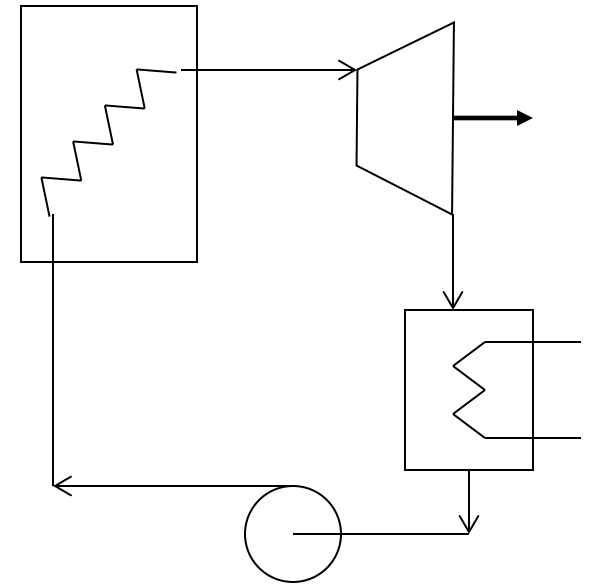
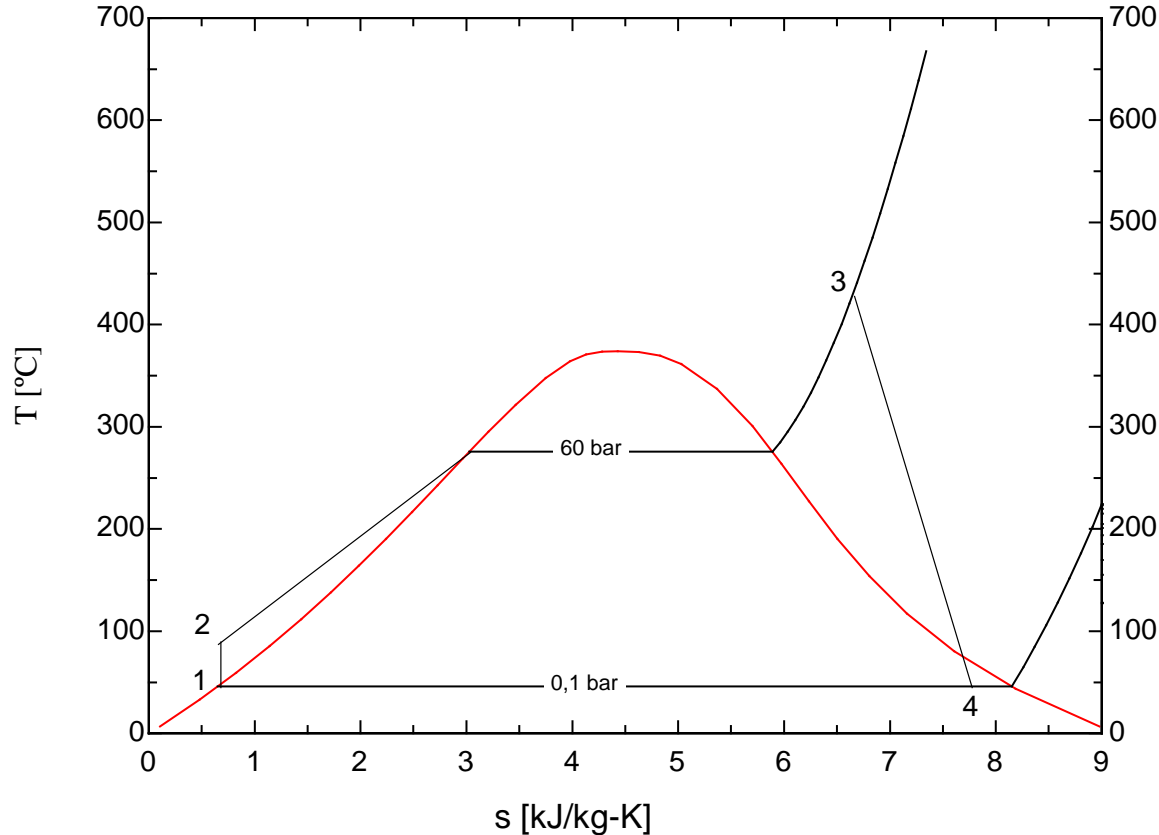


Repaso de Ciclo de Rankine

10.2. Ciclo de Rankine básico

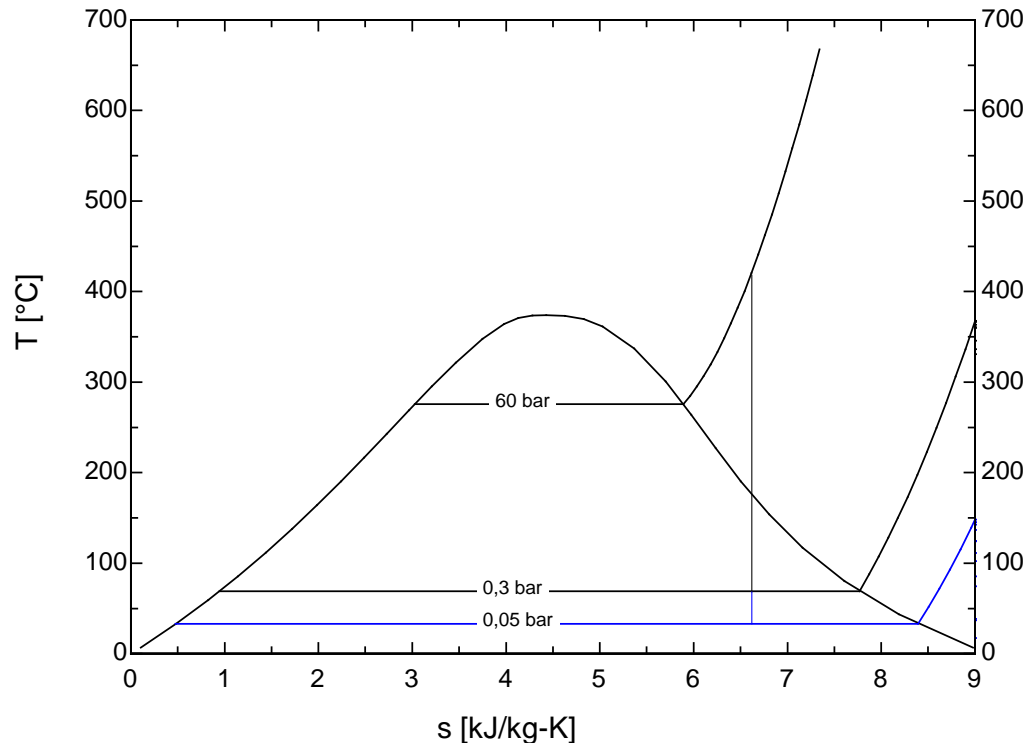
- La presión mínima la limita el medio de enfriamiento
- El aporte de trabajo se realiza en fase líquida, por lo que resulta muy pequeño:
- Los procesos en la fase líquida no son visibles en el T-s a escala real $w_b = \frac{v_1 (P_2 - P_1)}{\eta_b}$



10.3. Procedimientos para mejorar el rendimiento

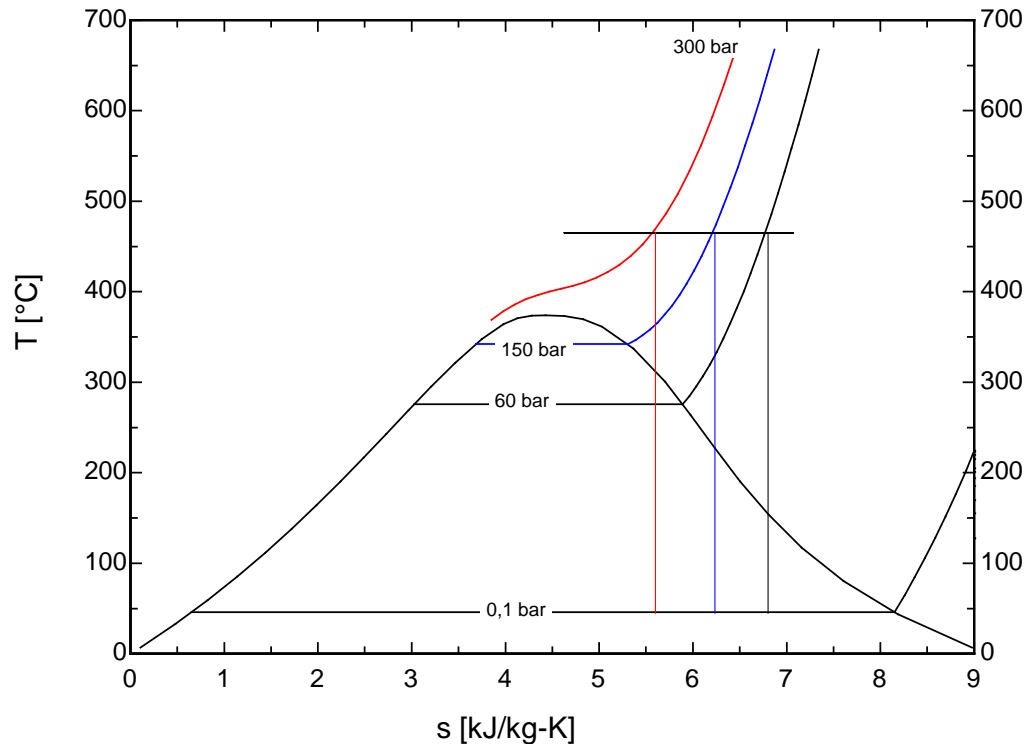
10.3.1. Reducción de la temperatura de rechazo de calor

- Supone reducir la presión del condensador
- Se reduce la temperatura media de rechazo de calor
- Se incrementa la humedad a la salida de la turbina
- Está limitado por el medio de enfriamiento
- Se produce entrada de aire debido al vacío: necesidad de desgasificador

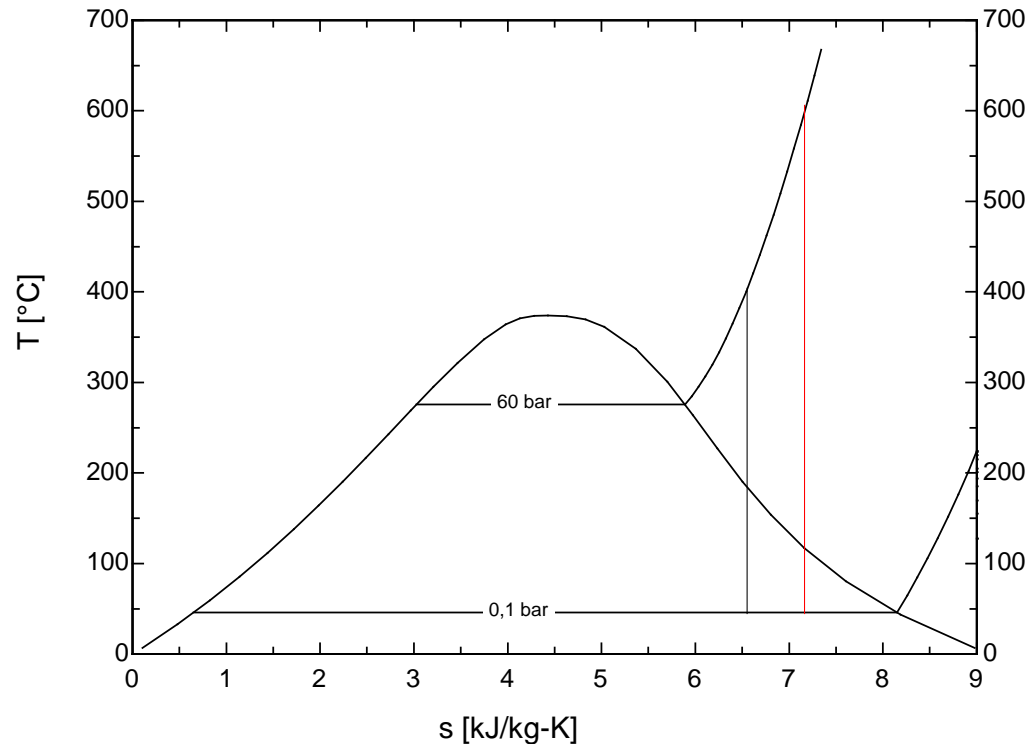


10.3.2. Aumento de la temperatura de aceptación de calor

- **Método 1:** Incremento de la presión de la caldera
 - Se eleva la temperatura media de aceptación de calor
 - Se incrementa la humedad a la salida de la turbina: erosión en los álabes por impacto de gotas ($x_4 > 0,9$)
 - Este problema se resuelve con recalentamiento

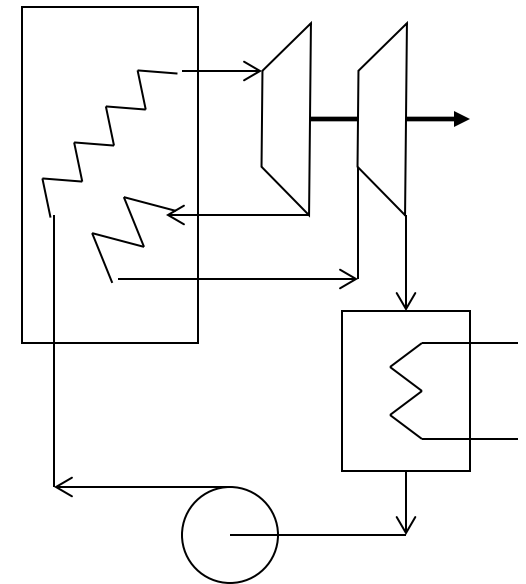
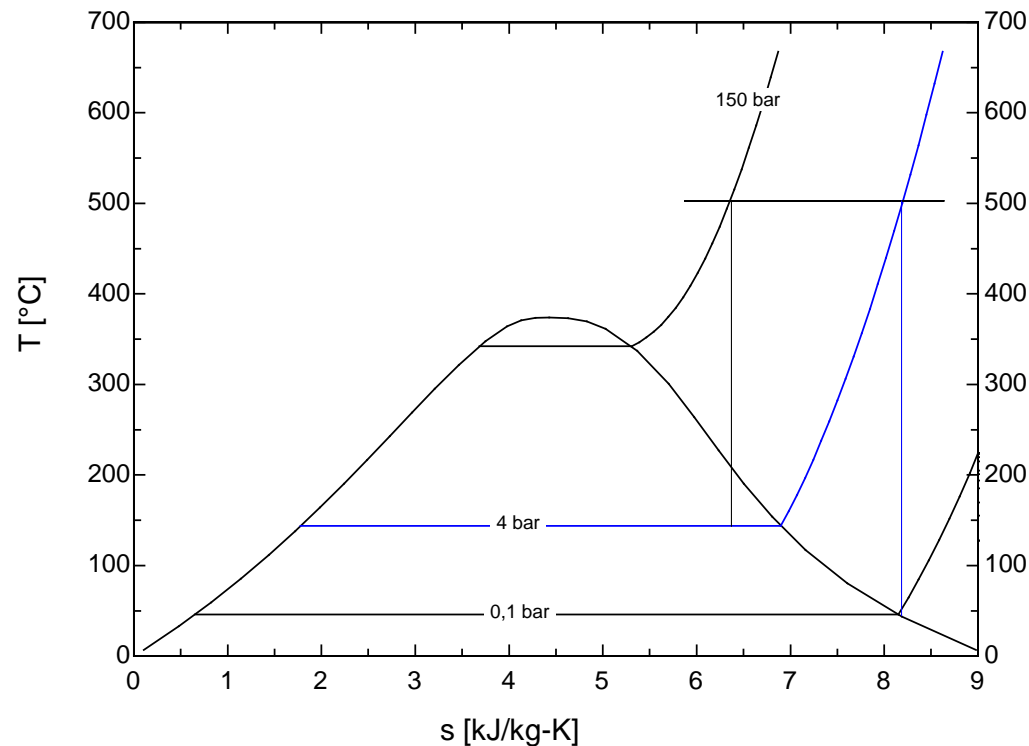


- **Método 2:** Sobrecalentamiento a alta temperatura
 - se incrementa la temperatura media de adición de calor
 - se reduce la humedad a la salida de la turbina
 - está limitado por los materiales de la turbina: $T_3 < 620^{\circ}\text{C}$

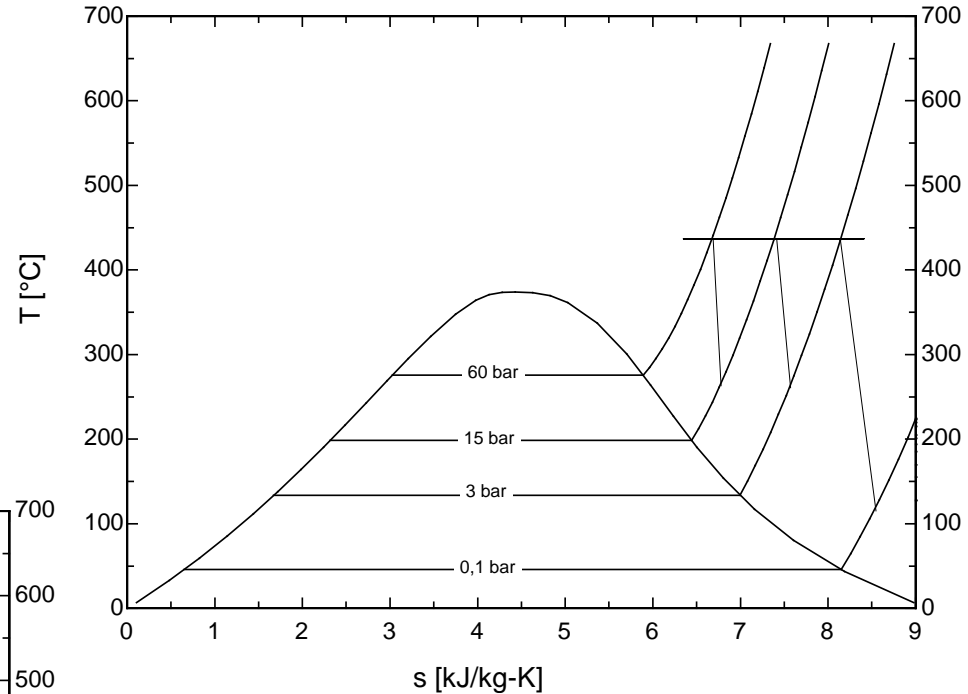
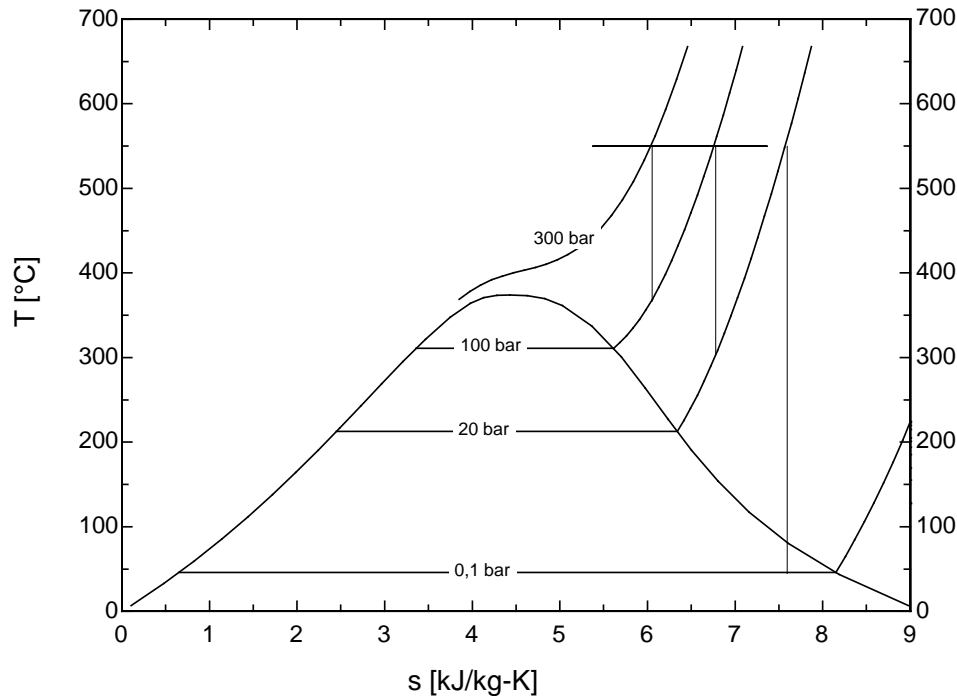


• Método 3: Recalentamiento

- se emplea para altas presiones de caldera, pues reduce la humedad a la salida de la turbina
- se incrementa la temperatura media de adición de calor
- la temperatura media de adición de calor sube cuantos más recalentamientos se hagan



- en ciclos subcríticos sólo se hace un recalentamiento, pues si no puede aumentar la temperatura de rechazo de calor



- en ciclos supercríticos se hacen dos recalentamientos, para reducir la humedad de las últimas etapas

• **Método 4:** Regeneración

- persigue incrementar la temperatura media de adición de calor mediante precalentamiento con vapor extraído de la turbina

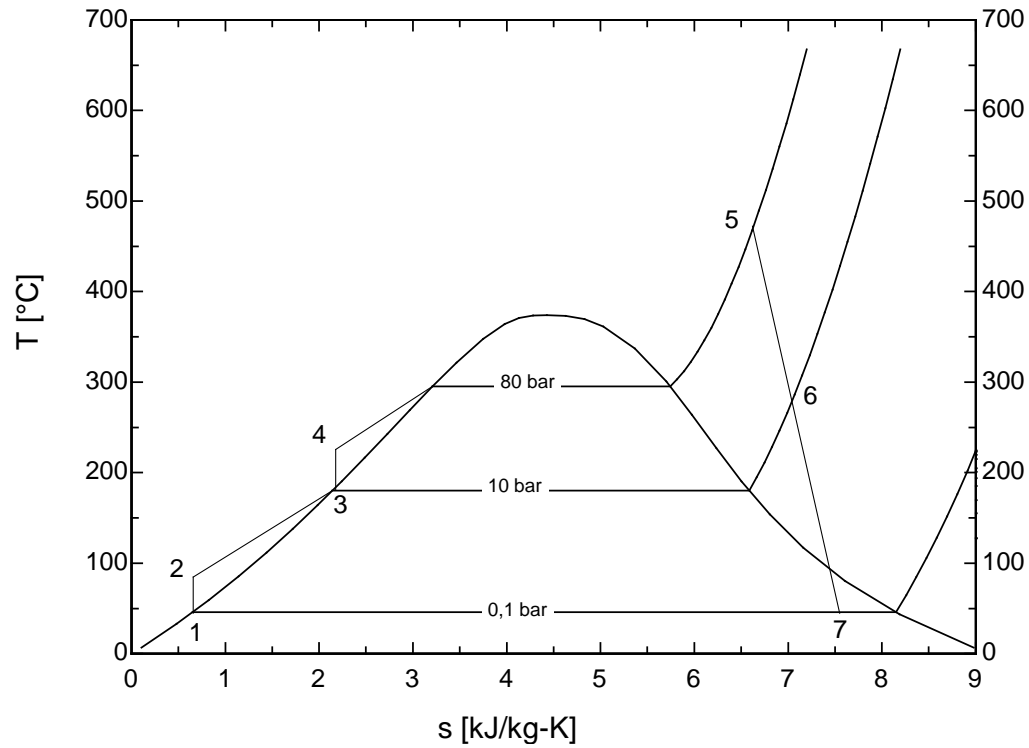
- Precalentadores abiertos o de mezcla

- el agua que va a la caldera (agua de alimentación) se mezcla con el vapor extraído
- el agua de alimentación sale normalmente como líquido saturado
- requieren una bomba aguas abajo para elevar la presión a la de la caldera
- buenas características de intercambio de calor
- se suele poner uno sólo, a presión mayor que la atmosférica, como desgasificador o desaereador

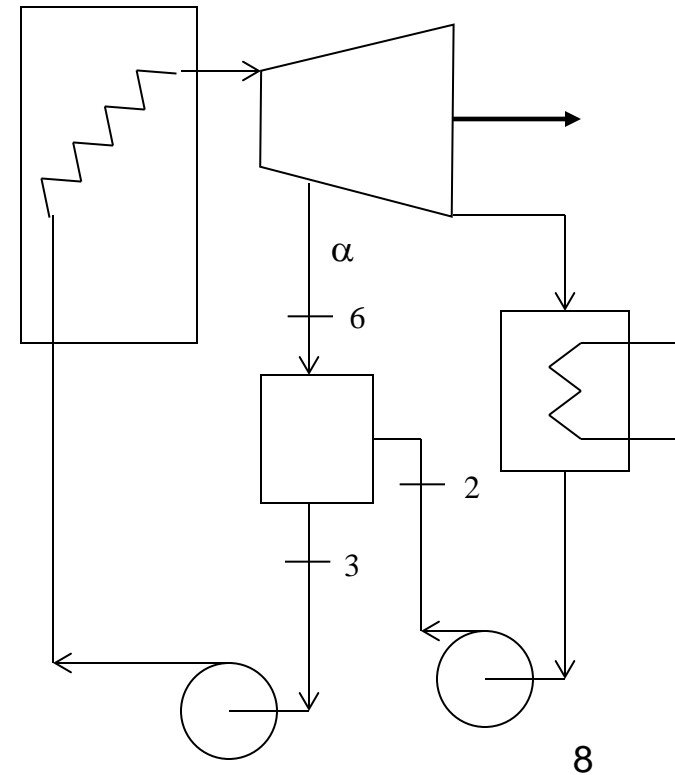
- Precalentadores cerrados o de superficie

- el agua que va a la caldera circula por unos tubos, en cuyo exterior se condensa el vapor extraído
- el vapor condensado (drenaje) sale en condiciones de líquido saturado o subenfriado (en el primer caso se dice que el calentador es seco). Si no se dice otra cosa debe asumirse que el calentador es de este tipo, seco.
- el agua sale como líquido subenfriado a una temperatura cercana a la de saturación del vapor extraído (puede ser menor, mayor o igual, según el área de intercambio)
- el vapor condensado (drenaje) se puede enviar aguas abajo mediante una bomba (poco usado) o aguas arriba (precalentador previo o condensador) mediante una válvula
- tienen peores coeficientes de transferencia de calor que los abiertos, pero no requieren bomba (si son de aguas arriba)
- suelen colocarse varios (hasta 9)

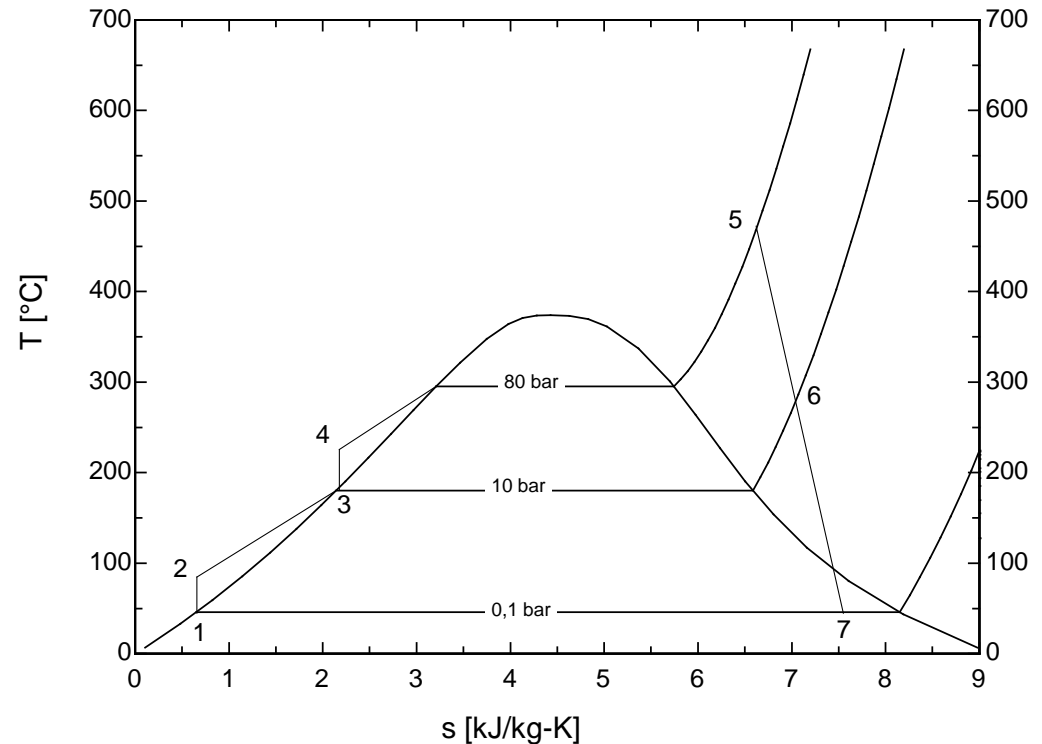
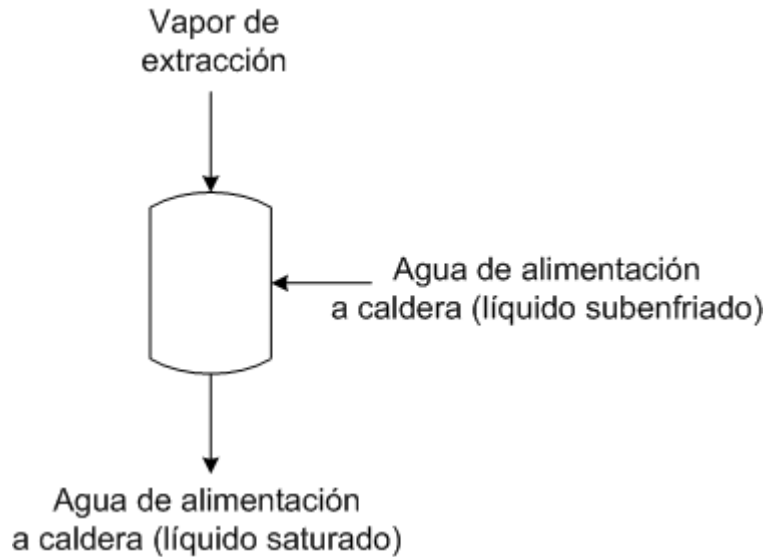
Calentador abierto



Calentador: $\alpha h_6 + (1-\alpha)h_2 = h_3$



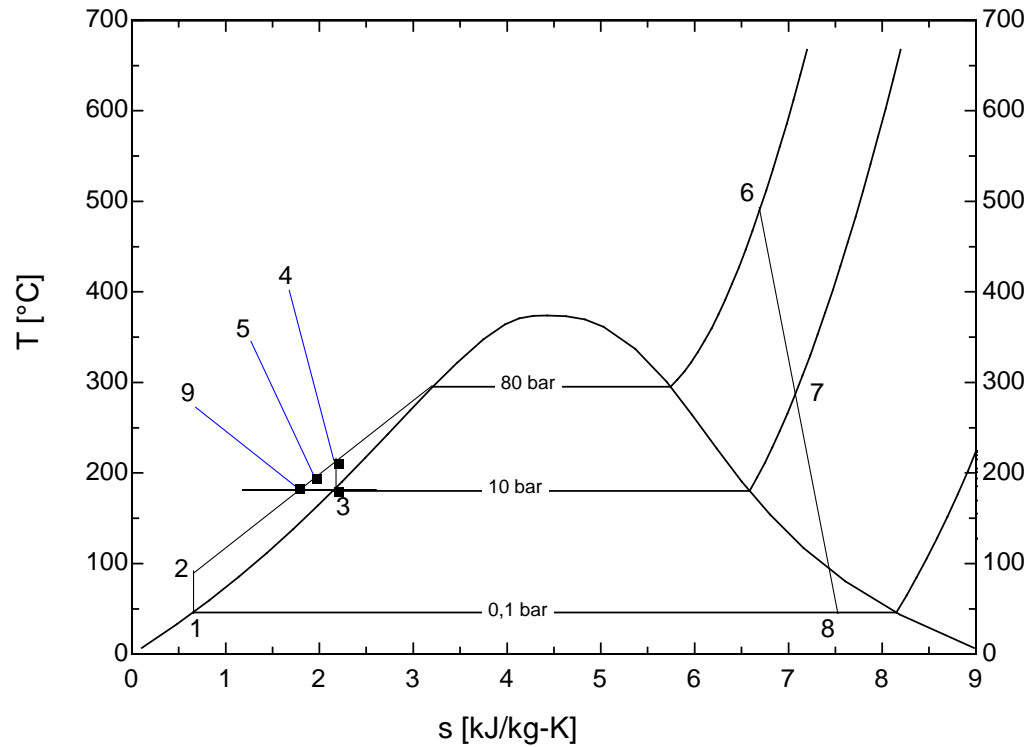
Calentador abierto: notación y condiciones de salida



Idealmente la salida del agua de alimentación debería de ser líquido saturado, lo que dependerá de las proporciones de los caudales de vapor y agua. Si la proporción no fuese la adecuada:

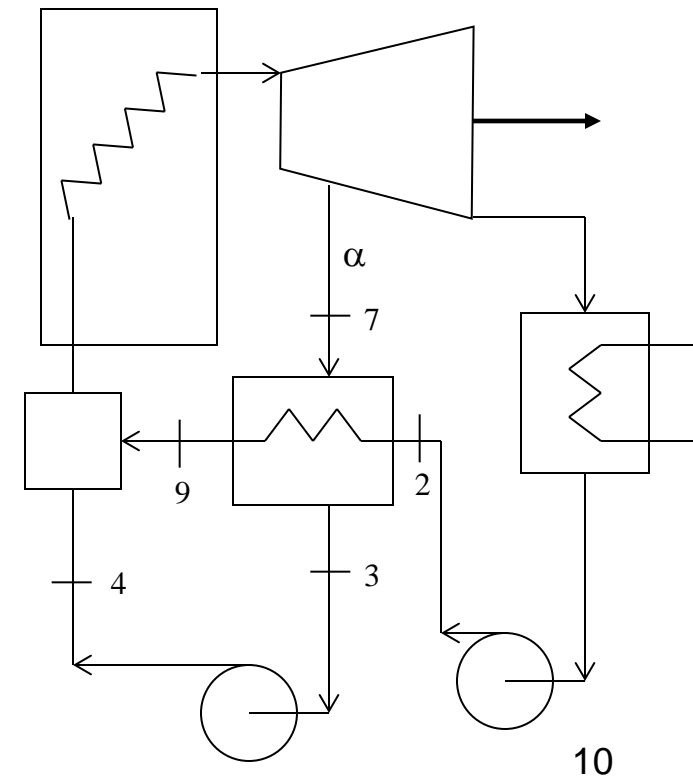
- el agua podría salir como vapor húmedo o incluso sobrecalentado, lo que provocaría un mal funcionamiento de la bomba
- el agua podría salir como subenfriada, lo que significaría que no se ha realizado la máxima regeneración posible

Calentador cerrado "hacia delante"

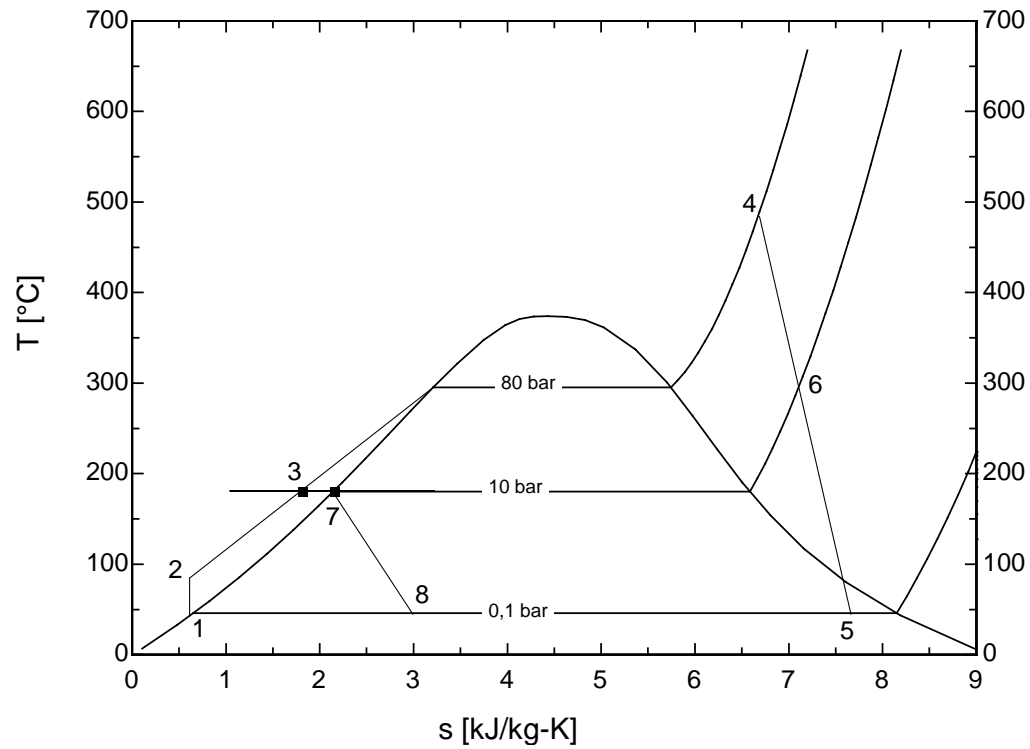


Cámara de mezcla: $\alpha h_4 + (1-\alpha)h_9 = h_5$

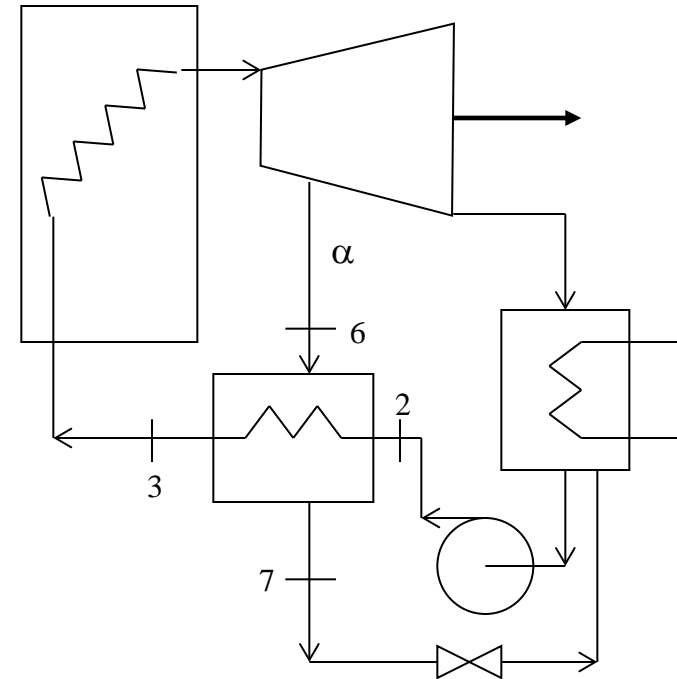
Calentador: $\alpha h_7 + (1 - \alpha)h_2 = (1 - \alpha)h_9 + \alpha h_3$



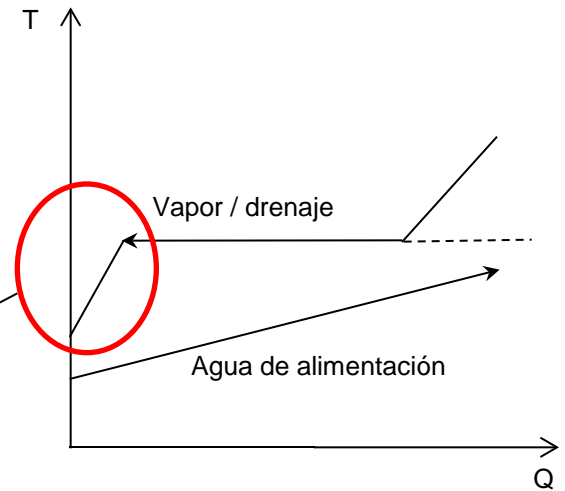
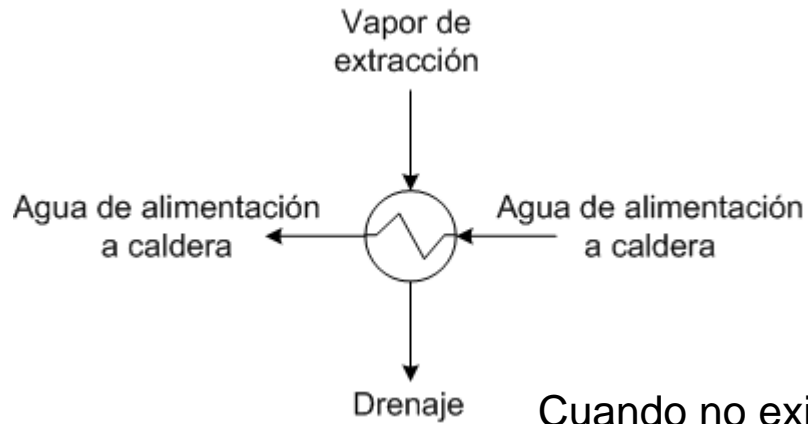
Calentador cerrado "hacia atrás"



Calentador: $\alpha h_6 + h_2 = \alpha h_7 + h_3$



Calentador cerrado: notación y condiciones de salida



Cuando no existe este tramo el calentador no tiene zona de enfriamiento de drenajes y se dice que es “seco”

