UNIVERSIDAD NACIONAL DE TUCUMÁN

Facultad de Ciencias Exactas y Tecnología

CENTRALES ELÉCTRICAS

TRABAJO PRÁCTICO Nº 4

CENTRALES TÉRMICAS DE TURBOGAS
CICLO DE BRIGHTON

ALUMNO:

AÑO 2022

INTRODUCCIÓN

El Ciclo de Brighton es un modelo utilizado para evaluar los trabajos en las máquinas térmicas de presión constante que utilizan un gas como fluido como el caso de las turbinas de impulsión de una aeronave.
Este tipo de máquinas puede también ser utilizada como elemento motriz para impulsar un generador en centrales eléctricas.
Si bien el ciclo se emplea en circuitos abiertos, con expulsión de los gases de escape de la turbina a la atmósfera, se considera en forma teórica que los mismos son reutilizados a la entrada del proceso.

DESCRIRPCIÓN DEL CICLO

Diagrama T - S

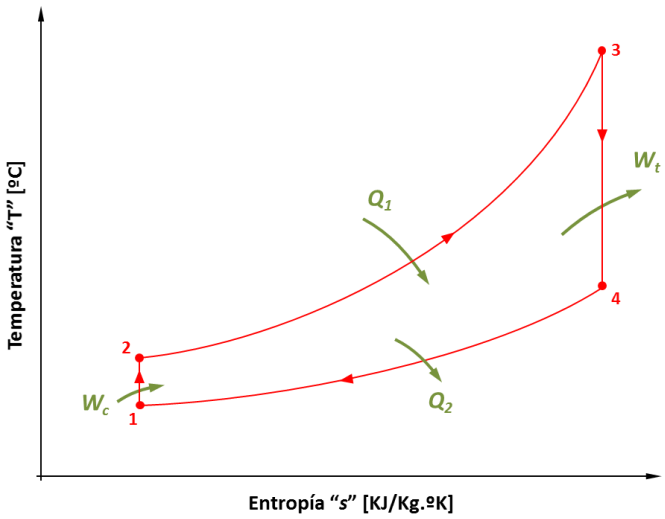
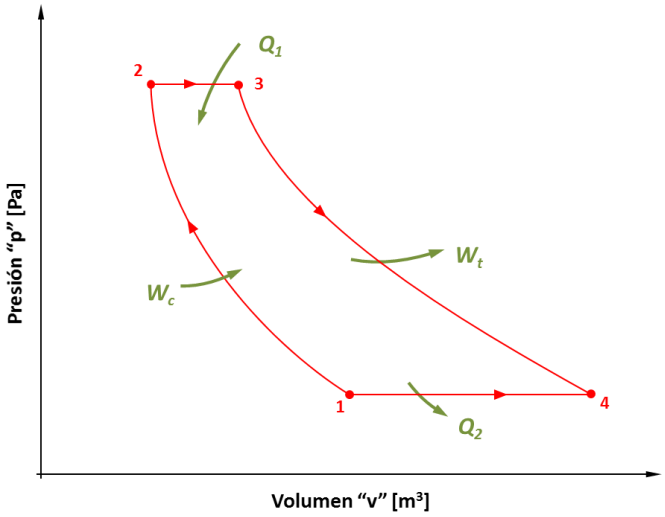


Diagrama P - V



Los procesos que integran un ciclo ideal de Brighton son los siguientes:

Proceso 1-2: Compresión isoentrópica del aire que ingresa al sistema. Se genera un aumento de presión y temperatura.

Proceso 2-3: Calentamiento isobárico del fluido comprimido mediante la incorporación de combustible y la ignición de la mezcla.

Proceso 3-4: Expansión isoentrópica del fluido de trabajo en la turbina donde se entrega energía mecánica al eje de la máquina.

Proceso 4-1: Enfriamiento del gas para su reutilización. En la práctica, el gas es expulsado a la atmósfera y se ingresa al sistema aire fresco.

La potencia neta del ciclo se obtiene descontando a la potencia producida por la turbina, la consumida por el compresor, las cuales suelen tener una relación 1 a 3.

En una mayor aproximación a los ciclos reales, se deberán considerar los efectos de pérdidas en la turbina y el compresor convirtiéndolos en no-adiabáticos, como así también el efecto de calentamiento de la mezcla aire-combustible que se produce con un cierto cambio de presión.

VARIABLES

Q_1	Potencia térmica aportada por el combustible (**Cal/h** ó **J/h**)
Q_2	Potencia térmica cedida por el Sistema (**Cal/h** ó **J/h**)
m	Caudal o Flujo másico de aire (**kg/h**)
W_t	Potencia mecánica entregada por la turbina (**W ó J/seg**)
W_c	Potencia mecánica consumida en el Compresor (**W ó J/seg**)
η_t	Rendimiento Térmico
p_1, p_2, p_3, p_4	Presiones en los estados principales (**kg/cm2)**
T_1, T_2, T_3, T_4	Temperaturas en los estados principales (**ºK)**
v_1, v_2, v_3, v_4	Volúmenes específicos de los estados principales (**m3/kg.)**

ECUACIONES

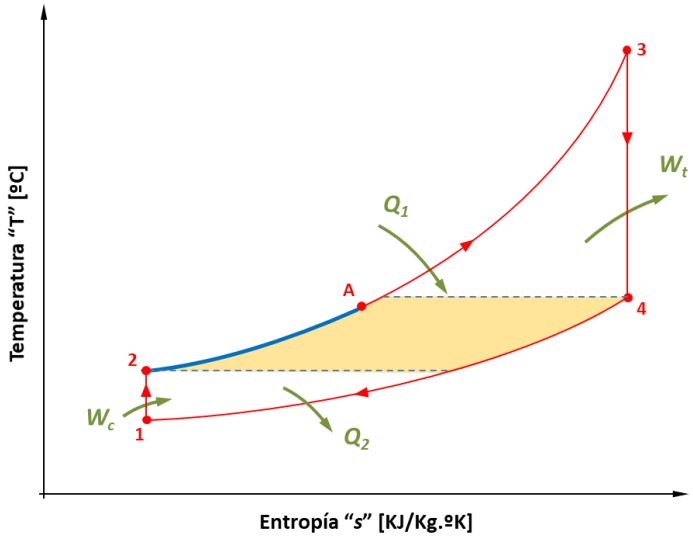
- Ecuación de estado: $P.V = n.R.T$
- Relación de Temp. en un proceso adiabático: $T_f = T_i \cdot \left(\frac{p_f}{p_i}\right)^{\frac{(\gamma-1)}{\gamma}}$
- Trabajo específico: $\frac{w}{m} = Cp \cdot (T_f - T_i)$
- Rendimiento Térmico del ciclo: $\eta = 1 - \left(\frac{T_1}{T_2}\right)$

MEJORAS AL CICLO

Regeneración:

Consiste en realizar parte del calentamiento del ciclo utilizando una fuente de calor interna del sistema.

En las turbinas de gas, se realiza haciendo uso de la entalpía de los gases a la salida de la turbina para calentar el aire que sale del compresor reduciendo la cantidad necesaria de combustible.

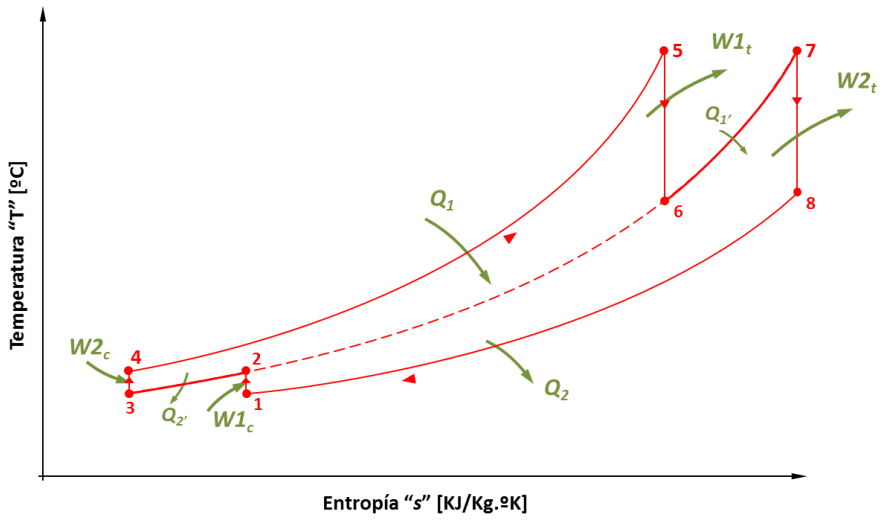


Relación de Temperaturas en el regenerador: $T_A = T_2 + \gamma \cdot (T_4 - T_2)$

$\gamma: coeficiente\ de\ regeneración$

Compresión y Expansión Escalonadas:

El trabajo consumido durante una compresión isoentrópica es mayor que el utilizado en una compresión isotérmica, del mismo modo el trabajo producido en una expansión isotérmica es mayor al de las expansiones isoentrópicas. En la práctica, los compresores o turbinas isotérmicos son irrealizables de modo que para acercarse a estos procesos ideales, se recurre a escalonamientos en ambas etapas las cuales aumentan considerablemente el rendimiento del ciclo.



PROBLEMA 1

En una central termoeléctrica tiene como elemento principal una turbina que responde a un Ciclo de Brighton Simple.

El aire de alimentación se encuentra a una presión p1 = 1 atm y una temperatura de 298,15 K.

La relación de compresión ε_c=20 y una temperatura máxima de 1400 °C

El combustible utilizado es gas natural con un poder calorífico de 8400 kCal/m^3, un costo de U$D 8,93 / MMBTU y un rendimiento del quemador de 94 %.

Se solicita esquematizar el ciclo y determinar los siguientes valores considerando que los procesos son isoentrópicos:

a) Presión, Temperatura y Volumen en los distintos puntos del ciclo.

b) Rendimiento Térmico.

c) Relación de Trabajos.

Ahora aplique un rendimiento isoentrópico del 85%, recalcule los puntos anteriores y determine las siguientes cantidades:

d) Caudal másico de aire.

e) Calor aportado por el quemador.

f) Consumo de combustible por hora.

g) Costo de combustible por MWh.

PROBLEMA 2

Sobre el ciclo real del problema anterior se decide aplicar un sistema de regeneración utilizando los gases de escape de la turbina.

El coeficiente de regeneración η_{rg} es igual a 0,87

Las condiciones de potencia neta en el eje, presión inicial y final son iguales.

Se solicita esquematizar el ciclo y determinar los siguientes valores:

a) Temperatura a la salida del regenerador

b) Rendimiento Térmico.

c) Cantidad de calor economizado.

d) Consumo de combustible por hora.

e) Costo de combustible por MWh.

f) Determinar el ahorro económico en un año comparado con la configuración del problema 1, con un tiempo equivalente de 5.400 hs. y un costo del gas natural igual al definido en el problema 1.

PROBLEMA 3

Analizar la mejora introducida en el ciclo del problema Nº 1 al aplicar dos escalones en las etapas de expansión y compresión del ciclo.
Las condiciones de potencia neta en el eje, presión inicial y final y temperaturas máximas y mínimas son iguales.

Se solicita esquematizar el ciclo y determinar los siguientes valores:

a) Presión, Temperatura y Volumen en los distintos puntos del ciclo.

b) Rendimiento Térmico.

c) Caudal másico de aire.

¿Qué conclusión puede obtener de los resultados en relación al rendimiento térmico y el tamaño de las instalaciones?