

MÁQUINAS DE COMPRESIÓN SIMPLE II

EL PROCESO DE COMPRESION

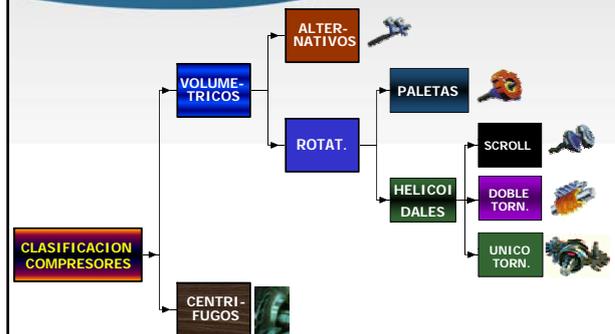
LOS COMPRESORES FRIGORIFICOS



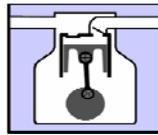
LOS COMPRESORES FRIGORIFICOS



CLASIFICACION



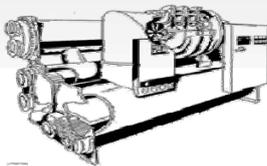
COMPRESORES ALTERNATIVOS



COMPRESORES ROTATIVOS



COMPRESORES CENTRIFUGOS



LOS COMPRESORES FRIGORIFICOS

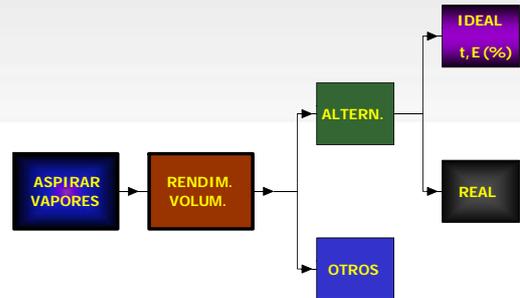


FUNCIONES DE UN COMPRESOR

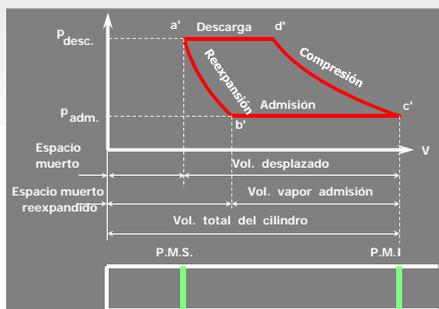
- El compresor es el "corazón" de una instalación de producción de frío por compresión, siendo su función doble:
 - ASPIRACION; de los vapores formados en evaporador, pues de acumularse aumentaría la presión y con esta la temperatura.
 - COMPRESION; aumento de presión hasta un nivel que permita su condensación con ayuda de un agente externo "gratuito".



FUNCIÓN DE ASPIRACIÓN



COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento volumétrico



COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento volumétrico



$$R_v = \frac{\text{(volumen de admisión)}}{\text{(volumen desplazado)}} = \frac{V_{c'} - V_{b'}}{V_{c'} - V_{a'}} = \frac{(V_{c'} - V_{a'}) - (V_{b'} - V_{a'})}{V_{c'} - V_{a'}} = 1 + \frac{V_{a'} - V_{b'}}{V_{c'} - V_{a'}}$$

COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento volumétrico. Caso adiabático



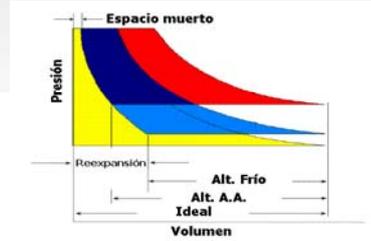
$$V_{b'} = V_{a'} t^{\frac{1}{n}}$$

$$E = \frac{V_{a'}}{V_{c'} - V_{a'}}$$

$$R_v = 1 + E - E t^{\frac{1}{n}}$$

$$E \left(1 - t^{\frac{1}{n}}\right) < 0$$

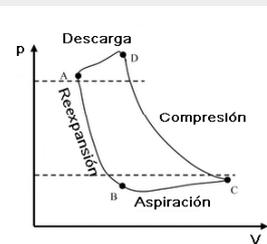
RENDIMIENTO VOLUMETRICO Variación de tasa (evaporación)



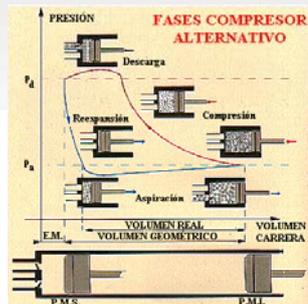
MÁQUINAS DE COMPRESIÓN Rendimiento volumétrico real

- Otros factores que afectan al rendimiento volumétrico.
 - Efecto de válvulas:
 - Inercia en actuación.
 - Pérdida de carga.
 - Adición de calor al vapor de admisión (Expansiones y compresiones no adiabáticas).
 - Fugas.
 - Presencia de incondensables y lubricante.

COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Diagrama de indicador



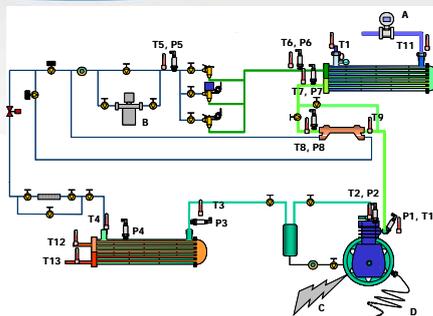
COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Fases



DATOS EXPERIMENTALES Dispositivo



DATOS EXPERIMENTALES Esquema medidas



DATOS EXPERIMENTALES Características compresor

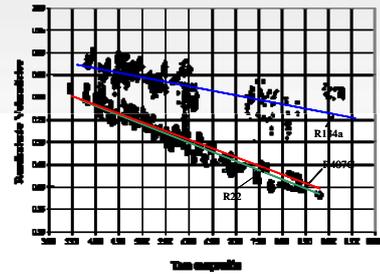
- Compresor Bitzer model V, de 5 kW conectado por poleas.
- Dimensiones:
 - Diámetro cilindro = 85 mm.
 - número de cilindros = 2.
 - Carrera = 60 mm.
 - Volumen geométrico = 681 cm³.

$$V_G = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot z \cdot s$$

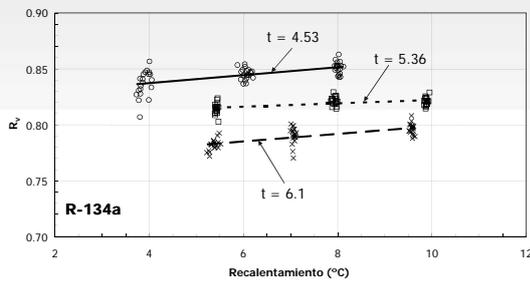
DATOS EXPERIMENTALES
Rango de medidas

| | | P_K | T_K | P_0 | T_0 |
|-------|------|-------|-------------|-------|-------------|
| | | bar | $^{\circ}C$ | bar | $^{\circ}C$ |
| R134a | min. | 8.95 | 35.32 | 1.65 | -14.81 |
| | max. | 15.10 | 55.52 | 3.79 | 7.37 |
| R407C | min. | 14.68 | 33.08 | 2.44 | -16.93 |
| | max. | 22.05 | 50.17 | 4.51 | -0.63 |
| R22 | min. | 15.27 | 39.83 | 2.61 | -18.42 |
| | max. | 22.07 | 55.65 | 4.76 | 22.07 |

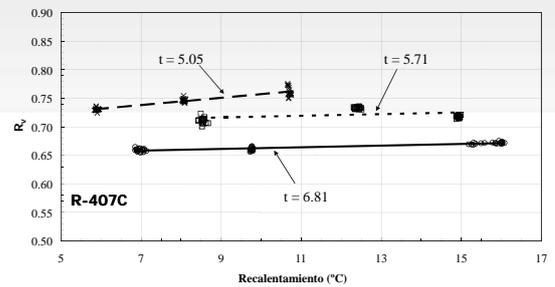
DATOS EXPERIMENTALES
Rendimiento volumétrico

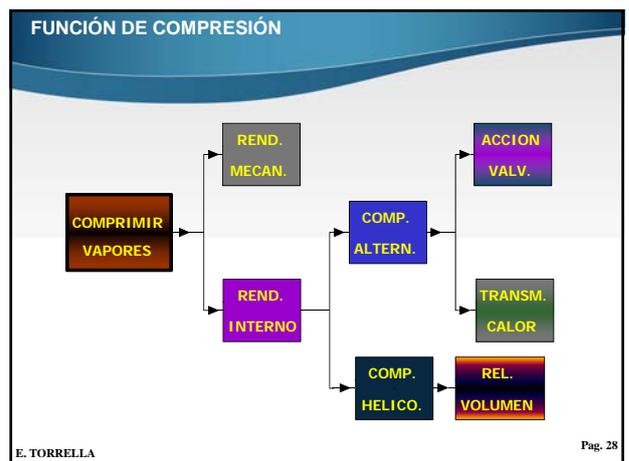
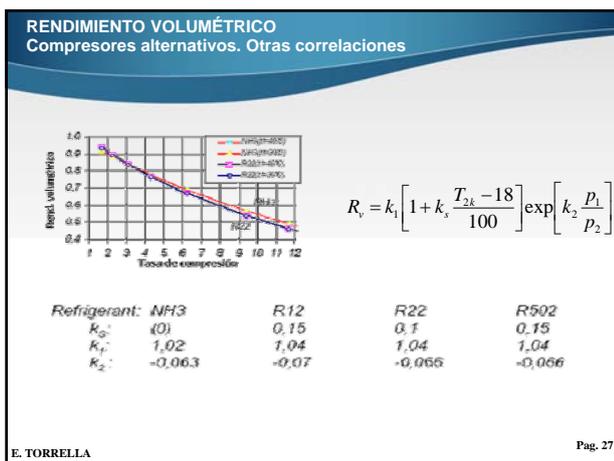
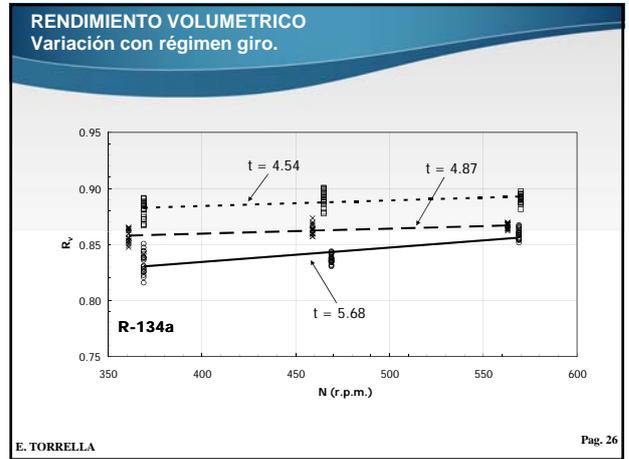
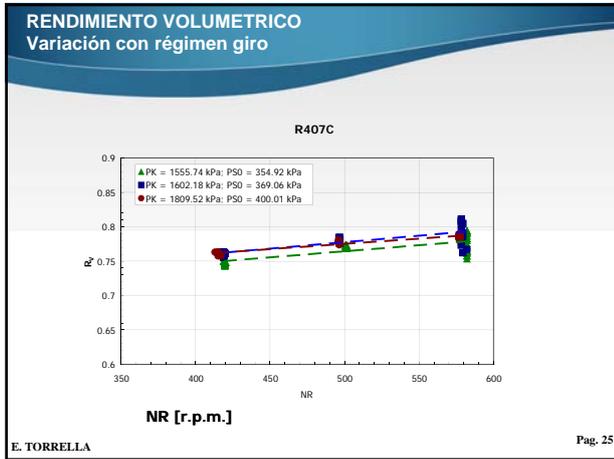


RENDIMIENTO VOLUMETRICO
Variación con recalentamiento



RENDIMIENTO VOLUMETRICO
Variación con recalentamiento



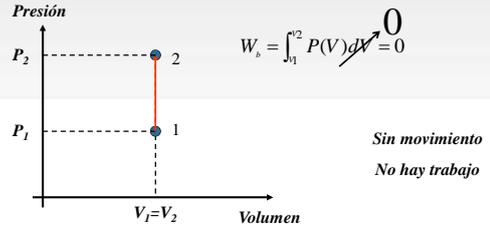


TRABAJO NECESARIO EN EL PROCESO DE COMPRESIÓN

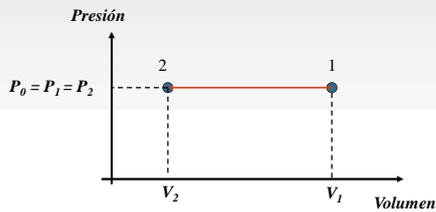
- Para cualquier tipo de transformación que tenga lugar en el equipo, el trabajo específico de compresión, entre el estado inicial "1" y el final "2", se expresa como:

$$W_s = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV$$

COMPRESION A VOLUMEN CTE.



COMPRESION A PRESION CTE.



COMPRESION ISOTERMA

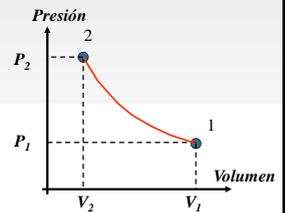
Para gas ideal

$$PV = mRT$$

$$PV = mRT_0 = cte \rightarrow P(V) = \frac{cte}{V}$$

$$W_s = \int_{V_1}^{V_2} P(V) dV = C \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V} = C \ln \frac{V_2}{V_1}$$

$$W_s = mRT_0 \ln \frac{V_2}{V_1} = mRT_0 \ln \frac{P_1}{P_2} = P_1 V_1 \ln \frac{V_2}{V_1} = P_2 V_2 \ln \frac{V_2}{V_1}$$



COMPRESION ISOENTROPICA

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} P(V)dV$$

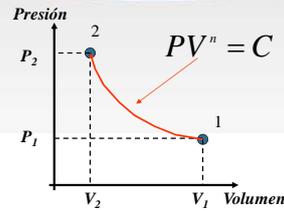
▪ Si consideramos el proceso ideal como el de un gas perfecto sometido a un proceso isoentrópico:

$$\begin{aligned} dq &= du + p dv & dh &= c_p dT = du + p dv + v dp \\ dq &= 0 & dq &= 0 = du + p dv \\ du &= c_v dT = -p dv & dh &= c_p dT = v dp \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{c_p dT}{c_v dT} &= \frac{v dp}{-p dv} ; \gamma = \frac{c_p}{c_v} \\ \frac{dp}{p} + \gamma \frac{dv}{v} &= 0 \Rightarrow \ln p + \gamma \ln v = C \rightarrow p v^\gamma = K \end{aligned}$$

$$W_s = \frac{\gamma P_{aspiración} V_{aspiración}}{\gamma - 1} \left[1 - (\gamma - 1) / \gamma - 1 \right]$$

COMPRESION REAL POLITROPICA



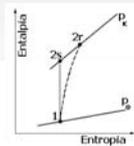
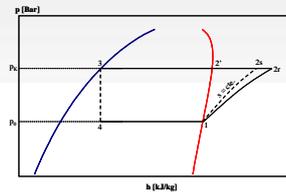
$$P(V) = \frac{C}{V^n} = C V^{-n}$$

$$W_b = \int_{V_1}^{V_2} P(V)dV = C \int_{V_1}^{V_2} \frac{dV}{V^n}$$

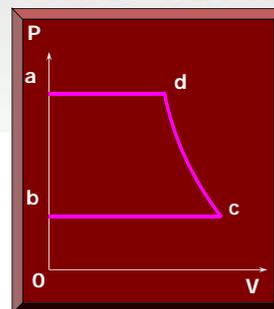
$$= \frac{C V_2^{-n+1} - C V_1^{-n+1}}{-n+1} = \frac{C V_2^{-n} V_2 - C V_1^{-n} V_1}{-n+1} = \frac{P_2 V_2 - P_1 V_1}{1-n}$$

Para gas ideal: $W_b = \frac{m R (T_2 - T_1)}{1-n}$

COMPRESIONES ISOENTROPICA Y POLITROPICA



COMPRESOR ALTERNATIVO IDEAL

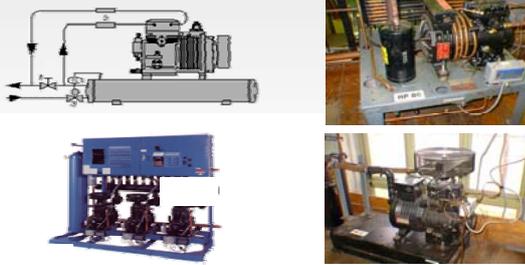


Fases:

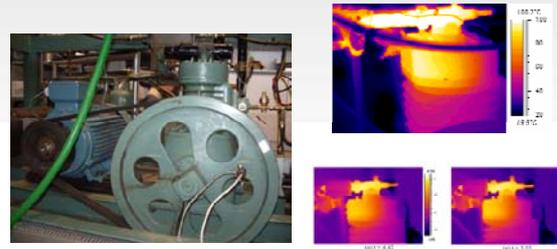
- Admisión b-c.
- Compresión c-d.
- Descarga d-a.

$$W_p = \frac{\text{Area } \{a b c d\}}{m_p}$$

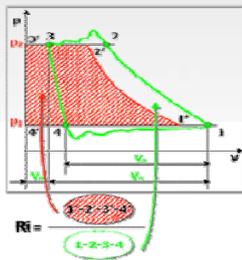
COMPRESORES Enfriamiento externo



COMPRESOR ALTERNATIVO REAL No adiabático



COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento interno



$$\eta_i = \frac{\text{Area } \{1'-2'-3'-4'\}}{\text{Area } \{1-2-3-4\}}$$

COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento interno

- Trabajo específico real

$$w_r = \frac{\text{Area } \{1-2-3-4\}}{m_p}$$

- Definición del rendimiento volumétrico

$$\frac{m_r}{m_p} = R_v$$

- Definición del rendimiento interno

$$R_i = \frac{w_r}{w_p} = \frac{\text{Area } \{1'-2'-3'-4'\}}{\text{Area } \{1-2-3-4\}} \frac{m_r}{m_p} = R_v \frac{\text{Area } \{1'-2'-3'-4'\}}{\text{Area } \{1-2-3-4\}} \rightarrow R_i \approx R_v$$

RENDIMIENTO INTERNO

Los factores más importantes que inciden sobre la desviación, respecto a isoentrópica, que se produce en un proceso real son:

- Interacción térmica
- Rozamientos en el movimiento del fluido

RENDIMIENTO INTERNO Interacción térmica

- La termostransferencia, que tiene lugar entre el fluido circulante y las paredes metálicas del compresor, confieren un carácter no adiabático al proceso, y por lo tanto una desviación respecto a la transformación isoentrópica de referencia.
 - Las fases de compresión y de reexpansión de vapores ocluidos en el espacio muerto pueden despreciarse en cuanto a fenómenos de termostransferencia, basados en el hecho de su pequeña duración y del sentido contrario en cuanto a sentidos del flujo de calor en ambos procesos. De cualquier modo en la figura se ha representado su efecto, puesto de manifiesto en la no consideración de transformaciones isoentrópicas.
 - Respecto a la fase de descarga, la potencia térmica puede también ser despreciada al no modificar de manera sensible la potencia requerida.
 - Al contrario que en descarga, en la fase de aspiración la absorción de calor por los vapores es un factor de importancia debido a la modificación que conlleva en el valor del volumen específico de la corriente de vapores. Su efecto no sólo es importante sobre el rendimiento indicado sino también sobre el volumétrico.

RENDIMIENTO INTERNO Rozamientos

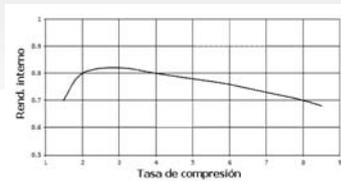
Prácticamente estas pérdidas se deben al paso del fluido a través de las válvulas de aspiración y descarga. La pérdida de carga a través del orificio de una válvula, supuesto flujo y densidad constantes, puede expresarse como:

$$\Delta p = \rho \frac{u^2}{2} = \rho \left[\frac{A_{cil}}{K_v A_v} \right]^2 \frac{u_p^2}{2}$$

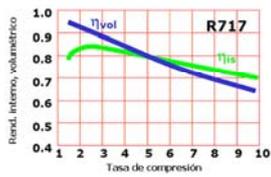
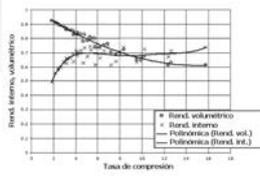
en la que:

- u = velocidad del fluido.
- A_{cil} = sección del cilindro.
- A_v = sección de paso por la válvula.
- K_v = coeficiente de flujo de la válvula.
- u_p = velocidad del pistón.

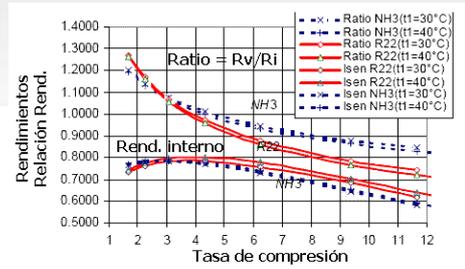
COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento interno. Variación con la tasa



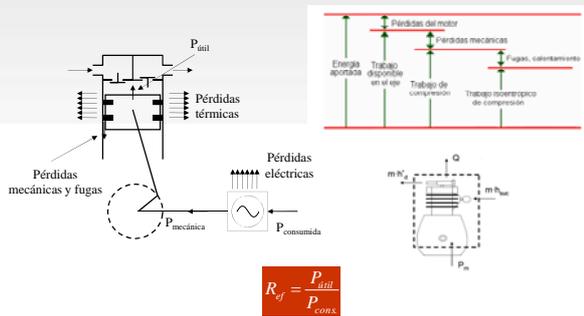
RENDIMIENTOS INTERNO Y VOLUMETRICO Variación con la tasa



RENDIMIENTOS INTERNO Y VOLUMETRICO Variación con la tasa



COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento efectivo (mecánico)

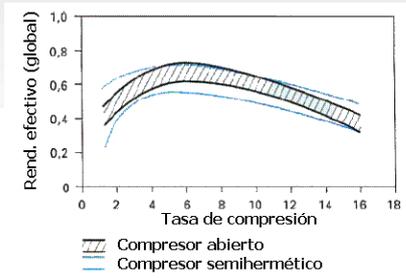


$$R_{ef} = \frac{P_{ini}}{P_{cons}}$$

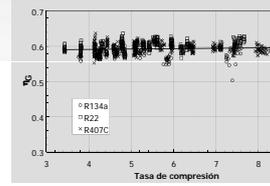
COMPRESOR ALTERNATIVO REAL Rendimiento motor eléctrico

- Rango normal entre 0.65 y 0.96
- Valores sobre 0.65 para pequeña potencia
- Valores sobre 0.96 para alta potencia

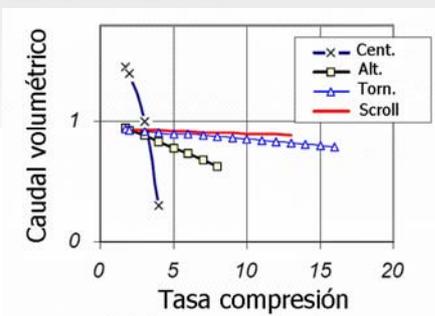
RENDIMIENTO EFECTIVO Variación con la tasa



RENDIMIENTO EFECTIVO (GLOBAL) Variación con la tasa.



CARACTERÍSTICAS



LOS COMPRESORES FRIGORIFICOS



RANGO APLICACION

