

## ACTIVIDAD DE APRENDIZAJE N° 07

### *CÁLCULO TÉRMICO DEL AUTOMÓVIL*

#### I. TEMPERATURA Y CANTIDAD DE CALOR

##### CALOR

El calor es una cantidad de energía y es una expresión del movimiento de las moléculas que componen un cuerpo.

Cuando el calor entra en un cuerpo se produce calentamiento y cuando sale, enfriamiento. Incluso los objetos más fríos poseen algo de calor porque sus átomos se están moviendo.

##### TEMPERATURA

La temperatura es la medida del calor de un cuerpo (y no la cantidad de calor que este contiene o puede rendir).

##### DIFERENCIAS ENTRE CALOR Y TEMPERATURA

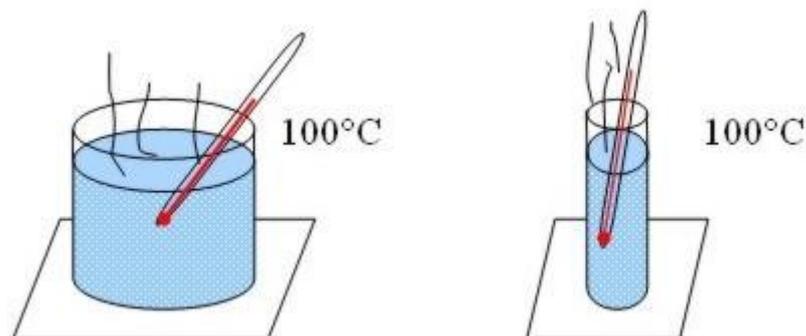
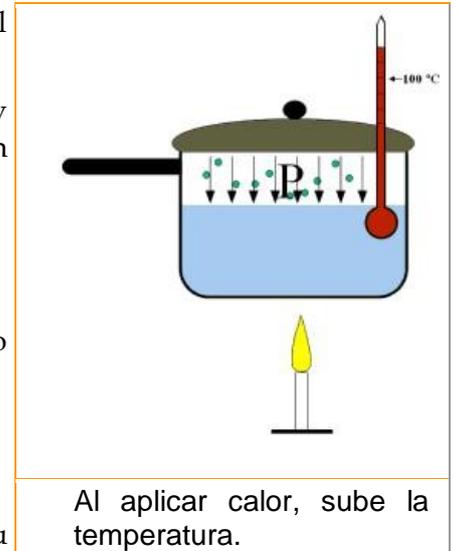
Todos sabemos que cuando calentamos un objeto su temperatura aumenta. A menudo pensamos que calor y temperatura son lo mismo. Sin embargo, esto no es así. El calor y la temperatura están relacionadas entre sí, pero son conceptos diferentes.

Como ya dijimos, el calor es la energía total del movimiento molecular en un cuerpo, mientras que la temperatura es la medida de dicha energía. El calor depende de la velocidad de las partículas, de su número, de su tamaño y de su tipo. La temperatura no depende del tamaño, ni del número ni del tipo.

Por ejemplo, si hacemos hervir agua en dos recipientes de diferente tamaño, la temperatura alcanzada es la misma para los dos,  $100^{\circ}\text{C}$ , pero el que tiene más agua posee mayor cantidad de calor.

El calor es lo que hace que la temperatura aumente o disminuya. Si añadimos calor, la temperatura aumenta. Si quitamos calor, la temperatura disminuye.

La temperatura no es energía sino una medida de ella; sin embargo, el calor sí es energía.



Masas distintas - Temperaturas iguales

- a) La energía de cada una de las moléculas es igual (lo mismo en el recipiente 1 que en el 2) porque están todas a la misma temperatura.

La temperatura corresponde por consiguiente a la energía de cada una de las moléculas concretas.

Frente a esto, la cantidad de calor (energía térmica) es la suma de las energías de todas las moléculas.

- b) La suma de las energías de todas las moléculas en el recipiente 1 es mayor que en el recipiente 2. La energía térmica en el recipiente 1 es mayor que en el 2 puesto que contiene más moléculas (mayor número de moléculas= mayor masa).

La cantidad de calor depende de:

- La energía de las distintas moléculas (temperatura)
- El número total de las moléculas (masa)

La cantidad de calor, que se necesita para aumentar la temperatura de una materia, depende de:

- La magnitud del aumento de temperatura
- La cantidad de materia
- La capacidad calorífica específica (clase de sustancia)

La capacidad calorífica específica, o calor específico da la cantidad de calor necesaria para elevar 1 k (ó 1°) la temperatura de 1kg de sustancia.

CALOR ESPECIFICO DE ALGUNA SUSTANCIAS EN [ $\frac{kJ}{kg.K}$ ]			
Alcohol	2,51	Aluminio	0,87
Aceite	2,09	Aceiro	0,5
Agua	4,19	Cobre	0,37
		Plomo	0,12
		Hierro	0,54
		Aire	1,04
		Hielo	2,09
		Latón	0,37
		Mercurio	0,12

SUSTANCIA	Densidad[kg/m <sup>3</sup> ]	Densidad [g/cm <sup>3</sup> ]	Densidad[kg/dm <sup>3</sup> ]
Agua	1000	1	
Aceite	920	0,92	
Gasolina	680	0,68	
Aire	1,3	0,0013	
Butano (C <sub>4</sub> H <sub>10</sub> )	2,6	0,026	
Propano (C <sub>3</sub> H <sub>8</sub> )			
Dióxido de carbono	1,8	0,018	
Diesel			0,8 [kg/L]
Aceite de transformador			0,87
Metanol			0,78 [g/mL]
GLP			0,5 [kg/L]
GNC	0,57 - 0,58		
Metano (CH <sub>4</sub> )			
Etano (C <sub>2</sub> H <sub>6</sub> )			
Pentano (C <sub>5</sub> H <sub>12</sub> )			
Hexano (C <sub>6</sub> H <sub>14</sub> )			
Acero	7800	7,8	

## II. REFRIGERACION DEL MOTOR

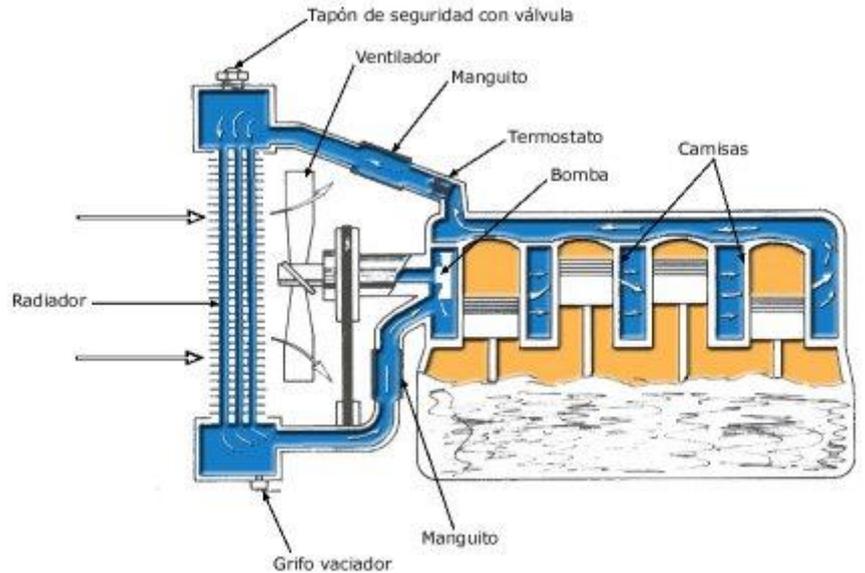
De la cantidad de calor que se produce por la combustión en el motor de un vehículo, aproximadamente se entrega un tercio a la atmósfera a través del sistema de refrigeración (ver gráfico).

Esa cantidad de calor, en un automóvil que consume, por ejemplo 10 litros de combustible por cada 100 kilómetros (combustible de densidad 0,75 y poder calorífico igual a 42 MJ/kg) es:

$$Q = V \times \rho \times Pc \quad [MJ]$$

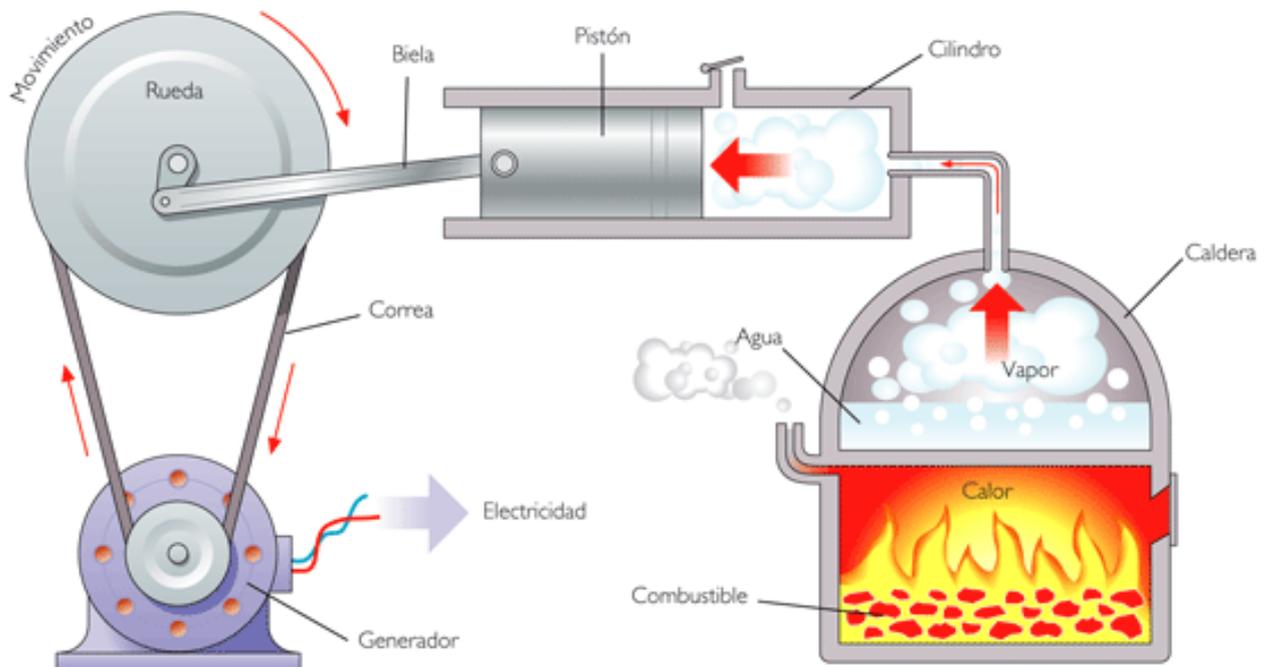
$$Q = \frac{10 \times 0,75 \times 42}{3} = 105MJ$$

La cantidad de agua del sistema de refrigeración, el número de veces que pasa por el radiador y con ello la cantidad de agua que circula, determina la magnitud de la cantidad de calor que se pierde o cede.



## III. CONVERSIÓN DE ENERGÍA

La energía se puede convertir de una clase a otra. Hay que mencionar que el calor es igual a la suma de la energía de todas las moléculas y, por tal motivo. Se puede convertir el calor en otra clase de energía, como por ejemplo, en trabajo mecánico de un émbolo. (Ver gráfico).



En la conversión de la energía térmica en trabajo mecánico descansa el principio de los motores de combustión interna.

Cantidad de calor, energía y trabajo son magnitudes iguales. Por ello puede intercambiarse las unidades de Joule, Newton-metro y Watt-segundo.

NOTACIONES:

La unidad de temperatura se da en [K]. En vez de un kelvin, la temperatura también se puede dar en grados celsius [°C]. La unidad de cantidad de calor es el Joule.

$P_c$  = Poder calorífico [MJ/Kg]

$\rho$  = Densidad [kg/L ó kg/m<sup>3</sup>]

$T$  = Temperatura Kelvin [K]

$T_0$  = 273K = 0°C

$t$  = Temperatura celsius [°C]

$\Delta t = \Delta T$  (Se lee delta t) =  $t_2 - t_1$ , o bien  $T_1 - T_2 =$  Diferencia de temperatura.

$Q$  = cantidad de calor [J ó kJ]

$c$  = Calor específico [ $\frac{kJ}{kg \cdot K}$ ]

$m$  = Masa (por ejemplo cantidad de agua) [kg]

$V$  = Volumen de agua el sistema de refrigeración (l)

$i$  = Número de veces que circula el refrigerante [ $1/h$ ]

### 3.1. CANTIDAD DE CALOR

$$Q = m \times c \times (t_2 - t_1) \quad [J]$$

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \left[ \frac{kg}{l} \right]$$

¿Qué cantidad de calor será necesario para elevar la temperatura de 10 litros (=10 kg) de agua del sistema de refrigeración de 20°C a 80°C? Calor específico del agua  $c=4,19$  kJ/kg.K.

### 3.2. CÁLCULO DE LA REFRIGERACION DEL MOTOR

$$Q = V \times i \times c \times (t_2 - t_1) \quad [kJ/h]$$

Un automóvil lleva 10 litros de agua en el circuito de refrigeración y la diferencia de temperatura en el radiador es de 10°C. Calcular la cantidad de calor cedida por hora si el número de veces que pasa el agua por el radiador es de 240 1/h.

### 3.3. CONVERSION DE ENERGÍA

$$1J = 1 Nm = 1 Ws$$

$$1\text{MJ} = 1000\text{Kj} = 240\text{ Kcal}$$

$$1\text{ Kcal} = 4,186\text{ kJ}$$

¿Cuántos  $Nm$  son 250 KJ?

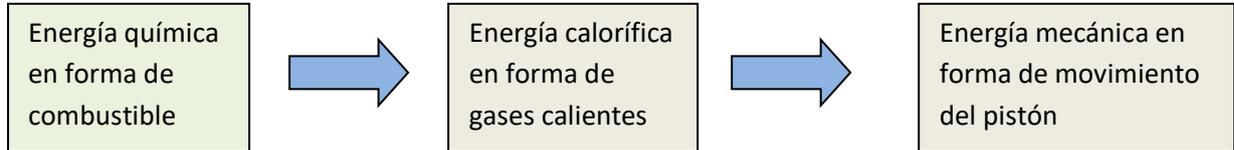
#### PROBLEMAS:

- 1) ¿Qué cantidad de calor contienen 5 litros de aceite que se hayan calentado en el motor de  $10^\circ$  a  $70^\circ\text{C}$ ?
- 2) ¿Qué cantidad de calor ceden 15 kg de acero calentados a  $850^\circ\text{C}$  al enfriarse a  $20^\circ\text{C}$ ?
- 3) Un automóvil lleva 9 litros de agua de refrigeración, que entra en el motor a  $74^\circ\text{C}$  y salen a  $86^\circ\text{C}$ . ¿Qué cantidad de calor cede el motor en una hora si el agua circula en ese tiempo 270 veces?
- 4) Un vehículo lleva 12 litros de agua de refrigeración y consume 8,5 litros de combustible a los 100km (poder calorífico del combustible, 44 MJ/kg; densidad 0,76). Hay que evacuar el 32% de la cantidad de calor que se produce, con lo cual la temperatura en el radiador desciende  $8^\circ\text{C}$ .
  - a) ¿Cuál es la cantidad de calor que se produce en la combustión?
  - b) ¿Cuántos kJ debe extraer el agua de refrigeración?
  - c) Cuantos circuitos por hora y por minuto se necesitan para evacuar esa cantidad de calor?
- 5) El agua de refrigeración de un motor efectúa 250 circuitos por hora y ha de absorber 112 MJ, con lo cual se eleva  $10^\circ\text{C}$  la temperatura del agua.
  - a) ¿Cuántos litros de agua de refrigeración se necesitan?
  - b) ¿Qué cantidad de agua circula (caudal) en l/h y l/min?
- 6) En un proceso de combustión se generan en el motor 251,4 MJ, de los cuales el 68% no se convierte en trabajo mecánico ¿cuántos Nm son?

#### IV. RENDIMIENTO EN LA TRANSFORMACION DE LA ENERGÍA

En todos los procesos de la naturaleza y dispositivos mecánicos, la energía no puede crearse ni destruirse, si no solamente modificarse.

Todos los dispositivos que convierten en otra la energía que reciben, se denominan máquinas. Igualmente los motores Otto y Diésel (motores de combustión interna) son convertidores de energía. La energía química contenida en el combustible se convierte por la combustión en energía calorífica y finalmente en energía mecánica.



Por esta razón los motores de combustión se llaman también máquinas térmicas.

No existe ningún dispositivo (o máquina) que convierta al cien por ciento en la forma deseada (energía aprovechable) la energía que recibe.

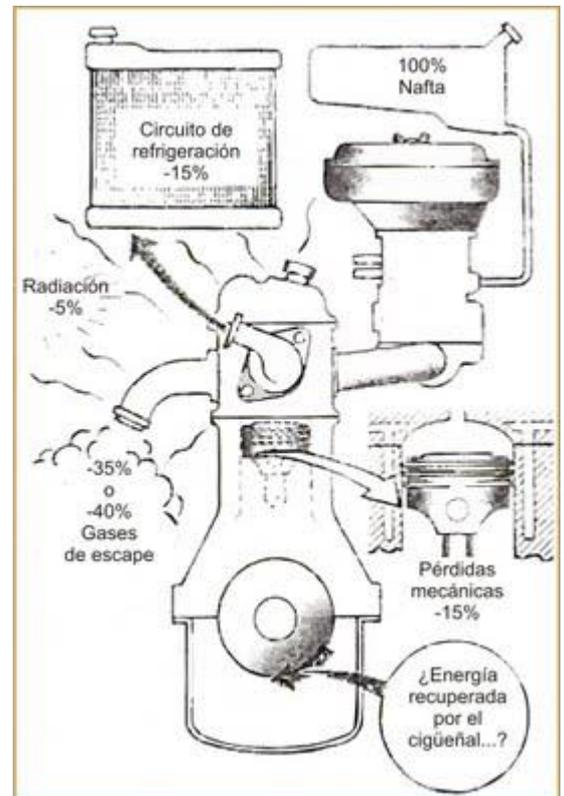
La cantidad de energía convertida en alguna otra forma distinta a la deseada, se denomina pérdida de energía.

En los motores de combustión interna se presentan las siguientes pérdidas:

1. PÉRDIDAS EN ENERGÍA QUÍMICA  
Combustión incompleta del combustible, pérdida del mismo con los gases de escape.
2. PERDIDAS DE ENERGIA CALORÍFICA  
Cesión de calor al sistema de refrigeración, radiación y calor en los gases de escape.
3. PÉRDIDAS DE ENERGÍA MECÁNICA  
Rozamiento, accionamiento de auxiliares (distribución del motor, bomba de aceite, alternador, etc.)

La relación entre la energía aprovechada (energía útil) y la recibida, se denomina rendimiento.

$$\text{Rendimiento} = \frac{\text{Energía aprovechada}}{\text{Energía recibida}}$$



##### 4.1. RENDIMIENTO ÚTIL (Rendimiento económico)

$$\text{Rendimiento útil} = \frac{\text{Energía mecánica aprovechada}}{\text{Energía química recibida o suministrada}}$$

## 4.2. RENDIMIENTO MECÁNICO

$$\text{Rendimiento mecánico} = \frac{\text{Energía (aprovechable) entregada } P_e}{\text{Energía suministrada al pistón } P_i}$$

En este caso solo se considera como pérdidas el rozamiento y el accionamiento de mecanismos auxiliares.

$$\text{Rendimiento mecánico } (\eta_m) = \frac{\text{Potencia aprovechada}}{\text{Potencia suministrada}}$$

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

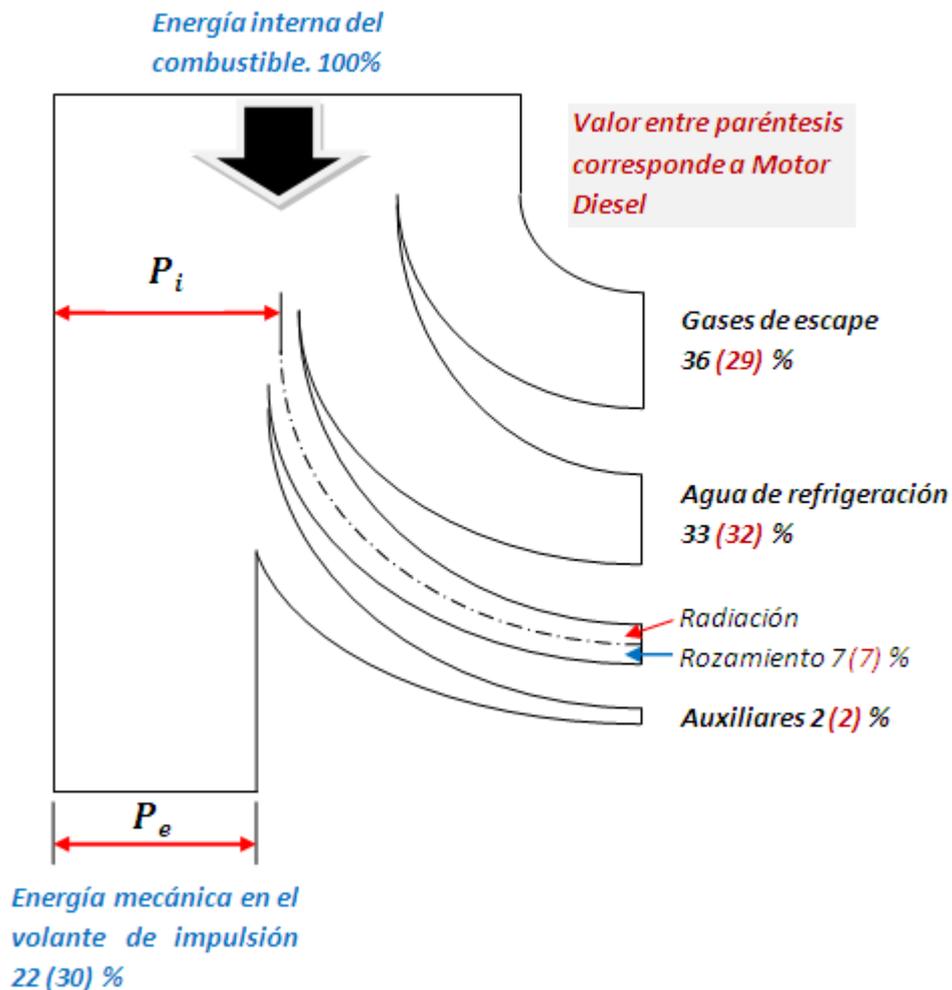
Donde:

$P_e$ : Potencia efectiva (potencia útil) [Kw]

$P_i$ : Potencia Interna [Kw]

$\eta_e$ : Rendimiento total (Rendimiento útil)

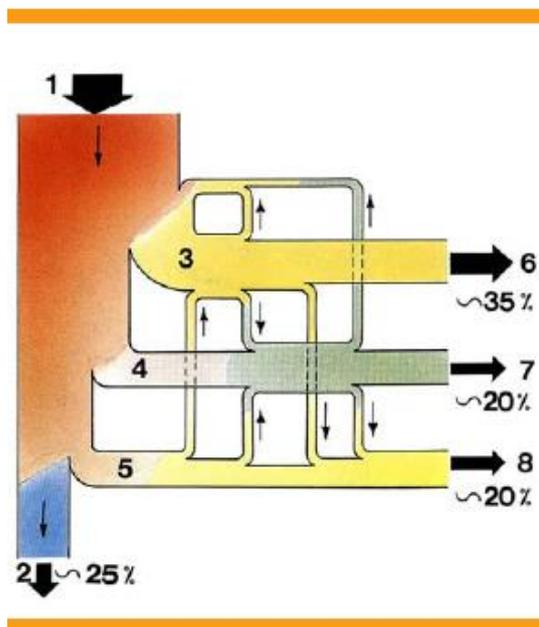
$\eta_m = \text{Rendimiento mecánico}$



## EJERCICIOS:

- 1) Un motor Diésel entrega a su volante de impulsión una potencia efectiva de 175 kW. Para esto se ha hallado una potencia interna de 206 kW. Calcular el rendimiento mecánico de este motor diésel.
- 2) Un motor Otto desarrolla una potencia interna de 90 kW, de los cuales se necesitan 4 kW para los auxiliares y por rozamientos se pierden otros 5 kW. Calcular a) la potencia útil y b) el rendimiento mecánico.
- 3) Un motor Otto desarrolla una potencia interna de 45 kW. ¿Qué potencia entrega el volante de impulsión y luego al embrague si el rendimiento mecánico  $\eta_m = 89\%$ ?
- 4) En el banco de pruebas se ensaya un motor de combustión interna con una potencia resistente. A 3000 1/min revoluciones hace falta una fuerza resistente de 140 N con un brazo de palanca de 0.955 m para equilibrar el par motor. Calcular.
  - a) El par motor
  - b) La potencia útil
  - c) La potencia interna si ( $\eta_m = 0.85$ ).

1.  Poder calorífico del combustible.
2.  Calor transformado en trabajo.
3.  Calor contenido en los gases de escape.
4.  Calor transmitido por los gases a las paredes.
5.  Calor dado por las resistencias pasivas.
6.  Calor perdido con los gases de escape.
7.  Calor perdido en el líquido refrigerante.
8.  Calor perdido por irradiación.



Balance térmico

## V. CONSUMO DE COMBUSTIBLE

En los motores Otto y Diésel se distingue entre tres clases de consumo.

DONDE:

$$k_s = \text{Consumo en carretera} \left[ \frac{l}{100km} \right]$$

$$k = \text{Consumo de combustible} \left[ \frac{l}{100km} \right]$$

$$K = \text{Combustible consumido en } [cm^3, dm^3, l]$$

$$B = \text{Consumo por hora} \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

$$b = \text{Consumo específico} \left[ \frac{g}{kWh} \right]$$

$$\rho = \text{Densidad del combustible} \frac{g}{cm^3}$$

$$t = \text{Tiempo de prueba en el banco } [s]$$

$$s = \text{Trayecto de medición } [km]$$

$$P_e = \text{Potencia efectiva} [kW]$$

### 5.1. Consumo de combustible en carretera

Por consumo de combustible en carretera se entiende el producido en un tramo largo de carrera normal y circulación normal.

Para la determinación del consumo de combustible en carretera se mide la cantidad de este con aparatos de medida, siendo necesario medir con exactitud también la longitud del recorrido.

Cuando el consumo de combustible en carretera es excesivo, se mide en los talleres de reparación. Se da siempre para distancias de 100 kilómetros.

$$\text{Consumo en carretera} = \frac{\text{Combustible consumido } [l] \cdot 100}{\text{Trayecto de medición}}$$

$$k_s = \frac{K \cdot 100}{s} \left[ \frac{l}{100 km} \right]$$

### 5.2. Consumo de combustible según DIN 70 030-2

$$\text{Consumo normal} = \frac{\text{Combustible consumido } [l] \cdot 100}{\text{Trayecto de medición}}$$

$$k = \frac{K \cdot 100}{s} \left[ \frac{l}{100 km} \right]$$

### 5.3. Consumo específico

$$\text{Consumo por hora} = \frac{\text{Combustible consumido } [cm^3] \times \text{Densidad} \times 3600}{\text{Duración de la prueba } [s]}$$

$$B = \frac{K \times \rho \times 100}{t} \left[ \frac{g}{h} \right]$$

$$\text{Consumo específico} = \frac{\text{Consumo de combustible} \left[ \frac{g}{h} \right]}{\text{Potencia del motor} [kW]}$$

$$b = \frac{B}{P_e} \left[ \frac{g}{kWh} \right]$$

**Observación**

- a) El consumo de un viaje, o sea a lo largo de una distancia grande, se determina por la fórmula del consumo en carretera.
- b) A continuación tenemos los consumos específicos de distintos motores.

	Motores Otto	Motores Diesel
Dos tiempos	550-400 $g/kWh$	350-280 $g/kWh$
Cuatro tiempos	380-300 $g/kWh$	340-215 $g/kWh$

**EJERCICIOS:**

- 1) Un camión consume en un tramo de 80 km 26.4 litros de Diésel. ¿cuál es su consumo en carretera?
- 2) Un turismo en condiciones normales, en un trayecto de pruebas de 20,5 km consume 1,6 litros de combustible. Calcular su consumo normal.
- 3) En el banco de pruebas un motor Diésel desarrolla una potencia de 90 kW y en 28,5 segundos consume el combustible contenido en una probeta aforada de 200cm<sup>3</sup>. La densidad del combustible es 0.82 kg/dm<sup>3</sup>.  
Calcular a) el consumo por hora y b) el consumo específico.

#### 5.4. Cálculo de la cantidad inyectada en los motores Diésel.

El motor Diésel aspira aire puro y lo comprime. Casi al final del tiempo de la compresión, poco antes de PMS, el inyector proyecta (inyecta) en la cámara de combustión la cantidad de combustible correspondiente que le suministra la bomba de inyección.

La cantidad de combustible inyectada en el cilindro a cada ciclo de trabajo se denomina cantidad inyectada.

DONDE:

$K_{IV}$  = Cantidad inyectada en los motores de 4 tiempos  $[g, mm^3]$

$b$  = Consumo específico  $\left[\frac{g}{kWh}\right]$

$P_e$  = Potencia efectiva  $[kW]$

$\rho$  = Densidad del combustible  $\left[\frac{g}{mm^3}\right]$

$i$  = Número de cilindros

$n$  = Revoluciones del motor  $\left[\frac{1}{min}\right]$

##### 1° Cantidad inyectada por cilindro y hora para una potencia dada

Cantidad inyectada por cilindro y hora para una potencia dada =  $\frac{\text{Consumo específico} \times \text{Potencia del motor}}{\text{Número de cilindros}}$

$$K_{IV} = \frac{b \times P_e \times 2}{i \times n \times 60} [g] \quad \text{Por inyección}$$

$$K_{IV} = \frac{b \times P_e \times 2 \times 1000}{i \times n \times 60 \times \rho} [mm^3] \quad \text{Por inyección}$$

##### 2° Frecuencia de inyección de combustible en el cilindro

Para determinar con qué frecuencia se inyecta el combustible en el cilindro, se toman las revoluciones por minuto del motor, se multiplican por 60 y se tiene. En los motores de cuatro tiempos, como hay un solo tiempo de trabajo cada dos vueltas, hay que dividir por 2 el resultado.

$$\text{Ciclos de trabajo por hora en Motores de 4 Tiempos} = \frac{\text{Revoluciones por minuto} \times 60}{2}$$

##### 3° Cantidad inyectada por ciclo de trabajo para una potencia dada

Se divide la cantidad inyectada por hora por el número de ciclos de trabajo en ese mismo tiempo y se tienen la cantidad por ciclo, es decir la cantidad de cada inyección.

$$\text{Cantidad inyectada por ciclo de trabajo para una potencia dada} = \frac{\text{Cantidad inyectada por hora y por cilindro}}{\text{Número de ciclos de trabajo por hora}}$$

## EJERCICIOS:

- 1) Un motor Diésel de 6 cilindros, desarrolla 1800 rpm una potencia de 105 kW y se ha medido un consumo específico de 260 g/kWh. ¿Cuál es la cantidad inyectada en gramos por ciclo de trabajo?
- 2) La cantidad inyectada en un motor Diésel de 4 tiempos, de ocho cilindros es de 64mm<sup>3</sup> A plena carga, con lo cual desarrolla una potencia de 82 kW a 1600 rpm. Calcular con esos valores el consumo específico ( $\rho = 0,84 \left[ \frac{kg}{dm^3} \right]$ ).
- 3) Se tiene las siguientes características de un motor Diésel de 4 tiempos:
 

$K_{IV} = 76 \left[ mm^3 \text{ por ciclo de trabajo} \right]$	$i = 6$
$b = 220 \left[ \frac{g}{kWh} \right]$	$n = 2000 \left[ \frac{1}{min} \right]$
$\rho = 0,82 \left[ \frac{g}{cm^3} \right]$	

 ¿Cuál es su potencia?
- 4) Un motor Diésel de 4 tiempos, de 4 cilindros a 2500 rpm revoluciones desarrolla una potencia de 45 kW. Por cada ciclo de trabajo se le inyectan 48mm<sup>3</sup> de combustible cuya densidad es de 0,85 g/cm<sup>3</sup>.  
Calcular:
  - a) El consumo específico
  - b) La potencia del motor con la misma cantidad inyectada y el mismo consumo específico, pero con combustible más ligero, que tiene una densidad de 0,81 g/cm<sup>3</sup> en vez de los 0,85 g/cm<sup>3</sup> del anterior.

## NOTA:

$$1m^3 = 1\,000dm^3 = 1\,000\,000\,cm^3 = 1\,000\,000\,000\,mm^3$$

$$1\,L = 1\,dm^3 = 1\,000\,cm^3 = 1\,000\,000\,mm^3$$

### 5.5. Poder calorífico por kilo de combustible

No todos los combustibles dan en la combustión la misma cantidad de calor. Por ello se toma el poder calorífico como medida de la cantidad de calor contenida en un combustible.

DONDE:

$$H_u = \text{Poder calorífico por kilo} \left[ \frac{kJ}{kg} \text{ ó } \frac{kJ}{m^3} \right]$$

$$H_L = \text{Poder calorífico por kilo} \left[ \frac{kJ}{l} \right]$$

$$Q_c = \text{Cantidad de calor} [kJ]$$

$$m = \text{Masa de combustible} [kg]$$

$$\eta_e = \text{Rendimiento útil}$$

$$\rho = \text{Densidad de combustible} \left[ \frac{kg}{m^3} \right]$$

$$B = \text{Consumo por hora} \left[ \frac{kg}{h} \right]$$

$$P_e = \text{Potencia del motor} [kW]$$

El poder calorífico es la cantidad de calor que se desprende en la combustión de 1kg de sustancia que se quema. En los gases es la cantidad de calor que se obtiene en la combustión de 1m<sup>3</sup> de gases en condiciones normales.

Mediante el poder calorífico se calcula la cantidad de calor total contenida en una masa combustible determinada.

$$Q_c = m \times H_u [kJ]$$

### 5.6. Poder calorífico por litro de combustible

El combustible para los motores de explosión se mide en litros y por esta razón en la técnica del automóvil se calcula el poder calorífico por litro.

Determinando el poder calorífico por litro, se obtiene el poder calorífico por kilogramo multiplicando el anterior por la densidad del combustible.

$$H_L = \rho \times H_u \left[ \frac{kJ}{l} \right]$$

### 5.7. Rendimiento útil (rendimiento aprovechable)

Para calcular el rendimiento útil se calcula en primer lugar mediante el poder calorífico la energía térmica en kilojulios (kJ) que proporciona el combustible. El trabajo útil se da en kWh.

El rendimiento útil es la relación entre el trabajo útil y la energía térmica total desarrollada.

*Es necesario multiplicar por 3600 porque 1kW = 3600kWs = 3600kJ*

$$\eta_e = \frac{P_e \times 3600}{B \times H_u} [-]$$

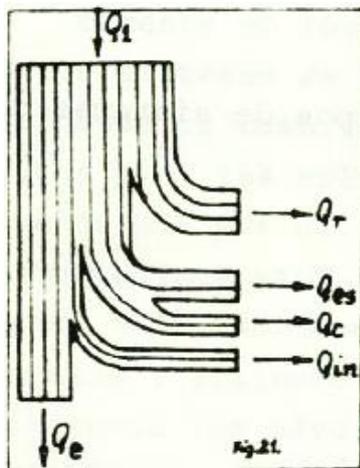
	Gasolina	Gasolina súper	Diesel	Acetileno
Poder calorífico	42000-44000Kj/kg	42700Kj/kg	41000-44400Kj/kg	57800Kj/kg
	Propano	Metano	Butano	GLP
Poder calorífico	24.35 Kcal./m <sup>3</sup>	39 MJ/m <sup>3</sup>	32.06 Kcal./m <sup>3</sup>	25 MJ/L

## EJERCICIOS:

- 1) ¿Qué cantidad de calor está encerrada en un depósito que contiene 42,5 kg de Diésel? El poder calorífico del diésel es de 42000 kJ/kg.
- 2) Una gasolina tienen un poder calorífico aproximado  $H_u = 43\ 200\ \text{kJ/kg}$  y una densidad de 0,72 kg/dm<sup>3</sup>. Los valores correspondientes para el diésel son  $H_u = 41\ 900\ \text{kJ/kg}$  y una densidad de 0,84 kg/dm<sup>3</sup>. Calcular.
  - a) El poder calorífico por litro de la gasolina
  - b) El poder calorífico por litro del diésel
  - c) El tanto por ciento de la diferencia entre el poder calorífico por litro del diésel y el de la gasolina.
- 3) Un motor Diésel con una potencia de 118 kW tiene un consumo de 32 kg/h. (poder calorífico del combustible:  $H_u = 41\ 900\ \text{kJ/kg}$ ) calcular su rendimiento útil.
- 4) El consumo específico de un motor Otto de 45 kW de potencia es de 310 g/kWh. Calcular:
  - a) El consumo por hora en kg/h
  - b) El rendimiento útil ( $H_u = 42\ 700\ \text{kJ/kg}$ )

## VI. BALANCE TERMICO EXTERIOR.

Fuera de nuestro cilindro del motor se producen enormes cantidades de energía que se disipan fuera del motor de combustión siendo estas unas de las tantas perdidas de energía del motor después de muchas observaciones y experimentos se llegó a una ecuación que determina el número aproximado de estas, la cual se describe como:



Calor porcentual. Tipo del Motor	$q_e$	$q_r$	$q_{es} + q_c$	$q_{in}$
Motores ECH (Otto)	24-28%	30-32%	36-40%	8-10%
Motores EC (Diesel)	32-40%	25-28%	27-30%	16-2%

$$Q_1 = Q_e + Q_{es} + Q_c + Q_{in} + Q_r \text{ [Kj/s] o [BTU/s]}$$

En donde:

$Q_1$  : calor total inducido al motor

$Q_e$  : calor efectivo transformado en trabajo mecánico

$Q_{es}$  : calor perdido en gases de escape

$Q_c$  : calor perdido por combustión incompleta

$Q_{in}$  : calor perdido en formas indeterminadas

$Q_r$  : calor perdido en sistema de refrigeración

Es esta ecuación falta un componente de pérdidas mecánicas del motor, estas pérdidas contiene parcialmente el calor  $Q_r$  (el calor de fricción del embolo sobre las paredes cilindro que es evacuado por el medio refrigerador) y el calor  $Q_{in}$  de pérdidas no especificadas, estos balances térmicos se muestran en un diagrama llamado "diagrama de Sankey".

Cabe mencionar que para obtener el balance térmico de un motor se hace en condiciones muy estrictas sobre el trabajo del mismo motor (desde carga pequeña hasta plena), existen dos métodos para poder hacer el balance exterior (pero en este artículo solo los mencionaremos y no habremos de introducirnos más a fondo en ellos pues está fuera de los límites de mi investigación) los cuales son:

- 1) Mediciones exactas de varios parámetros durante el trabajo del motor.
- 2) Calculo de los valores aproximados en base a la teoría de transferencia de calor.

## VII. BALANCE TERMICO INTERIOR.

Se realiza directamente dentro del cilindro del motor en base a diagramas muy precisos del indicador esto nos permite conocer mucho mejor el trabajo del motor u la influencia de varios parámetros sobre su funcionamiento, pero este análisis es muy caro por todos los equipos empleados para las mediciones, la ecuación del balance térmico interior está dada por:

$$Q_1 = Q_e + Q_{es} + Q_m + Q_r \text{ [Kj/s] o [BTU/s]}$$

En donde:

$Q_1$  : calor total inducido al motor

$Q_e$  : calor efectivo transformado en trabajo mecánico

$Q_{es}$  : calor perdido en gases de escape

$Q_r$  : calor perdido por refrigeración del motor (solo sus cilindros)

$Q_m$  : calor perdido por el movimiento del émbolo (perdida de fricción)

En este caso las componentes  $Q_r$  y  $Q_{es}$  tiene otro significado,  $Q_r$  se refiere solo a las perdidas por refrigeración en las paredes de los cilindros y  $Q_{es}$  contiene las perdidas por la combustión incompleta y no solo la de los gases de escape (puesto que se le mide en la salida de los gases del cilindro y no del motor).

### CONCLUSIONES.

Como nos habremos dado cuenta que la idea de una combustión 100% perfecta es totalmente errónea nos queda claro que todo el proceso de un ciclo, ya sea de Carnnot o de Otto, dentro de una máquina de combustión interna, genera una gran cantidad de pérdidas que hacen que la maquina no sea eficiente, todo esto produce una inquietud, en la actualidad vigente, para que los futuros ingenieros encuentren la manera de hacerlos más eficientes de lo que ya son en la actualidad para así dar un mejor aprovechamiento del combustible sin descuidar los factores ambientales y ecológicos de nuestro planeta.