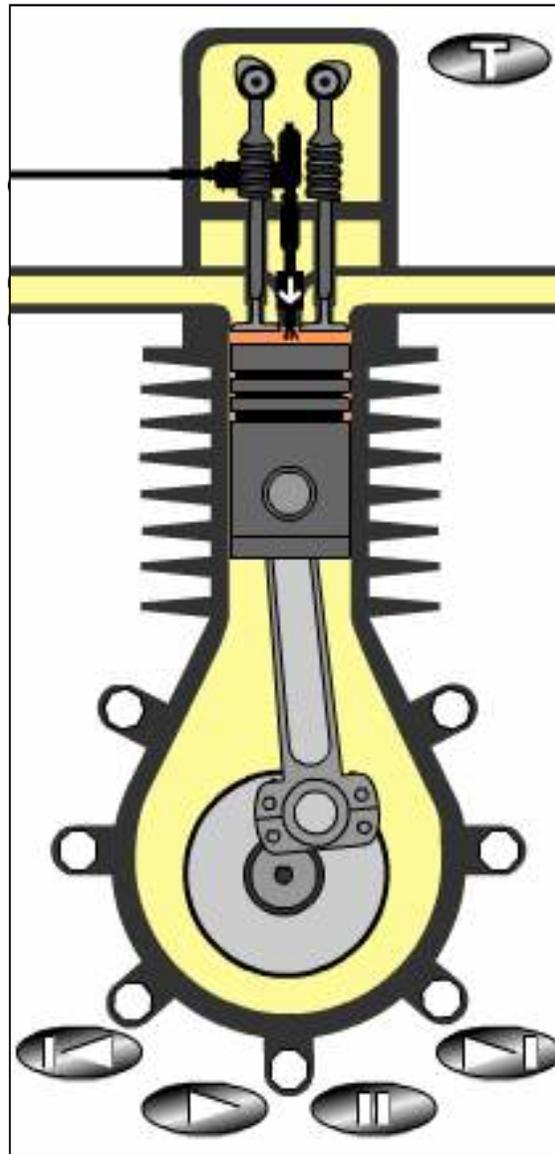
Potencia liberada en la combustión	100%
Refrigeración	36%
Salida de gases	38%
Rozamientos en el motor	6%
Potencia efectiva del motor	20%
Transmisión	2%
Resistencia a la rodadura	3%
Potencia efectiva del coche	15%
Resistencia del aire	8%
Le queda para aceleración, cuestas y accesorios	7%



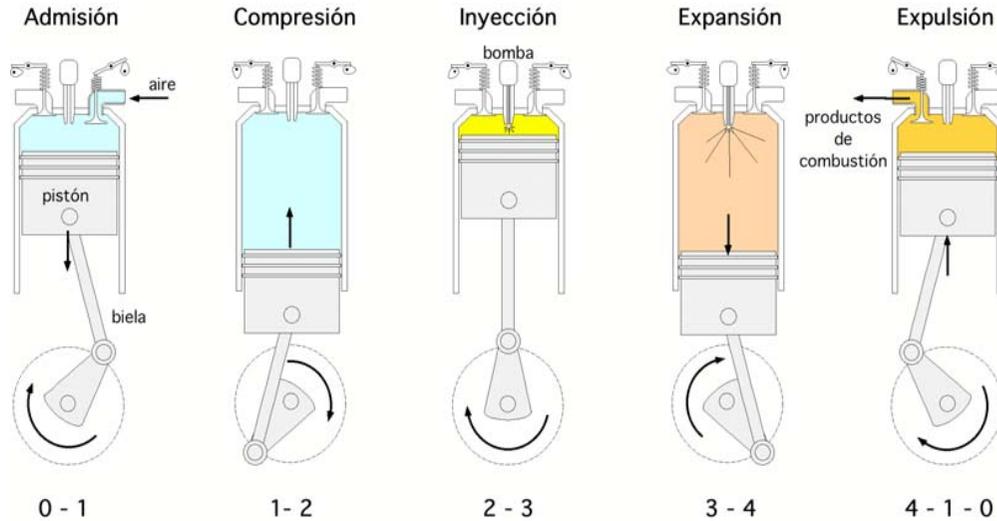
La potencia depende
de la frecuencia
del ciclo

$$\text{Potencia} = \text{Trabajo ciclo} \times \text{frecuencia}$$

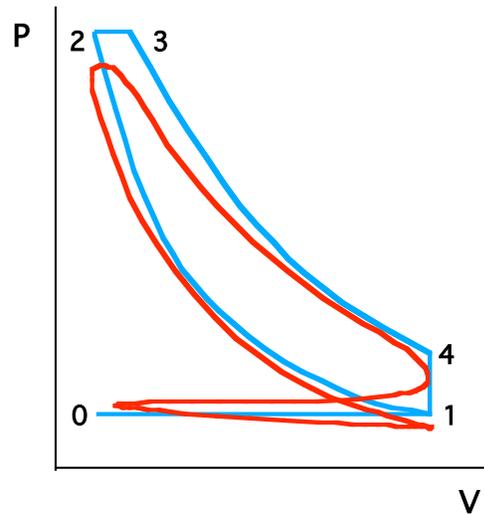
Motor Diesel



Motor Diesel



- En la fase de compresión, sólo se comprime aire y puede comprimirse mucho más que en el de Otto. (relaciones de compresión cercanas a 10)
- A continuación se inyecta el combustible entrando espontáneamente en ignición



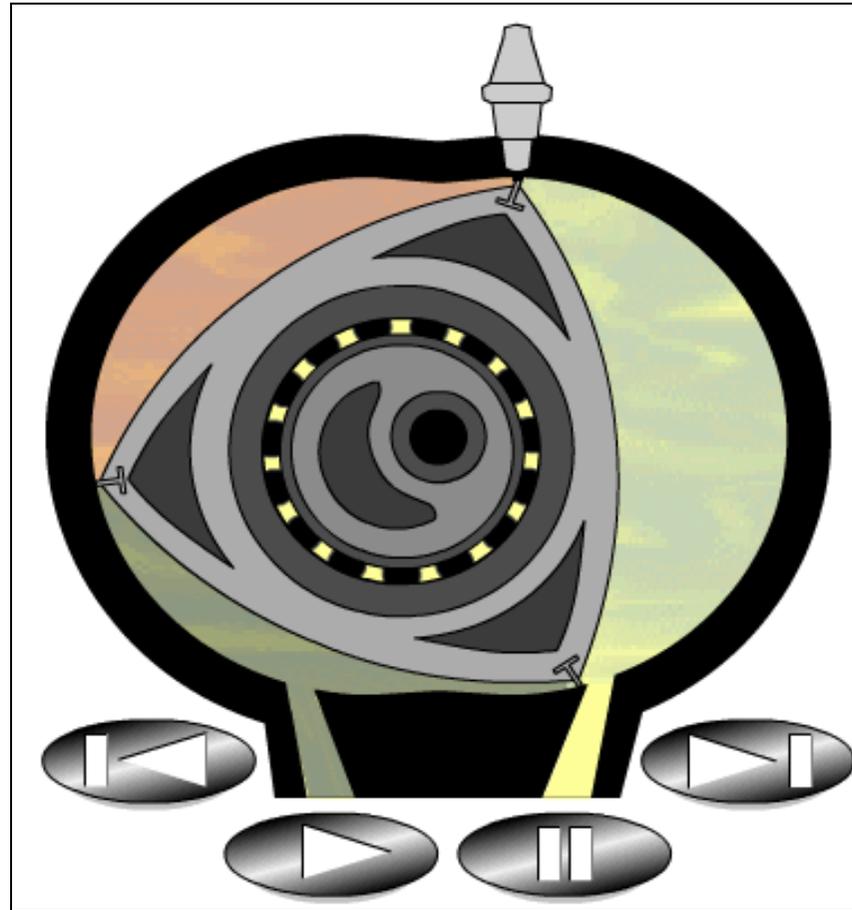
$$\eta = 1 - \frac{1}{\gamma} \left(\frac{V_0}{V_1} \right)^{\gamma-1} \frac{(V_3 / V_0)^\gamma - 1}{(V_3 / V_0) - 1} \approx 60\%$$

$$\eta_{\text{real}} \approx 30\%$$

Motores de Explosión

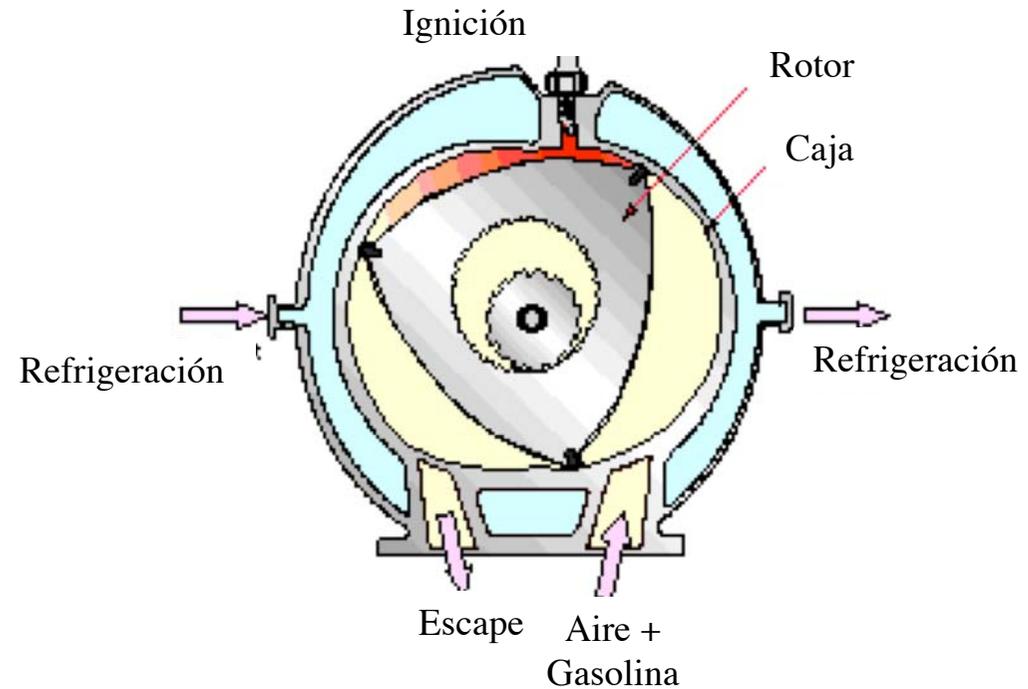
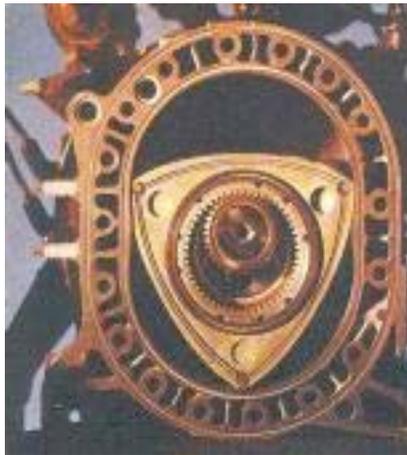
- El de Otto sólo funciona con combustibles que puedan comprimirse sin entrar en ignición espontánea.
 - Octanaje superior a 90
 - Pueden funcionar con alcohol, butano o propano cambiando el carburador.
- El Diesel puede funcionar con cualquier combustible que entre en ignición espontánea a los 200 –500 °C. (Índice de cetano)
 - Gasoil, fueles, aceites
- El motor Diesel es más pesado y robusto que el de Otto al emplear mayores compresiones. Es más caro.
- Generalmente el Diesel funciona a menos revoluciones, es más ruidoso y su tiempo de respuesta al acelerador es más lento.
- La eficiencia del Diesel (25 - 30%) es mejor que la del motor de Otto (20%). El gasoil es mas denso y produce mas MJ por litro que la gasolina. Menor consumo.
- El motor Diesel produce mucho menos CO pero más NO. Hay más aire en la cámara.

Motores rotatorios. Motor Wankel



- Funciona de forma continua
- Tiene muchas menos piezas que un motor convencional
- Es más ligero y más barato de construir.

Motores rotatorios. Motor Wankel



- Presenta problemas de estanqueidad en las puntas
- Hay un fuerte gradiente interior de temperaturas
- El eje sufre esfuerzos laterales.
- Aún no ha logrado las eficiencias del motor del Otto