



UNIVERSIDAD AUTÓNOMA DEL ESTADO DE HIDALGO
ESCUELA SUPERIOR DE CIUDAD SAHAGÚN

Ciclo Brayton

Área Académica: Licenciatura en Ingeniería Industrial

Profesor(a): Pérez Sánchez Blasa

Periodo: Enero – Junio 2019

Ciclo Brayton

Resumen

La turbina de gas es otro sistema mecánico que produce energía eléctrica. Puede operar en un ciclo abierto cuando se usa como tanque o motor de camión, entra aire al compresor, pasa por una cámara de combustión de presión constante, pasa por una turbina y luego sale como productos de combustión a la atmósfera. Un ciclo cerrado cuando se usa en una planta de energía nuclear, la cámara de combustión se sustituye por un intercambiador de calor en el que entra energía al ciclo desde alguna fuente exterior, otro intercambiador de calor transfiere calor desde el ciclo para que el aire sea regresado al estado inicial.

Keywords: Compresión, expansión, combustión



Brayton cycle

Abstract

The gas turbine is another mechanical system that produce electrical energy. It can operate in an open cycle when used as a tank or truck engine, air enters the compressor, passes through a constant pressure combustion chamber, passes through a turbine and the exits as combustion products into the atmosphere. A closed cycle when used in a nuclear power plant, the combustion chamber is replaced by a heat exchanger in which energy enters the cycle from some external source, another heat exchanger transfers heat from the cycle so that the air is returned to the initial state.

Keywords: Comprensión, expansión, combustión



Ciclo Brayton

El ciclo Brayton, También conocido como ciclo joule o ciclo froude, es un ciclo termodinámico consistente, en su forma más sencilla, en una etapa de compresión adiabática, una etapa de calentamiento isobárico y una expansión adiabática de un fluido termodinámico compresible.



La maquina de Brayton, desarrollada alrededor de 1870, era una maquina reciprocante que quemaba aceite con la inyección del combustible directa al cilindro, y un compresor que estaba separado del cilindro de potencia. El ciclo Brayton, el cual ahora se usa solo para turbinas de gas, fue el primero que se utilizo con maquinas reciprocantes.



Utilización

La base del motor de turbina de gas, por lo que el producto del ciclo puede ir desde un trabajo mecánico que se emplee para la producción de electricidad en los quemadores de gas natural o algún otro aprovechamiento –caso de las industrias de generación eléctrica y de algunos motores terrestres o marinos, respectivamente–, hasta la generación de un empuje en un aerorreactor.



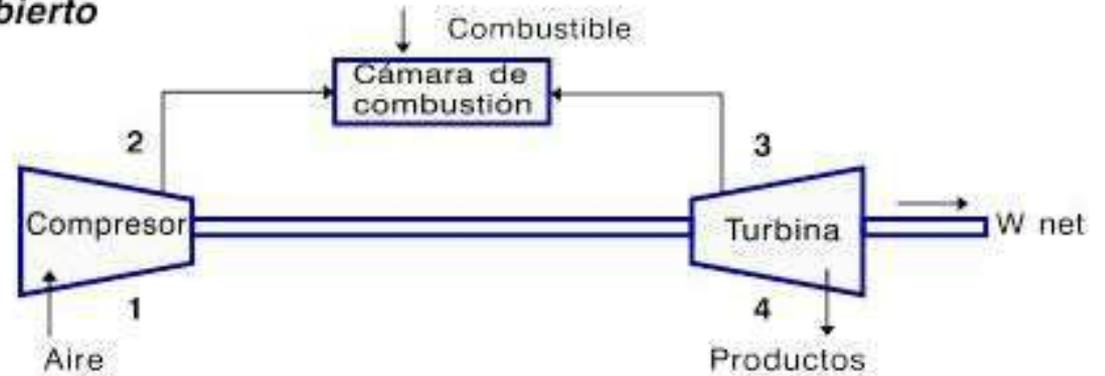
Tipos de ciclos:

1.-Ciclo abierto

2.-Ciclo cerrado

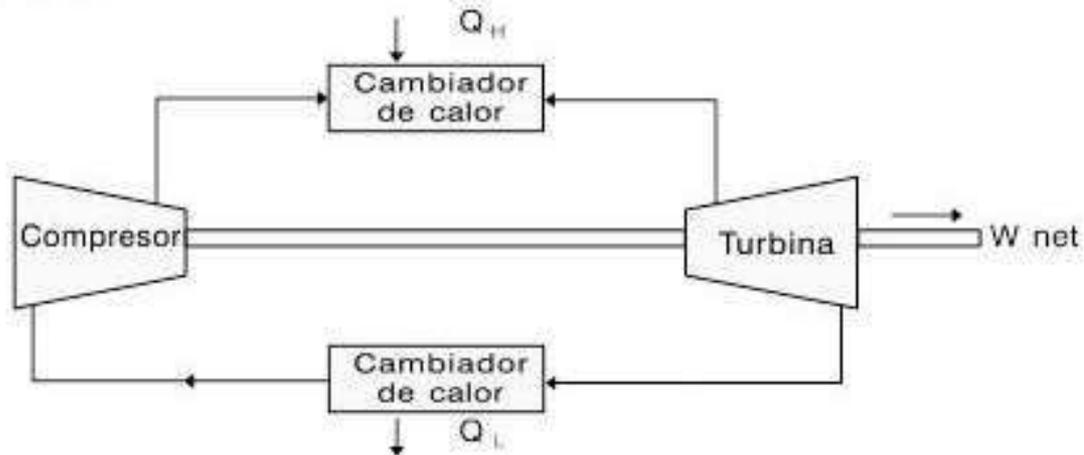


Ciclo abierto



Termodinámica Potter figura 7.5 Pag. 231

Ciclo cerrado



Termodinámica Potter figura 7.5 Pag. 231



- Admisión: El aire frío y a presión atmosférica entra por la boca de la turbina.
- Compresor: El aire es comprimido y dirigido hacia la cámara de combustión mediante un compresor (movido por la turbina). Puesto que esta fase es muy rápida, se modela mediante una compresión adiabática $A \rightarrow B$.
- Cámara de combustión: En la cámara, el aire es calentado por la combustión del queroseno. Puesto que la cámara está abierta el aire puede expandirse, por lo que el calentamiento se modela como un proceso isóbaro $B \rightarrow C$.

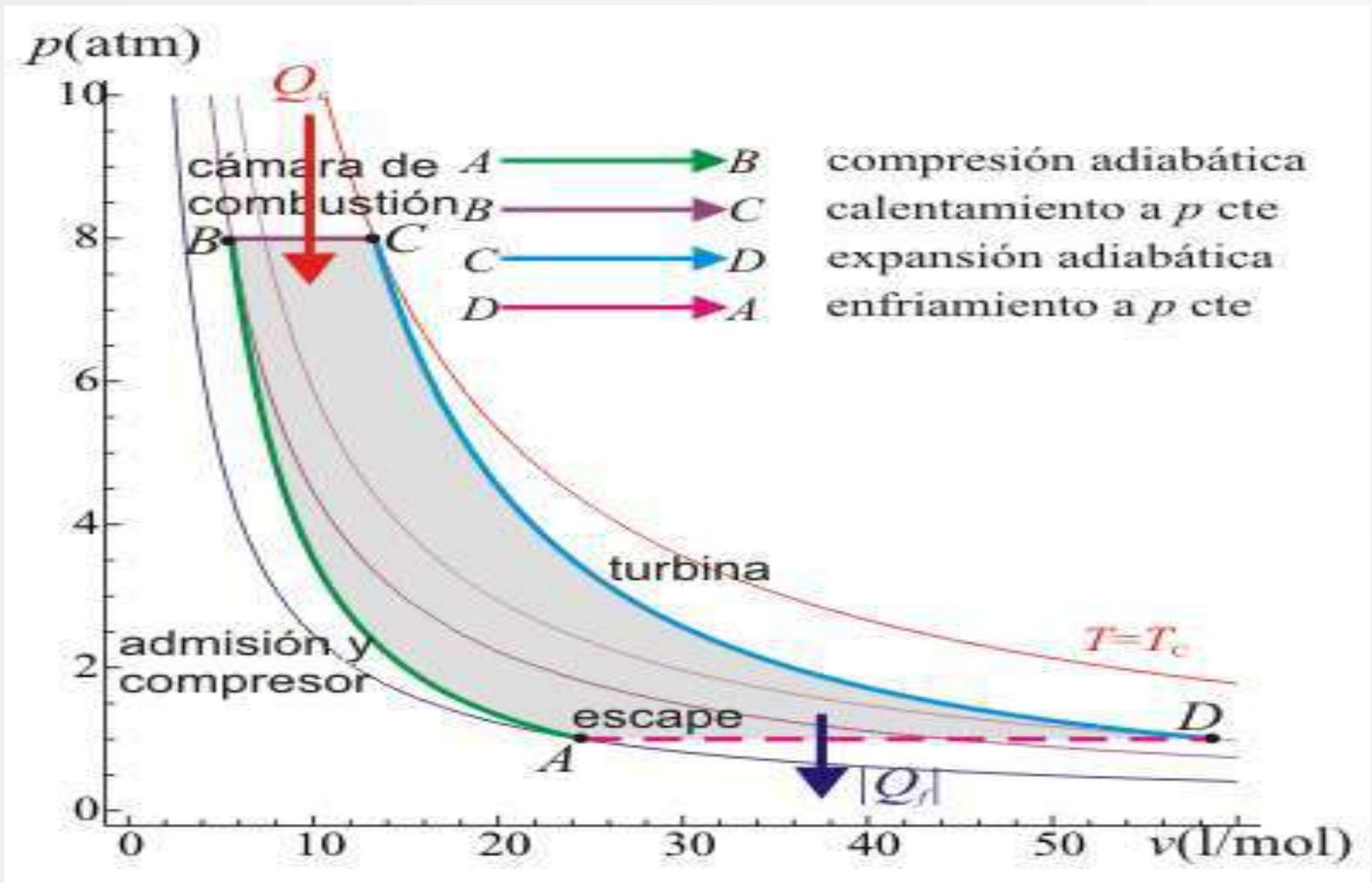


- Cámara de combustión: En la cámara, el aire es calentado por la combustión del queroseno. Puesto que la cámara está abierta el aire puede expandirse, por lo que el calentamiento se modela como un proceso isóbaro $B \rightarrow C$.
- Turbina: El aire caliente pasa por la turbina, a la cual mueve. En este paso el aire se expande y se enfría rápidamente, lo que se describe mediante una expansión adiabática $C \rightarrow D$



- Escape: Por último, el aire enfriado (pero a una temperatura mayor que la inicial) sale al exterior. Técnicamente, este es un ciclo abierto ya que el aire que escapa no es el mismo que entra por la boca de la turbina, pero dado que sí entra en la misma cantidad y a la misma presión, se hace la aproximación de suponer una recirculación.
- En este modelo el aire de salida simplemente cede calor al ambiente y vuelve a entrar por la boca ya frío. En el diagrama PV esto corresponde a un enfriamiento a presión constante $D \rightarrow A$





laplace.us.es



Tipos de diagramas

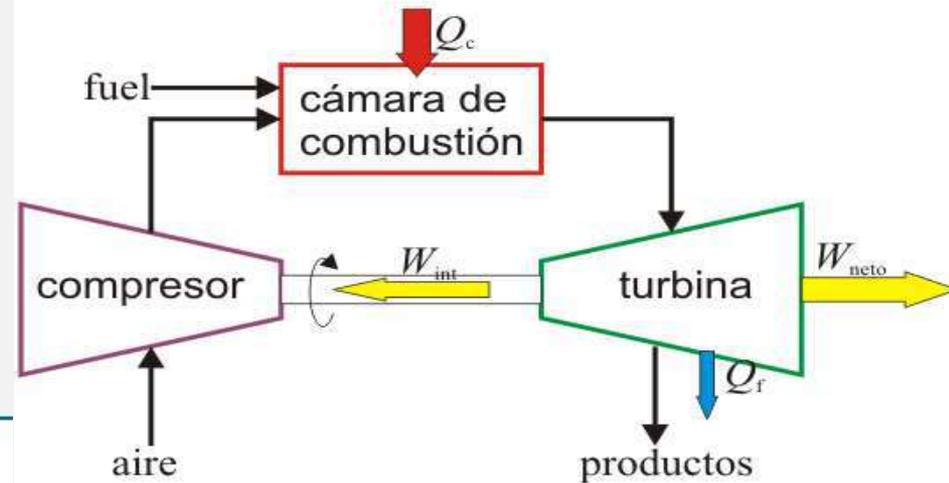
También conocido como ciclo Joule o ciclo Froude, es un modelo de aire estándar de un ciclo de turbina de gas simple. En este encontramos 3 tipos de diagramas para su representación que son:

- Diagrama de flujo
- Diagrama P-V
- Diagrama T-S



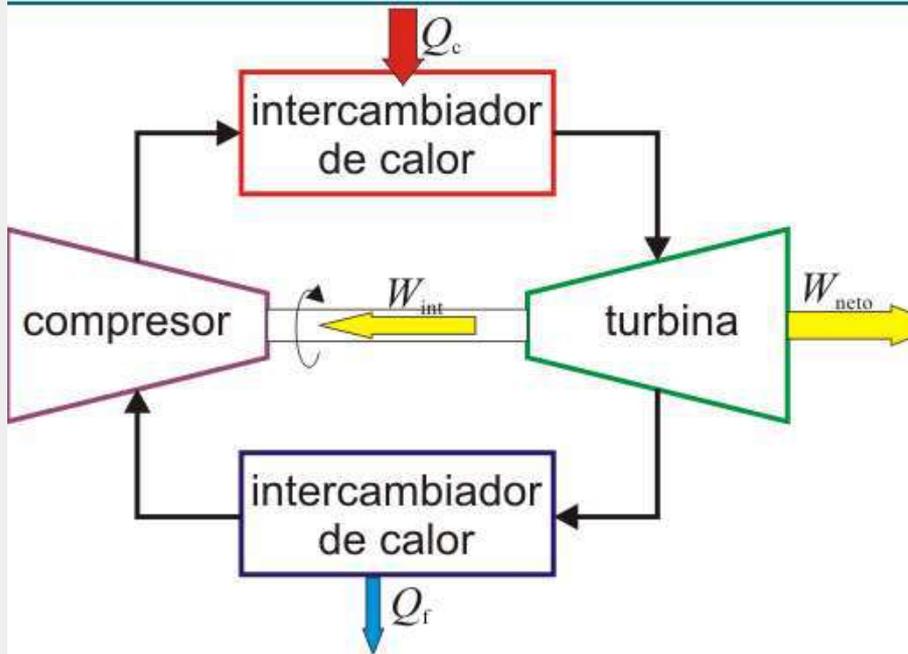
➤ Diagrama de flujo

Motor a turbina de gas a ciclo abierto



Mecánica del automóvil - WordPress.com

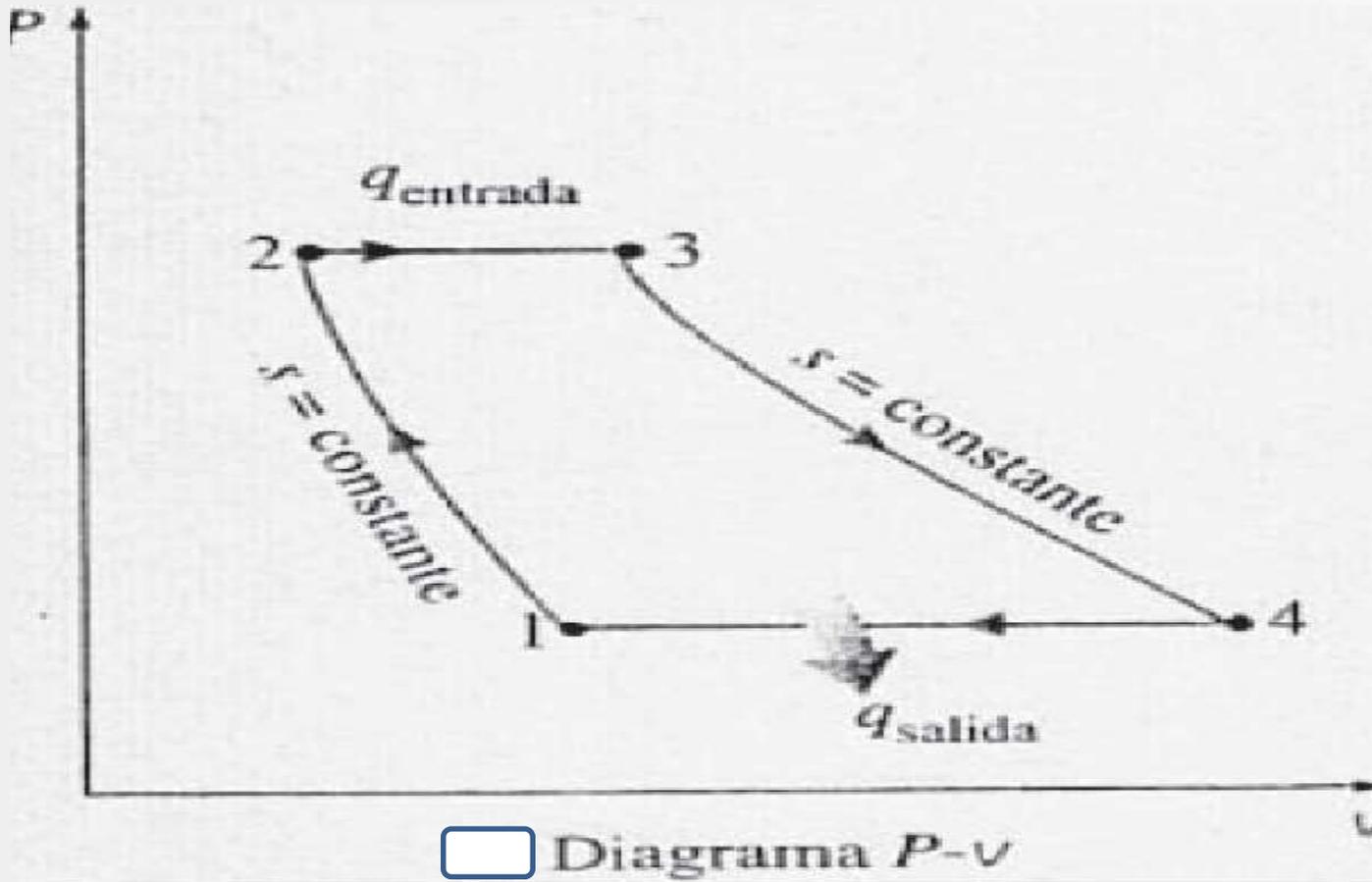
Motor a turbina de gas a ciclo cerrado



Mecánica del automóvil - WordPress.com



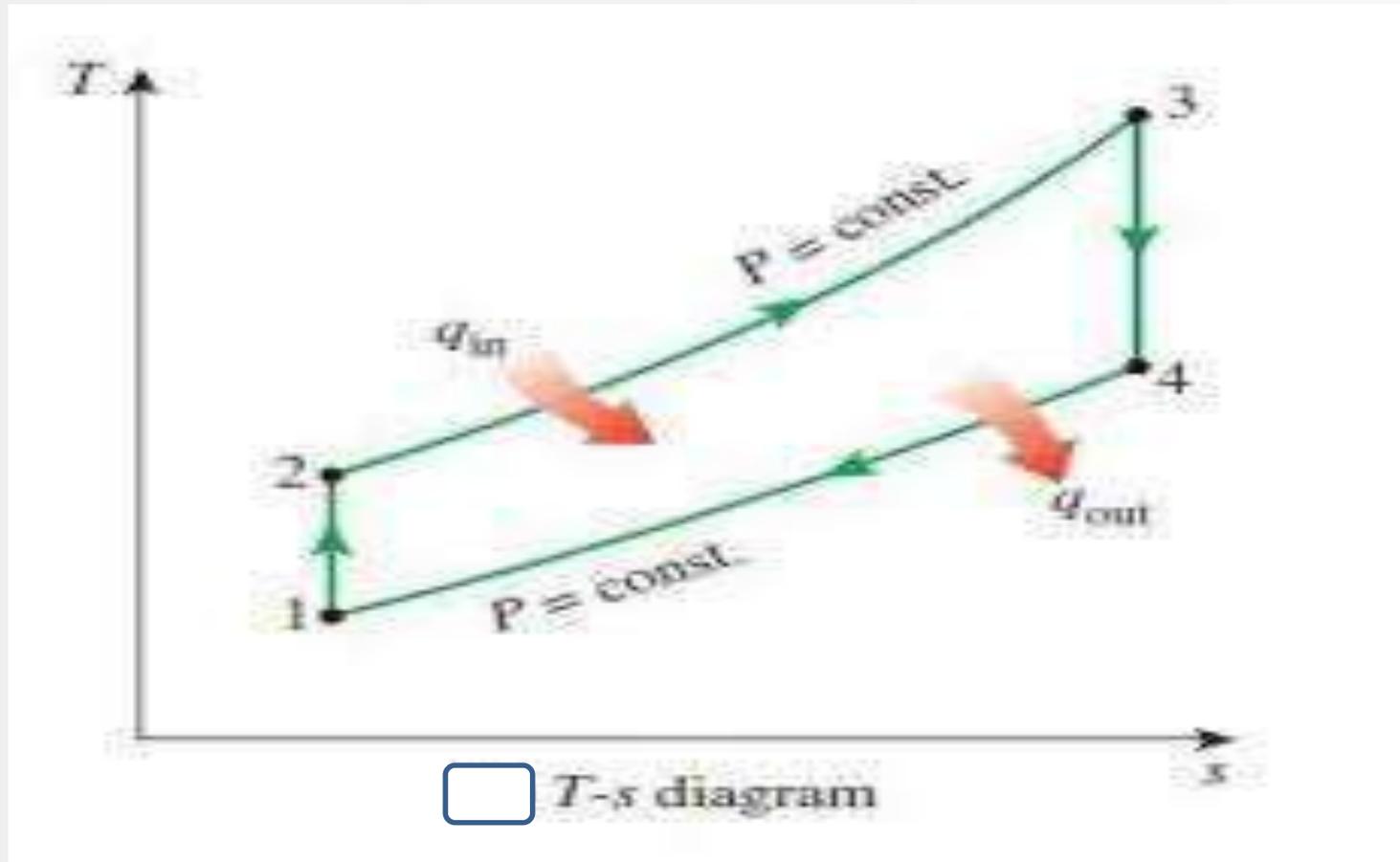
➤ Diagrama P-V



[ResearchGate](#)



➤ Diagrama T-S



[Física UC](#)



La compresión 1-2 representa la compresión isentrópica del aire que se realiza en el compresor axial.

La transformación 2-3 representa el proceso de combustión a presión constante donde se produce el aporte de calor (Q suministrado) del medio al sistema debido a la oxidación del combustible inyectado en el punto 2.



La transformación 3-4 representa la expansión isentrópica de los gases de combustión que se desarrolla en la turbina.

La transformación 4-1 Rechazo de calor a presión constante para llegar al estado.



Cuando los cambios en las energías cinéticas y potenciales son insignificantes, el balanceo de energía para el proceso de flujo estacionario puede expresarse, por unidad de masa, como

$$(q_{\text{entrada}} - q_{\text{salida}}) + (W_{\text{entrada}} - W_{\text{salida}}) = h_{\text{salida}} - h_{\text{entrada}}$$

Por lo tanto, la transferencia de calor hacia y desde el fluido de trabajo es

$$q_{\text{entrada}} = h_3 - h_2 = C_p (T_3 - T_2) \quad y$$

$$q_{\text{salida}} = h_4 - h_1 = C_p (T_4 - T_1)$$



Entonces, la eficiencia térmica del ciclo Brayton ideal ideal bajo las suposiciones de aire estándar frío se convierte en:

$$\eta_{ter,Brayton} = \frac{W_{net}}{Q_{entrada}} = 1 - \frac{Q_{salida}}{Q_{entrada}}$$

$$\eta_{ter,Brayton} = \frac{C_p(T_4 - T_1)}{C_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{T_1(T_4/T_1 - 1)}{T_2(T_3/T_2 - 1)}$$



Los procesos 1-2 y 3-4 son isentrópicos, por lo que $P_2 = P_3$ y $P_4 = P_1$, por tanto

$$\frac{T_2}{T_1} = \left(\frac{P_2}{P_1}\right)^{(k-1)/K} \qquad \frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(k-1)/K}$$

Y observando que $P_2 = P_3$ y $P_4 = P_1$, vemos que

$$\frac{T_2}{T_1} = \frac{T_3}{T_4} \quad \text{o} \quad \frac{T_4}{T_1} = \frac{T_3}{T_2}$$



En consecuencia, la eficiencia térmica se puede escribir como

$$\eta = 1 - \frac{T_1}{T_2} = 1 - \left(\frac{P_1}{P_2} \right)^{(k-1)/K}$$

En términos de la relación de presión $r_p = P_2/P_1$ la eficiencia térmica es:

$$\eta = 1 - \frac{1}{r_p^{\frac{k-1}{K}}}$$

Donde

$$r_p = \frac{P_2}{P_1}$$



K la relación de calores específicos $k = \frac{C_p}{C_v}$

$$C_p = R \frac{k}{k-1} \quad y \quad C_v = R \frac{1}{k-1}$$

El valor de k depende del gas que trabaje

$$k = \frac{l + 2}{l}$$

$K = 3$ gas monoatómico

$K = 5$ gas diatómico

$K = 6$ gas poliatómico



Otra característica importante de la turbina de gas que limita seriamente la eficiencia térmica es alto requerimiento del trabajo del compresor, medido por la *relación de trabajos preparatorios RTP*

$$RTP = \frac{\dot{W}_{comp}}{\dot{W}_{turb}}$$



Referencias

Cengel, Y. A., & Boles, M. A. (2009). *Termodinámica*. México: McGraw- Hill/ Interamericana Editores S. A. de C.V.

Potter, M. C., & Scott, E. P. (2006). *Termodinámica*. México: THOMSON.

Morán, M. J., & Shapiro, H. N. (2004). *Fundamentos de Termodinámica Técnica*. Barcelona, Bogota, Buenos Aires, Caracas, México: REVERTÉ S.A.

