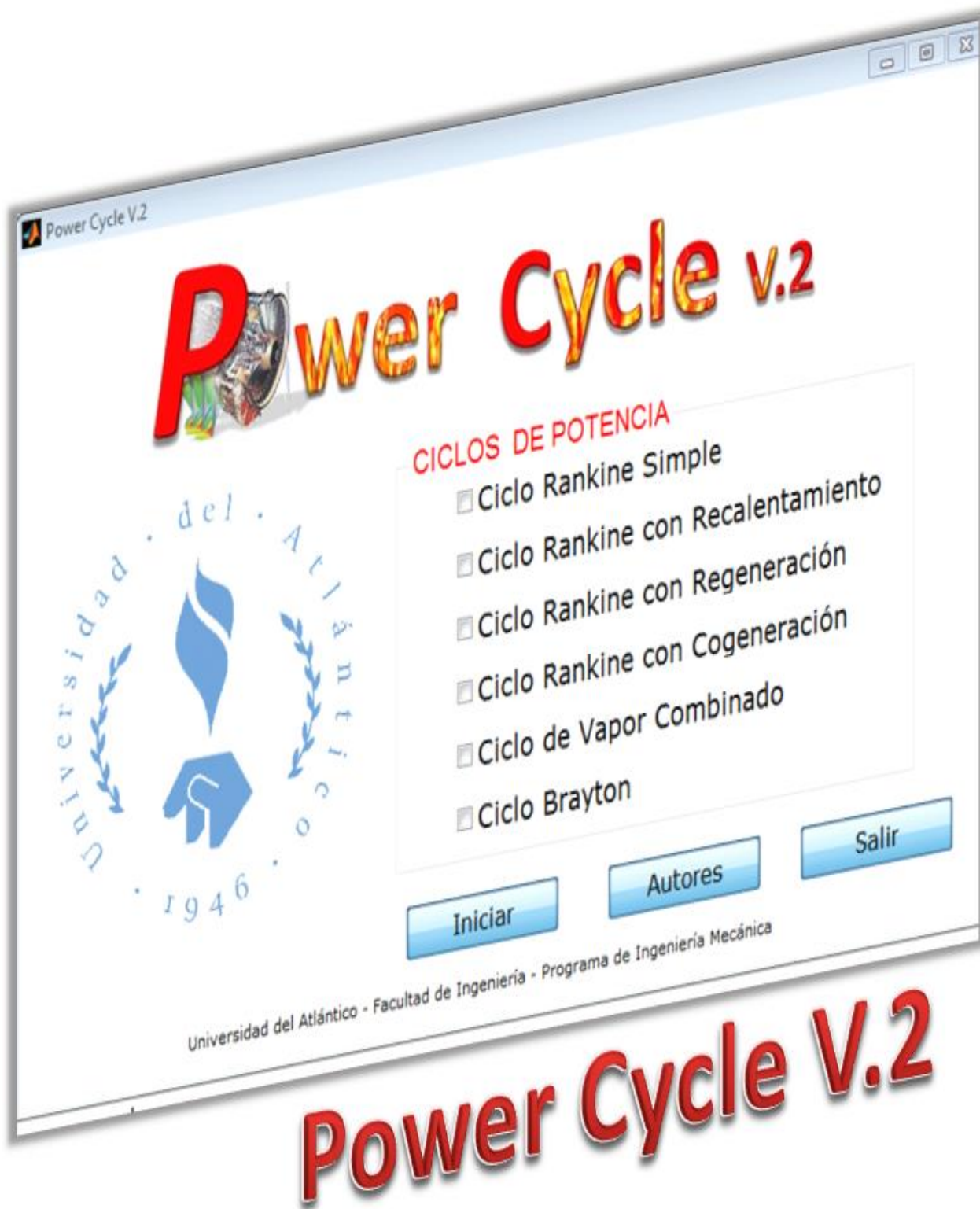




Índice

Introducción.....	3
Elementos de Power Cycle V.2	4
Empezando a trabajar con Power Cycle V.2	5
Conceptos básicos de Power Cycle V.2	5
Ciclo Rankine simple en Power Cycle V.2.....	6
Ejemplo de Rankine simple en Power Cycle V.2	7
Ciclo Rankine con Recalentamiento en Power Cycle V.2.	10
Ejemplo de Rankine con recalentamiento en Power Cycle V.2.	11
Ciclo Rankine Regenerativo en Power Cycle V.2.....	13
Ejemplo de Rankine con regeneración en Power Cycle V.2.	15
Ciclo Rankine Con Cogeneración en Power Cycle V.2.	17
Ejemplo de Rankine con cogeneración en Power Cycle V.2.	19
Ciclo Brayton en Power Cycle V.2.....	23
Ejemplo de ciclo Brayton en Power Cycle V.2.	24
Ciclo Combinado: Brayton – Rankine Simple en Power Cycle V.2.	27
Ejemplo de ciclo Combinado en Power Cycle V.2.	28

Introducción

¿Qué es y para qué sirve Power Cycle V.2?

Power Cycle V.2 es una aplicación que permite realizar análisis y resolver problemas de ciclos de potencia de vapor y de gas.

Una de las áreas de mayor interés en ingeniería es la conversión de calor en trabajo útil, lo que efectúan los ciclos de potencias, y es lo que aborda este software.

Con Power Cycle V.2 puedes realizar diferentes análisis y resolver varios ejercicios en cuestión de segundos, imagina que estás haciendo un ejercicio de ciclo de potencia a mano puedes tardarte varios minutos o horas y tener el riesgo de cometer un error, tendrías que volver a calcularlo todo. Si lo haces con Power Cycle V.2 sólo tienes que ingresar los datos y él hace el resto; Power Cycle V.2 también es capaz de graficar los datos introducidos en el diagrama T-s.

Elementos de Power Cycle V.2

Debemos primero iniciar Power Cycle V.2 dando doble clic al icono de Power Cycle V.2 en el lugar donde se encuentre la aplicación.



Al iniciar Power Cycle V.2 aparece una pantalla inicial como ésta, a continuación vamos a ver sus componentes fundamentales.



Para acceder a un ciclo específico escogemos el ciclo a trabajar y le damos clic en el botón iniciar, para dirigirnos a la aplicación deseada.

Empezando a trabajar con Power Cycle V.2

Conceptos básicos de Power Cycle V.2

Power Cycle V.2 es una aplicación que permite realizar análisis y resolver problemas de ciclos de potencia. El ciclo de potencia no es más que un ciclo termodinámico que efectúa la conversión de calor en trabajo útil.

Los ciclos de potencia se pueden clasificar como ciclos de potencia de gas y ciclos de potencia de vapor, dependiendo de la fase del fluido de trabajo. En los ciclos de potencia de gas, el fluido de trabajo permanece en el estado gaseoso durante todo el ciclo y en los ciclos de potencia de vapor, en los cuales el fluido de trabajo efectúa un cambio de fase durante el ciclo.

Ante la inquietud de producir trabajo de manera eficiente, se podría sugerir usar el ciclo más eficiente y más sencillo, que es el ciclo de Carnot. Recordando, el ciclo de Carnot es un ciclo ideal reversible que consta de cuatro etapas. En la figura 1 se muestra un ciclo de Carnot, el ciclo tiene las siguientes limitaciones de orden práctico:

- a) El proceso de añadir calor al fluido de trabajo $1 \rightarrow 2$, es a presión y temperatura constantes, los equipos de suministro de calor más sencillos de construir operan bajo condiciones isobáricas y no bajo condiciones isotérmicas.
- b) El proceso isentrópico de expansión, $2 \rightarrow 3$, puede realizarse en una turbina que cumpla las siguientes condiciones técnicas: deben operar con un mínimo de humedad, pues las gotas de agua condensada produce una erosión indeseada en los álabes de las mismas. Por norma se desea que la calidad dentro de una turbina baje del 90%.
- c) El proceso de sustracción de calor, $3 \rightarrow 4$, es un proceso también a presión y temperatura constantes, se puede llevar a cabo en un condensador, si bien resulta difícil controlar la calidad final del vapor.
- d) El proceso isentrópico $4 \rightarrow 1$ consiste en una compresión de la mezcla líquido-vapor por lo que no cumple las limitaciones técnicas: los compresores deben operar en lo posible con una sola fase.

El ciclo de Carnot no cumple con los requisitos técnicos, por lo cual no se puede utilizar como modelo para los ciclos de potencia.

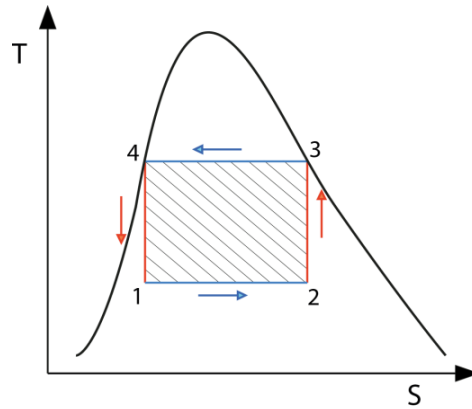


Figura 1. Diagrama T-s para el ciclo de vapor de Carnot.

Ciclo Rankine simple en Power Cycle V.2.

Los inconvenientes que presenta el ciclo de Carnot se pueden eliminar reemplazándolo por un ciclo Rankine simple como se observa en la figura 2, constituido por los siguientes procesos:

4→1 Calentamiento a presión constante en una caldera.

1→2 Expansión isentrópica en una turbina.

2→3 Enfriamiento a presión constante en un condensador.

3→4 Compresión isentrópica en una bomba.

Los componentes usados en el ciclo Rankine simple se analiza como un volumen de control en estado estacionario, los cambios en energía potencial y cinética son pequeños en comparación con el trabajo y la transferencia de calor que se presenta en el ciclo, la turbina y la bomba son isentrópicas (que no hay transferencia de calor), y la caldera y el condensador no realizan o consumen algún trabajo, nos queda entonces que la ecuación de balance de energía y masa para cada componente es:

$$\text{Turbina con } q = 0 \quad w_{\text{turbina.salida}} = h_1 - h_2$$

$$\text{Bomba con } q = 0 \quad w_{\text{bomba.entrada}} = h_4 - h_3$$

$$\text{Condensador con } w = 0 \quad q_{\text{condensador.salida}} = h_2 - h_3$$

$$\text{Caldera con } w = 0 \quad q_{\text{caldera.entrada}} = h_1 - h_4$$

La eficiencia térmica del ciclo Rankine simple es:

$$n_{ter} = \frac{w_{neto}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{q_{salida}}{q_{entrada}}$$

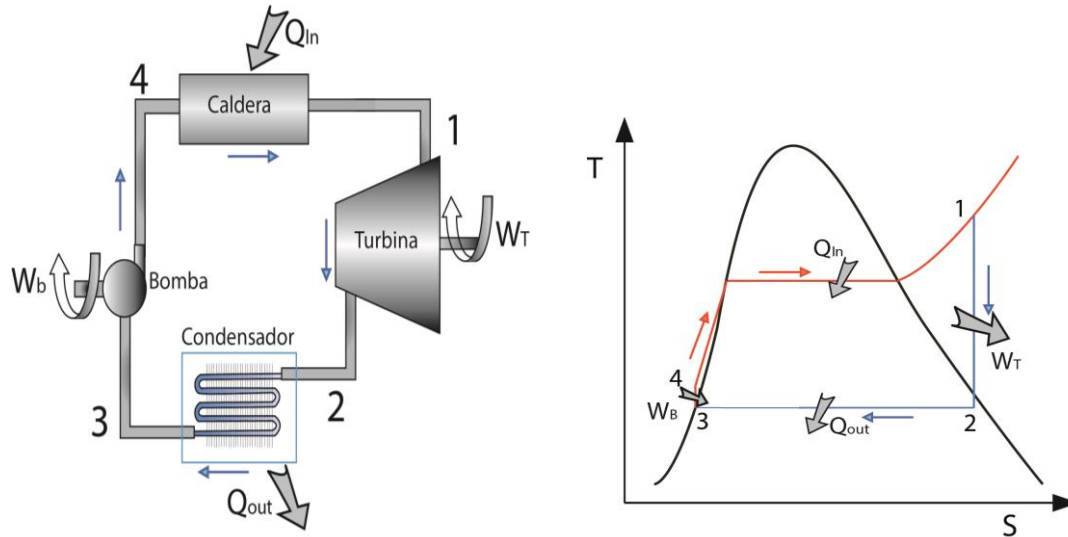


Figura 2. Esquema y diagrama T-s para el ciclo Rankine simple.

Ejemplo de Rankine simple en Power Cycle V.2

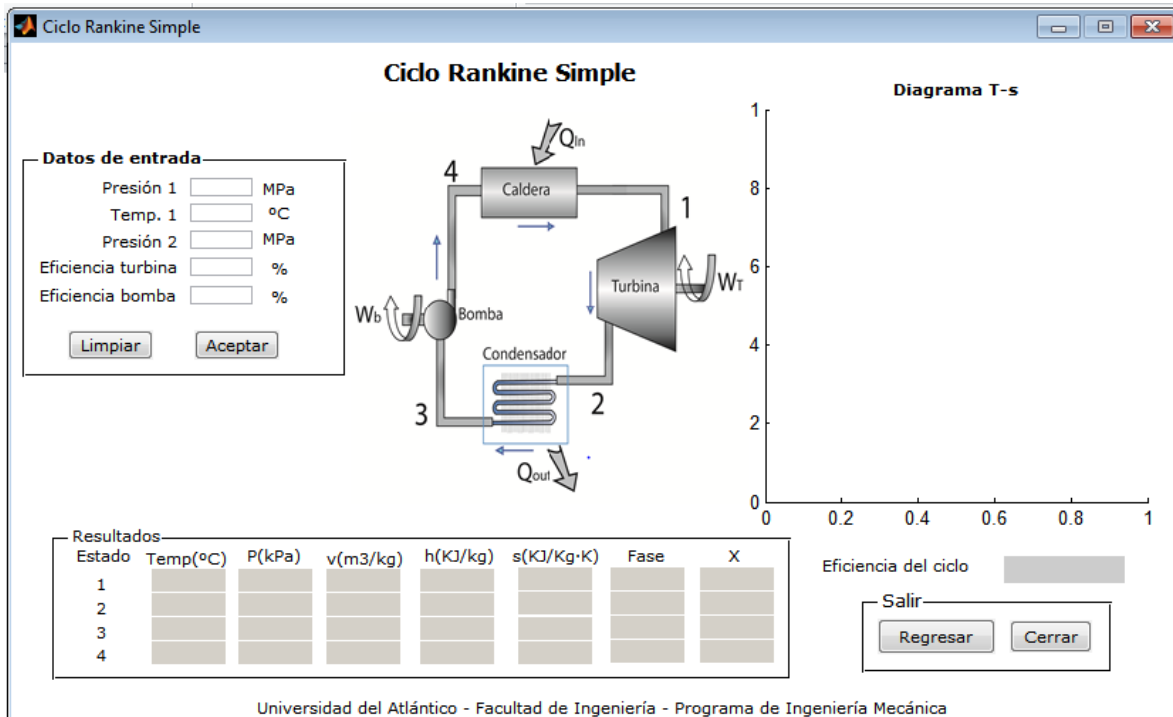
Ejemplo 1.

Considere una planta eléctrica de vapor de agua que opera en un ciclo Rankine Simple ideal. El vapor entra a la turbina a 7 MPa y 500°C y se enfría en el condensador a una presión de 10 kPa. Muestre el ciclo en un diagrama T-s con respecto a las líneas de saturación y determine la eficiencia del ciclo*.

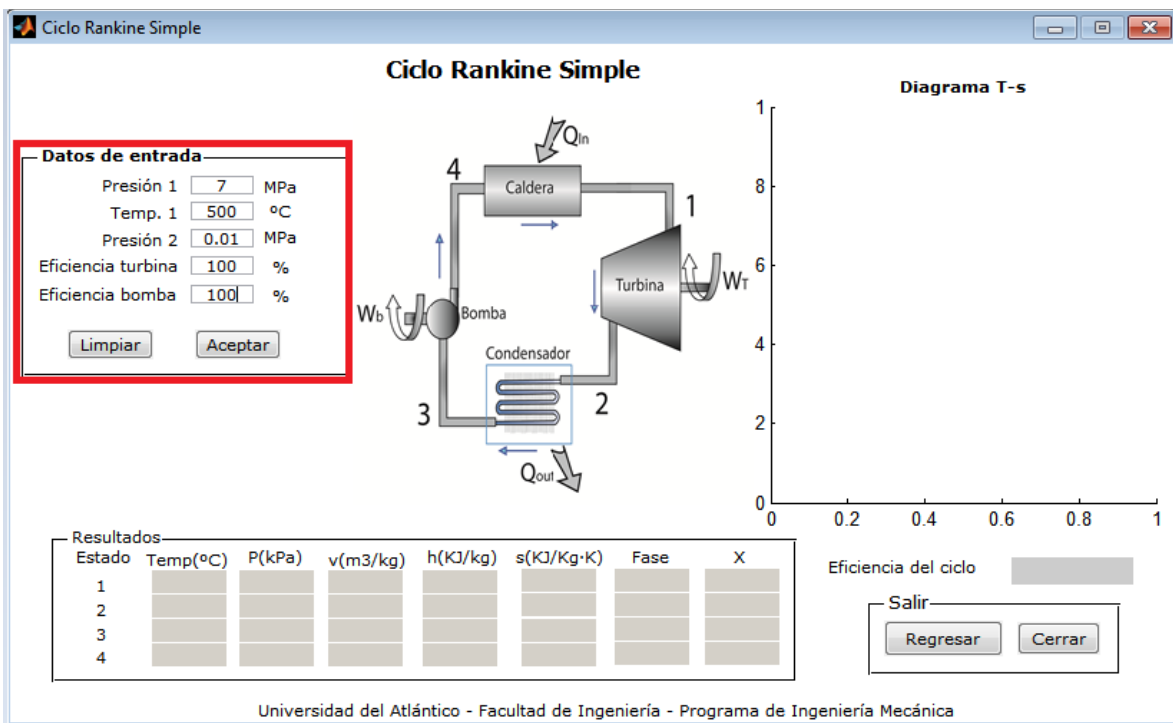
* Ejercicio tomado del texto de Yunes A. Çengel y Michael A. Boles. Termodinámica. Sexta edición.

Primero abrimos nuestro programa Power Cycle V.2, escogemos la aplicación Ciclo Rankine Simple y hacemos clic en el botón iniciar.

Nos aparecerá la siguiente ventana.

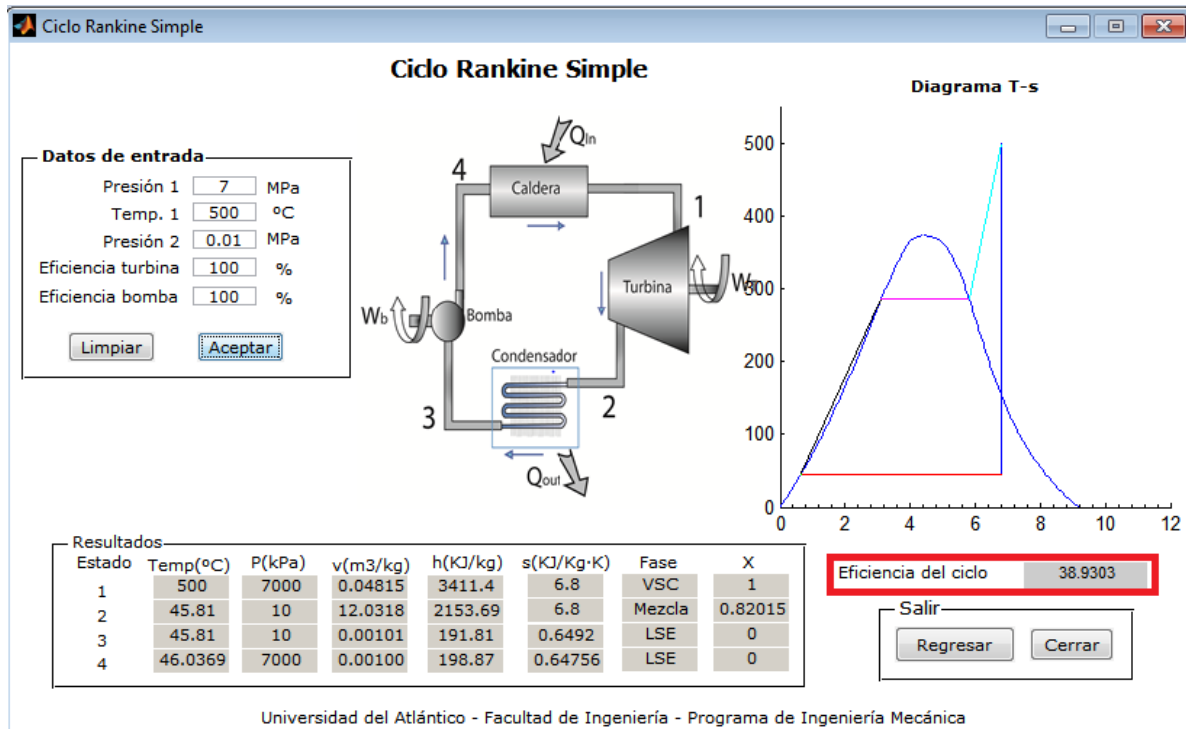


Escribimos todos los datos que nos da el ejemplo, hay que notar que la presión del condensador en el ejemplo está en kPa y en la aplicación hay que ponerla en MPa, además el ejemplo nos indica que es un ciclo ideal, por lo tanto escribimos 100% en las eficiencias de la turbina y la bomba.



Por último verificamos que todos los datos estén en las casillas indicadas, si en algún caso hay una casilla vacía o un valor fuera de rango, la aplicación enviara un mensaje de error diciendo cual es la variable que falta o está fuera de rango y ahora le damos clic en aceptar.

Observamos que el programa nos entrega las propiedades de todos los estados, pero en este ejemplo solo queremos la eficiencia del ciclo que es de 38.93 %. Además observamos el ciclo graficado en el diagrama t-s.



Ciclo Rankine con Recalentamiento en Power Cycle V.2.

Este ciclo se ha desarrollado para aumentar la eficiencia térmica del ciclo y evitar al mismo tiempo la excesiva humedad en el vapor que a baja presión descarga la turbina. En figura 3 se observa el diagrama T-s y el esquema del ciclo ya mencionado. En el ciclo con recalentamiento, primero se expande el vapor en la turbina 1 (turbina de alta presión) hasta una presión intermedia y se calienta a presión constante en recalentador; posteriormente se expande en la turbina 2 (turbina de baja presión) hasta la presión final de descarga. El calentamiento del vapor se efectúa en dos lugares: en la caldera (proceso 6→1) y en el recalentador (proceso 2→3). El trabajo se desarrolla en dos lugares: en la turbina de alta presión (proceso 1→2) y en la turbina de baja presión (proceso 3→4). Se sustrae calor en el condensador y se efectúa trabajo sobre el fluido en la bomba. Se tiene entonces para este ciclo:

$$q_{entrada} = q_{caldera} + q_{recalenta} = (h_1 - h_6) + (h_3 - h_2)$$

$$w_{salida} = w_{turbina1} + w_{turbina2} = (h_1 - h_2) + (h_3 - h_4)$$

La eficiencia térmica de un ciclo con recalentamiento puede o no ser mayor que la eficiencia de un ciclo sin recalentamiento; esto depende de la presión a la cual se efectúe el recalentamiento.

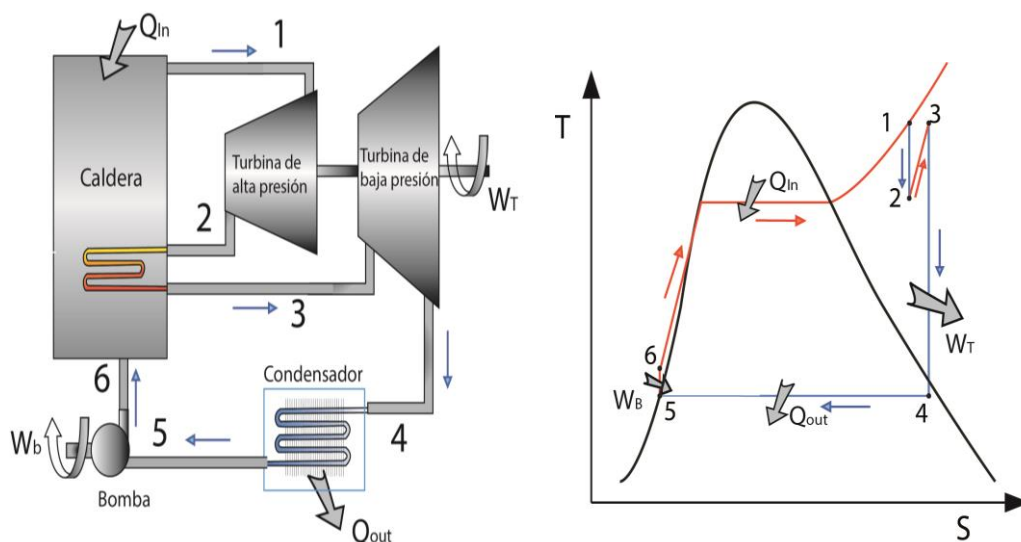


Figura 3. Esquema y diagrama T-s para el ciclo Rankine con recalentamiento.

Ejemplo de Rankine con recalentamiento en Power Cycle V.2.

Ejemplo 2.

Considere una planta de potencia de vapor que opera con un ciclo Rankine con recalentamiento. El vapor entra a la turbina de alta presión a 10 MPa y 500°C y a la turbina de baja presión a 1 MPa y 500°C. El vapor sale del condensador a una presión de 10 kPa. La eficiencia isoentrópica de la turbina es de 80% y la de la bomba de 95%. Determine a) la calidad (o temperatura, si hay sobrecalentamiento) del vapor a la salida de la turbina b) la eficiencia térmica del ciclo*.

*Ejercicio tomado del texto de Yunes A. Çengel y Michael A. Boles. Termodinámica. Cuarta edición.

Primero abrimos nuestro programa Power Cycle V.2, escogemos la aplicación Ciclo Rankine Con Recalentamiento y hacemos clic en el botón iniciar.

Nos aparecerá la siguiente ventana.

Ciclo Rankine Con Recalentamiento

Datos de entrada

Presión 1 MPa
Temp. 1 °C
Presión 2 MPa
Presión 4 MPa
Eficiencia turbina %
Eficiencia bomba %

Resultados

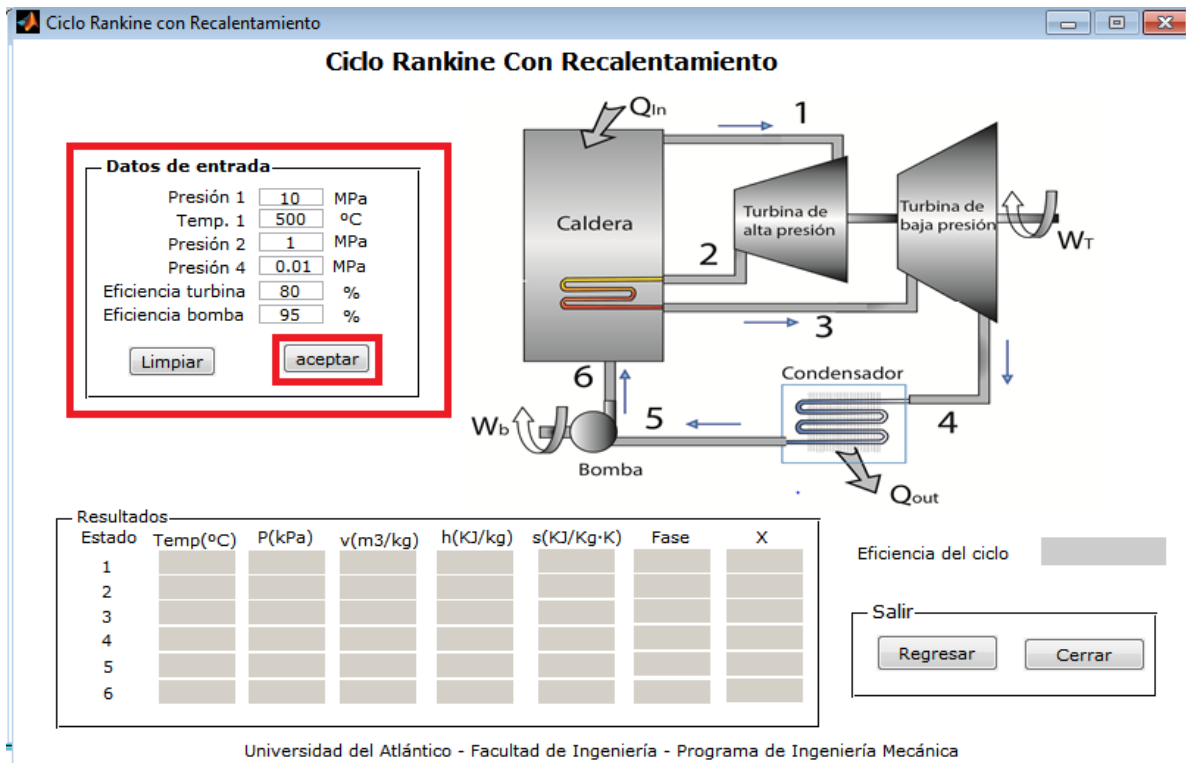
Estado	Temp(°C)	P(kPa)	v(m³/kg)	h(KJ/kg)	s(KJ/Kg·K)	Fase	X
1							
2							
3							
4							
5							
6							

Eficiencia del ciclo

Salir

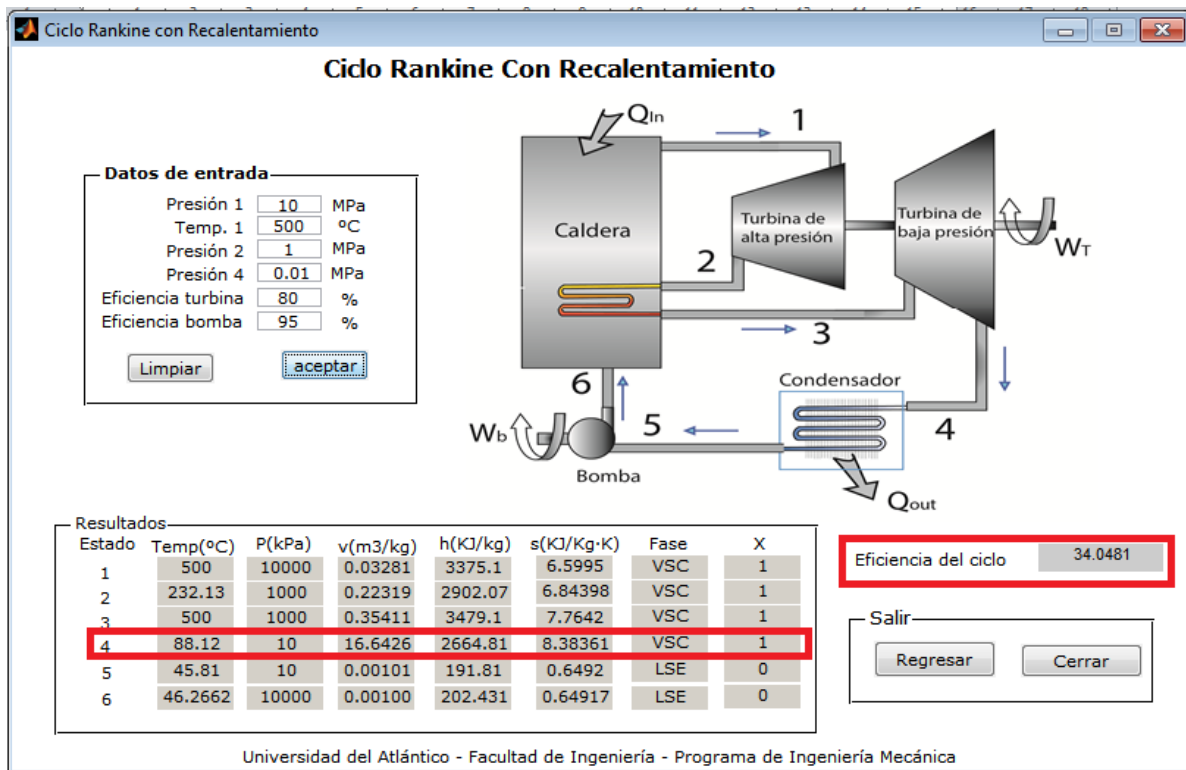
Universidad del Atlántico - Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecánica

Escribimos todos los datos de entrada que nos da el ejemplo, en este ejemplo, nos entregan las eficiencias de la turbina y la bomba.



Por último verificamos que todos los datos estén en las casillas indicadas, si en algún caso hay una casilla vacía o un valor fuera de rango, la aplicación enviara un mensaje de error diciendo cual es la variable que falta o está fuera de rango y ahora le damos clic en aceptar.

Observamos que el programa nos entrega las propiedades de todos los estados, pero en este ejemplo queremos saber si a la salida de la turbina de baja presión sale como vapor sobrecalentado o como mezcla, observamos en el estado 4 que sale como vapor sobrecalentado y nos entrega la temperatura que es de 88.12 °C y la eficiencia del ciclo que es de 34.04 %.



Ciclo Rankine Regenerativo en Power Cycle V.2.

El empleo de recalentamiento constituye un método mediante el cual se puede incrementar la temperatura media efectiva de calentamiento al aumentar la cantidad de calor añadida a altas temperaturas. En el ciclo Rankine regenerativo se busca disminuir la cantidad de calor añadido para mejorar la eficiencia del ciclo, esto se puede lograr mediante un ciclo de regeneración o recuperación en el que el agua de alimentación se precalienta utilizando el vapor expandido.

En la figura 4 se muestra un ciclo Rankine regenerativo. Para llevar a cabo este ciclo necesitaríamos de unos intercambiadores de calor conocidos como calentadores de agua de alimentación que no es más que una cámara de mezclado en que el vapor extraído de la turbina se mezcla con el agua de alimentación proveniente de la bomba. Idealmente, el fluido que sale del calentador es líquido saturado a la presión del calentador.

Se tiene de la primera ley, por unidad de vapor:

$$q_{entrada} = q_{caldera} = (h_1 - h_7)$$

$$q_{salida} = (1 - y)(h_3 - h_4)$$

$$w_{salida} = w_{turbina} = (h_1 - h_2) + (1 - y)(h_2 - h_3)$$

$$w_{entrada} = w_{bomba1} + w_{bomba2} = (1 - y)(h_5 - h_4) + (h_7 - h_6)$$

Donde $y = \frac{\dot{m}_2}{\dot{m}_1}$, es la fracción de vapor extraído de la turbina.

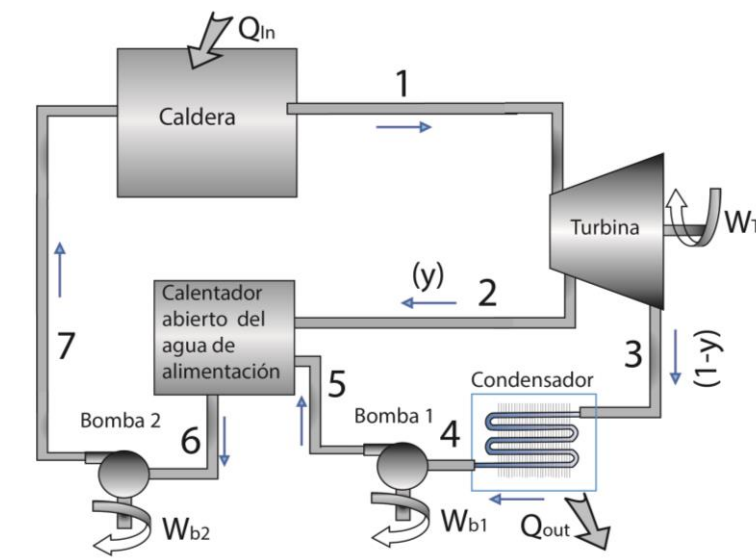


Figura 4. Esquema para el ciclo Rankine Regenerativo.

Ejemplo de Rankine con regeneración en Power Cycle V.2.

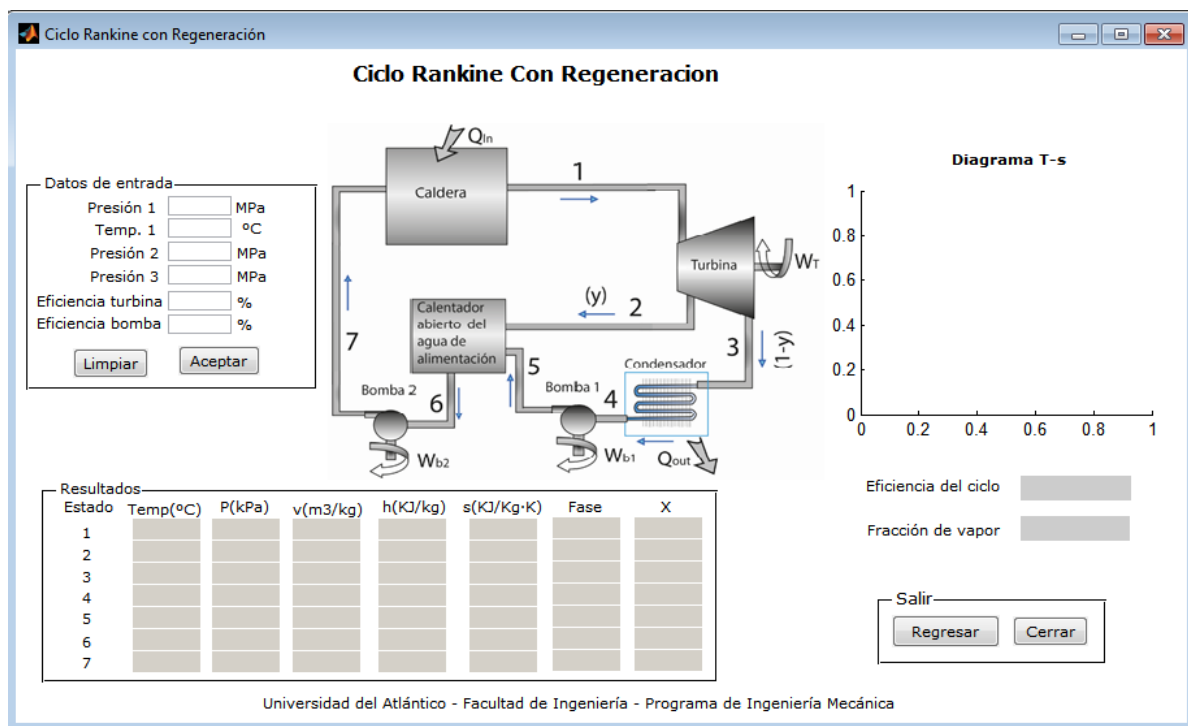
Ejemplo 3.

Una central térmica funciona según un ciclo regenerativo de vapor con un calentador abierto de agua de alimentación. El vapor entra en la primera etapa de la turbina a 12 MPa, 520°C y se expande hasta 1 MPa. Posteriormente parte del vapor se extrae y conduce al calentador abierto de agua de alimentación que opera a 1 MPa. El vapor restante se expande a través de la segunda etapa de la turbina hasta una presión en el condensador de 6 kPa. Para procesos isoentrópicos tanto en las turbinas como en las bombas, determine para el ciclo: (a) El rendimiento térmico, y (b) la fracción de vapor*.

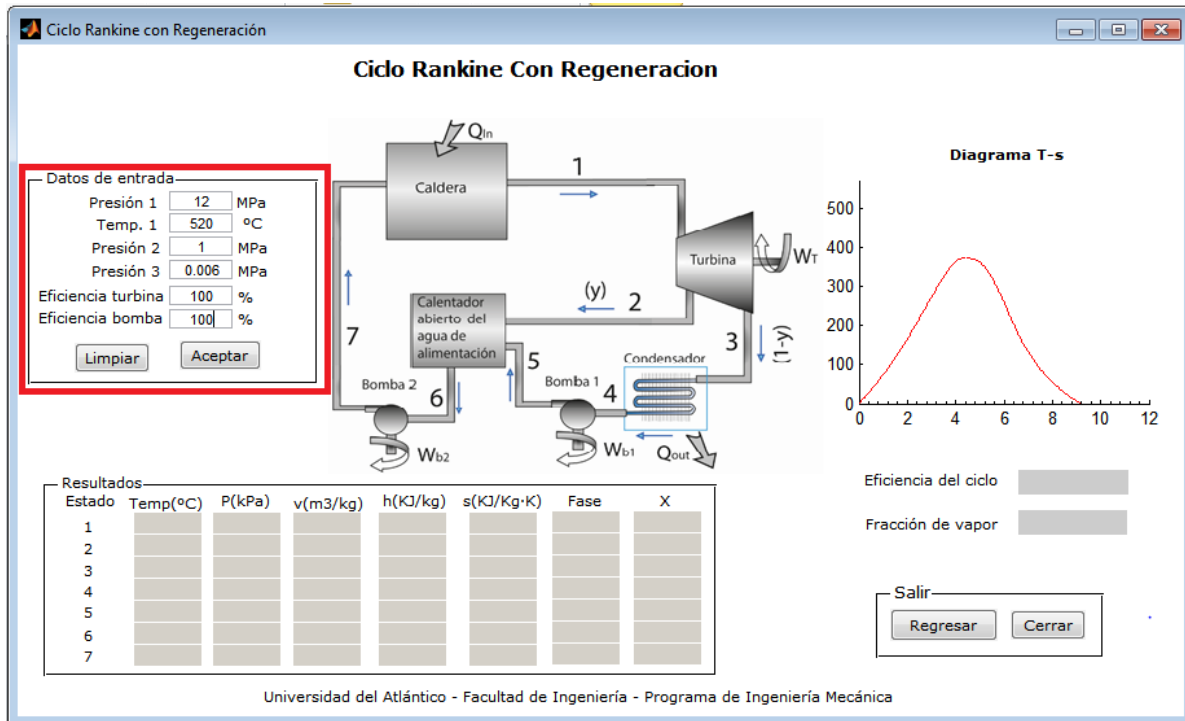
* Ejercicio tomado del texto de Michael J. Moran y Howard N. Shapiro. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Segunda edición.

Primero abrimos nuestro programa Power Cycle V.2, escogemos la aplicación Ciclo Rankine Con Regeneración y hacemos clic en el botón iniciar.

Nos aparecerá la siguiente ventana.

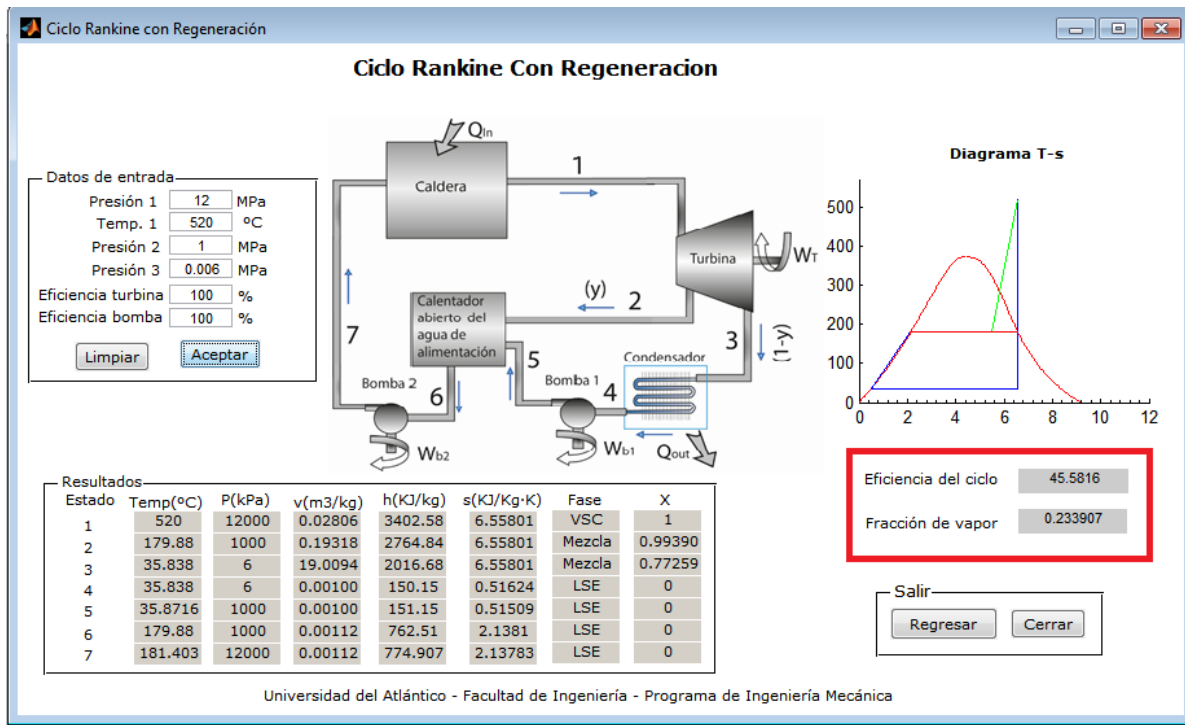


Escribimos todos los datos de entrada que nos da el ejemplo, hay que destacar que la presión del condensador en el ejemplo está en kPa y en la aplicación hay que ingresarla en MPa, además el ejemplo nos indica para procesos isoentrópicos, por lo tanto escribimos 100% en las eficiencias de la turbina y la bomba.



Por último verificamos que todos los datos estén en las casillas indicadas, si en algún caso hay una casilla vacía o un valor fuera de rango, la aplicación enviara un mensaje de error diciendo cual es la variable que falta o está fuera de rango y ahora le damos clic en aceptar.

Observamos que el programa nos entrega las propiedades de todos los estados, pero en este ejemplo solo queremos la eficiencia del ciclo que es de 45.58 % y la relación de flujos que es de 0.233. Además observamos el ciclo graficado en el diagrama T-s.



Ciclo Rankine Con Cogeneración en Power Cycle V.2.

En los anteriores ciclos, se efectúa la conversión de la energía térmica en trabajo, pero no todo el calor añadido en el ciclo se convertía en trabajo, solo una parte del calor se convierte en trabajo, el calor restante se libera en ríos, lagos, etc.

En este ciclo se utiliza una parte de la energía térmica que no se convierte en trabajo para alimentar unos dispositivos que requieren como entrada energía térmica, esta energía térmica que se utiliza se llama calor de proceso.

En la figura 5 se muestra el esquema de una planta de cogeneración, se observa que una parte del vapor se extrae de la turbina a cierta presión, el resto del vapor se expande hasta la presión del condensador y después se retira calor a presión constante. Cuando se requiera una gran demanda de calor para el proceso, todo el vapor será enviado al calentador del proceso, por lo que no habrá el proceso de retiro de calor, entonces el calor de desecho es cero.

Para una planta de cogeneración tenemos que:

$$\dot{Q}_{entrada} = \dot{Q}_{caldera} = \dot{m}_{11}(h_1 - h_{11})$$

$$\dot{Q}_{salida} = \dot{Q}_{condensador} = \dot{m}_6(h_6 - h_8)$$

$$\dot{W}_{salida} = \dot{W}_{turbina} = \dot{m}_3(h_3 - h_5) + \dot{m}_6(h_5 - h_6)$$

Para una planta de cogeneración se define el factor de utilización ϵ_u que se expresa como:

$$\epsilon_u = \frac{\text{Salida de trabajo neto} + \text{Calor de proceso entregado}}{\text{Entrada total de calor}} = \frac{\dot{W}_{neto} + \dot{Q}_p}{\dot{Q}_{entrada}}$$

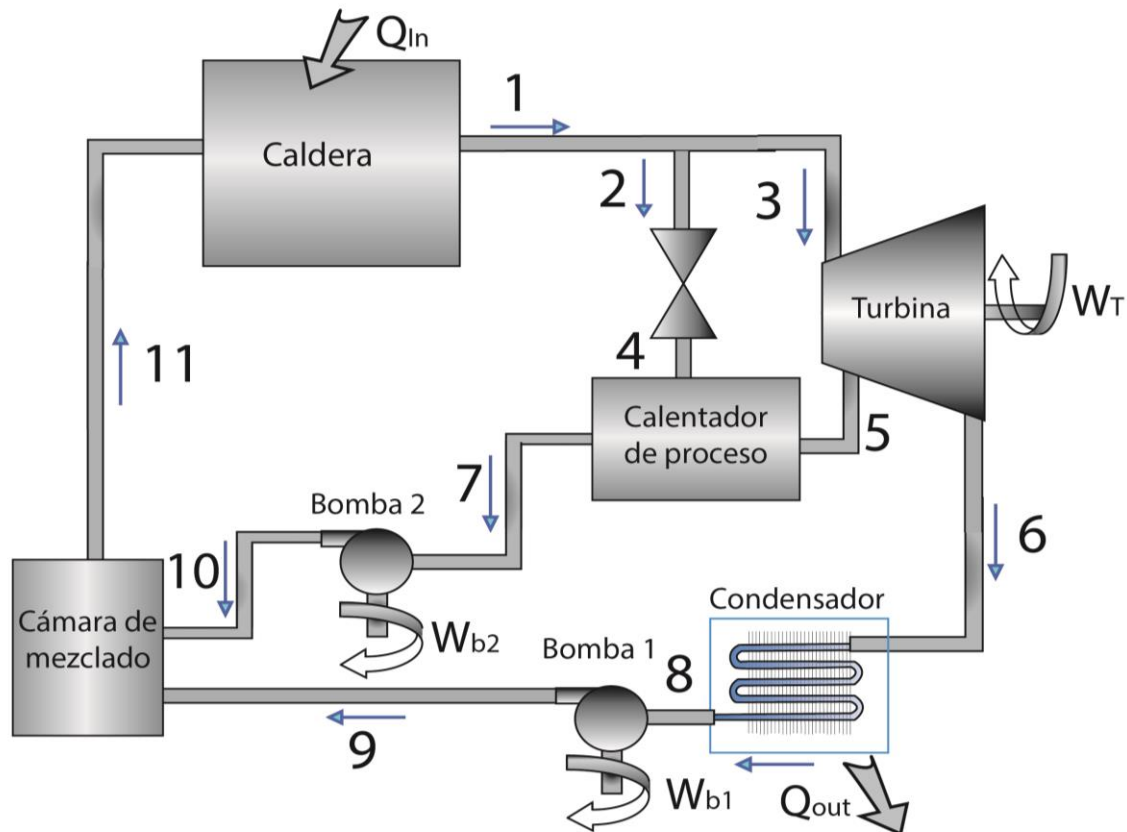


Figura 5. Esquema para el ciclo Rankine con Cogeneración.

Ejemplo de Rankine con cogeneración en Power Cycle V.2.

Ejemplo 4.

Considere una planta una planta ideal de cogeneración donde el vapor de agua entra a la turbina a 7 MPa y 500 °C. Un 10% del vapor se extrae antes de que entre a la turbina. De la turbina se extrae un 70% de vapor a 500 kPa para calentamiento de proceso, mientras el restante continúa su expansión hasta 5 kPa. Después el vapor se condensa a presión constante y se bombea hasta la presión de la caldera que está a 7 MPa. El flujo másico de vapor a través de la caldera es de 15 kg/s. Si se desprecia cualquier caída de presión y cualquier pérdida de calor en la tubería y se supone que la turbina y la bomba son isoentrópicas, determine el factor de utilización*.

*Ejemplo tomado del texto de Yunes A. Çengel y Michael A. Boles. Termodinámica. Sexta edición.

Primero abrimos nuestro programa Power Cycle V.2, escogemos la aplicación Ciclo Rankine Con Cogeneración y hacemos clic en el botón iniciar.

Nos aparecerá la siguiente ventana.

Ciclo Rankine Con Cogeneración

Datos de entrada

Presión 1 MPa

Temp. 1 °C

Presión 5 MPa

Presión 6 MPa

Extracción vap. 4 %

Extracción vap. 5 %

Flujo masico kg/s

Eficiencia turbina %

Eficiencia bomba %

Resultados

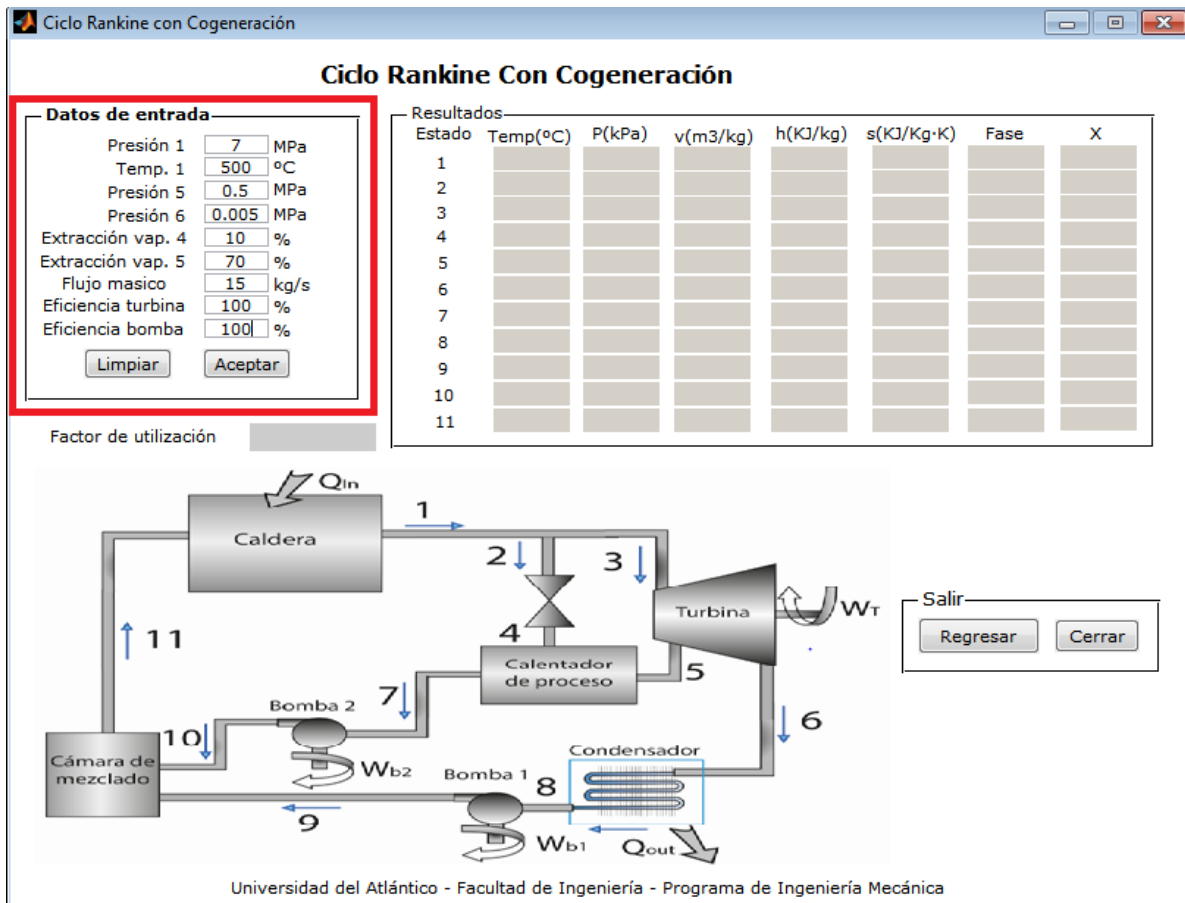
Estado	Temp(°C)	P(kPa)	v(m3/kg)	h(KJ/kg)	s(KJ/Kg·K)	Fase	X
1							
2							
3							
4							
5							
6							
7							
8							
9							
10							
11							

Factor de utilización

Salir

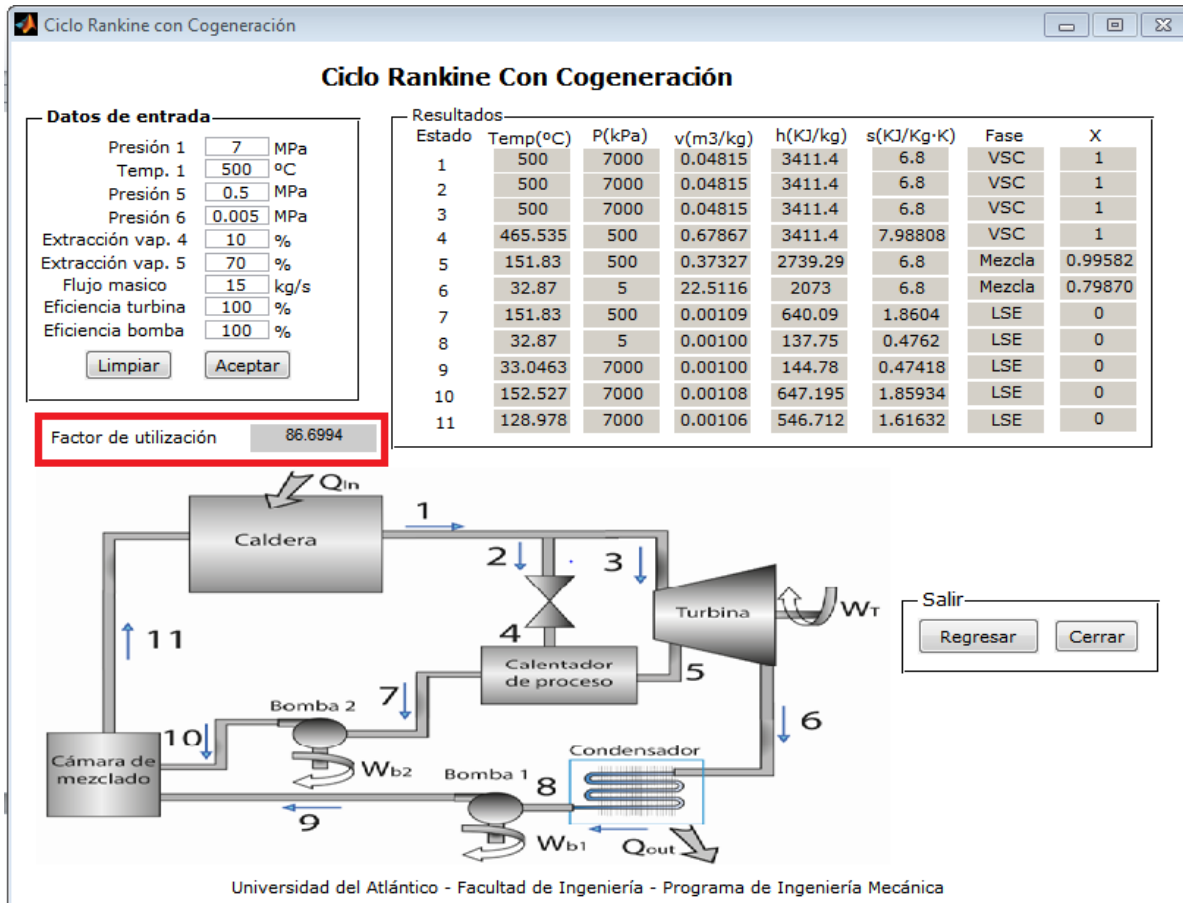
Universidad del Atlántico - Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecánica

Escribimos todos los datos de entrada que nos da el ejemplo, hay que destacar que la presión del condensador y la presión de extracción de la turbina en el ejemplo está en kPa y en la aplicación hay que ingresarla en MPa, además el ejemplo nos indica para procesos isoentrópicos, por lo tanto escribimos 100% en las eficiencias de la turbina y la bomba.



Por último verificamos que todos los datos estén en las casillas indicadas, si en algún caso hay una casilla vacía o un valor fuera de rango, la aplicación enviara un mensaje de error diciendo cual es la variable que falta o está fuera de rango y ahora le damos clic en aceptar.

Observamos que el programa nos entrega las propiedades de todos los estados, pero en este ejemplo solo queremos el factor de utilización que es de 86.69 %.



Ciclo Brayton en Power Cycle V.2.

El ciclo de Brayton constituye el ciclo básico para las plantas generadoras que funcionan con turbinas de gas. Dicho ciclo se muestra en los diagramas T-s y p-v de la figura 6. Podemos observar en estos diagramas que el ciclo de Brayton consiste en dos procesos reversibles a presión constante y dos procesos isentrópicos. En el caso de un ciclo estándar de aire de Brayton se tiene, para la unidad de masa:

$$q_{entrada} = q_{23} = h_3 - h_2 = c_p(T_3 - T_2)$$

$$q_{salida} = q_{41} = h_4 - h_1 = c_p(T_4 - T_1)$$

La eficiencia térmica del ciclo de Brayton es:

$$n_{ter} = \frac{w_{neto}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{q_{salida}}{q_{entrada}} = 1 - \frac{c_p(T_4 - T_1)}{c_p(T_3 - T_2)} = 1 - \frac{(T_4 - T_1)}{(T_3 - T_2)}$$

Para los procesos isentrópicos, se tiene:

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

$$\frac{T_3}{T_4} = \left(\frac{P_3}{P_4}\right)^{(k-1)/k}$$

Pero siendo $P_2 = P_3$ y $P_4 = P_1$, resulta $T_2/T_1 = T_3/T_4$, empleando estos resultados podemos simplificar la ecuación de la eficiencia térmica del ciclo de Brayton en

$$n_{ter} = 1 - \frac{1}{r_p^{(k-1)/k}}$$

Donde $r_p = P_2/P_1$, recibe el nombre de relación de presión y k la relación de calores específicos. Como se puede observar, la eficiencia del ciclo estándar de aire Brayton es función únicamente de la relación de presión.

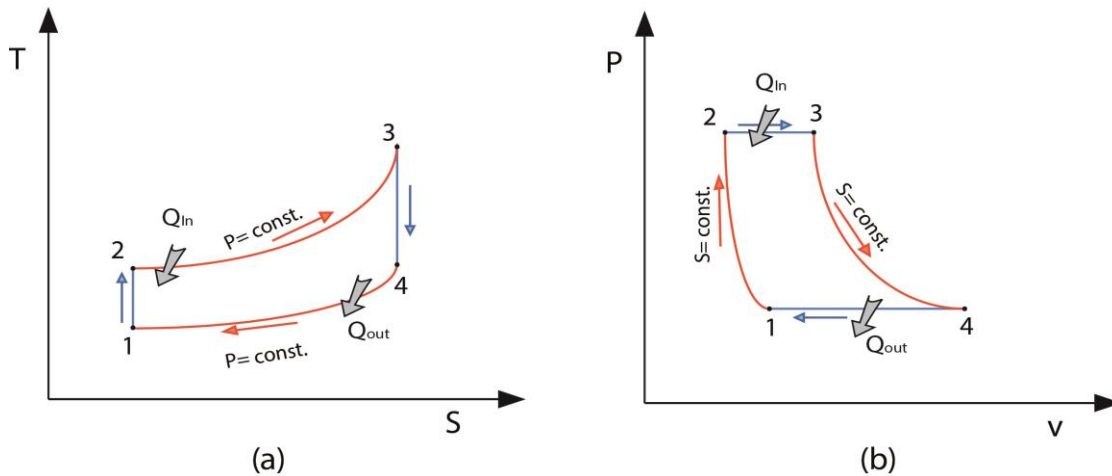


Figura 6. Diagramas: (a) T-s y (b) P-s para el ciclo Brayton ideal.

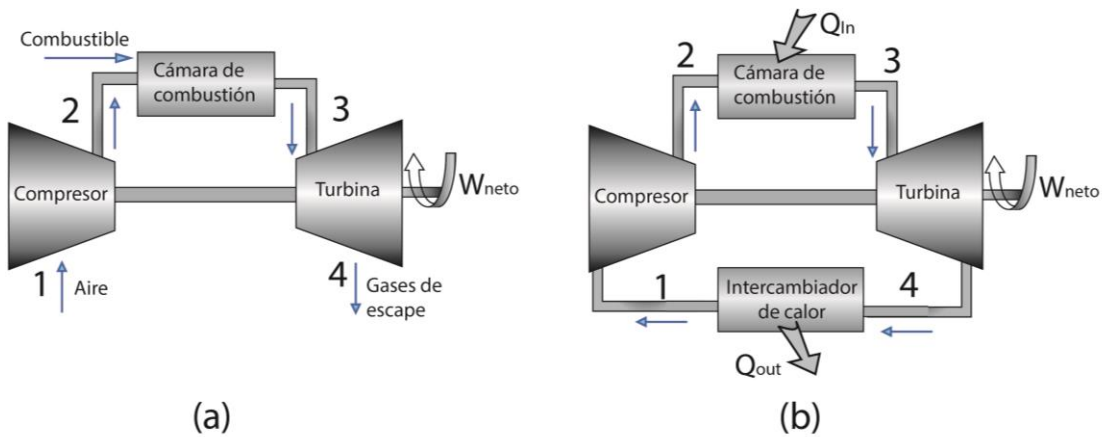


Figura 7. Un motor de turbina de gas de ciclo: (a) abierto y (b) cerrado.

Ejemplo de ciclo Brayton en Power Cycle V.2.

Ejemplo 5.

Considere un ciclo Brayton de aire-estándar ideal con las temperaturas mínima y máxima de 300 K y 1400 K, para relación de compresión de 8 y rendimiento isoentrópico del 80% en la turbina y el compresor. Determine el rendimiento térmico*.

* Ejercicio tomado del texto de Michael J. Moran y Howard N. Shapiro. Fundamentos de Termodinámica Técnica. Segunda edición.

Primero abrimos nuestro programa Power Cycle V.2, escogemos la aplicación Ciclo Brayton y hacemos clic en el botón iniciar.

Nos aparecerá la siguiente ventana.

Ciclo Brayton

Datos de entrada Brayton

Relación de presión

Temp. 1 K

Temp. 3 K

Eficiencia turbina %

Eficiencia compresor %

Resultados Brayton

Estado	Temp(K)	pr	vr	h(KJ/kg)	s°(KJ/Kg·K)	u(KJ/kg)
1						
2						
3						
4						

Eficiencia del ciclo

Universidad del Atlántico - Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecánica

Escribimos todos los datos de entrada que nos da el ejemplo, hay que observar que el ejemplo nos da valores de las eficiencias de la turbina y el compresor.

Ciclo Brayton

Datos de entrada Brayton

Relación de presión

Temp. 1 K

Temp. 3 K

Eficiencia turbina %

Eficiencia compresor %

Resultados Brayton

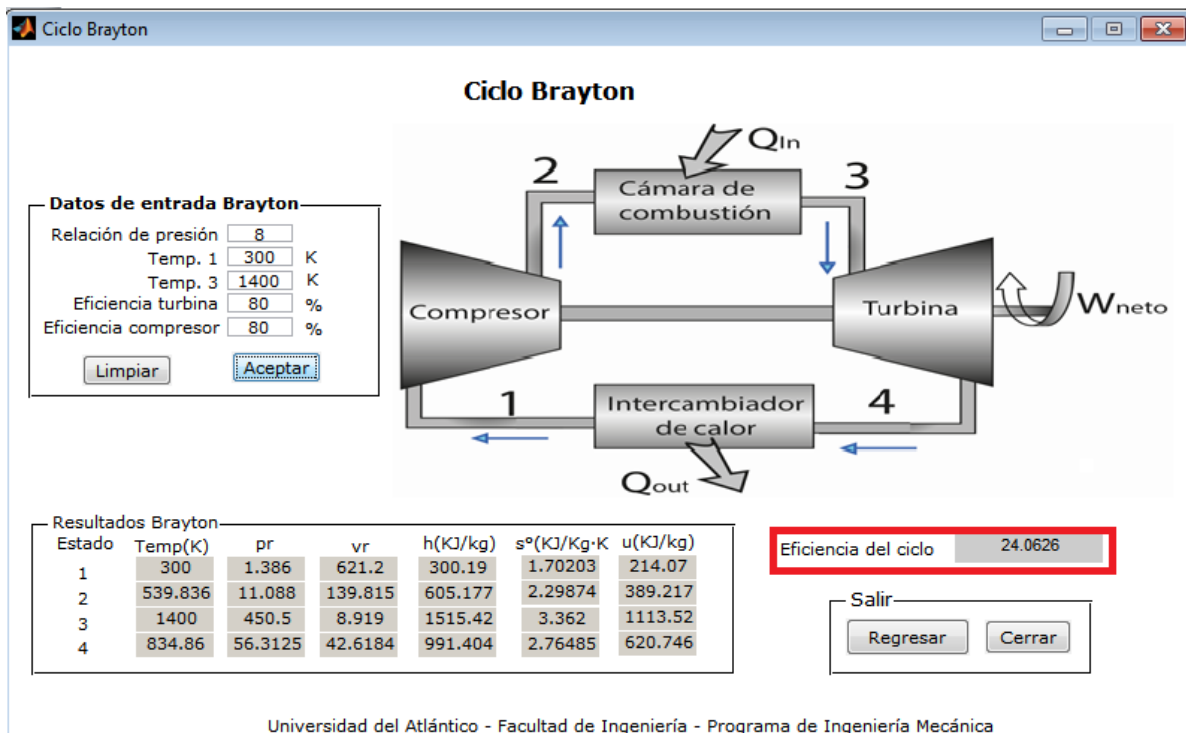
Estado	Temp(K)	pr	vr	h(KJ/kg)	s°(KJ/Kg·K)	u(KJ/kg)
1						
2						
3						
4						

Eficiencia del ciclo

Universidad del Atlántico - Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecánica

Por último verificamos que todos los datos estén en las casillas indicadas, si en algún caso hay una casilla vacía o un valor fuera de rango, la aplicación enviara un mensaje de error diciendo cual es la variable que falta o está fuera de rango y ahora le damos clic en aceptar.

Observamos que el programa nos entrega las propiedades de todos los estados, pero en este ejemplo solo necesitamos la eficiencia del ciclo que es de 24.06 %.



Ciclo Combinado: Brayton – Rankine Simple en Power Cycle V.2.

En este ciclo se combina un ciclo de potencia de gas (Brayton) y un ciclo de potencia de vapor (Rankine), para obtener un rendimiento térmico mayor que el de cualquier de los ciclos individuales.

Podemos observar de la figura 8, que los gases de escape de la turbina de gas no se expulsan, sino entran en un intercambiador de calor, como contienen todavía mucha energía remanente, son aprovechados para calentar el vapor que entrada a la turbina de vapor. El rendimiento térmico de un ciclo combinado es:

$$n_{ter} = \frac{\dot{W}_{turbina\ gas} + \dot{W}_{turbina\ vapor}}{\dot{Q}_{entrada}}$$

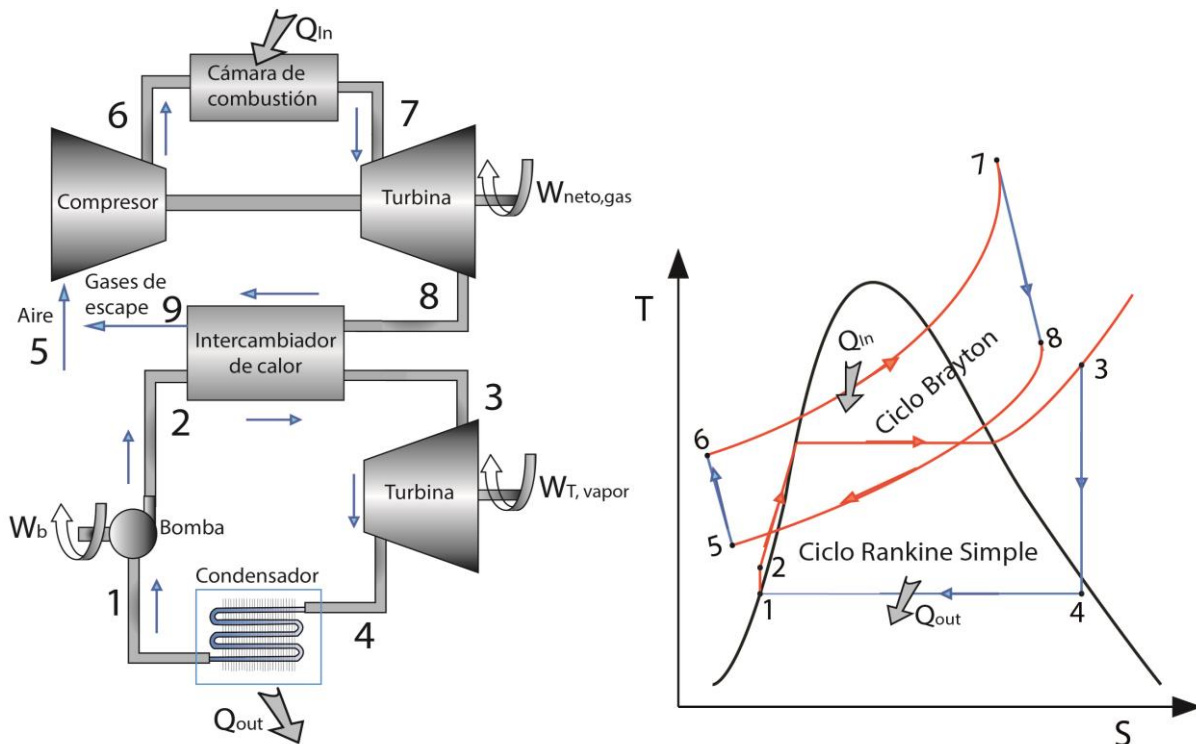


Figura 8. Esquema y diagrama T-s para el ciclo combinado.

Ejemplo del ciclo Combinado en Power Cycle V.2.

Ejemplo 6.

Una planta de potencia de turbina de gas trabaja con una relación de presiones 13:1 y unas temperaturas de entrada al compresor y la turbina de 290 K y 1440 K respectivamente. Los rendimientos adiabáticos del compresor y la turbina son del 84 y el 88 por 100 respectivamente. Los gases de escape de la turbina empleados como fuente de energía del ciclo de vapor, salen del cambiador de calor a 500 K. las condiciones de entrada a la turbina del ciclo de vapor, cuyo rendimiento es el 86 por 100 son 160 bar y 560 °C. La presión del condensador es 0.08 bar y el rendimiento adiabático de la bomba es del 70 por 100. Determine (a) la relación adimensional entre los flujos másicos de vapor de agua y aire y (b) el rendimiento térmico total del ciclo combinado*.

* Ejercicio tomado del texto de Kenneth Wark Jr. y Donald E. Richrds. Termodinámica. Sexta edición.

Primero abrimos nuestro programa Power Cycle V.2, escogemos la aplicación Ciclo Combinado y hacemos clic en el botón iniciar.

Nos aparecerá la siguiente ventana.

Ciclo Combinado Brayton - Rankine Simple

Datos de entrada Rankine Simple

Presión 3		MPa
Temp. 3		°C
Presión 4		MPa
Eficiencia turbina		%
Eficiencia bomba		%

Datos de entrada Brayton

Relación de presión		
Temp. 5		K
Temp. 7		K
Temp. 9		K
Eficiencia turbina		%
Eficiencia compresor		%

Resultados Brayton

Estado	Temp(K)	pr	vr	h(KJ/kg)	s°(KJ/Kg·K)	u(KJ/kg)
5						
6						
7						
8						
9						

Resultados Rankine Simple

Estado	Temp(°C)	P(kPa)	v(m3/kg)	h(KJ/kg)	s(KJ/Kg·K)	Fase	X
3							
4							
1							
2							

Schematic Diagram: A combined cycle diagram showing a gas turbine cycle (Brayton) and a steam turbine cycle (Rankine). The gas turbine cycle includes a compressor (6-7), combustion chamber (7-8), and gas turbine (8-9). The steam turbine cycle includes a boiler (2-3), steam turbine (3-4), condenser (4-1), and pump (1-2). The two cycles are connected via a heat exchanger (5-6) and a condenser (4-1). The diagram also shows the flow of air (5), gases of escape (9), and the overall heat input (Q_{in}) and output (Q_{out}). The net work output is labeled W_{neto,ga} and W_{T,vapo}.

Rel. flujos
Eficiencia del ciclo

Universidad del Atlántico - Facultad de Ingeniería - Programa de Ingeniería Mecánica

Escribimos todos los datos de entrada que nos da el ejemplo, hay que notar que el ejemplo nos da valores de presión en bar, lo que hacemos es pasar estas unidades a MPa, ya que un 1 bar = 0.1 MPa, y el ejemplo nos da todas las eficiencias de los dispositivos.

Ciclo Combinado

Ciclo Combinado Brayton - Rankine Simple

Datos de entrada Rankine Simple

Presión 3: MPa
 Temp. 3: °C
 Presión 4: MPa
 Eficiencia turbina: %
 Eficiencia bomba: %

Datos de entrada Brayton

Relación de presión:
 Temp. 5: K
 Temp. 7: K
 Temp. 9: K
 Eficiencia turbina: %
 Eficiencia compresor: %

Resultados Brayton

Estado	Temp(K)	pr	vr	h(KJ/kg)	s°(KJ/Kg·K)	u(KJ/kg)
5						
6						
7						
8						
9						

Resultados Rankine Simple

Estado	Temp(°C)	P(kPa)	v(m3/kg)	h(KJ/kg)	s(KJ/Kg·K)	Fase	X
3							
4							
1							
2							

Rel. flujos
Eficiencia del ciclo

Por último verificamos que todos los datos estén en las casillas indicadas, si en algún caso hay una casilla vacía o un valor fuera de rango, la aplicación enviara un mensaje de error diciendo cual es la variable que falta o está fuera de rango y ahora le damos clic en aceptar.

Observamos que el programa nos entrega las propiedades de todos los estados, pero en este ejemplo solo necesitamos la eficiencia del ciclo que es de 50.52 % y la relación de flujos que es de 0.1125.

