

## **TEMA 2: MOTORES TÉRMICOS**

1. Introducción y clasificación
2. Máquinas motrices de vapor
3. Motor alternativo de combustión interna
  - a. Partes de un motor alternativo de combustión interna
  - b. Principio de funcionamiento
    - b.1) Ciclo de cuatro tiempos
    - b.2) Ciclo de dos tiempos
  - c. Análisis termodinámico
    - c.1) Ciclo Otto
    - c.2) Ciclo Diesel
  - d. Lubricación y refrigeración de un motor
  - e. Balance energético
  - f. Potencia y rendimiento
  - g. Sobrealimentación. Fundamento del motor Turbo
  - h. Aplicaciones
4. Turbinas de gas de ciclo abierto
  - a. Descripción del ciclo
  - b. Órganos principales de la turbina de gas
  - c. Aplicaciones
5. Ejercicios

# 1. INTRODUCCIÓN Y CLASIFICACIÓN

Un motor térmico es una máquina que transforma energía térmica en energía mecánica que sea directamente utilizable para producir trabajo.

Esta energía térmica puede ser tomada de numerosas fuentes: nuclear, solar, eléctrica, etc., pero la energía calorífica procedente de la combustión de determinadas sustancias llamadas combustibles, es la más importante de todas las fuentes de energía térmica. A los motores que utilizan este tipo de energía se les denomina **motores de combustión**.

Los motores térmicos pueden ser clasificados según diferentes factores: por su construcción, por los combustibles que utilizan, por las aplicaciones que tienen, etc. Aquí vamos a ver dos clasificaciones:

- En función del **lugar** donde se realiza la combustión, los motores térmicos se clasifican en:
  - **Motores de combustión externa:** El calor desprendido al quemarse el combustible es transmitido a un fluido intermedio, el cual produce la energía mecánica a través de una máquina alternativa o de una turbina. Pertenecen a este grupo las **máquinas de vapor** y las **turbinas de gas de ciclo cerrado**.
  - **Motores de combustión interna:** La combustión se produce en una cámara interna al propio motor, y son los gases generados los que causan directamente por expansión el movimiento de los mecanismos del motor. Pertenecen a este grupo los **motores de explosión**, los **motores Diesel**, las **turbinas de gas de ciclo abierto**, **turbohélices**, etc.

La ausencia de cámara de combustión externa y de un fluido intermedio, hace que los motores de combustión interna sean más ligeros y más pequeños. Sin embargo tienen el inconveniente de que deben quemar combustibles más caros que el carbón, como son los combustibles líquidos o gaseosos.

Por otra parte, en los motores de combustión externa, al tener que circular el fluido intermedio por paredes metálicas, se hace imposible alcanzar temperaturas superiores a 600°C, al degradarse los metales de los que están compuestas. En los de combustión interna no hay ese problema, por lo que las temperaturas alcanzables pueden ser mayores.

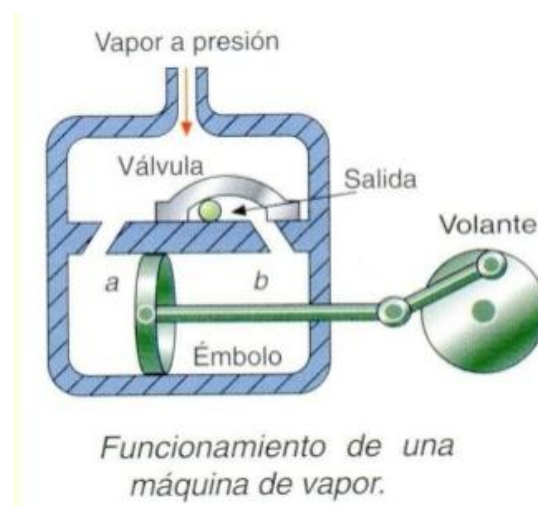
- En función de la **forma en que se obtiene la energía mecánica:**
  - **Motores alternativos:** El fluido de trabajo actúa sobre pistones dotados de movimiento alternativo de subida y bajada.
  - **Motores rotativos:** El fluido actúa sobre pistones rotantes o sobre turbinas

# 2. MÁQUINAS MOTRICES DE VAPOR

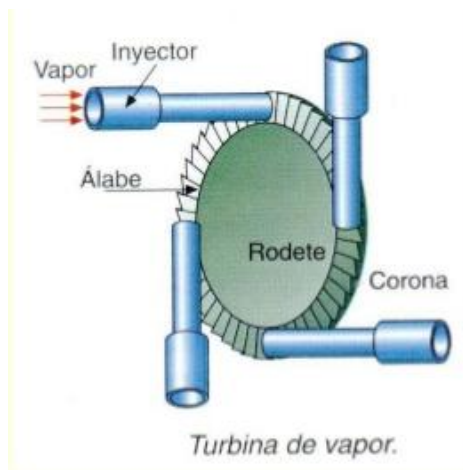
Utilizan el agua como fluido de trabajo, en su estado líquido y gaseoso.



El agua proveniente de la **bomba** entra en la **caldera** a alta presión y una temperatura próxima a la del ambiente. Aquí se transforma en vapor, que sigue aumentando de temperatura en el **supercalentador**, de ahí pasa a mover los **cilindros**, de donde sale con menos energía. De ahí pasa al **condensador**, donde vuelve a estado líquido, para empezar el ciclo de nuevo.



Esquemáticamente la máquina de vapor consiste en un cilindro, que está dividido en dos partes (a y b), por un émbolo de escaso espesor. El émbolo es impulsado de manera alternativa por el vapor a presión, y este movimiento transformado en rotativo a través de un volante de inercia y un sistema biela-manivela. Por encima del cilindro se desplaza en dirección horizontal un distribuidor que también estaba unido al volante de inercia pero con sentido opuesto al del cilindro, de manera que se produzca el movimiento alternativo. Mientras una parte estaba en contacto con la caldera, la otra parte estaría en contacto con la salida al condensador.



Otra posible solución es la de expandir el vapor directamente sobre una turbina. El vapor pasa por unas toberas donde pierde presión y gana velocidad, incidiendo de manera tangencial a los álabes de la turbina, produciendo el giro. Una vez el vapor ha perdido su energía, pasa al condensador, donde el vapor vuelve al estado líquido. Y de ahí, ya convertido en agua líquida, a la bomba, donde es impulsada hasta la caldera para empezar de nuevo el ciclo.

Sobre este ciclo básico se realizan modificaciones para mejorar el rendimiento de la instalación, algunas sencillas y otras más complicadas. Las dos siguientes son las más importantes:

- Recalentamiento del vapor para volver a obtener trabajo por expansión.
- Precalentamiento del agua de entrada a la caldera

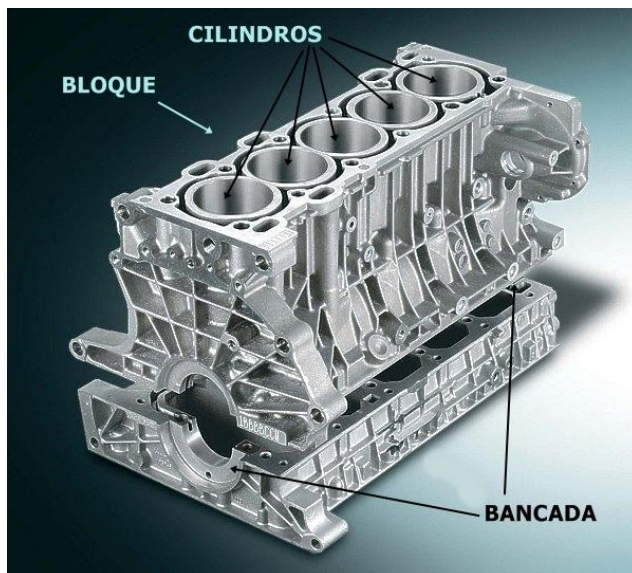
Actualmente las turbinas de vapor son ampliamente utilizadas en las grandes centrales de producción de energía eléctrica. Hay industrias que necesitan vapor para el proceso de producción (industrias de papel o alimentarias), en estos casos se implementa un sistema de cogeneración, donde se produce el vapor necesario para el proceso productivo, y el restante se usa para producir electricidad mediante un alternador.

### 3. MOTOR ALTERNATIVO DE COMBUSTIÓN INTERNA

Su característica principal es que transforma la energía térmica en energía mecánica mediante uno o varios pistones, deslizándose con movimiento lineal por otros tantos cilindros de forma alternada.

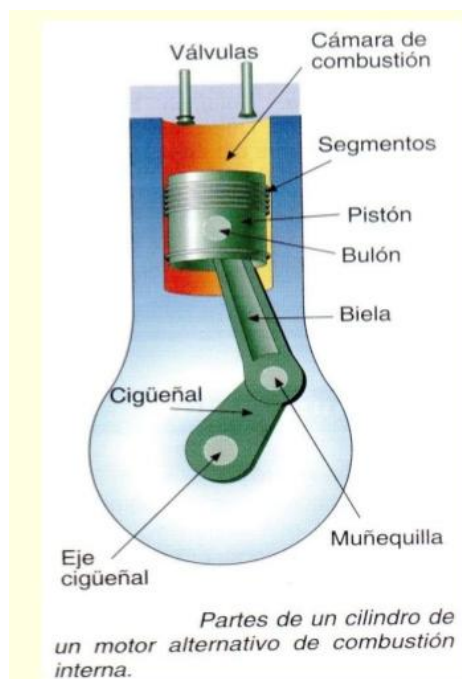
# a) Partes de un motor alternativo de combustión interna

La parte estructural fundamental del motor la forman la **bancada** (donde va apoyado el cigüeñal) y el **bloque** sobre los que van montados los demás elementos del motor.



BANCADA

El **cilindro** es el recipiente por el cual se desliza el **pistón** en su movimiento alternativo. El pistón tiene forma de vaso invertido y está unido a la **biela** mediante un bulón.



Para conseguir el cierre hermético entre cilindro y pistón, éste está provisto de dos o tres **segmentos** (o aros), colocados en unas ranuras de su parte superior.

La biela transmite el movimiento del pistón a la manivela del **cigüeñal**, el cual está soportado por cojinetes sobre la bancada, transformando el movimiento lineal en rotativo.



Cigüeñal con bielas montado sobre la bancada

Sobre la parte superior del bloque va montada la **culata**, que cierra los cilindros. El espacio que queda entre el pistón y la culata es la **cámara de combustión**, el lugar donde se produce la mezcla entre el combustible y el aire.

El **cárter** es la parte inferior del motor donde se recoge el aceite que lubrica todo el mecanismo. Tiene un orificio con un tornillo en su parte inferior, para extraer el aceite, que debe ser cambiado cíclicamente.



La entrada del combustible y aire, y la salida de los gases de combustión, se realizan a través de las **válvulas de admisión y escape** respectivamente. Estas válvulas están situadas en la culata, sobre el cilindro, y su apertura y cierre están sincronizados mediante el **árbol de levas**. El giro de las levas se transforma en movimiento lineal en los **taqués o empujadores**, los cuales actúan sobre el **balancín**, que es el que abre la válvula. Cuando la leva ha pasado, el muelle que tiene cada válvula la cierra ajustándola sobre su asiento.

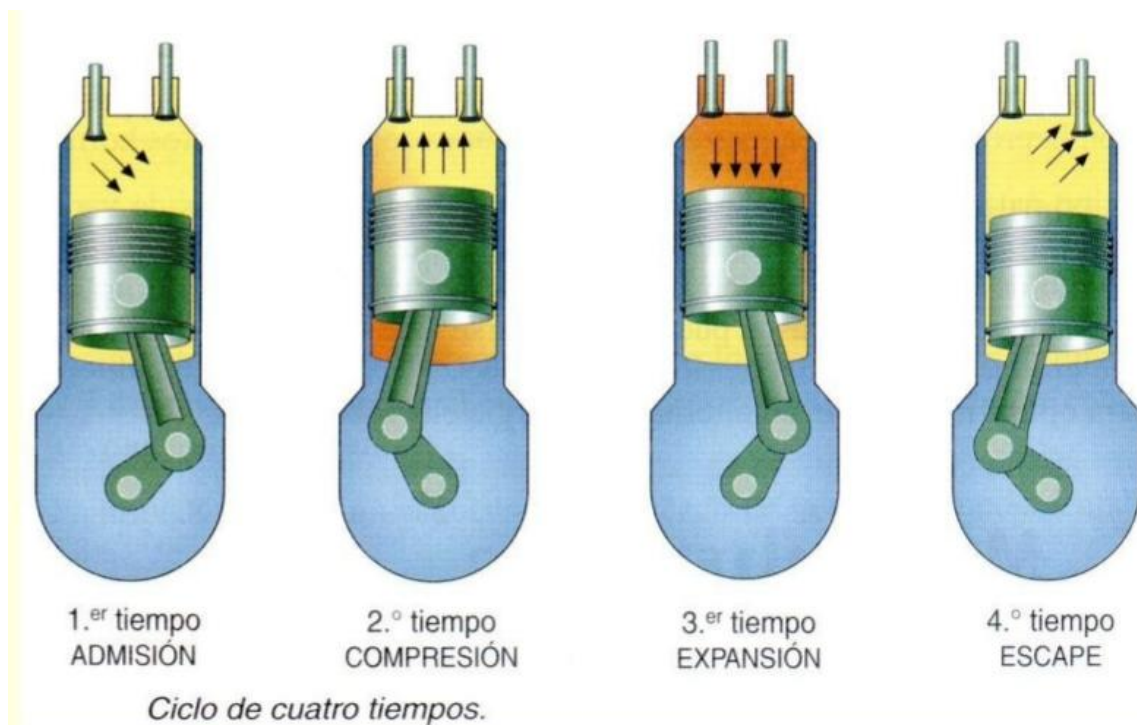
<https://youtu.be/3pMOZFbmlgw> (motor de explosión)

## b) Principio de funcionamiento

El motor realiza sobre el fluido de trabajo un ciclo, este puede ser de cuatro tiempos o de dos tiempos.

### b.1) El ciclo de cuatro tiempos

Se realiza en cuatro carreras del pistón (dos vueltas del cigüeñal).



Este ciclo es el que suelen utilizar la mayoría de los automóviles actuales, por lo que más importante que el de dos ciclos. Vamos a ver qué pasa en cada uno de los ciclos:

- **Primer tiempo: Admisión:** El pistón desciende desde el punto muerto superior (PMS) y crea vacío en el cilindro, que hace que éste aspire el aire (motor de inyección) o la mezcla gaseosa combustible (motor con carburador) a través de la válvula de admisión que se mantiene abierta.
- **Segundo tiempo: Compresión:** La válvula de admisión se cierra cuando el pistón llega al punto muerto inferior (PMI), entonces éste comienza a subir de nuevo comprimiendo la carga hasta llegar al PMS.
- **Tercer tiempo: Combustión y expansión:** Instantes antes de que finalice la carrera de compresión se produce la inflamación del combustible, con el consiguiente aumento de la presión y temperatura. El pistón es entonces proyectado hacia abajo, produciéndose trabajo.
- **Cuarto tiempo: Escape:** Una vez que el pistón ha llegado al PMI se abre la válvula de escape, el pistón asciende y los gases de la combustión son evacuados al exterior. Cuando ha llegado al PMS la válvula de escape se cierra y la de admisión se abre. En ese momento se inicia de nuevo el ciclo.

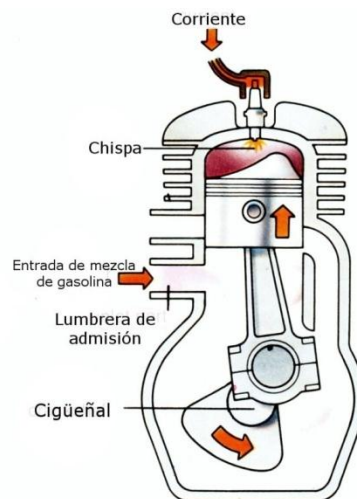
De los cuatro tiempos que hemos visto, sólo el tercer tiempo realiza trabajo. Este trabajo es almacenado en el volante de inercia, del cual se toma la necesaria energía para realizar los otros tres tiempos.

## **b.2) El ciclo de dos tiempos**

Se realiza el ciclo completo del motor en dos carreras del pistón. Son motores mucho más simples que los de cuatro tiempos, pues no poseen válvulas ni distribución. Es usado en algunas motocicletas, motosierras, etc.

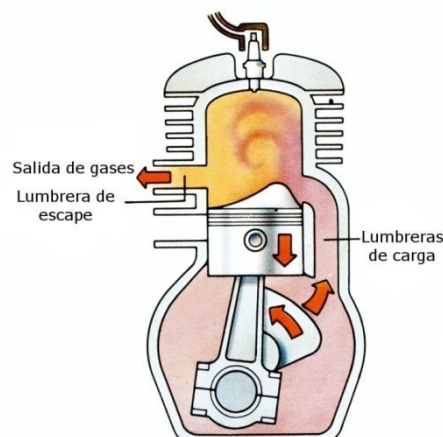
La entrada y salida de gases al cilindro se realiza por unas lumbreras, que simplemente son unos orificios, situados en la pared del cilindro, que son descubiertos y cerrados por el propio pistón. Vamos a ver qué sucede en cada uno de los tiempos:

### ➤ **Primer tiempo: ADMISIÓN-COMPRESIÓN-EXPLOSIÓN**

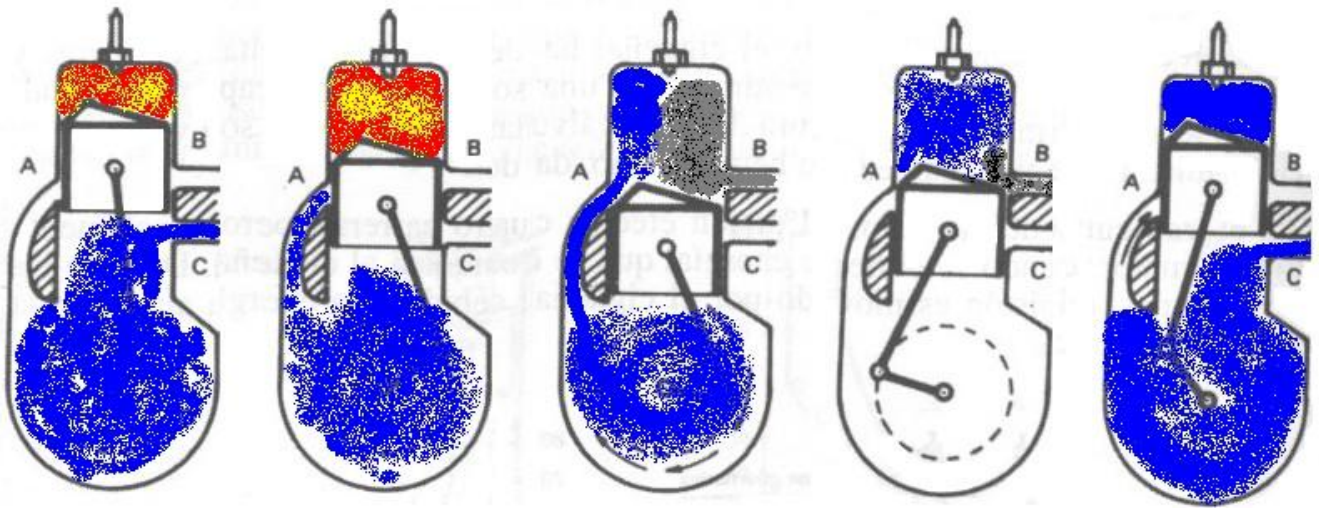


El pistón comienza a subir desde el PMI, completando la fase de barrido y admisión hasta que cierra las lumbreras de admisión y escape. En ese momento comienza la compresión hasta llegar al PMS. Al mismo tiempo la lumbrera de admisión queda abierta y entra fluido en el cilindro.

### ➤ **Segundo tiempo: EXPANSIÓN-LLENADO-ESCAPE**



Cuando el pistón está en el PMS se produce la inflamación. Entonces los gases se expanden y el pistón va bajando hasta que se abre la lumbrera de escape. A medida que el pistón baja comprime el fluido combustible que hay en el cárter. Este fluido ayuda a “barrer” los gases de escape que van saliendo.



<https://youtu.be/g9kKzzkeJPQ> (motor de dos tiempos)

Hay dos grandes grupos dentro de los motores alternativos de combustión interna: los motores de encendido por chispa (ECh) y los motores de encendido por compresión (EC).

- **Encendido por chispa:** El combustible se mezcla con el aire antes de entrar en el cilindro. Esta mezcla tradicionalmente se ha venido realizando en un carburador. Pero en los últimos años se han desarrollado sistemas de inyección que permiten un mejor control del combustible. El encendido se produce mediante una chispa que suministra una bujía un instante antes de que el pistón llegue al PMS
- **Encendido por compresión:** En la admisión sólo entra aire. Este aire es comprimido fuertemente, elevándose su temperatura hasta el punto que, al inyectar el combustible (cerca del PMS), éste se inflama directamente sin necesidad de ninguna chispa. Estos motores necesitan una compresión más fuerte y por tanto han de ser más robustos.

<https://youtu.be/v4XNKDqKVt0> (motor diesel)

En ambos tipos de motores se suele introducir una mejora sustancial: la **sobrealimentación**, que consisten en introducir en los cilindros más aire y combustible del que admiten de forma natural. Esta modificación nos permite obtener más potencia con el mismo motor, o la misma potencia con un motor más pequeño.

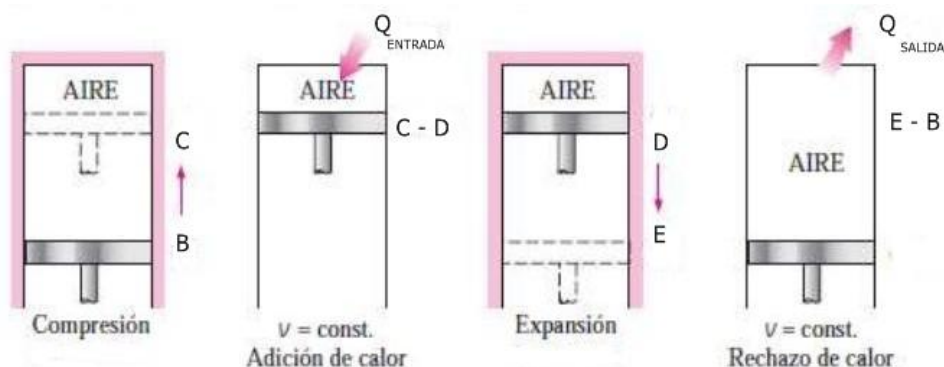
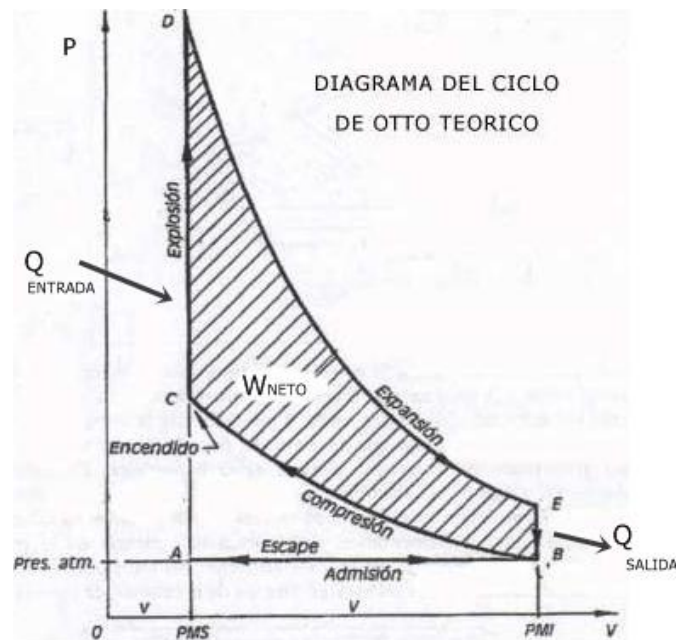
## b) Análisis termodinámico

Para realizar el análisis termodinámico se hacen algunas simplificaciones:

- El fluido de trabajo se considera un gas ideal
- La combustión se considera como una absorción de calor de una fuente externa
- La admisión y escape se supone como una cesión de calor instantánea cuando el pistón está en el PMI
- Los procesos se supone que son reversibles.

### c.1) Ciclo Otto

Se usa para explicar los motores de encendido por chispa.

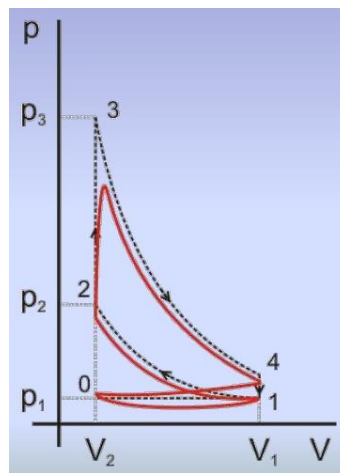


- **Tramo A-B:** Admisión. El proceso se lleva a cabo a presión constante (presión atmosférica)
- **TRAMO B-C:** Compresión. Se realiza la compresión adiabática (sin intercambio de calor) del fluido de trabajo. En este tramo se consume trabajo.

- **TRAMO C-D:** Explosión. Se considera que el sistema absorbe calor del exterior. Se considera instantánea esta adición de calor. Aumenta la presión.
- **TRAMO D-E:** Expansión. Tiene lugar la expansión adiabática del pistón. El sistema realiza trabajo.
- **TRAMO E-B:** Se cede calor al foco frío, manteniendo el volumen constante. Se considera instantánea la cesión de calor.
- **TRAMO B-A:** Escape. Se disminuye el volumen, expulsando los gases.

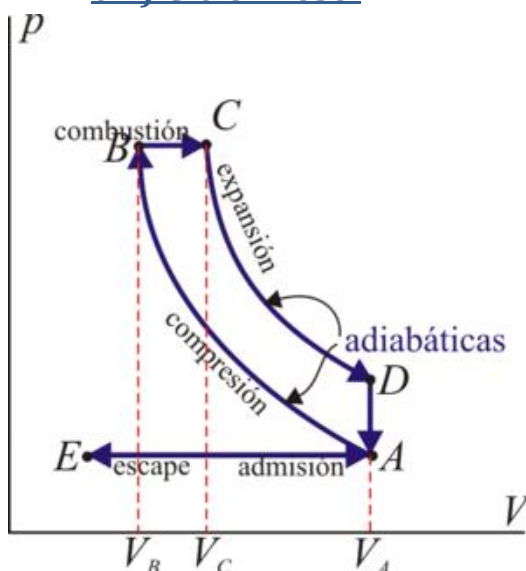
El trabajo neto será el área delimitada por el ciclo.

El ciclo real, difiere del teórico, ya que las aproximaciones iniciales no coinciden con la realidad:



En rojo el ciclo real (también llamado ciclo indicado) y en línea punteada el ciclo ideal

### c.1) Ciclo Diesel



El ciclo Diesel, es igual que el ciclo Otto, sólo se diferencia en el tramo de explosión, que en el Diesel es de combustión. Un poco antes de que el pistón llegue a su punto más alto y continuando hasta un poco después de que empiece a bajar, el inyector introduce el combustible en la cámara. Al ser de mayor duración que la combustión en el ciclo Otto, este paso se modela como una adición de calor a presión constante.

Si comparamos el rendimiento de un ciclo Diesel típico con uno de explosión vemos que mientras el de explosión puede tener rendimientos en torno al 50%, el Diesel puede rondar el 65%. Esto se debe a la mayor relación de compresión del motor Diesel. (Relación de compresión=cociente entre el volumen en el punto más bajo y el más alto del pistón). Mientras los motores de explosión tienen una relación de compresión en torno a 8, los Diesel pueden oscilar entre 12 y 24. Pero si comparáramos los dos ciclos a igual relación de compresión, tendría más rendimiento el ciclo Otto.

## d) Lubricación y refrigeración de un motor

---

Debido al continuo rozamiento de las piezas móviles en contacto en un motor es necesaria una adecuada lubricación. De no existir esta lubricación, podría llegarse al desgaste o incluso el agarrotamiento o gripaje.

Las partes más importantes que deben lubricarse en un motor son: las paredes del cilindro, las articulaciones de las bielas, los cojinetes del cigüeñal, el árbol de levas, los taqués, las válvulas, los balancines y los engranajes.

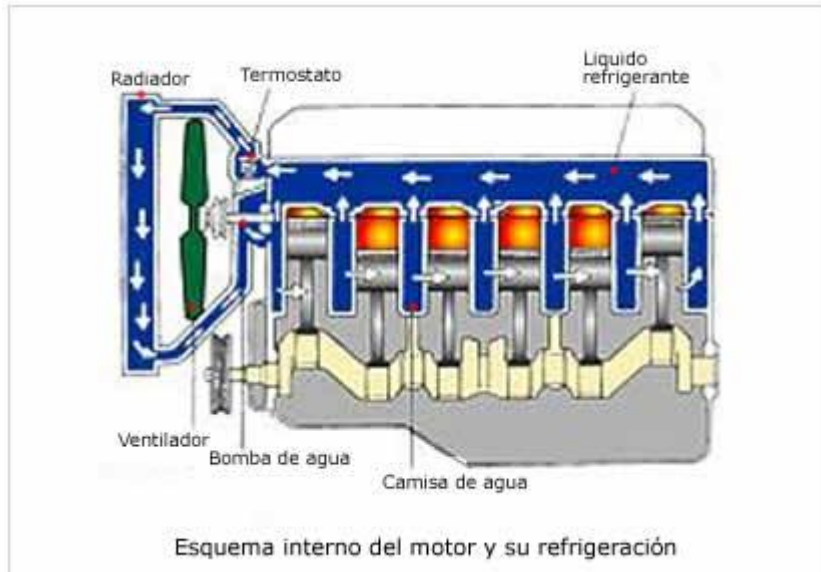
La lubricación se realiza mediante un circuito de aceite a presión. El aceite se halla en un depósito debajo de la bancada llamado **cárter**. Desde allí lo toma la bomba de aceite y lo distribuye al resto de las partes que lo necesitan.

La refrigeración de los motores puede hacerse por **aire** o por **agua**.

- La refrigeración por **aire**, es utilizada en pequeños motores. En éstos, el bloque motor está provisto de aletas que aumentan la superficie de refrigeración. Una corriente de aire enfría el cilindro. Esta corriente de aire puede estar producida por el movimiento del vehículo o estar forzada mediante un ventilador.



- En la refrigeración por **agua**, los cilindros y la culata están rodeados por una cámara de agua, que recoge el calor y lo cede al radiador, volviendo de nuevo fría hacia el motor.



## e) Balance energético

De toda la energía introducida en el motor con el combustible, sólo una parte se transforma en energía mecánica, perdiéndose el resto por diversos caminos.

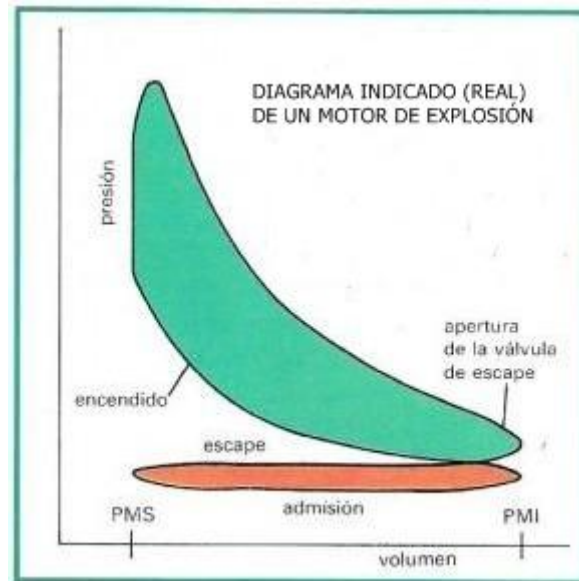
Una de las pérdidas más importantes la constituyen los **gases de escape**, ya que éstos son expulsados a temperaturas muy elevadas y por tanto llevan asociada una considerable cantidad de energía.

Otras pérdidas muy importantes las ocasiona el **agua de refrigeración** que extrae calor del motor.

Por otra parte, todos los elementos calientes del motor desprenden calor en forma de **radiación térmica**, lo cual también es importante. En general podemos decir que en cualquier motor se cumple que:

$$\text{Poder calorífico del combustible} = \text{trabajo obtenido} + \text{pérdidas}$$

## f) Potencia y rendimiento



Este diagrama se llama diagrama indicado porque se obtiene uniendo al cilindro un aparato que mide la presión en cada momento del ciclo. El trabajo indicado ( $W_i$ ), se obtiene por tanto, restando a la zona verde, la zona roja correspondiente a los tiempos de admisión y escape, en los que se emplea un poco de energía para aspirar el aire y eliminar los gases de escape. El  $W_i$  puede llegar a ser un 80% del  $W$  del ciclo ideal.

La **potencia indicada** ( $P_i$ ), será por tanto, la resultante multiplicar el trabajo indicado por el número de revoluciones del motor:

$$P_i = W_i \cdot n$$

Donde:  $P_i$  es la potencia indicada en vatios (W)

$W_i$  es el trabajo indicado en julios (J)

$n$  es el número de ciclos térmicos por segundo

Por otra parte, **la potencia efectiva** ( $P_e$ ) es la que se obtiene a la salida del cigüeñal del motor, que lógicamente será menor que la potencia indicada. Otra relación muy usada es el **rendimiento mecánico** ( $\mu_m$ ), que se define como el cociente entre la potencia efectiva y la potencia indicada:

$$\mu_m = \frac{P_e}{P_i}$$

El rendimiento mecánico nos indica el porcentaje de potencia que se pierde debido a: el rozamiento entre los órganos móviles, el acabado de superficies, las características de la lubricación; y de la potencia absorbida por la bomba de aceite, la bomba de agua, alternador, etc. El  $\mu_m$  tiene unos valores típicos en torno a 0'8 – 0'9 aproximadamente.

Por último se define como **rendimiento térmico** ( $\mu_t$ ) como el cociente entre el trabajo indicado y la cantidad de calor introducida para conseguirlo:

$$\mu_t = \frac{W_i}{Q_i}$$

El rendimiento total del motor es el producto de los dos rendimientos anteriores, y suele estar en torno al 30%.

## g) Sobrealimentación. Fundamento del motor Turbo

---

En el motor turbo se añade un turbo-compresor a un motor con el fin de aumentar la potencia respecto al mismo motor si no lo tuviera.

Un motor funciona porque quema una mezcla de aire y combustible, de donde extrae la energía. Entonces podemos deducir que si introducimos más cantidad de combustible (y más cantidad de aire para quemarlo), obtendremos mayor cantidad de energía, y mayor potencia para el motor. En esto consiste la sobrealimentación. La entrada del combustible se hace a través de los inyectores. Para meter más aire en el cilindro hay que aumentar la presión de éste en la entrada.

Este aire para comprimirlo lo tenemos que hacer en un **compresor**, pero si la energía para comprimirlo la sacamos del trabajo que realiza el propio motor disminuiría nuestro rendimiento. Esa energía la vamos a sacar de los gases de escape de combustión, que tienen bastante velocidad.

La **turbina** es un dispositivo inverso a un compresor, disminuye la presión de los gases, obteniendo trabajo. Si colocamos la turbina a la salida de los gases, este trabajo obtenido se puede emplear en comprimir el aire que debe entrar al motor, con lo que habremos obtenido nuestro propósito. El término **turbo-compresor** viene de la unión de estos dos conceptos.

Hay un factor que no hemos tenido en cuenta. Los gases a la salida del compresor, además de salir a alta presión también lo hacen a alta temperatura, lo cual se puede demostrar que es perjudicial para el rendimiento, por lo cual deberemos enfriar este aire comprimido antes de introducirlo en el cilindro. Esto se consigue con un intercambiador de calor, de ahí proviene el término inglés **intercooler**.



## h) Aplicaciones

---

Los motores de encendido por chispa son menos pesados y tienen costes más bajos que los diesel, por tanto son particularmente empleados para automóviles, motocicletas o aviones.

Los motores diesel en cambio, son los preferidos para aplicaciones en las que se requieren potencias relativamente grandes con una economía de combustible. Algunos ejemplos son: tracción de camiones, autobuses, trenes, aplicaciones agrícolas, tracción ferroviaria, propulsión naval, unidades de potencia auxiliares, etc.

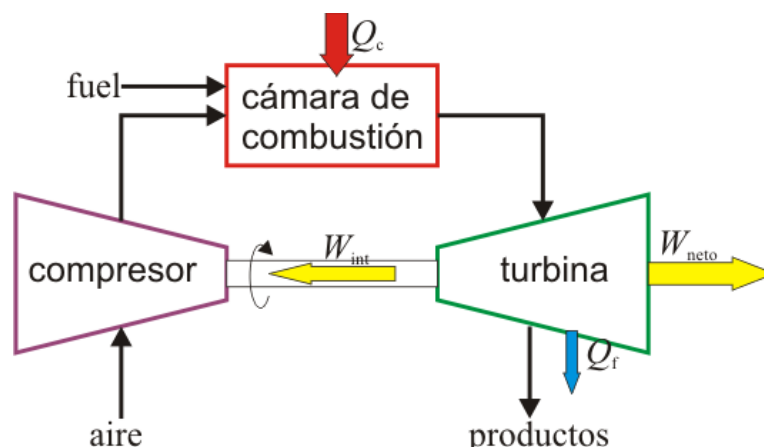
# 4. TURBINAS DE GAS DE CICLO ABIERTO

## a) Descripción del ciclo

---

Las turbinas de gas de ciclo abierto están muy extendidas en la actualidad, ya que se utilizan en la propulsión de aviones y en plantas de producción de energía eléctrica.

Para definirla brevemente diremos que una turbina de gas es un motor térmico rotativo de combustión interna.



El aire aspirado de la atmósfera se comprime en el compresor. Seguidamente pasa a la cámara de combustión donde se inyecta el combustible. Este combustible se autoinflama debido a la alta temperatura presente en dicha cámara, y sólo es necesario encenderlo mediante una chispa al ponerlo en marcha.

Al producirse la combustión, los gases aumentan considerablemente su temperatura y volumen, y a continuación se expansionan en la turbina, produciendo trabajo útil de rotación.

Sobre este ciclo hay muchas modificaciones encaminadas a mejorar el rendimiento, como por ejemplo:

- Realizar la compresión en varias etapas con refrigeración intermedia entre ellas
- Pre calentamiento del aire comprimido a la salida del compresor con los gases de combustión mediante un intercambiador de calor
- Expansión fraccionada para realizar combustiones intermedias. Esto se puede realizar gracias a que la cantidad de aire introducido es de cuatro a seis veces superior a la necesaria para la combustión, con lo cual, tras la primera combustión, todavía queda suficiente oxígeno para quemar más combustible.

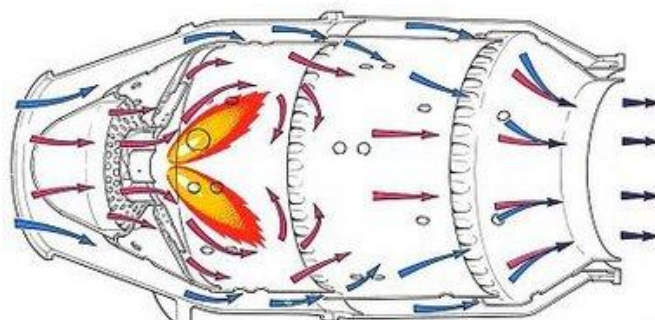
## b) Órganos principales de la turbina de gas

---

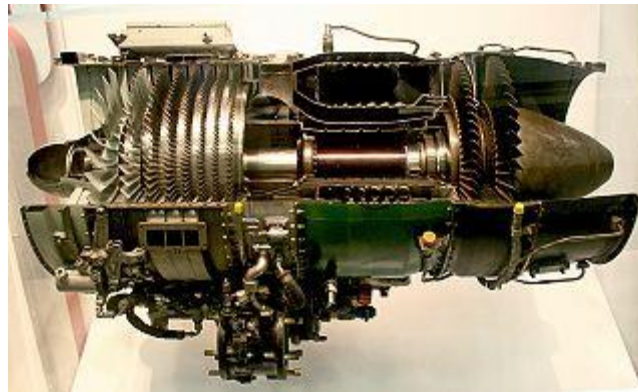
**Compresor:** Está compuesto por varias etapas. Cada etapa está constituida por dos elementos principales: el **rotor** y el **difusor**. El aire entrante es acelerado por el rotor y el difusor transforma la energía cinética en presión.



**Cámara de combustión:** Tiene forma tubular. Por un lado entra el aire proveniente del compresor, y por el otro salen los productos de la combustión. En su interior se encuentran los inyectores de combustible. Estas cámaras están diseñadas de forma que no todo el aire pase por el quemador, sino que se produzcan distintas corrientes. La corriente primaria es la que interviene directamente en la combustión, y el resto se mezcla con los gases ya quemados, para disminuir la temperatura de salida de la cámara de combustión hasta un valor que no dañe a los álabes de la turbina.



**Turbina:** Cada etapa de la turbina está formada también por dos elementos, **distribuidor** y **rotor**. El distribuidor disminuye la presión de los gases aumentando su velocidad y el rotor transforma esta energía en energía rotativa.



<https://youtu.be/rC1efGWBrCQ>

## c) Aplicaciones

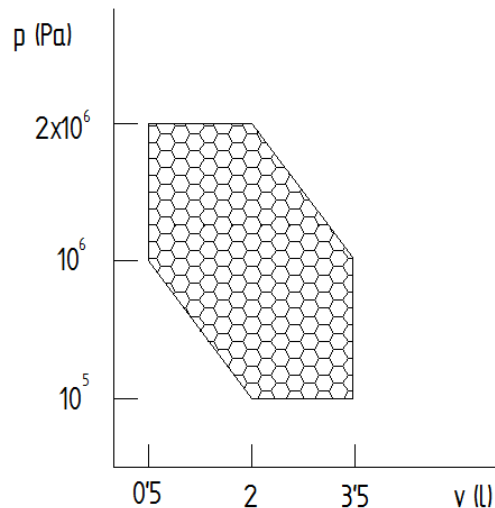
---

Una de las principales aplicaciones de la turbina de gas de ciclo abierto son las plantas de generación de energía eléctrica. También pueden utilizarse como unidad motriz terrestre y marítima, aunque su aplicación más destacada es, sin duda, la propulsión de aviones. Estos motores pueden presentar algunas variantes, entre las que destacamos las siguientes:

- **Turborreactor:** La turbina sólo se emplea para obtener el trabajo necesario para mover el compresor y los sistemas auxiliares. Los gases a su salida son acelerados en una tobera, obteniéndose el empuje necesario para el avión.
- **Estatoreactor:** Está diseñado para velocidades de vuelo supersónicas. El compresor no necesita motor, pues la compresión obtenida en el difusor es suficiente.
- **Turbohélices:** A diferencia del turborreactor, la turbina está diseñada para obtener la máxima energía mecánica posible, que se emplea en mover una hélice

# 5. EJERCICIOS

- 1) Calcula la cilindrada de un motor que tiene las siguientes características:  
 Diámetro del pistón: 200 mm      Carrera: 40 mm      Número de cilindros: 4
- 2) Calcula el trabajo neto que se realiza en el siguiente ciclo termodinámico:



- 3) Un motor de explosión tipo Otto posee un rendimiento mecánico del 45% y desarrolla una potencia útil de 20 KW en régimen de trabajo. Calcula el trabajo consumido durante una hora, y el trabajo consumido por ciclo si el motor trabaja a 3000 rpm.
- 4) Sabiendo que:
 

$P_{ar}$ = pérdidas agua refrigeración	$P_{ge}$ = pérdidas gases de escape
$P_{rc}$ = pérdidas radiación calorífica	$W_i$ = trabajo indicado (útil)
$Q_i$ = calor indicado (introducido)	

Halla la expresión de las pérdidas por radiación calorífica en función del rendimiento térmico.

- 5) Disponemos de un motor alternativo de combustión interna, cuyo rendimiento mecánico es 0'75. Sabemos que su potencia efectiva es de 80 KW. También sabemos que su rendimiento térmico es 0'28 y que la cantidad de energía introducida por el combustible ( $Q_i$ ) es de 15 KJ/ciclo. Halla la potencia indicada y el número de ciclos por unidad de tiempo que realiza el motor.
- 6) Si el par motor en el eje es igual al resistente decimos que:
  - a. El eje se acelera
  - b. La aceleración angular del eje es cero
  - c. El eje se para
  - d. La aceleración angular del eje disminuye
- 7) En un motor de cuatro tiempos, ¿cuántas vueltas da el árbol de levas por cada vuelta del cigüeñal?
  - a. Cuatro
  - b. Dos
  - c. Una

- d. Media
- 8) Un motor Diesel es un motor:
- a. Rotativo de combustión interna
  - b. Rotativo de combustión externa
  - c. Alternativo de combustión interna
  - d. Alternativo de combustión externa
- 9) Las turbinas de gas son muy utilizadas en:
- a. Motores de automóvil
  - b. Motores de motocicleta
  - c. Tanques y trenes
  - d. La propulsión de aviones
- 10) ¿Cómo se llaman los lugares por los que se realiza la admisión y escape de gases al cilindro en los motores de dos tiempos?
- a. Orificios
  - b. Válvulas
  - c. Lumbreras
  - d. Cásteres
- 11) En una turbina de gas, ¿qué sucede con el fluido?
- a. Se comprime antes de entrar en al quemador
  - b. Se expande antes de entrar al quemador
  - c. Se comprime después de salir del quemador
  - d. Se expande después de salir del quemador
- 12) En un motor de cuatro tiempos, ¿cuál de los tiempos realiza trabajo?
- a. El cuarto
  - b. El tercero
  - c. El segundo
  - d. El primero
- 13) ¿Con qué otro nombre se conoce al primer tiempo de un motor de cuatro tiempos?
- a. Admisión
  - b. Compresión
  - c. Combustión y expansión
  - d. Escape
- 14) ¿Qué nombre tiene el proceso según el cual se introduce en los cilindros más aire y combustible del normal?
- a. Hipersaturación
  - b. Hiperalimentación
  - c. Sobresaturación
  - d. Sobrealimentación
- 15) ¿Qué ciclo teórico se utiliza para estudiar los motores de encendido por chispa?
- a. Ciclo SANKEY
  - b. Ciclo DIESEL
  - c. Ciclo OTTO
  - d. Ciclo DIESEL modificado

- 16) Un fabricante de automóviles utiliza en sus motores una disposición de cinco cilindros en línea con  $D \times C = 81 \times 90$  mm. Las cámaras de combustión tienen un volumen de  $61,8 \text{ cm}^3$ . Este motor está sobrealimentado obteniéndose una potencia máxima de 175 kW a 5200 r.p.m. y un par motor máximo de 330 N·m a 3750 r.p.m.. Calcule:
- La relación de compresión y la cilindrada.
  - El par que está proporcionando al régimen de potencia máxima.
  - Si se supone un rendimiento en las transmisiones del 80%. ¿Qué potencia se transmite a las ruedas cuando el motor está funcionando a las revoluciones de máximo par motor?
- 17) Una forma de aumentar las prestaciones de un motor de encendido por chispa es aplicarle sobrealimentación. Así, podemos encontrar un motor 1.8 (1781 cm<sup>3</sup>) que proporciona una potencia máxima de 92 kW a 6000 r.p.m., mientras que en la versión Turbo proporciona 132 kW a 5500 r.p.m.
- El empleo de sobrealimentación en este tipo de motores lleva implícito una bajada de la relación de compresión, de esta manera en el motor atmosférico es de 10,3:1 mientras que en el sobrealimentado es de 9,5:1. Ambos motores son de cuatro cilindros con un diámetro de 81 mm. Se pide:
- Compare los volúmenes de las cámaras de combustión de estos motores.
  - Calcule la carrera.
  - Si ambos motores consumen la misma cantidad de combustible en la unidad de tiempo, es decir el mismo calor, ¿qué aumento de rendimiento en % se ha conseguido con la sobrealimentación?
- 18) Un automóvil americano posee un motor de ocho cilindros en V con unas dimensiones de 99 mm de diámetro y 92 mm de carrera, con una relación de compresión de 10:1. Según su fabricante, proporciona 253 kW de potencia máxima a 5600 r.p.m., y un par máximo de 495 N·m a 4200 r.p.m. Calcule:
- La cilindrada del motor y el volumen de la cámara de combustión.
  - El par que está proporcionando al régimen de potencia máxima.
  - Para un rendimiento total del motor del 35%, ¿qué calor consume en una hora, funcionando a las revoluciones de máximo par motor?
- 19) El motor de una motocicleta tiene un cilindro de 4 tiempos y da una potencia máxima de 35 kW a 6500 r.p.m. con unas medidas de 100 mm de diámetro y 83 mm de carrera y una relación de compresión de 11,5:1. Calcule:
- La cilindrada y el volumen de la cámara de combustión.
  - El par motor a la máxima potencia.
  - Si el par motor máximo es 60 N·m a 5000 r.p.m. y el consumo de calor en una hora, funcionando a este régimen, es  $3,8 \cdot 10^5$  KJ, ¿cuál es el rendimiento total del motor en estas condiciones?
- 20) Un motor térmico consume 10 litros por hora de funcionamiento, de un combustible de 0,85 kg/dm<sup>3</sup> de densidad y de 41000 KJ/kg de poder calorífico. Si tiene un rendimiento total del 25%, se pide:
- Calcular la potencia y el par que está suministrando a un régimen de 5000 r.p.m.
  - Calcular el consumo específico expresado en gr/kW·h

- 21) Un motor de 4 cilindros desarrolla una potencia efectiva de 75 CV a 3750 r.p.m. Se sabe que el diámetro de cada pistón es de 72 mm, la carrera de 87 mm y la relación de compresión de 9:1. Se pide:
- Calcular el volumen de la cámara de compresión y el par motor.
  - Calcular el rendimiento efectivo del motor, si consume 6,5 litros/hora de un combustible cuyo poder calorífico es 10500 Kcal/kg y su densidad 1,2 kg/litro.
  - Si, como consecuencia de un calentamiento, nos viésemos obligados a rectificar (planificar) la culata, ¿qué ocurriría con la relación de compresión?
- 22) Un motor monocilíndrico Otto 4T cuyo volumen total en el P.M.I. es de 136,36 c.c., correspondiendo el 8,33% del mismo a la cámara de combustión, realiza 83,33 ciclos de trabajo por segundo y entrega un par a máxima potencia de 10,55 N·m. Se pide:
- Hallar la cilindrada y la relación de compresión.
  - Hallar la potencia máxima y el régimen de giro a esa potencia.
  - Dibujar en un diagrama P-V el ciclo de trabajo que realiza el motor, indicando las transformaciones termodinámicas que suceden.
- 23) Un automóvil de 1.275 kg de masa, en el que se encuentran dos personas con una masa de 75 kg cada una de ellas, acelera de 0 a 100 km/h en 9 s. Conociendo que, durante ese tiempo, el motor del automóvil tiene un rendimiento medio del 37 % y el poder calorífico del combustible utilizado es 42.500 J/g, calcule:
- La energía suministrada por el motor que se convierte en trabajo mecánico.
  - La energía total liberada por combustión en el motor del vehículo.
  - La cantidad de combustible consumida por el motor.
  - El par motor aplicado si la velocidad de giro del motor, durante la aceleración, es de 5.500 r.p.m.
- 24) Un vehículo de 850 kg de masa, impulsado por un motor de combustión interna con un rendimiento del 30%, parte del reposo y alcanza una velocidad final de 100 km/h circulando por un circuito horizontal. Calcule:
- El trabajo mecánico realizado por el vehículo.
  - La cantidad de combustible utilizado por el motor, conociendo que su calor de combustión es de 45.000 KJ/kg.
- 25) Un montacargas impulsado por un motor eléctrico de corriente continua es capaz de llevar una carga de 800 kg a una altura de 10 m a una velocidad de 1 m/s. El motor se encuentra conectado a una fuente de tensión de 220 V, y la potencia consumida por el motor eléctrico es 10 kW. Calcule:
- La intensidad de corriente.
  - El trabajo realizado por el montacargas
  - La potencia útil del motor.
  - El rendimiento del motor.
- 26) Un vehículo con una masa de 950 kg aprovecha el 35% de la energía liberada en la combustión del gasóleo que emplea como combustible. Sabiendo que alcanza una velocidad final de 100 km/h partiendo del reposo y ascendiendo a una altura de 25 m sobre la posición en la que arranca, calcule:
- El trabajo mecánico realizado por el vehículo
  - La cantidad de combustible consumido, conociendo que su calor de combustión es de 42.000 KJ/kg

- 27) Se emplea un elevador para subir una carga de 800 kg al séptimo piso de una vivienda con planta baja. Conociendo que cada piso tiene una altura de 3 m, que el elevador asciende a una velocidad constante de 1,5 m/s y que la potencia consumida por el motor del elevador durante el ascenso de la carga es 15 kW, calcule:
- El trabajo realizado por el elevador.
  - La potencia útil del motor.
  - El rendimiento del motor.
- 28) Un dispositivo elevador provisto de un motor eléctrico de corriente continua es capaz de elevar una masa de 800 kg a una altura de 12 m en 15 s. Sabiendo que el motor está conectado a una fuente de tensión de 220 V y que la intensidad de corriente es de 32 A, calcule:
- El trabajo realizado por el elevador
  - La energía total que el motor eléctrico consume por unidad de tiempo
  - La potencia útil desarrollada por el motor
  - El rendimiento del motor
- 29) Un vehículo de 1220 kg de masa impulsado por un motor diesel acelera de 0 a 100 km/h en 10 s. Si en los 10 s de aceleración el motor consume 550 g de combustible y el poder calorífico del combustible utilizado es 45500 J/g, determine:
- La energía suministrada por el motor que se convierte en trabajo mecánico
  - La energía total liberada en el motor
  - El rendimiento del motor
  - El par motor medio aplicado si la velocidad de giro del motor, durante la etapa de aceleración, es de 4000 r.p.m.