



Última modificación oficial: 26 abr 2026

Para una mejor experiencia usamos la suite de Google.

Técnicas usadas: Bulletpoints + Estilo Cornell + Tablas y gráficos visuales

Puedes borrar el contenido de la sección de palabras clave o anotaciones para que puedas escribir las tuyas. ¡Éxitos!

CONTENIDO

S03: Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor	2
① ¿CÓMO OBLIGAMOS AL CALOR A IR EN CONTRA DE LA NATURALEZA?	2
Lógica del concepto:	2
Mecanismo / Proceso:	2
Reglas / Condiciones:	3
Mnemotecnia: EE-CC	3
Resumen Express:	3
② ¿POR QUÉ LA REALIDAD DESTRUYE NUESTROS CÁLCULOS DE PIZARRA?	4
Lógica del concepto:	4
Proceso (Mapeo del Diagrama Presión-Entalpía):	4
Reglas / Condiciones:	4
La Trampa:	4
Sugerencia de Ilustración:	5
Resumen Express:	5
③ ¿CÓMO MEDIMOS SI NUESTRO SISTEMA ES RENTABLE O UNA BASURA?	5
Lógica del concepto:	5
Mecanismo / Proceso:	6
Reglas / Condiciones: (Ecuaciones obligatorias)	6
Mnemotecnia:	6
La Trampa:	6
Resumen Express:	6



S03: Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor

FICHA TÉCNICA:

- Curso:** Procesos Industriales
- Unidad:** 1 - Fundamentos y Dinámica de Procesos
- Objetivo:** Analizar y evaluar el desempeño de sistemas de refrigeración por compresión de vapor (ideales y reales), determinando flujos de energía y coeficientes de desempeño (COP).

[PROGRESO]:  18% Completado (*Semana 3 de 16*)

Un refrigerador no crea frío. Esa es la mentira más grande. En realidad, es un choro disfrazado: roba el calor de tus alimentos y lo escupe en tu cocina. Y lo mejor de todo es que su "eficiencia" rompe la lógica: es matemáticamente superior al 100%!

Al terminar, podrás ver un refrigerador industrial y saber exactamente qué pasa en cada tubo. Leerás los diagramas Presión-Entalpía (P-h) como si fueran un mapa del tesoro, y sabrás cómo diagnosticar si un compresor te está haciendo perder miles de dólares en la planta.

1 ¿CÓMO OBLIGAMOS AL CALOR A IR EN CONTRA DE LA NATURALEZA?

Fundamentos y Equipos del Ciclo de Refrigeración

Lógica del concepto:

Por naturaleza, el calor siempre viaja de un lugar caliente a uno frío (como un café enfriándose). Para hacer lo inverso (sacar calor de una refri fría y tirarlo a la cocina caliente), el Universo nos cobra un peaje: **Trabajo mecánico**. Usamos un fluido llamado **Refrigerante** (como el R-134a) que hierve a temperaturas bajísimas para atrapar ese calor.

Mecanismo / Proceso:

El ciclo se compone de 4 equipos clave actuando como un circuito cerrado:

1. **Evaporador:** El refrigerante entra helado, absorbe el calor del espacio que queremos enfriar (Q_L) y se evapora.
2. **Compresor:** Toma ese vapor y lo aplasta (usando electricidad, W_{in}). Esto eleva su Presión y Temperatura.
3. **Condensador:** El vapor caliente libera el calor hacia el exterior (Q_H). Al perder calor, se condensa volviéndose líquido otra vez.
4. **Válvula de Expansión** Pasa el líquido por un hueco diminuto. La presión y temperatura caen, dejándolo listo para volver al evaporador.

PALABRAS CLAVE / ANOTACIONES

Qué tal! Espero te sirva este material. Si tienes dudas u observaciones, date una pasada por la página web y contáctame!

Es un proceso que extrae calor de un lugar frío y lo transfiere a un lugar más caliente.

La distribución en los diagramas sería algo así:

1. - Compresor (Músculo)
2. - Condensador (Basur)
3. - Válvula (Estrangular)
4. - Evaporador (Choro)
- 1.



Reglas / Condiciones:

- El evaporador trabaja a Presión Baja constante ($P_1 = P_4$).
- El condensador trabaja a **Presión Alta** constante ($P_2 = P_3$).
- El ciclo **siempre** viaja en sentido antihorario en los diagramas termodinámicos.

Mnemotecnica: EE-CC

Para recordar la función térmica de los equipos grandes:

- Evaporador = Entra calor (Q_L)
- Condensador = Culmina el calor (Sale, Q_H)

Resumen Express:

Equipo	¿Qué le hace al Refrigerante?	Transferencia de Energía
1. Evaporador	Líquido → Vapor	Absorbe calor (Q_L)
2. Compresor	Vapor baja P → Vapor alta P	Consume trabajo eléctrico (W_{in})
3. Condensador	Vapor → Líquido	Rechaza calor al ambiente (Q_H)
4. Válvula Exp.	Baja brutal de Presión	Isoentálpico ($h_3 = h_4$), no hay calor ni trabajo

Evaporador:
Líquido → Vapor

Condensador
Vapor → Líquido

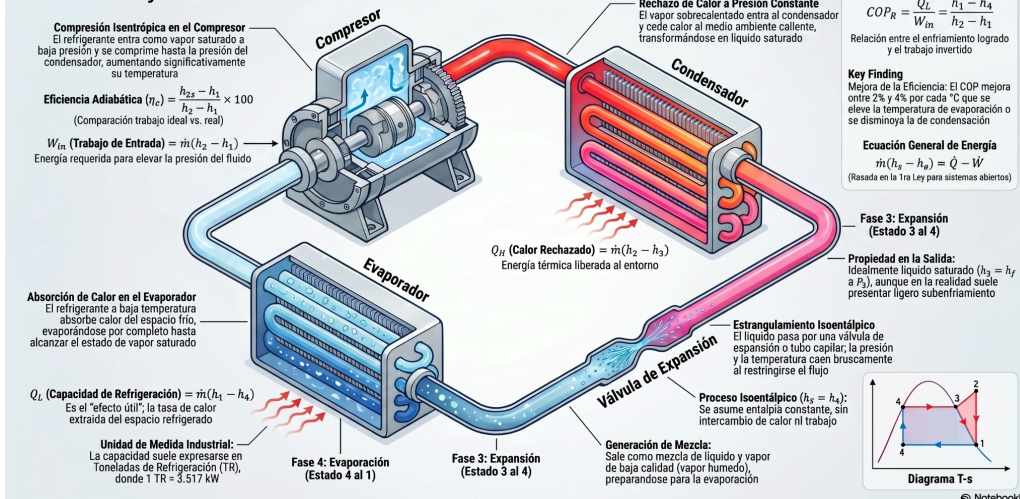
P constante (P1 = P2)

Isoentrópico (s1 = s2)

P constante (P2 = P3)

Isoentálpico (h3 = h4))

El Ciclo de Refrigeración por Compresión de Vapor: Anatomía y Termodinámica





2 ¿POR QUÉ LA REALIDAD DESTRUYE NUESTROS CÁLCULOS DE PIZARRA?

Ciclo Ideal vs. Ciclo Real y el Diagrama P-h

Lógica del concepto:

En papel (Ciclo Ideal), el compresor es perfecto y no hay fricción en los tubos. En la planta (Ciclo Real), el compresor se calienta, la fricción hace perder presión, y si le entra una sola gota de líquido al compresor, este **se destruye**. Para protegerlo, forzamos cambios en las temperaturas de entrada y salida.

Proceso (Mapeo del Diagrama Presión-Entalpía):

1. **Línea Inferior Horizontal:** Evaporador (P_{baja}).
2. **Curva Ascendente a la Derecha:** Compresor (Sube P y sube h porque inyectas trabajo).
3. **Línea Superior Horizontal:** Condensador (P_{alta}).
4. **Caída Vertical Perfecta:** Válvula de Expansión (Entalpía constante: cae verticalmente de alta a baja presión).

Reglas / Condiciones:

Ciclo IDEAL:

- Compresión Isentrópica (Entropía constante: $s_1 = s_2$).
- Entra al compresor como Vapor Saturado ($x = 1$).
- Entra a la válvula como Líquido Saturado ($x = 0$).

Ciclo REAL:

- Compresión Real ($s_2 > s_1$). Aparece la eficiencia adiabática del compresor (η_c).
- **Sobrecalentamiento:** Se calienta el gas *más allá* de saturación antes de entrar al compresor (para asegurar que sea 100% gas).
- **Subenfriamiento:** Se enfría el líquido *más allá* de saturación al salir del condensador (para asegurar flujo perfecto en la válvula).

La Trampa:

Un error clásico de examen es tratar de buscar el valor de h_4 en las tablas de mezcla. ¡No pierdas el tiempo! La válvula es ISOENTÁLPICA. Si ya tienes h_3 (salida del condensador), automáticamente $h_4 = h_3$



Sugerencia de Ilustración:

Guía Maestra de Diagramas Termodinámicos: P-h y T-s

FUNDAMENTOS DE LOS DIAGRAMAS

El Propósito de la Representación Visual

Sirven para modelar ciclos termodinámicos (refrigeración y potencia), permitiendo identificar estados de equilibrio y trayectorias de procesos de forma rápida.

La Campana de Saturación

LÍQUIDO COMPRIMIDO, MEZCLA SATURADA, VAPOR SOBRECALENTADO

Localización de un Punto de Estado

Para fijar un punto, se requieren al menos dos propiedades independientes (ej. P y T) que se cruzan.

EL DIAGRAMA TEMPERATURA-ENTROPÍA (T-s)

Campana de saturación, Crítico, ISOBARAS (Presión constante)

Interpretación de Áreas (Calor y Trabajo)

ÁREA DEL CICLO = TRABAJO NETO (W_{net})

ÁREA BAJO LA CURVA = CALOR TRANSFERIDO (Q)

ENTROPÍA ESPECÍFICA (s) (kJ/kg·K)

EL DIAGRAMA PRESIÓN-ENTALPÍA (P-h)

El Diagrama del Frigorista

ISOTERMAS (Temperatura constante)

Líneas de Temperatura e Isoentrópicas

ISOENTRÓPICAS (Entropía constante)

LONGITUD HORIZONTAL = ΔH (Calor transferido por unidad de masa)

Lectura de Energía Directa

ENTALPÍA ESPECÍFICA (h) (kJ/kg)

APLICACIÓN EN EL CICLO DE REFRIGERACIÓN

1-2: Compresión Isentrópica (Aumento de P y T; línea vertical en T-s; sigue isentrópica en P-h)

2-3: Condensación Isobárica (Rechazo de calor a P constante; horizontal izquierda en P-h hasta líquido saturado)

3-4: Expansión Isentrópica (Válvula; entalpía constante $h_2 = h_4$; línea vertical hacia abajo en P-h)

4-1: Evaporación Isobárica (Absorción de calor a P constante; completa el ciclo)

RESUMEN DE PARTES INDICADAS

RESUMEN DE LOS ELEMENTOS VISUALES		
Elemento	Diagrama T-s	Diagrama P-h
Eje Y	Temperatura (T)	Presión (log P)
Eje X	Entropía (s)	Entalpía (h)
Curva de Saturación	Punto Crítico en el tope	Punto Crítico en el tope
Línea de Líquido Saturado	Lado izquierdo de la campana	Lado izquierdo de la campana
Línea de Vapor Saturado	Lado derecho de la campana	Lado derecho de la campana
Área Relevante	Área bajo la curva = Calor	Longitud horizontal = ΔH

Resumen Express:

Característica	Ciclo IDEAL	Ciclo REAL	¿Por qué cambia?
Entrada al compresor	Vapor saturado	Vapor sobrecalentado	Evitar que líquido destruya el compresor
Salida del condensador	Líquido saturado	Líquido subenfriado	Mejorar el efecto de refrigeración
Proceso de compresión	Isentrópico ($s_1 = s_2$)	Entropía aumenta ($s_2 > s_1$)	Hay fricción mecánica e irreversibilidades

3 ¿CÓMO MEDIMOS SI NUESTRO SISTEMA ES RENTABLE O UNA BASURA?

Evaluación Matemática: El COP y los Balances

Lógica del concepto:

En los motores normales, la eficiencia nunca pasa del 100%. Pero aquí movemos la energía. Por eso no usamos "eficiencia", usamos el **COP (Coeficiente de Desempeño)**. Puede tener valores de 2, 3 o hasta 5. Significa que por cada kW eléctrico que pagas, el equipo mueve 3 o 4 kW de calor térmico.



⚙️ Mecanismo / Proceso:

1. Determina las entalpías (h_1, h_2, h_3, h_4) usando las Tablas de R-134a (A-11 a A-13).
2. Calcula el trabajo del compresor (W_{comp}) y el calor absorbido en el evaporador (Q_L).
3. Divide lo que te beneficia (Q_L) entre lo que te cuesta dinero (W_{comp}).

📏 Reglas / Condiciones: (Ecuaciones obligatorias)

- **Calor Absorbido (Efecto Refrigerante):** $\widehat{Q}_L = \widehat{m}(h_1 - h_4)$
- **Trabajo del Compresor Ideal:** $\widehat{W}_{ideal} = \widehat{m}(h_{2s} - h_1)$
- **Trabajo del Compresor Real:** $\widehat{W}_{real} = \widehat{m}(h_2 - h_1)$
- **Calor Rechazado (Condensador):** $\widehat{Q}_H = \widehat{m}(h_2 - h_3)$
- **Eficiencia del Compresor:** $\eta_C = \frac{\widehat{W}_{ideal}}{\widehat{W}_{real}} = \frac{h_{2s} - h_1}{h_2 - h_1}$
- **Factor de Conversión Vital:** 1 Tonelada de Refrigeración (TR) = 3.517 kW = 211 kJ/min.

🔒 Mnemotecnia:

La Regla del Dinero (El ROI Termodinámico) para el COP:

$$COP_R = \frac{\text{Lo que OBTIENES } (Q_L)}{\text{Lo que PAGAS a Luz del Sur } (W_{comp})}$$

⚠️ La Trampa:

En los exámenes a veces te dan la Capacidad de Refrigeración en **Toneladas (TR)**. ¡No puedes meter "Toneladas" directo a la ecuación! Siempre conviértelo a kW (kilojoules por segundo) multiplicando por 3.517 antes de hacer cualquier cálculo de flujos másicos.

💡 Resumen Express:

- El **Balance Global** del equipo cerrado dicta que toda la energía que entra, debe salir: $Q_H = Q_L + W_{comp}$
- El COP_R **siempre debe ser mayor a 1** en condiciones industriales normales. Si te sale 0.8, revisa tus cálculos de entalpía.
- Si el problema dice "**Ciclo Ideal**", asegúrate de que el compresor calcule h_2 usando $s_1 = s_2$ en la tabla de vapor sobrecalentado (A-13).



Genial! Si llegaste hasta aquí es más que suficiente para entender la semana. Pero si quieres profundizar alguna parte o concepto puedes visitar los recursos adicionales en www.ingenierolocaso.com en la sección de CONTENIDO.

Utiliza ese material como guía o complemento, de todas formas tienes que darle una repasada, ESE EXÁMEN NO SE VA A PASAR POR ARTE DE MAGIA. TU PUEDES!

Síguenos en nuestras redes para enterarte de todas las novedades!