

UNIDAD 12 A:

CICLOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS DE VAPOR

BIBLIOGRAFÍA:

- Guía de estudio ;
- Cengel, Yunus A. ; Boles, Michael A. "Termodinámica"; 5° Edic.; Edit. Mc Graw Hill; 2006

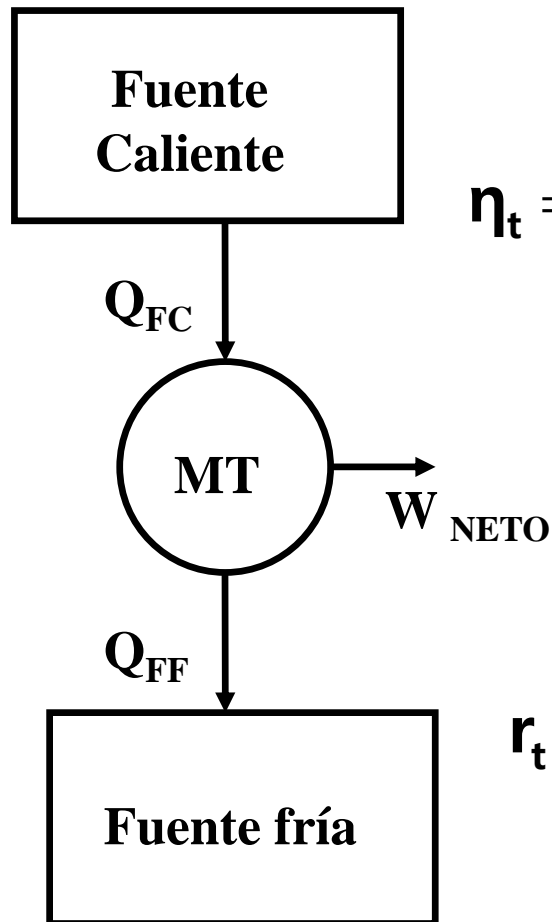
CICLOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS DE VAPOR

12.A. Ciclos de Maquinas de Vapor .
Ciclos de máquinas de vapor: Ciclo de Carnot para fluidos condensables. Rendimiento del ciclo y relación trabajo. Ciclo de Rankine. Introducción de Mejoras. Ciclo con expansión multietapa y ciclo regenerativo. Cogeneración.



CICLOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS DE VAPOR

FLUIDO DE TRABAJO: SE EVAPORA Y SE CONDENSA
ALTERNADAMENTE



Rendimiento térmico:

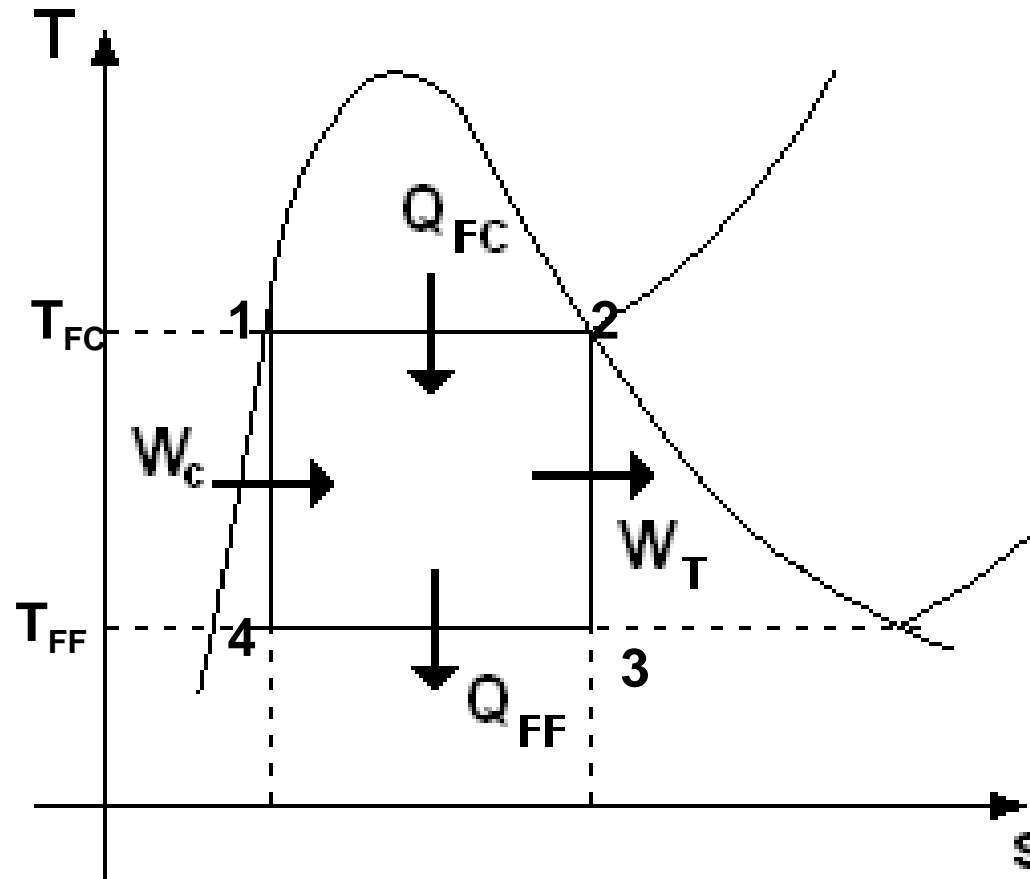
$$\eta_t = \frac{\text{Energía útil}}{\text{Energía consumida}} = \frac{W_{\text{NETO}}}{Q_{\text{FC}}} \approx \eta_{\text{tCARNOT}}$$

Relación de trabajo:

$$r_t = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia total instalada}} = \frac{\dot{W}_{\text{NETO}}}{\dot{W}_{\text{TOTAL}}} \approx 1$$

CICLOS DE MÁQUINAS TÉRMICAS DE VAPOR

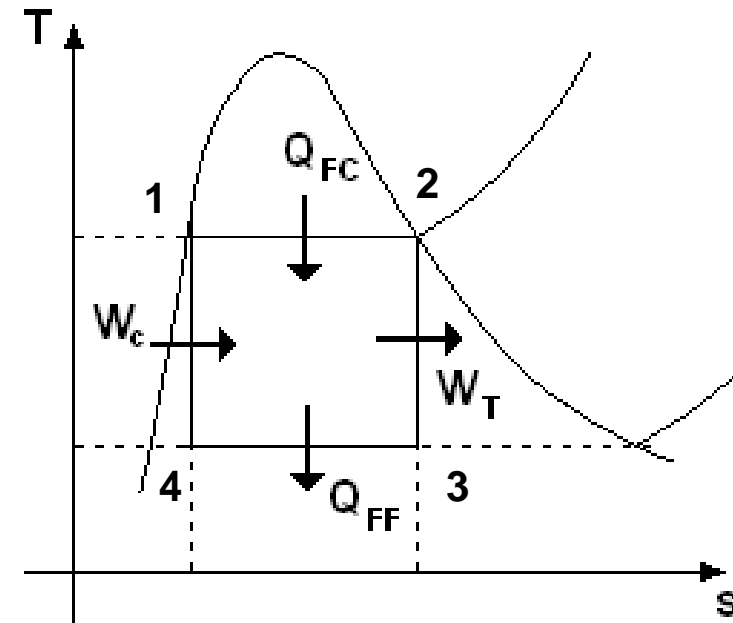
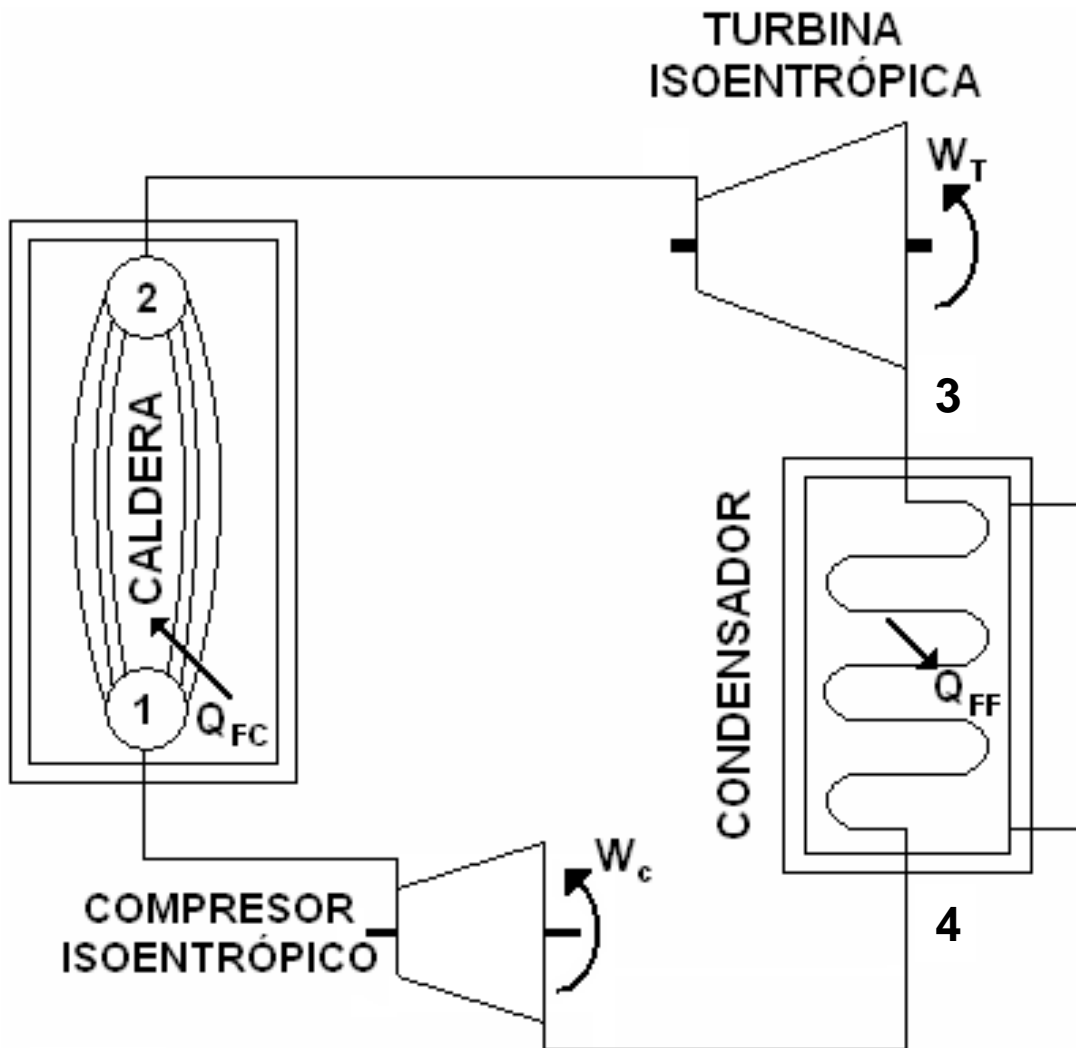
CICLO CARNOT : MÁXIMO RENDIMIENTO PARA T_{FC} Y T_{FF} DADAS



$$\eta_t = \frac{W_{NETO}}{Q_{FC}} = \frac{(Q_{FC} - Q_{FF})}{Q_{FC}} = \frac{T_{FC} - T_{FF}}{T_{FC}} = 1 - \frac{T_{FF}}{T_{FC}}$$



CICLO CARNOT : INSTALACIÓN



DIFICULTADES QUE DETERMINAN LA MODIFICACIÓN DEL CICLO DE CARNOT

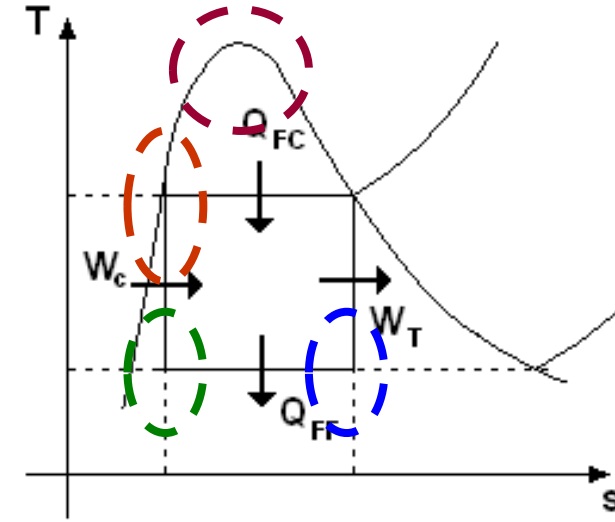
➤ COMPRESIÓN ISOENTRÓPICA DE MEZCLA LÍQUIDO-VAPOR

➤ DIFICULTAD DE LOGRAR EL ESTADO DEL FLUIDO A LA ENTRADA DEL COMPRESOR

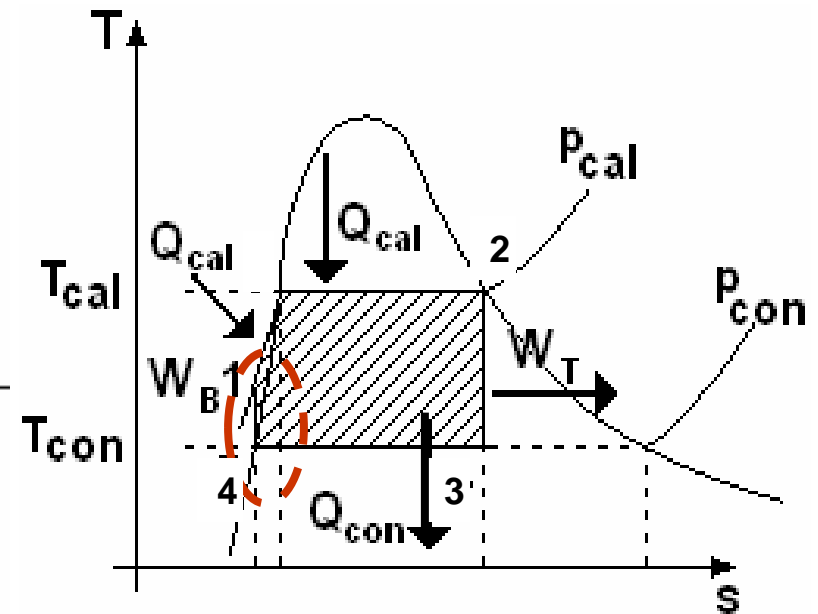
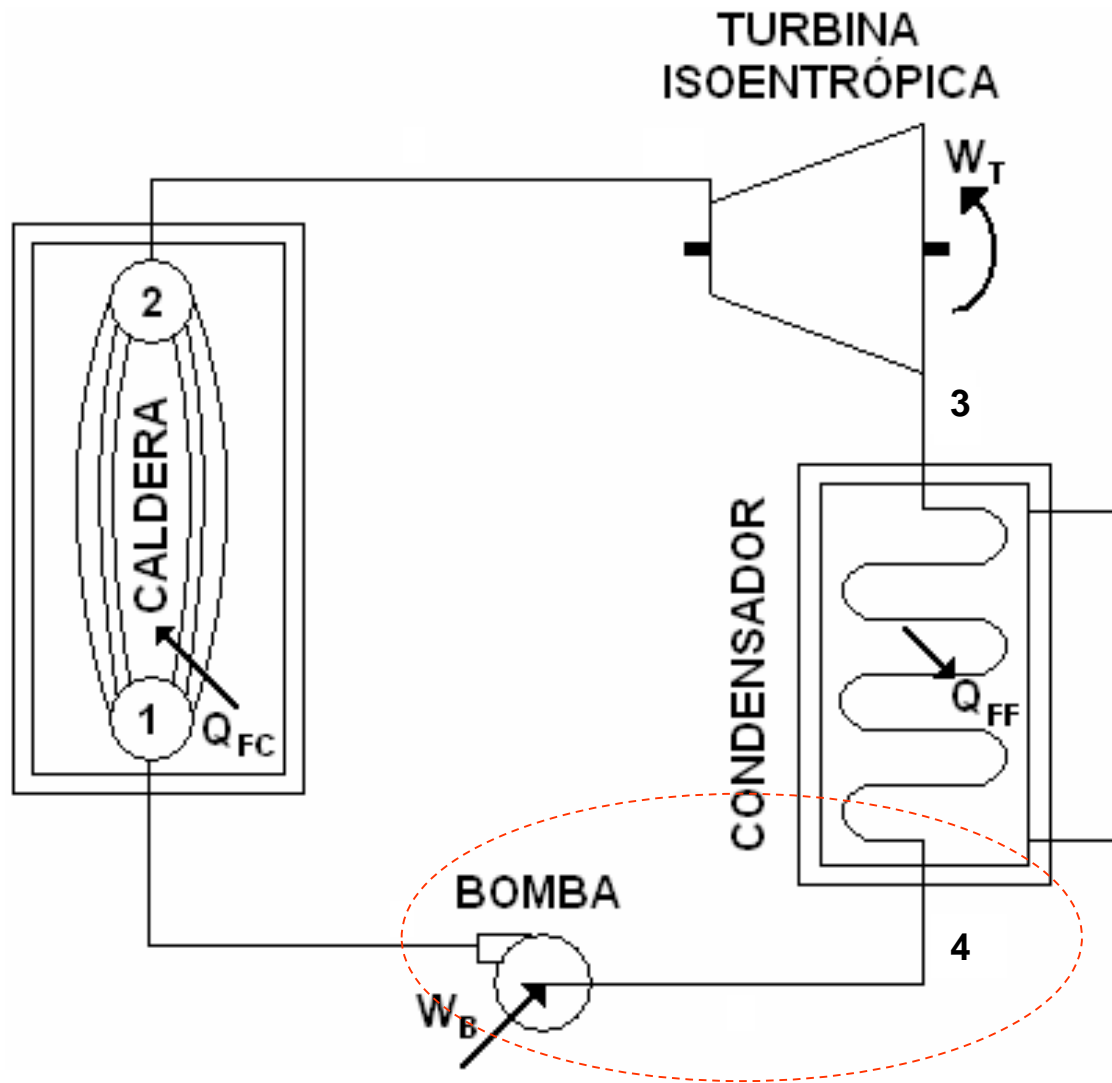
➤ CANTIDAD DE LÍQUIDO EN EL FLUIDO QUE SALE DE LA TURBINA: EROSIÓN

➤ LIMITACIÓN DE LA TEMPERATURA DE LA FUENTE CALIENTE (TEMP. CRÍTICA BAJA: 374°C)

➤ BAJA RELACION DE TRABAJO $r_t = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia instalada}} = \frac{W_{\text{NETO}}}{W_T + W_C} \gg$



CICLO RANKINE SIMPLE:



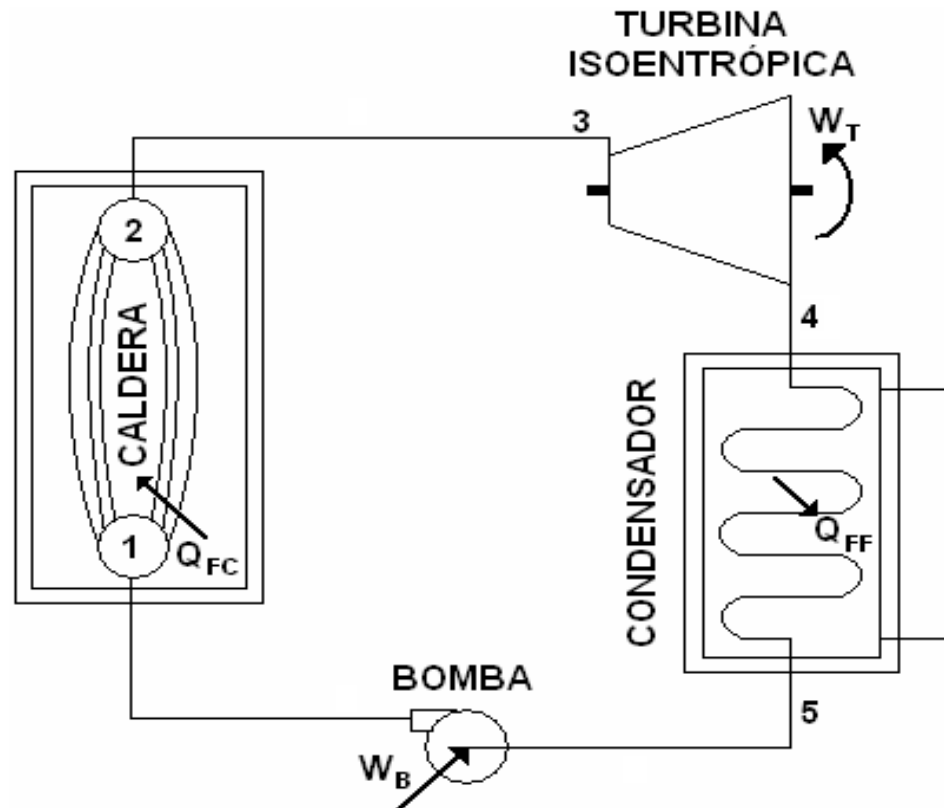
CICLO RANKINE IDEAL

HIPÓTESIS PARA SU ESTUDIO TÉRMODINÁMICO:

- ✓ **FLUIDO DE TRABAJO**
 - AGUA SUSTANCIA PURA
 - LÍQUIDO INCOMPRESIBLE
- ✓ **PROCESOS O EVOLUCIONES**
 - CUASISTÁTICAS Ó “INTERNAMENTE” REVERSIBLES
 - EN RÉGIMEN PERMANENTE
 - ΔE_c y ΔE_p DESPRECIABLES



SI CONSIDERAMOS LA PRIMERA
LEY APLICADA A ESTE CICLO



$$\sum_{\text{ciclo}} Q = \sum_{\text{ciclo}} W$$

$$Q_{\text{neto}} = W_{\text{neto}}$$

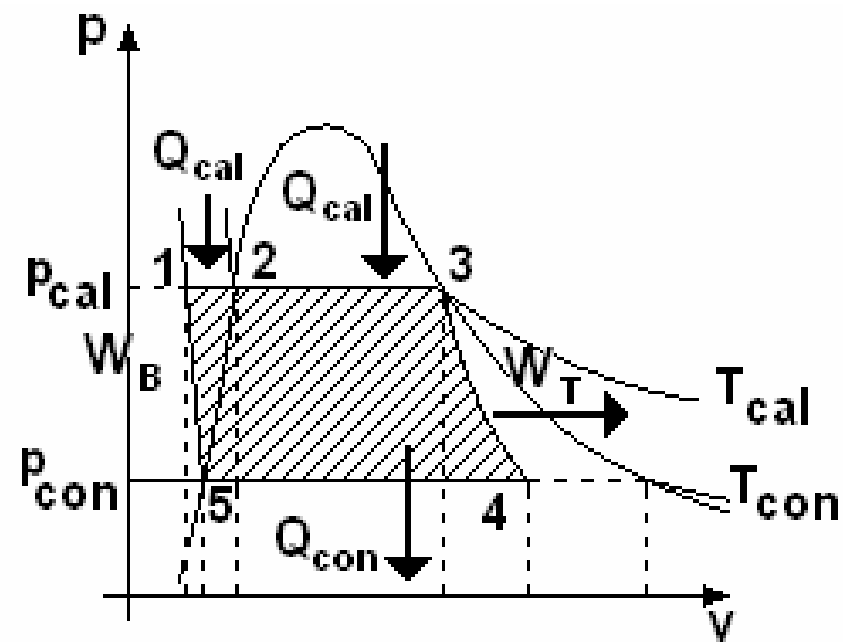
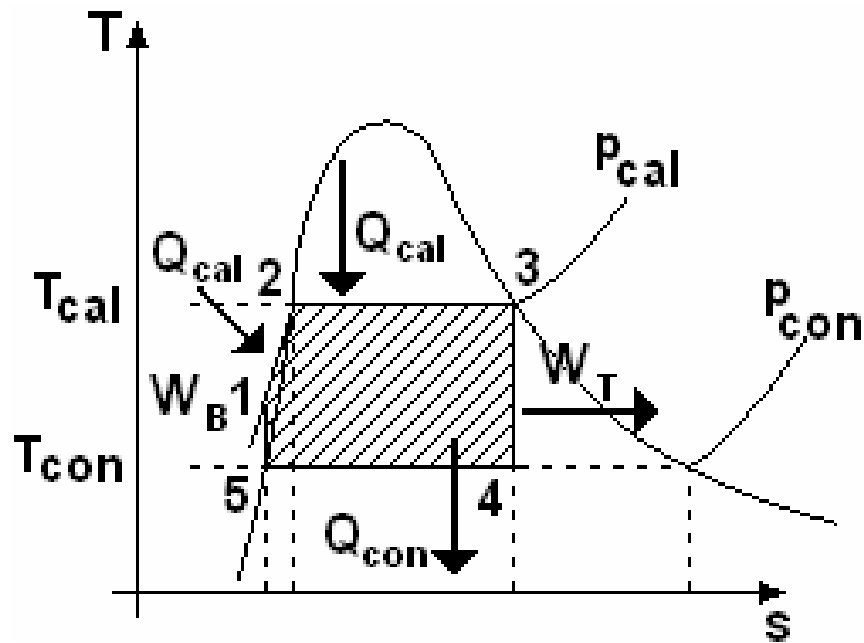
$$Q_{\text{neto}} = Q_{\text{FC}} - |Q_{\text{FF}}| = Q_{\text{cal}} - Q_{\text{con}}$$

$$W_{\text{neto}} = W_T - |W_B|$$

$$Q_{\text{cal}} - Q_{\text{con}} = W_T - W_B$$

$$\eta = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{\text{FC}}} = \frac{W_{\text{neto}}}{Q_{\text{cal}}} = \frac{W_T - |W_B|}{Q_{\text{cal}}}$$





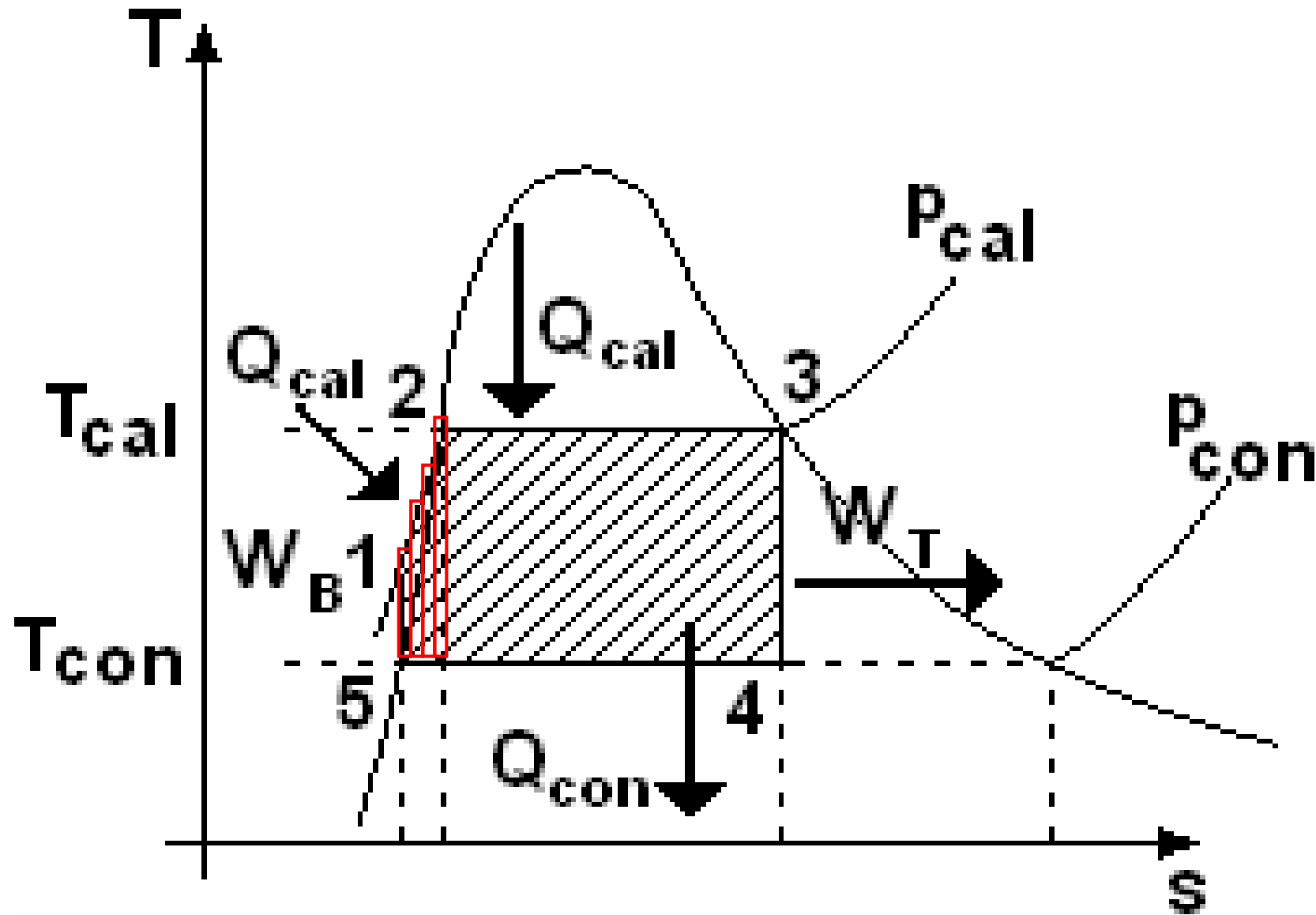
APLICANDO EL 1° PPIO EN CALDERA, CONDENSADOR, BOMBA Y TURBINA

$$Q_{cal} = m(h_3 - h_1) \quad |Q_{con}| = m(h_4 - h_5)$$

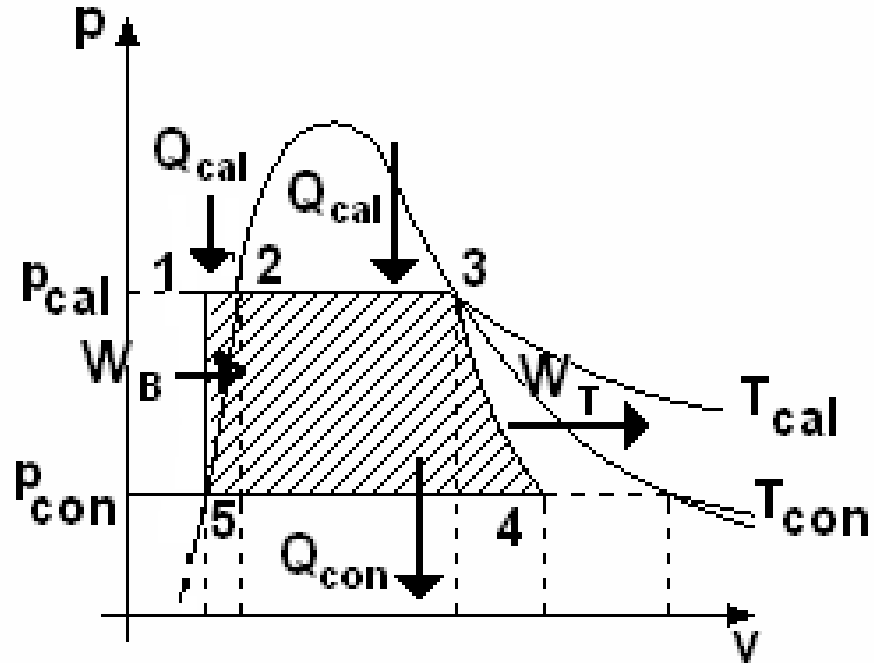
$$W_T = m \cdot (h_3 - h_4) \quad |W_B| = m(h_1 - h_5)$$

$$\eta = \frac{W_{neto}}{Q_{FC}} = \frac{W_{neto}}{Q_{cal}} = \frac{W_T - |W_B|}{Q_{cal}} = \frac{(h_3 - h_4) - (h_1 - h_5)}{(h_3 - h_1)}$$





$$\eta_{\text{CARNOT}} = 1 - \frac{T_{\text{con}}}{T_{\text{cal}}} \quad \eta_{\text{RANKINE}} < \eta_{\text{CARNOT}} \quad \left. \vphantom{\eta_{\text{RANKINE}}} \right\} \begin{array}{l} \text{Se debería} \\ \text{aumentar la } T_{\text{FC}} \end{array}$$



$$|W_B| = m(h_1 - h_5)$$

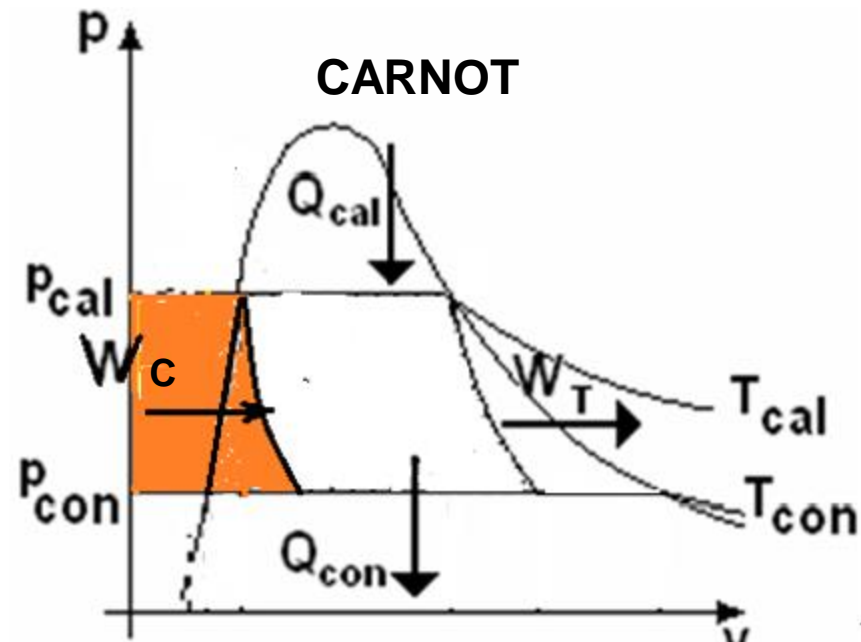
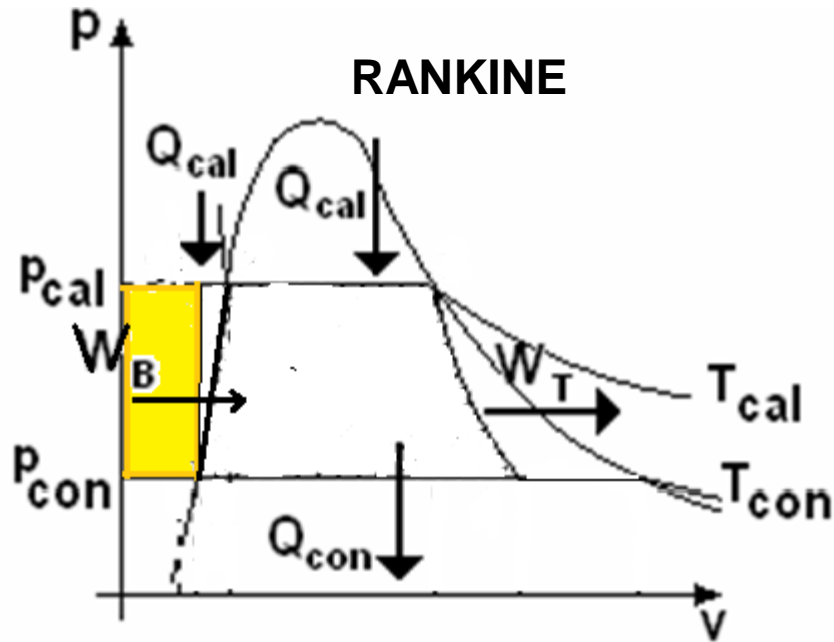
LÍQUIDO
INCOMPRESIBLE

$$|W_B| = m v_5 (P_{cal} - P_{con})$$

$$r_t = \frac{\text{Potencia útil}}{\text{Potencia total instalada}} = \frac{\dot{W}_{\text{NETO}}}{\dot{W}_{\text{TOTAL}}}$$

$$r_t = \frac{W_T - W_B}{W_T + W_B}$$

Menor que en Carnot



$$r_t \approx 1$$

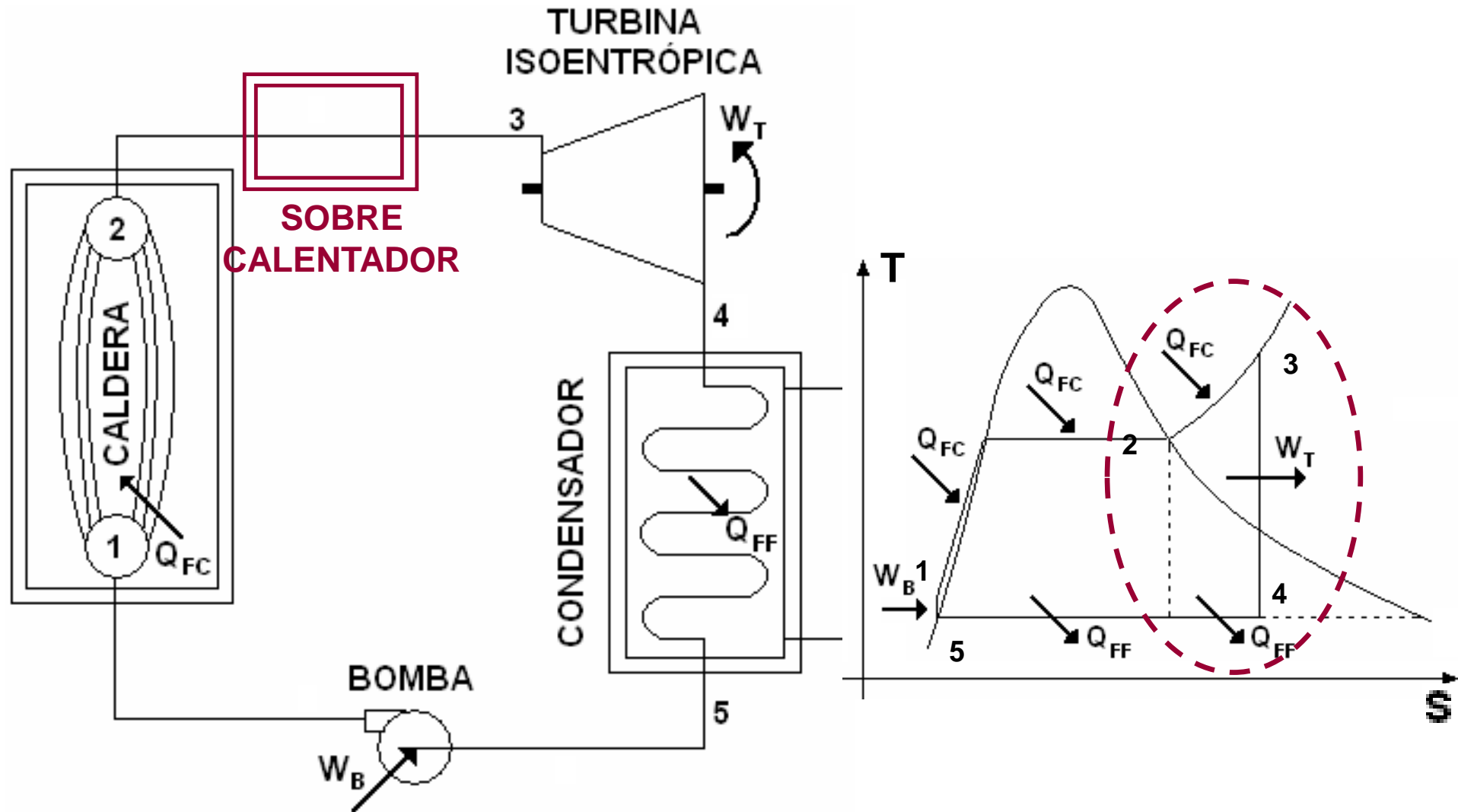
PERO:

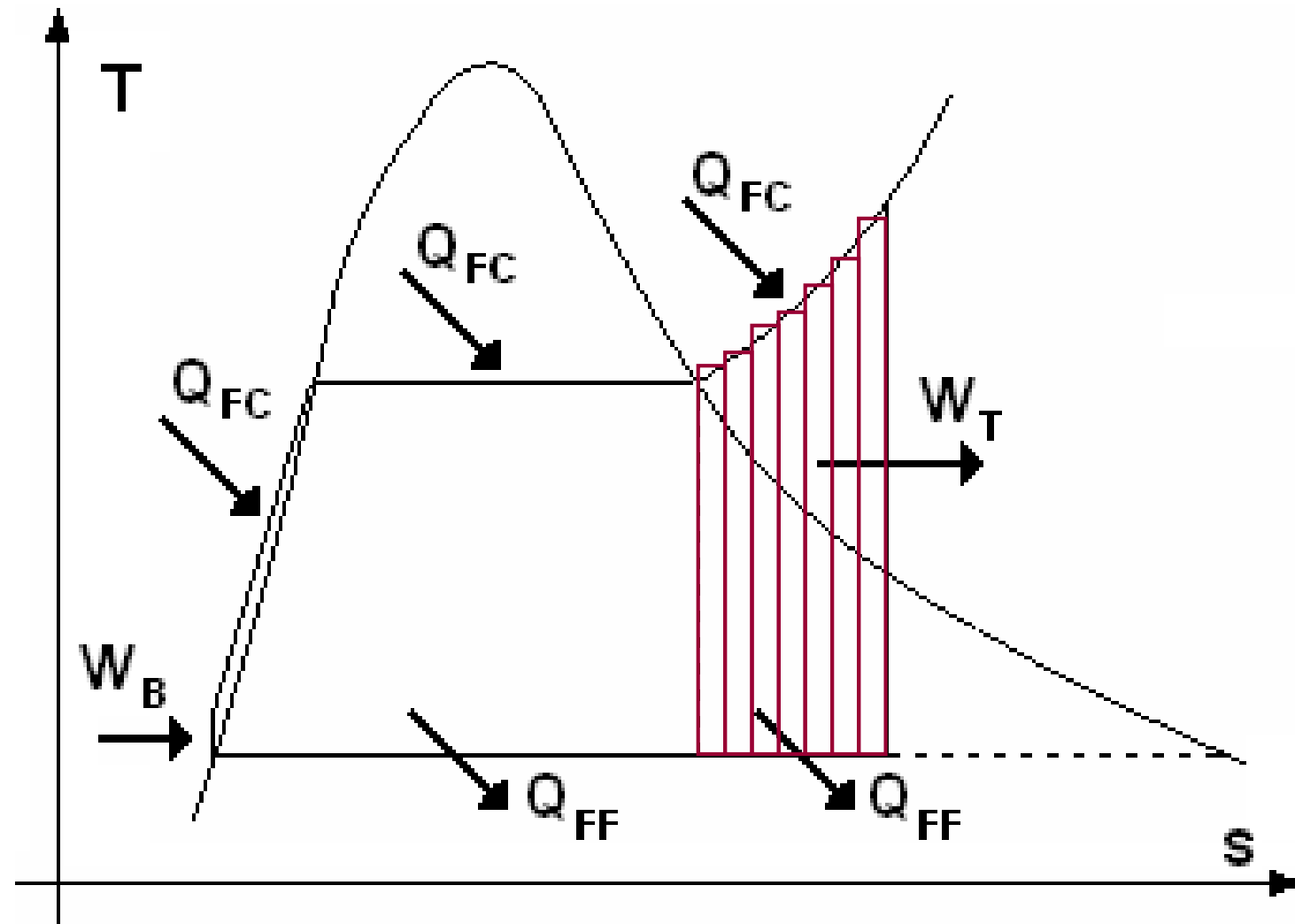
$$\eta_t < \eta_{\text{CARNOT}}$$

SE INTENTA
MEJORARLO
AUMENTANDO T_{FC}



CICLO RANKINE CON SOBRECALENTAMIENTO:





AUMENTO
DE LA T_{FC}



$$\eta_{\text{CON SOBREC}} > \eta_{\text{SIN SOBREC}}$$



CICLO RANKINE CON SOBRECALENTAMIENTO:



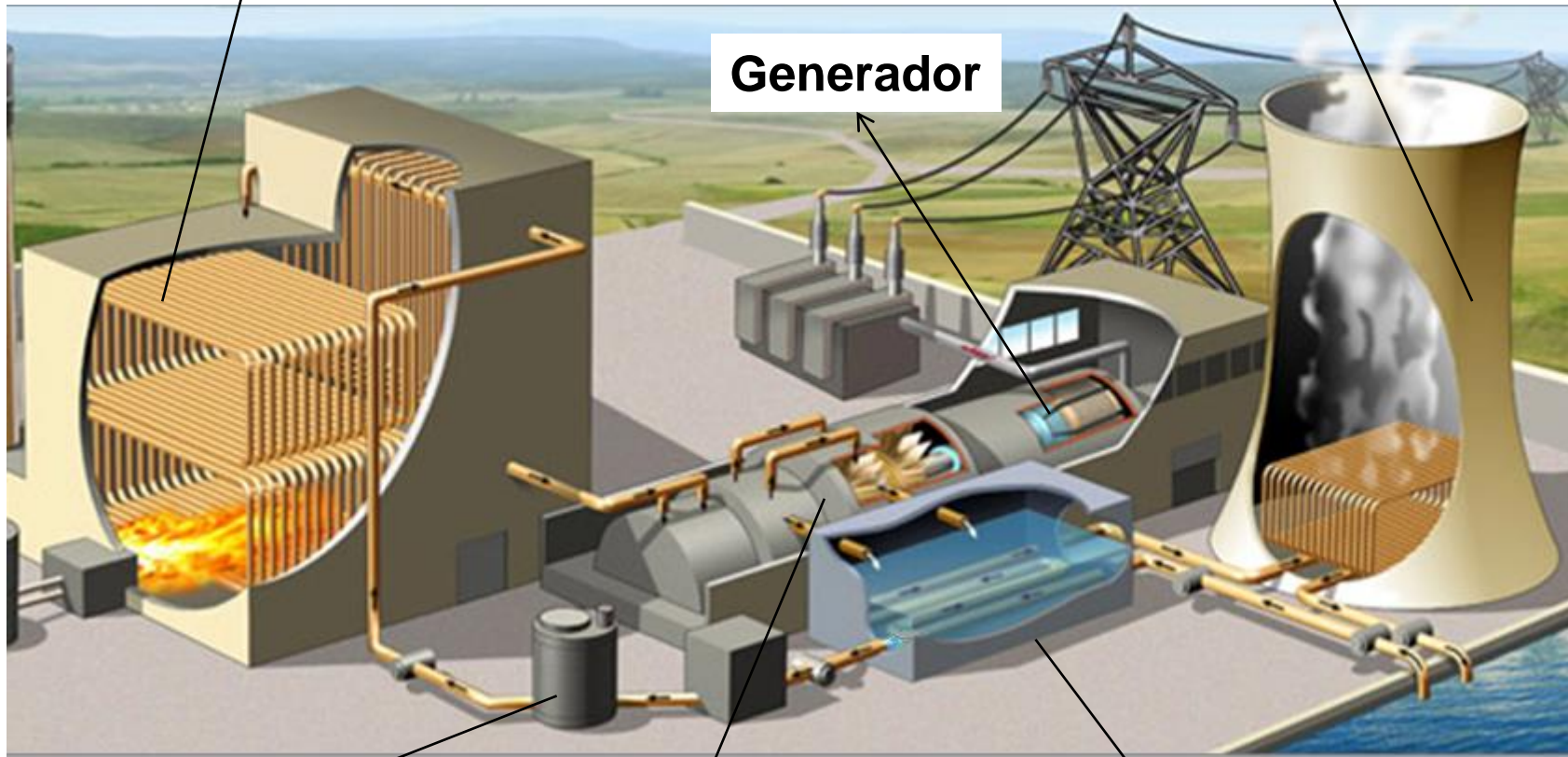
Unidad 12 Ciclo Vapor Rankine 1 (bajaryoutube.com).mp4

CENTRAL TERMoeLECTRICA DE VAPOR

Caldera con sobrecalentamiento

Torre de enfriamiento

Generador

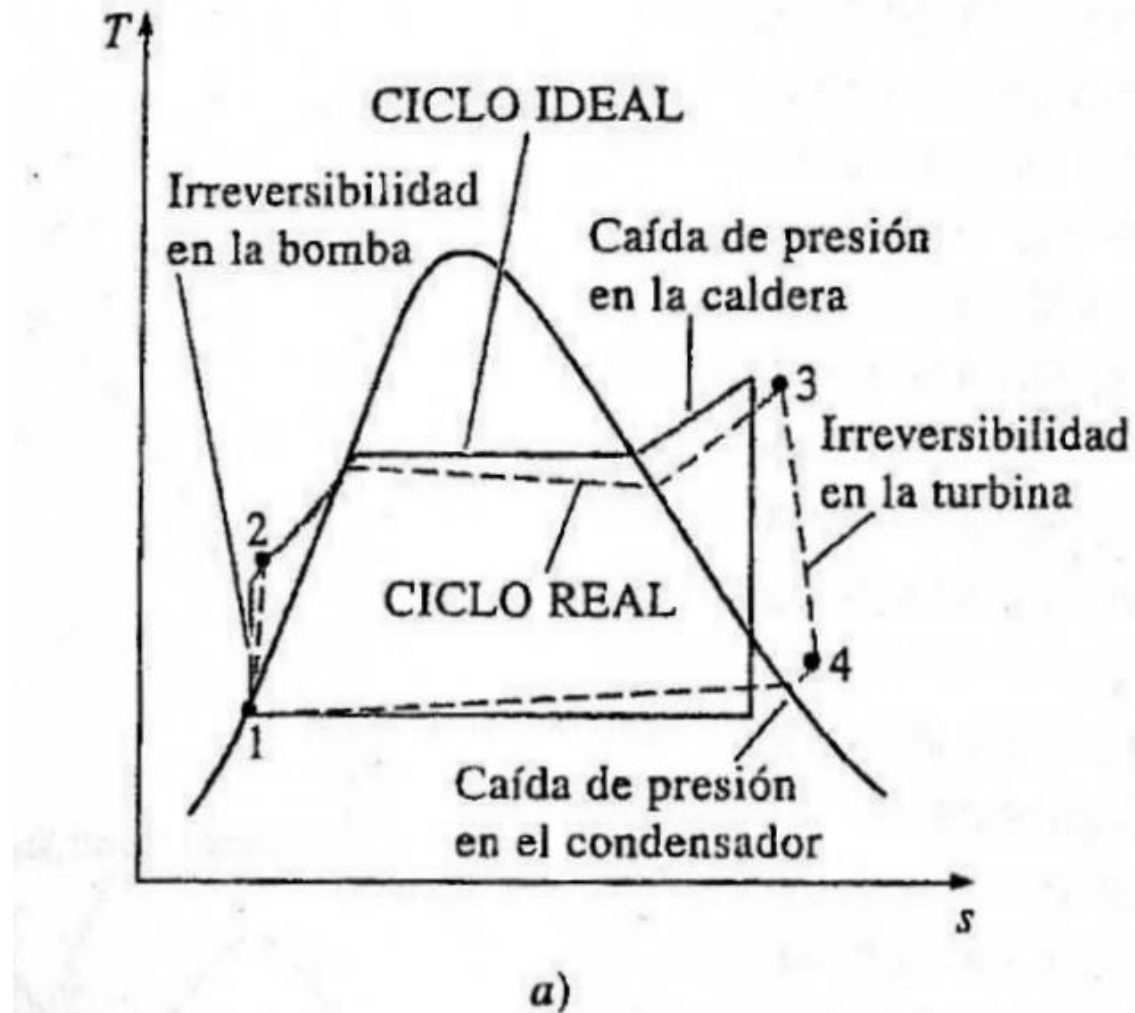


Bomba

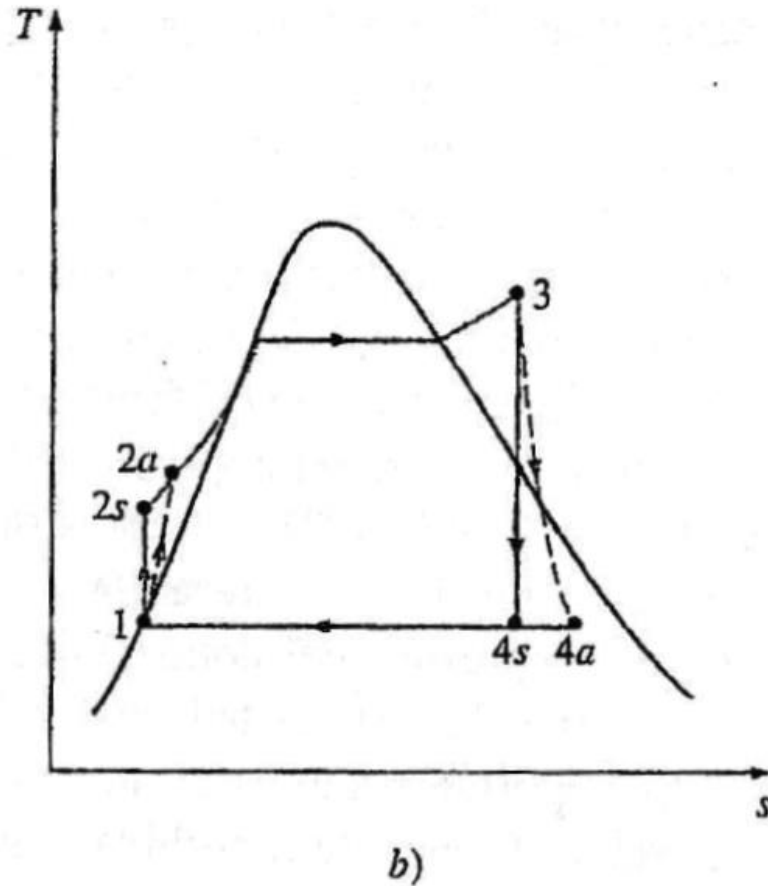
Turbina de vapor

Condensador

CICLO RANKINE REAL : IRREVERSIBILIDADES



CICLO RANKINE REAL : IRREVERSIBILIDADES



Rendimientos isoentrópicos (<1)



Cuantifican la desviación en W_T y W_B a causa de las irreversibilidades *dentro* de turbina y compresor

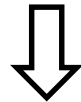
$$\eta_T = \frac{\text{Trabajo real}}{\text{Trabajo ideal}} = \frac{w_t}{w_s} = \frac{h_3 - h_{4a}}{h_3 - h_{4s}}$$

$$\eta_B = \frac{\text{Trabajo ideal}}{\text{Trabajo real}} = \frac{w_s}{w_B} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_{2a} - h_1}$$

MEJORAS PARA INCREMENTAR LA EFICIENCIA DEL CICLO RANKINE CON SOBRECALENTAMIENTO

**DISMINUIR LA
TEMPERATURA
“PROMEDIO” A LA QUE
SE CEDE CALOR**

$$< T_{FF}$$



➤ **DISMINUCIÓN DE LA
PRESIÓN EN EL
CONDENSADOR**

**AUMENTAR LA
TEMPERATURA
“PROMEDIO” A LA QUE
SE RECIBE CALOR**

$$> T_{FC}$$

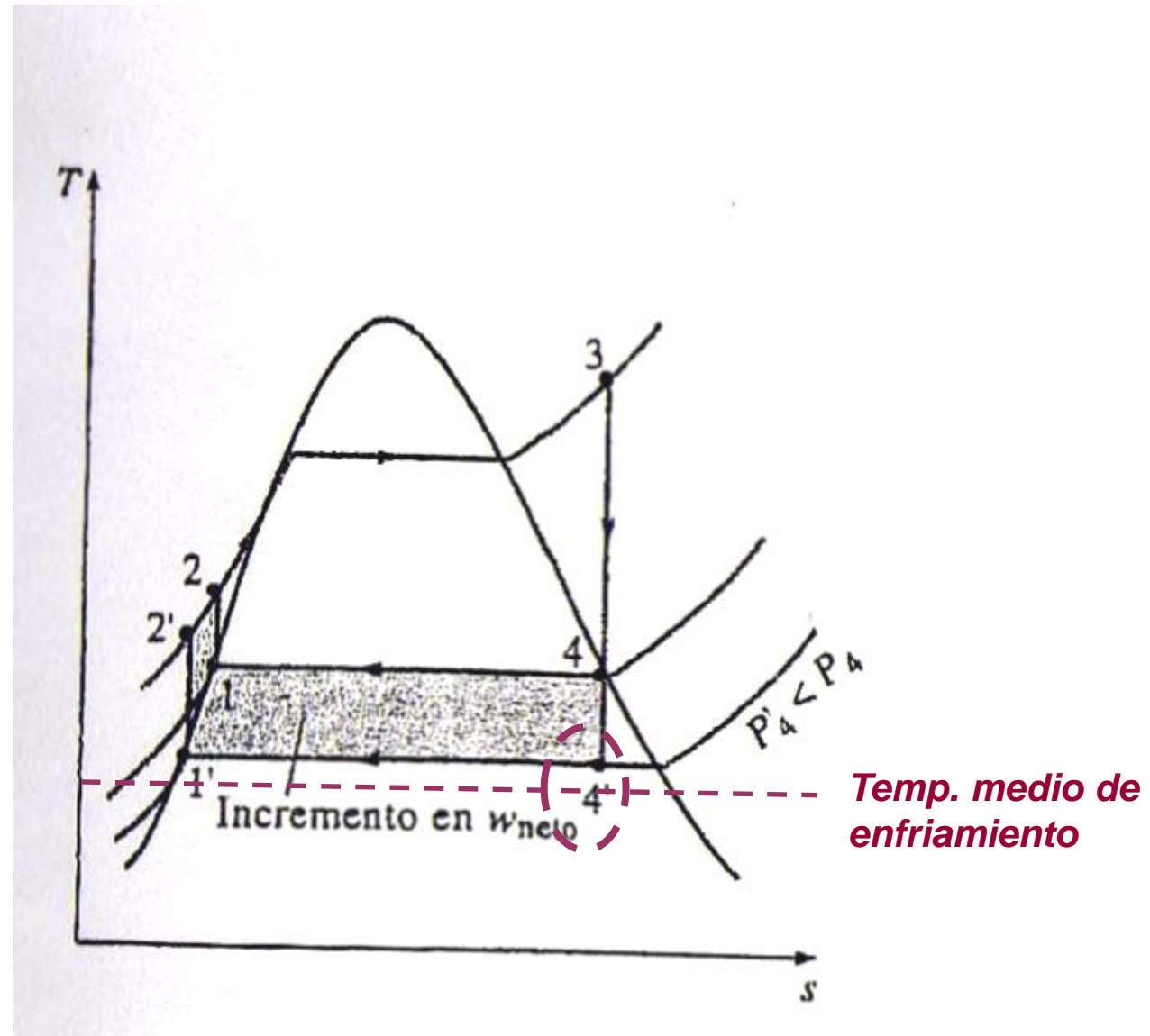


➤ **AUMENTO DE LA
TEMPERATURA FINAL EN EL
SOBRECALENTADOR**

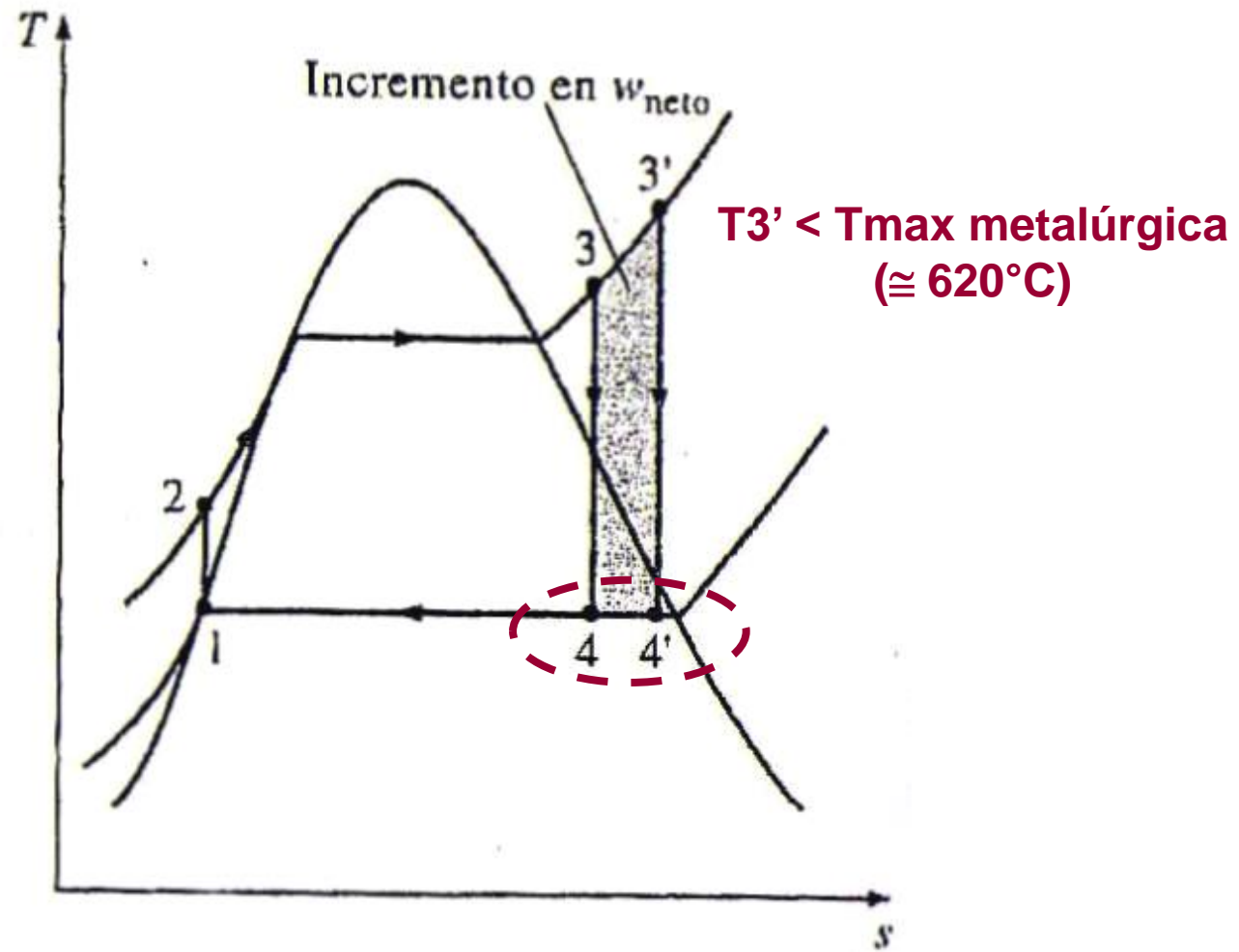
➤ **AUMENTO DE LA PRESIÓN
EN LA CALDERA**



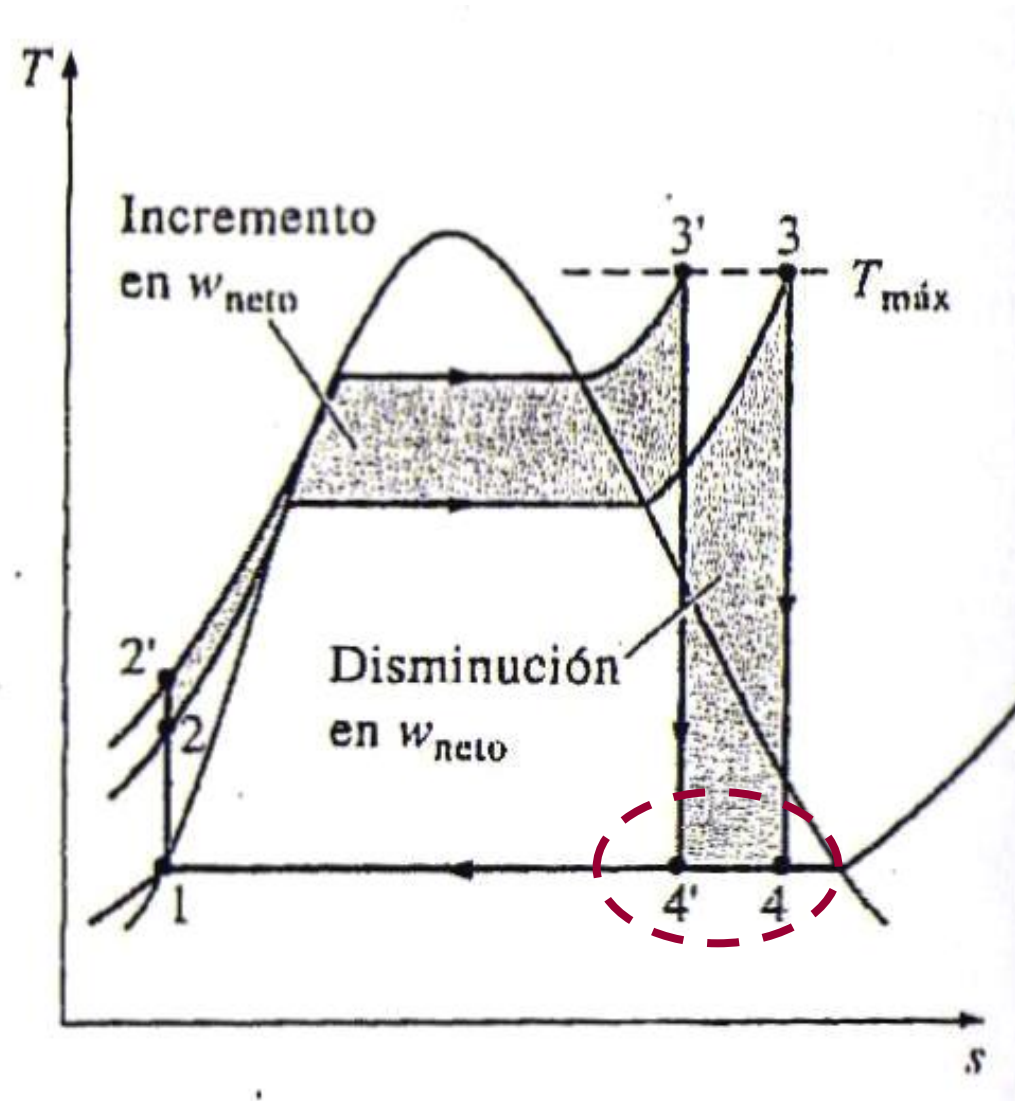
1.DISMINUCIÓN DE LA PRESIÓN EN EL CONDENSADOR



2. AUMENTO DE LA TEMPERATURA FINAL EN EL SOBRECALENTADOR

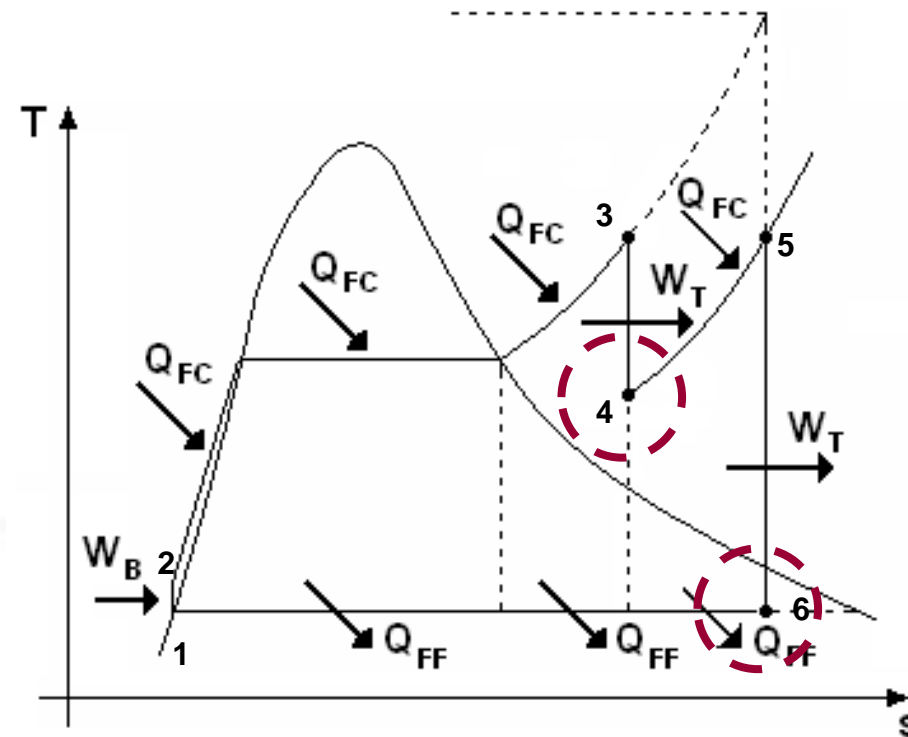
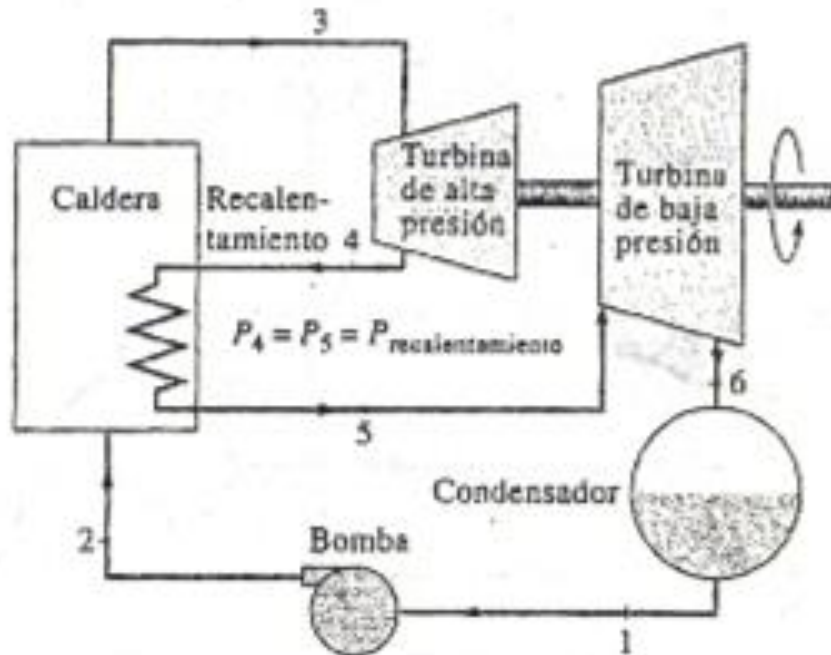


3. AUMENTO DE LA PRESIÓN EN LA CALDERA



CICLO RANKINE CON EXPANSIÓN MÚLTIPLE Y SOBRECALENTAMIENTO INTERMEDIO

Permite incrementar el W_{neto} sin humedad excesiva al final de la expansión

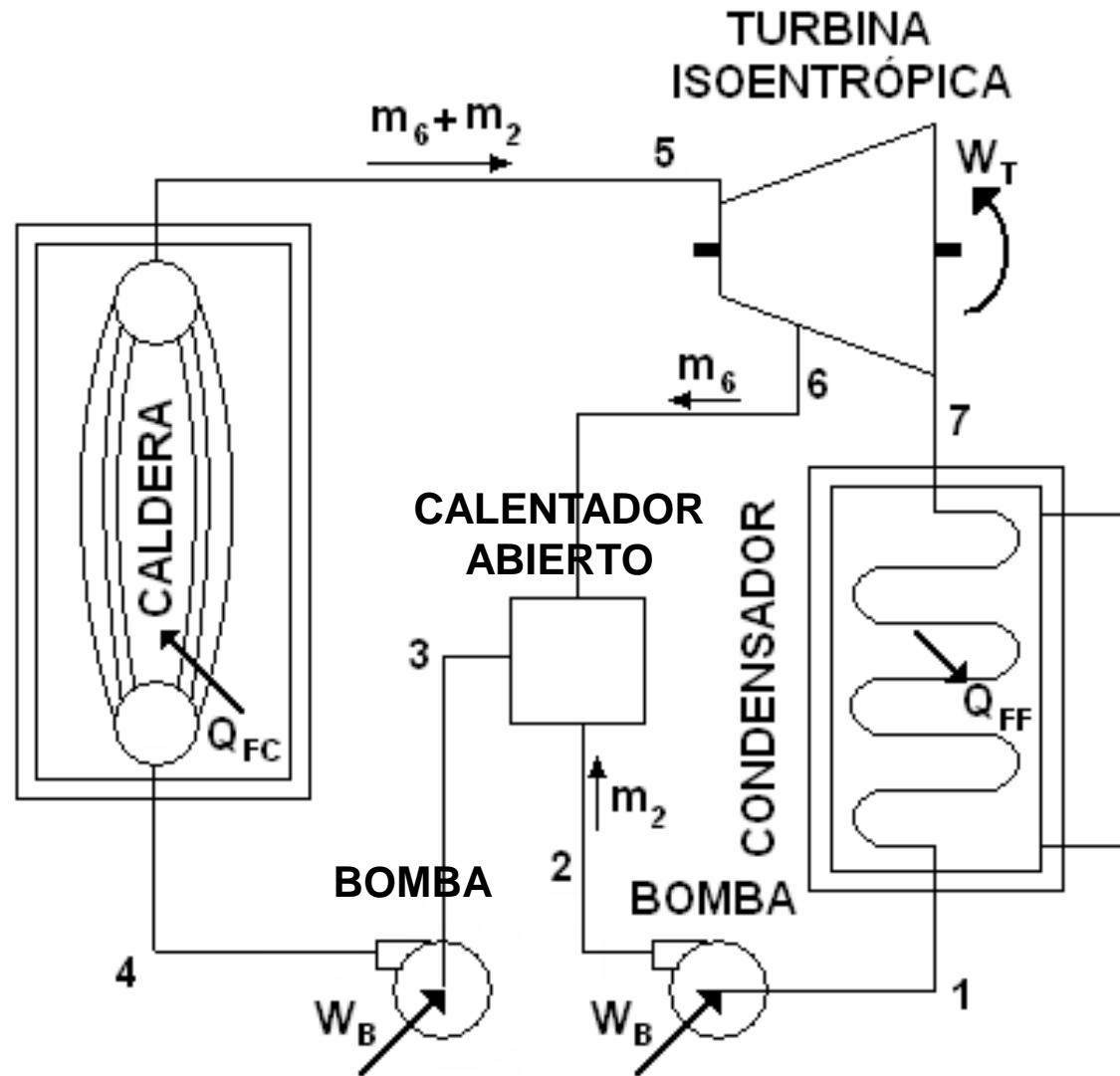


CICLO RANKINE CON EXPANSIÓN MÚLTIPLE Y SOBRECALENTAMIENTO INTERMEDIO



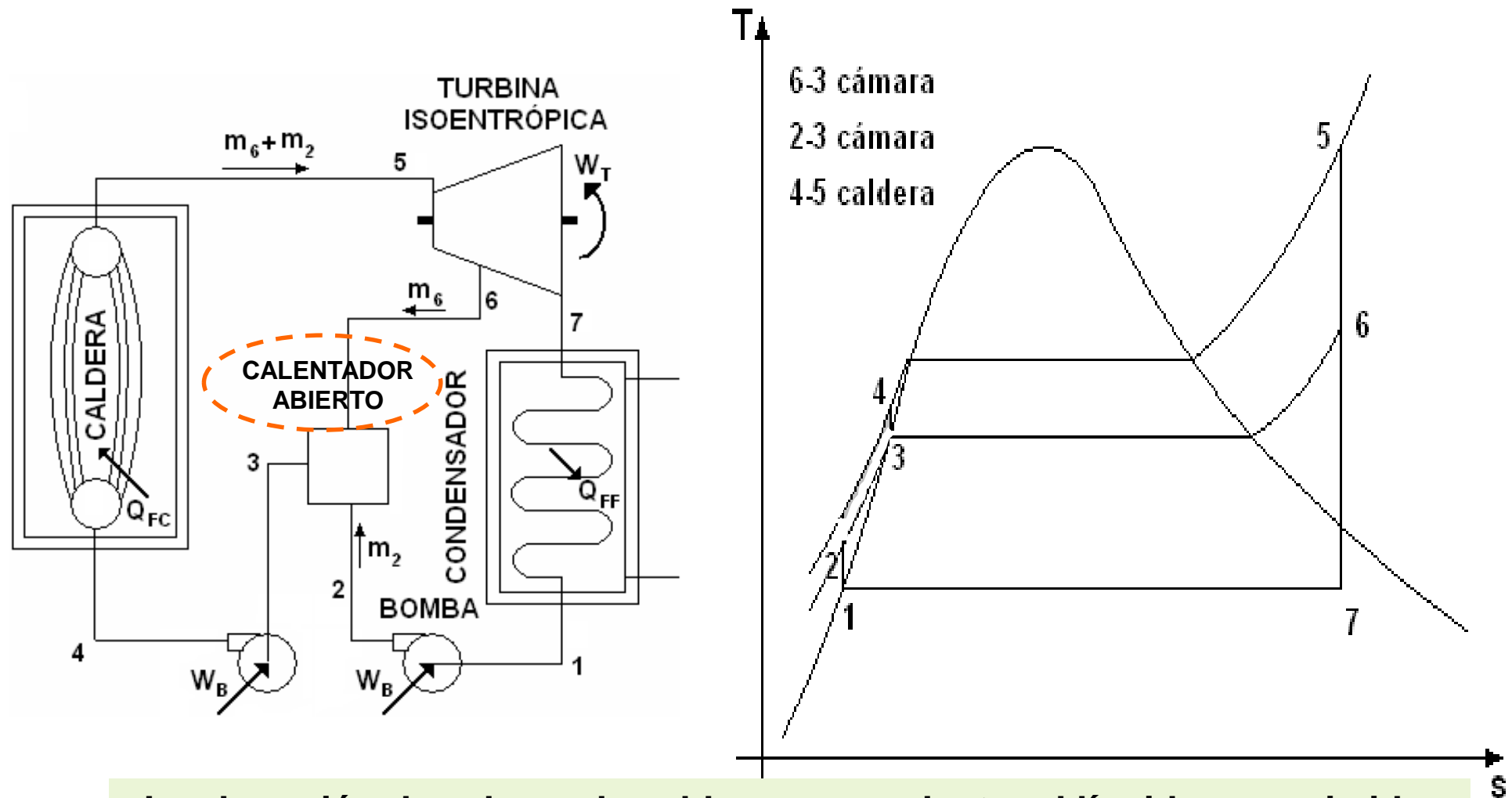
Unidad 12 - Ciclo Vapor con Recalentamiento.avi.mp4

CICLO RANKINE REGENERATIVO (Extracciones, precalentamiento)



$$W_T = m_6 \cdot (h_5 - h_6) + m_2 \cdot (h_5 - h_7)$$

CICLO RANKINE REGENERATIVO



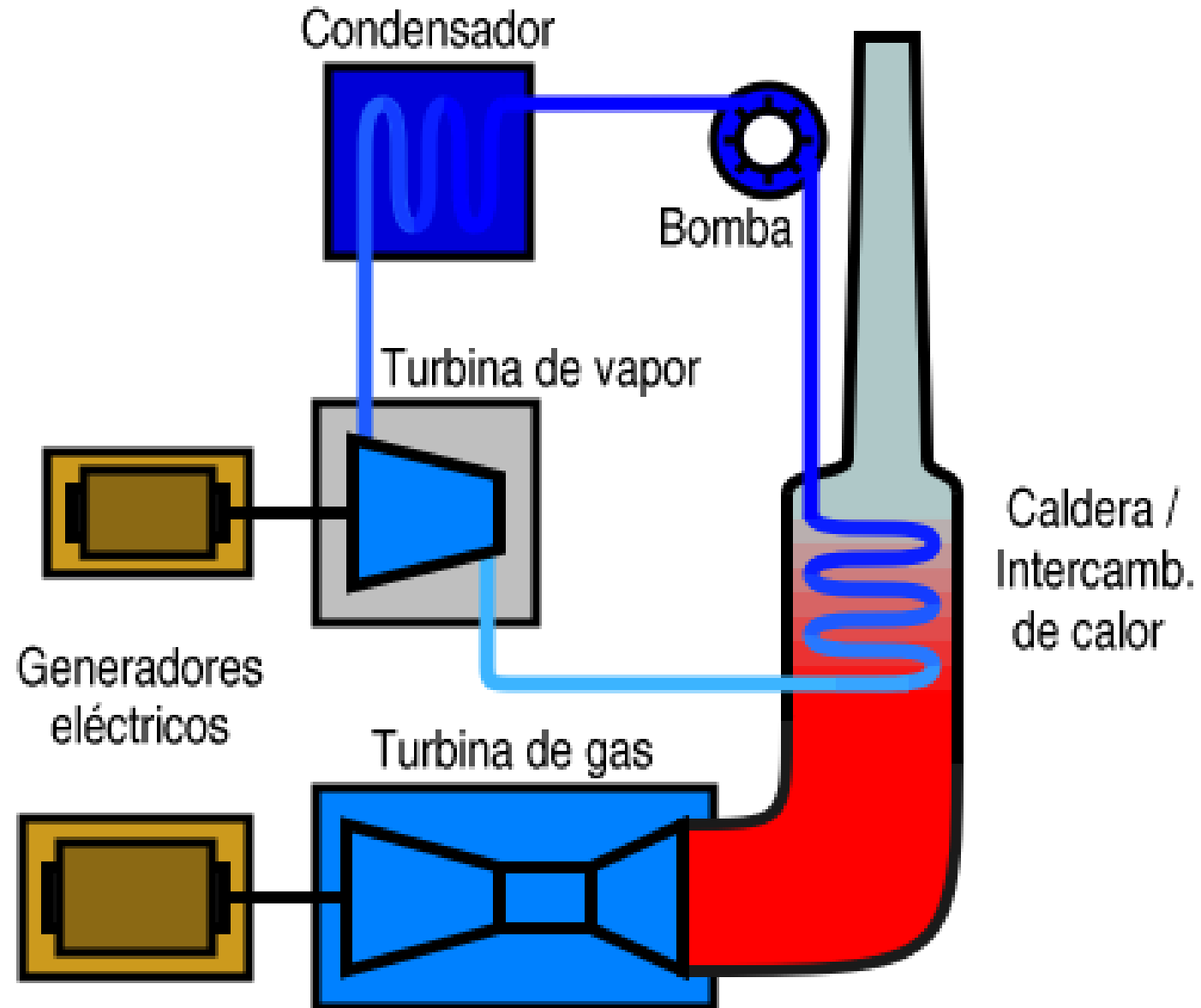
La absorción de calor en la caldera, para calentar el líquido comprimido, se realiza a temperaturas más altas

CICLO RANKINE REGENERATIVO



Unidad 12 - Ciclo de vapor con Regeneración.avi.mp4

COGENERACIÓN: CICLO COMBINADO

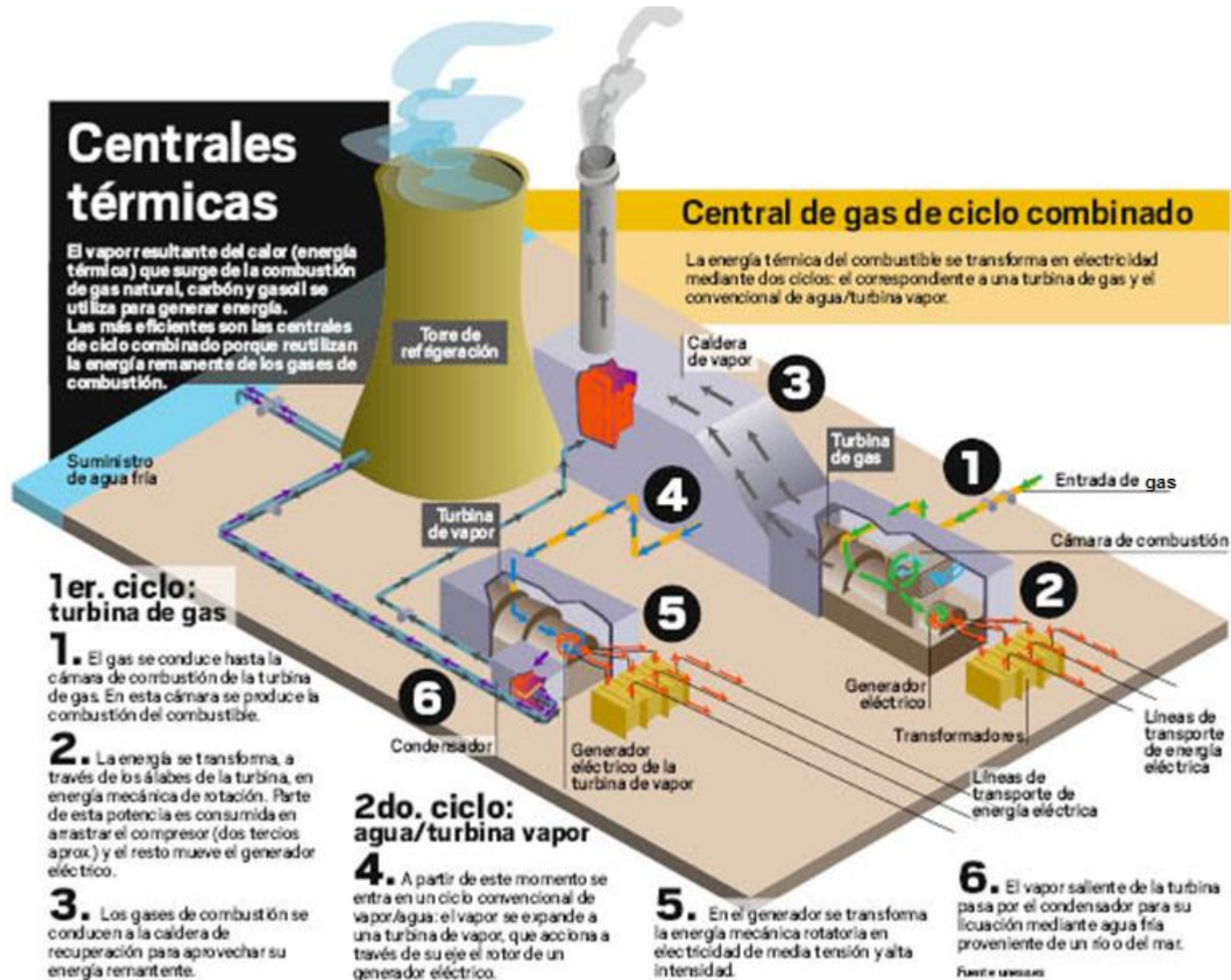


COGENERACIÓN: CICLO COMBINADO

El esquema de Ciclo Combinado permite aprovechar los gases de escape de las turbinas que sobrepasan los 550°C y redirigirlos a una caldera que utiliza los gases para transformar agua en vapor de alta presión que se utiliza como fuerza motriz para impulsar los álabes del rotor de la turbina, y de esta manera transformar la energía cinética de la turbina en energía eléctrica en el generador. De este modo, se eleva la eficiencia en la transformación del combustible (gasoil o gas) a energía eléctrica. En promedio, las turbinas de gas tienen una eficiencia del 34,5% en la transformación energética del combustible en electricidad. Ese porcentaje se elevará al 50% cuando se aplica cogeneración con una turbina de vapor



COGENERACIÓN: CICLO COMBINADO



FIN

