

UNIVERSIDAD
NACIONAL AUTÓNOMA
DE MÉXICO

FACULTAD DE
ESTUDIOS SUPERIORES
--ARAGÓN--

**"Programa de Apoyo a Proyectos
para Innovar y Mejorar la
Educación (PAPIME)"**

PAPIME CLAVE PE110123

Título del proyecto : CONSOLIDACION DE MATERIAL
DIDACTICO SOBRE CICLOS

TERMODINAMICOS

rea principal : Área de las Ciencias Físico Matemáticas y de las
Ingenierías

Disciplina : Ingenierías



PAPIIT - PAPIME

CICLO DIESEL

Mario Angel Martinez Ovalle

David Franco Martínez

INGENIERIA MECANICA

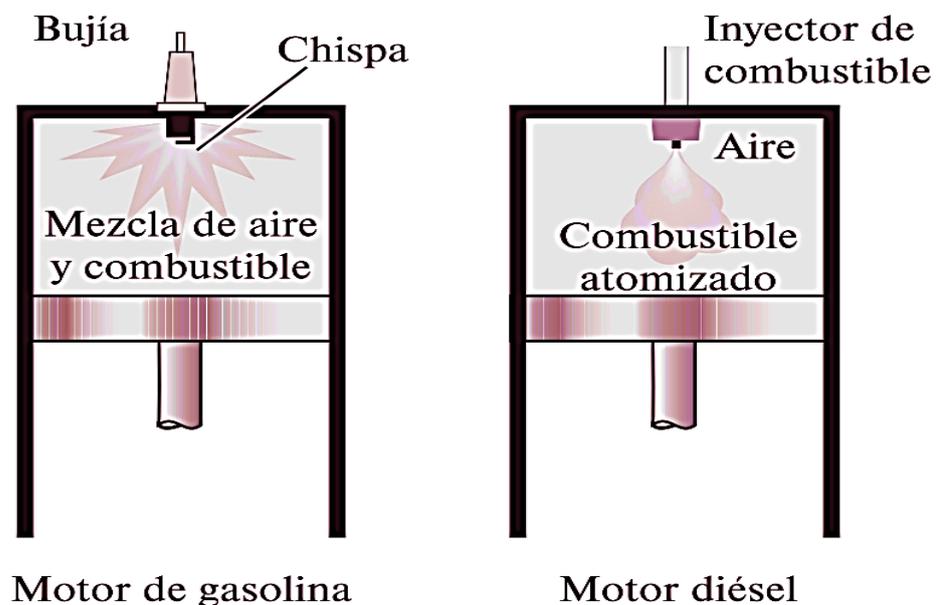
TABLA DE CONTENIDO

Funcionamiento del ciclo Diesel	3
Procesos del ciclo Diésel.....	4
Eficiencia termodinámica.....	4
Ejercicio de Aplicación.....	6
Bibliografía:	9

FUNCIONAMIENTO DEL CICLO DIESEL

El motor de ciclo Diésel fue propuesto por Rudolf Diésel en la década de 1890.

El ciclo Diésel idealizado consta de un proceso de compresión y otro de expansión, ambos internamente reversibles, y de un proceso de rechazo de calor a volumen constante que también se considera internamente reversible. A diferencia del ciclo Otto, en el ciclo Diésel el suministro de calor se considera un proceso a presión constante. El motor de encendido por compresión que utiliza (ECOM) que utiliza el ciclo Diésel, es muy similar al motor de encendido por chispa (ECH) que utiliza el ciclo Otto; la diferencia principal está en el método de inicio de la combustión. En los motores de encendido por chispa (conocidos también como motores de gasolina), la mezcla de aire y combustible se comprime hasta una temperatura inferior a la temperatura de autoencendido del combustible y el proceso de combustión se inicia al encender una bujía. En los motores ECOM (también conocidos como motores diésel) el aire se comprime hasta una temperatura que es superior a la temperatura de autoencendido del combustible, y la combustión inicia al contacto, cuando el combustible se inyecta dentro de este aire caliente. Por lo tanto, en los motores diésel la bujía es sustituida por un inyector de combustible como se muestra en la siguiente figura:



PROCESOS DEL CICLO DIÉSEL

El proceso de combustión en el ciclo Diésel ideal se obtiene como un proceso de adición de calor a presión constante. De hecho, éste es el único proceso donde los ciclos de Otto y Diésel difieren. Los tres procesos restantes son los mismos para ambos ciclos ideales. Es decir

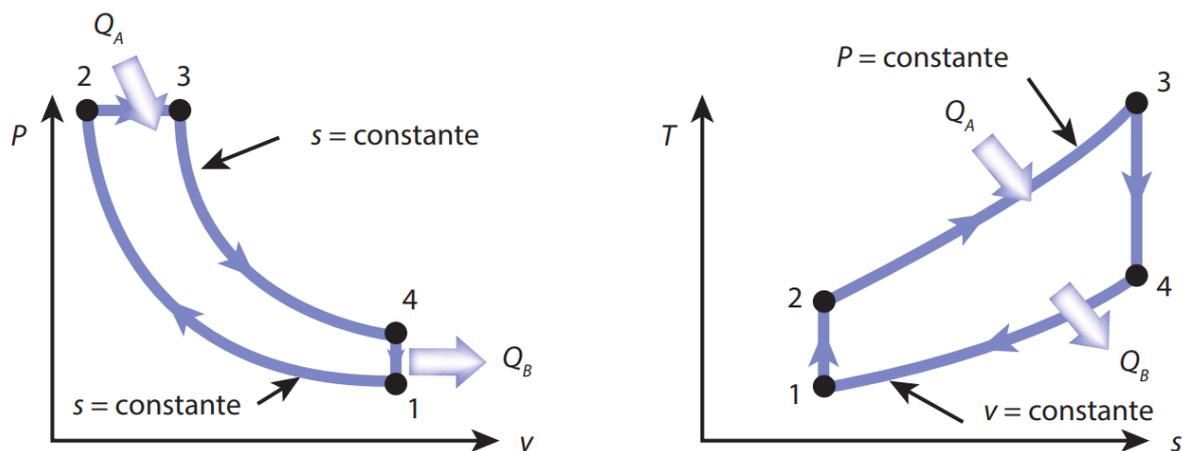
El proceso 1-2 es una compresión isentrópica,

El 2-3 adición de calor a presión constante,

El 3-4 una expansión isentrópica

El 4-1 un rechazo de calor a volumen constante.

La similitud entre los dos ciclos es también evidente en los diagramas P-v y T-s del ciclo Diésel, mostrado en la siguiente figura:



EFICIENCIA TERMODINÁMICA

Si se observa que el ciclo Diésel se ejecuta en un dispositivo de émbolo y cilindro, que forma un sistema cerrado, la cantidad de calor añadida al fluido de trabajo a presión constante y rechazada por éste a volumen constante puede expresarse como:

$$q_{entrada} - w_{salida} = u_3 - u_2 \therefore$$

$$q_{entrada} = P_2(v_3 - v_2) + (u_3 - u_2) = h_3 - h_2 = Cp(T_3 - T_2)$$

$$-q_{salida} = u_1 - u_4 \therefore$$

$$q_{salida} = u_4 - u_1 = Cv(T_4 - T_1)$$

Entonces, la eficiencia térmica de un ciclo Diésel ideal bajo las suposiciones de aire estándar frío se vuelve

$$\eta_{ter,Diesel} = \frac{w_{neto}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{q_{salida}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{T_4 - T_1}{k(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(T_4 / T_1 - 1)}{kT_2(T_3 / T_2 - 1)}$$

Ahora se define una nueva cantidad, la relación de corte de admisión r_c , como la relación de los volúmenes del cilindro antes y después del proceso de combustión:

$$r_c = \frac{V_3}{V_2} = \frac{v_3}{v_2}$$

Al considerar que los procesos 1-2 y 3-4 son procesos isoentrópicos y que $v_1 = v_4$, la eficiencia del ciclo Diésel se puede reducir y expresar en términos de la relación de compresión y la relación de combustión:

$$\eta_{ter,Diesel} = 1 - \frac{1}{r^{k-1}} \left[\frac{r_c^k - 1}{k(r_c - 1)} \right]$$

EJERCICIO DE APLICACIÓN

Un ciclo Diésel ideal con aire como fluido de trabajo tiene una relación de compresión de 18 y una relación de corte de admisión de 2. Al principio del proceso de compresión el fluido de trabajo está a 14.7 psia, 80 °F y 117 pulg³.

Utilice las suposiciones de aire estándar frío y determine

- la temperatura y presión del aire al final de cada proceso,
- la salida de trabajo neto y la eficiencia térmica y
- la presión media efectiva.

SOLUCIÓN: Se tiene un ciclo Diésel ideal. Se determinará la temperatura y la presión al final de cada proceso, la salida de trabajo neto y la eficiencia térmica, así como la presión media efectiva.

Suposiciones

1 Las suposiciones de aire estándar frío son aplicables, por lo tanto puede suponerse que el aire tiene calores específicos constantes a temperatura ambiente.

2 Los cambios de energía cinética y potencial son insignificantes.

Datos:

En este ejercicio tenemos que utilizar las tablas de propiedades TABLA A-1E y TABLA A-2E

Diagrama P-V de este problema

$$R = 0.3704 \text{ psia} \cdot \text{pie}^3 / \text{lbm} \cdot \text{R}$$

$$C_p = 0.240 \text{ Btu/lbm} \cdot \text{R}$$

$$C_v = 0.171 \text{ Btu/lbm} \cdot \text{R}$$

$$k = 1.4$$

$$r = 18$$

$$rc = 2$$

$$P_1 = 14.7 \text{ psi}$$

$$T_1 = 80 \text{ }^\circ\text{F}$$

$$V_1 = 117 \text{ pulg}^3$$

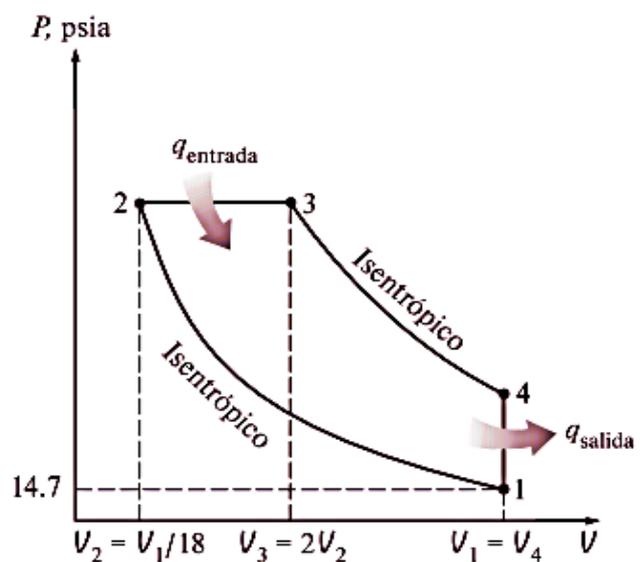


TABLA A-1E

Masa molar, constante de gas y propiedades del punto crítico

Sustancia	Fórmula	Masa molar, M lbm/lbmol	Constante de gas, R		Propiedades del punto crítico		
			Btu/ lbm · R*	psia · pie ³ / lbm · R*	Temperatura, R	Presión, psia	Volumen, pie ³ /lbmol
Agua	H ₂ O	18.015	0.1102	0.5956	1164.8	3200	0.90
Aire	—	28.97	0.06855	0.3704	238.5	547	1.41
Alcohol etílico	C ₂ H ₅ OH	46.07	0.04311	0.2329	929.0	926	2.68
Alcohol metílico	CH ₃ OH	32.042	0.06198	0.3349	923.7	1154	1.89
Amoníaco	NH ₃	17.03	0.1166	0.6301	729.8	1636	1.16
Argón	Ar	39.948	0.04971	0.2686	272	705	1.20
Benceno	C ₆ H ₆	78.115	0.02542	0.1374	1012	714	4.17
Bromo	Br ₂	159.808	0.01243	0.06714	1052	1500	2.17
<i>n</i> -Butano	C ₄ H ₁₀	58.124	0.03417	0.1846	765.2	551	4.08
Cloro	Cl ₂	70.906	0.02801	0.1517	751	1120	1.99
Cloroformo	CHCl ₃	119.38	0.01664	0.08988	965.8	794	3.85
Cloruro metílico	CH ₃ Cl	50.488	0.03934	0.2125	749.3	968	2.29
Criptón	Kr	83.80	0.02370	0.1280	376.9	798	1.48
Diclorodifluorometano (R-12)	CCl ₂ F ₂	120.91	0.01643	0.08874	692.4	582	3.49
Diclorofluorometano (R-21)	CHCl ₂ F	102.92	0.01930	0.1043	813.0	749	3.16
Dióxido de carbono	CO ₂	44.01	0.04513	0.2438	547.5	1071	1.51
Dióxido de sulfuro	SO ₂	64.063	0.03100	1.1675	775.2	1143	1.95

TABLA A-2E

Calores específicos de gas ideal de varios gases comunes

a) A 80 °F

Gas	Fórmula	Constante de gas, R		c_p Btu/lbm · R	c_v Btu/lbm · R	k
		Btu/lbm · R	Btu/lbm · R			
Aire	—	0.06855	0.240	0.171	1.400	
Argón	Ar	0.04971	0.1253	0.0756	1.667	
Butano	C ₄ H ₁₀	0.03424	0.415	0.381	1.09	
Dióxido de carbono	CO ₂	0.04513	0.203	0.158	1.285	
Etano	C ₂ H ₆	0.06616	0.427	0.361	1.183	
Etileno	C ₂ H ₄	0.07079	0.411	0.340	1.208	
Helio	He	0.4961	1.25	0.753	1.667	
Hidrógeno	H ₂	0.9851	3.43	2.44	1.404	
Metano	CH ₄	0.1238	0.532	0.403	1.32	
Monóxido de carbono	CO	0.07090	0.249	0.178	1.399	
Neón	Ne	0.09840	0.246	0.1477	1.667	
Nitrógeno	N ₂	0.07090	0.248	0.177	1.400	
Octano	C ₈ H ₁₈	0.01742	0.409	0.392	1.044	
Oxígeno	O ₂	0.06206	0.219	0.157	1.395	
Propano	C ₃ H ₈	0.04504	0.407	0.362	1.124	
Vapor	H ₂ O	0.1102	0.445	0.335	1.329	

Fuente: Gordon J. Van Wylen y Richard E. Sonntag, *Fundamentals of Classical Thermodynamics*, versión inglés/SI, 3a. ed., Nueva York, John Wiley & Sons, 1986, p. 687, Tabla A.8E.

Desarrollo:

$$V_2 = \frac{V_1}{r} = \frac{117 \text{ pu lg}^3}{18} = 6.5 \text{ pu lg}^3$$

$$V_3 = (rc)(V_2) = (2)(6.5 \text{ pu lg}^3) = 13 \text{ pu lg}^3$$

$$V_4 = V_1 = 117 \text{ pu lg}^3$$

No olvidar hacer la conversión de Fahrenheit a Ranking

Proceso 1-2 compresión isentrópica

$$T_2 = T_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^{k-1} = (80 + 459.67)(18)^{1.4-1} = 1716R$$

$$P_2 = P_1 \left(\frac{V_1}{V_2} \right)^k = (14.7 \text{ psia})(18)^{1.4} = 841 \text{ psia}$$

Proceso 2-3 (adición de calor a presión constante):

$$P_3 = P_2 = 841 \text{ psia}$$

$$\frac{P_2 V_2}{T_2} = \frac{P_3 V_3}{T_3} \rightarrow T_3 = T_2 \left(\frac{V_3}{V_2} \right) = (1716R)(2) = 3432R$$

Proceso 3-4 (expansión isentrópica):

$$T_4 = T_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^{k-1} = (3432R) \left(\frac{13 \text{ pu lg}^3}{117 \text{ pu lg}^3} \right)^{1.4-1} = 1425R$$

$$P_4 = P_3 \left(\frac{V_3}{V_4} \right)^k = (841 \text{ psia}) \left(\frac{13 \text{ pu lg}^3}{117 \text{ pu lg}^3} \right)^{1.4} = 38.8 \text{ psia}$$

Calculamos la masa del fluido de trabajo

Hacemos una conversión de unidades

$$m = \frac{P_1 V_1}{RT_1} = \frac{(14.7 \text{ psia})(117 \text{ pu lg}^3)}{(0.3704 \text{ psia} * \text{pie}^3 * R)(540R)} \left(\frac{1 \text{ pie}^3}{1728 \text{ pu lg}^3} \right) = 0.00498 \text{ lbm}$$

Calculamos el calor que entra y sale del sistema

$$Q_{\text{entrada}} = m(h_3 - h_2) = mcp(T_3 - T_2)$$

$$Q_{\text{entrada}} = (0.00498\text{lbm})(240\text{Btu} / \text{lbm} * R) [(3432 - 1716) R] = 2.051\text{Btu}$$

$$Q_{\text{salida}} = m(u_4 - u_1) = mcv(T_4 - T_1)$$

$$Q_{\text{salida}} = (0.00498\text{lbm})(0.171\text{Btu} / \text{lbm} * R) [(1425 - 540) R] = 0.754\text{Btu}$$

$$W_{\text{neto}} = Q_{\text{entrada}} - Q_{\text{salida}} = 2.051 - 0.754 = 1.297\text{Btu}$$

$$\eta_{\text{ter}} = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{\text{entrada}}} = \frac{1.297\text{Btu}}{2.051\text{Btu}} = 0.632 \rightarrow 63.2\%$$

BIBLIOGRAFIA:

- El ejercicio y las tablas de propiedades fueron extraídos de:

Cengel A. Yunus. (2019). Termodinámica (novena edición). México: Mc Graw Hill-Education, páginas: (932-933) y Apéndice 1.

Libros:

- **YUNUS A. ÇENGEL & MICHAEL A. BOLES. NOVENA EDICIÓN (2019). CAPITULO 9- CICLOS DE POTENCIA DE GAS. En Termodinámica (489p). México, McGraw-Hill.**
- **Termodinámica para ingenieros Juan Gabriel Barbosa Saldaña, Claudia del Carmen Gutiérrez, Primera edición ebook México, 2015. Capítulo 5 (173p)**