REFRIGERACION INDUSTRIAL

# COMPRESORES

BIBLIOGRAFÍA:

W. Stoecker: “Industrial Refrigeration Handbook”, 1998.

ASHRAE: Handbook of Fundamentals, 1997

Unidad común de potencia:

Tonelada de refrigeración (ton o TR)

Potencia requerida para convertir 1 ton de agua a 32º F en hielo a 32º F, en 24 horas. (Short ton = 907,2 kg)

| | | | |
|---|---|---|---|
| 1 ton ⇔ | 12000 BTU/h | <=> | 3024 kcal/h |

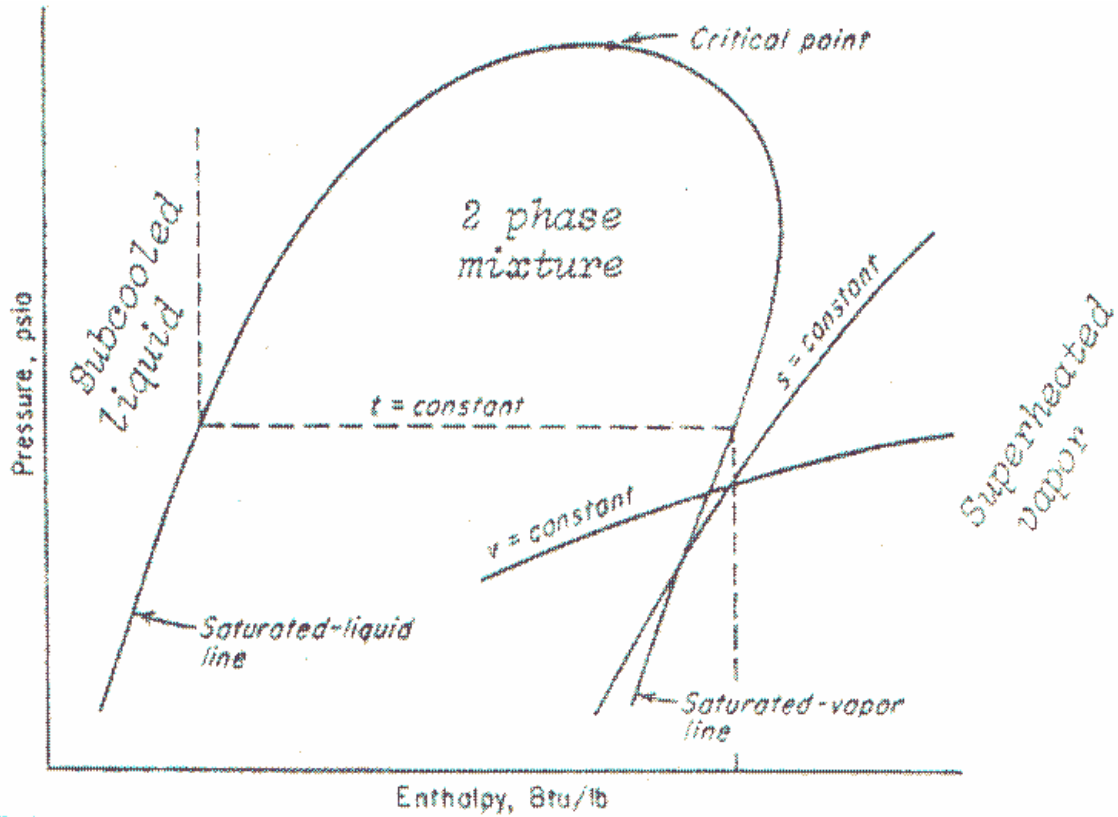
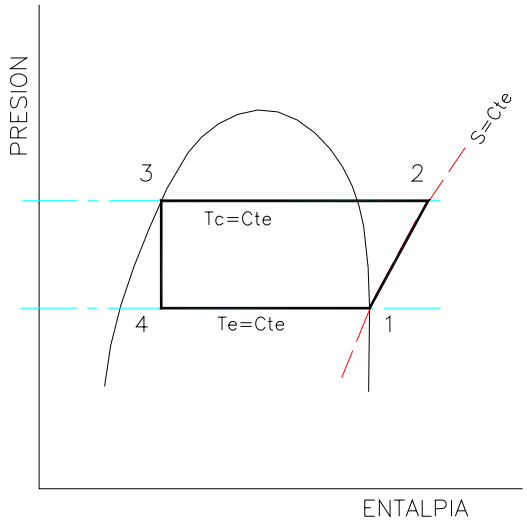



Fig. 2.1 Pressure-Enthalpy Plot of a Refrigerant

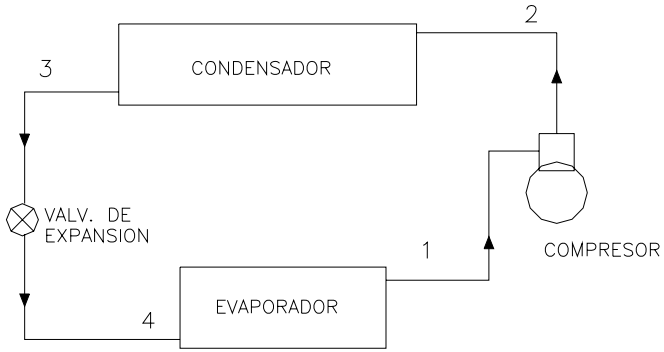


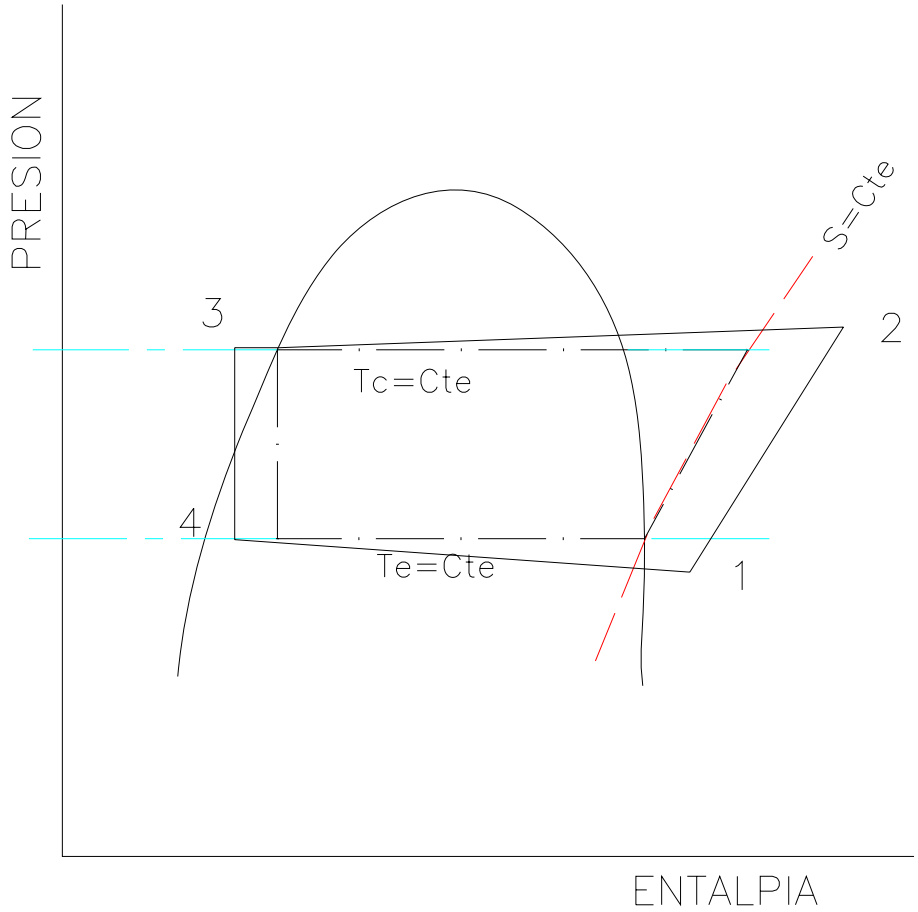

CICLO ESTANDAR DE COMPRESION DE VAPOR

1–2: COMPRESION ISOENTROPICA
2–3: CONDENS. REVERSIBLE
3–4: EXPANSION ISOENTALPICA (IRREV.)
4–1: EVAPORACION REVERSIBLE.

COEF. DE FUNCIONAMIENTO (C.O.P.)=

$$\frac{\text{EFECTO REFRIGERANTE}}{\text{TRABAJO DE COMPRESION}} = \frac{h1 - h4}{h2 - h1}$$






CICLO REAL DE COMPRESION DE VAPOR

# COMPRESORES.

Clasificación según funcionamiento.

Los 3 tipos mas comunes:

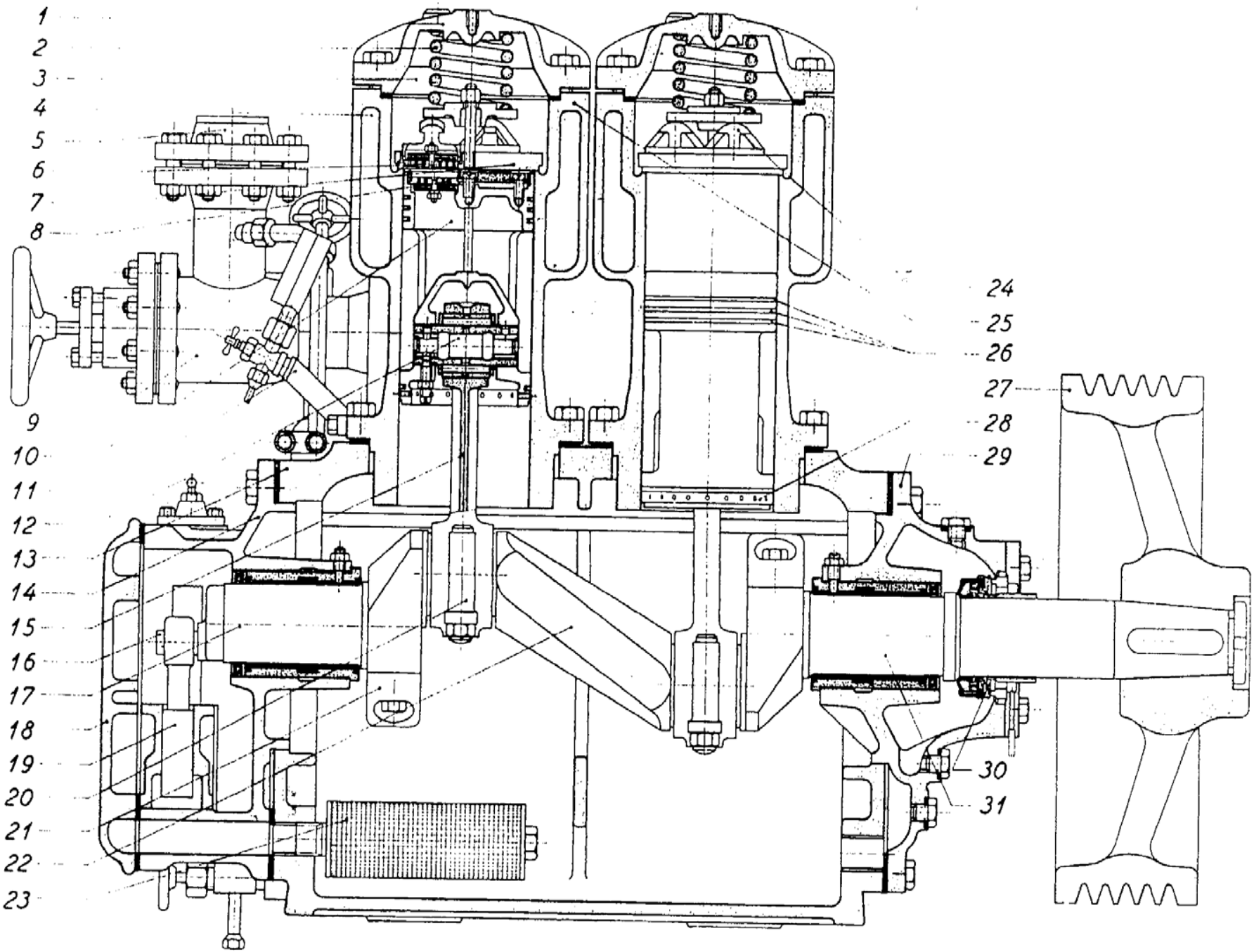
- Alternativos;
- Rotativos:
- Centrífugos.

# COMPRESORES ALTERNATIVOS

Van desde fracciones a cientos de HP.

Tres tipos:

- Abiertos,
- Semi herméticos,
- Herméticos.


1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31

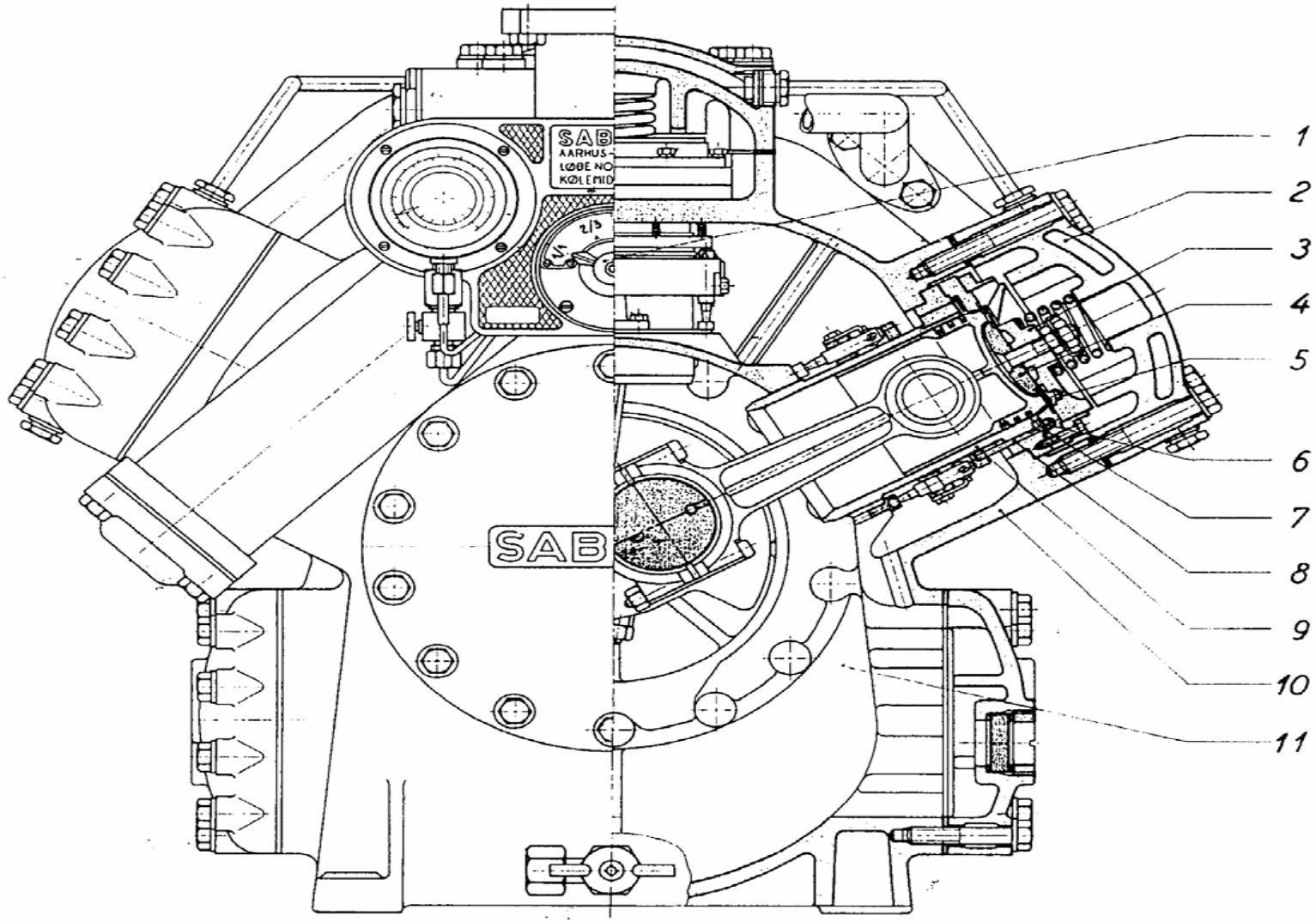



Fig. 6.–The trend in design of reciprocal compressors has for many years been towards higher speeds. This illustration shows a W-type capacity controlled compressor for ammonia, X-12, or X-22 (Sabroe).

The newest reciprocating types are the V-, W-, and VV-compressors in which the cylinders are arranged in two, three, and four inclined rows, respectively, each consisting of two or more cylinders. In this way a large range of capacities can be covered by a varied number of parts of equal size, e. g. cylinders, cylinder heads, valve plates, pistons, and connecting rods.

# Compresor Reciprocante

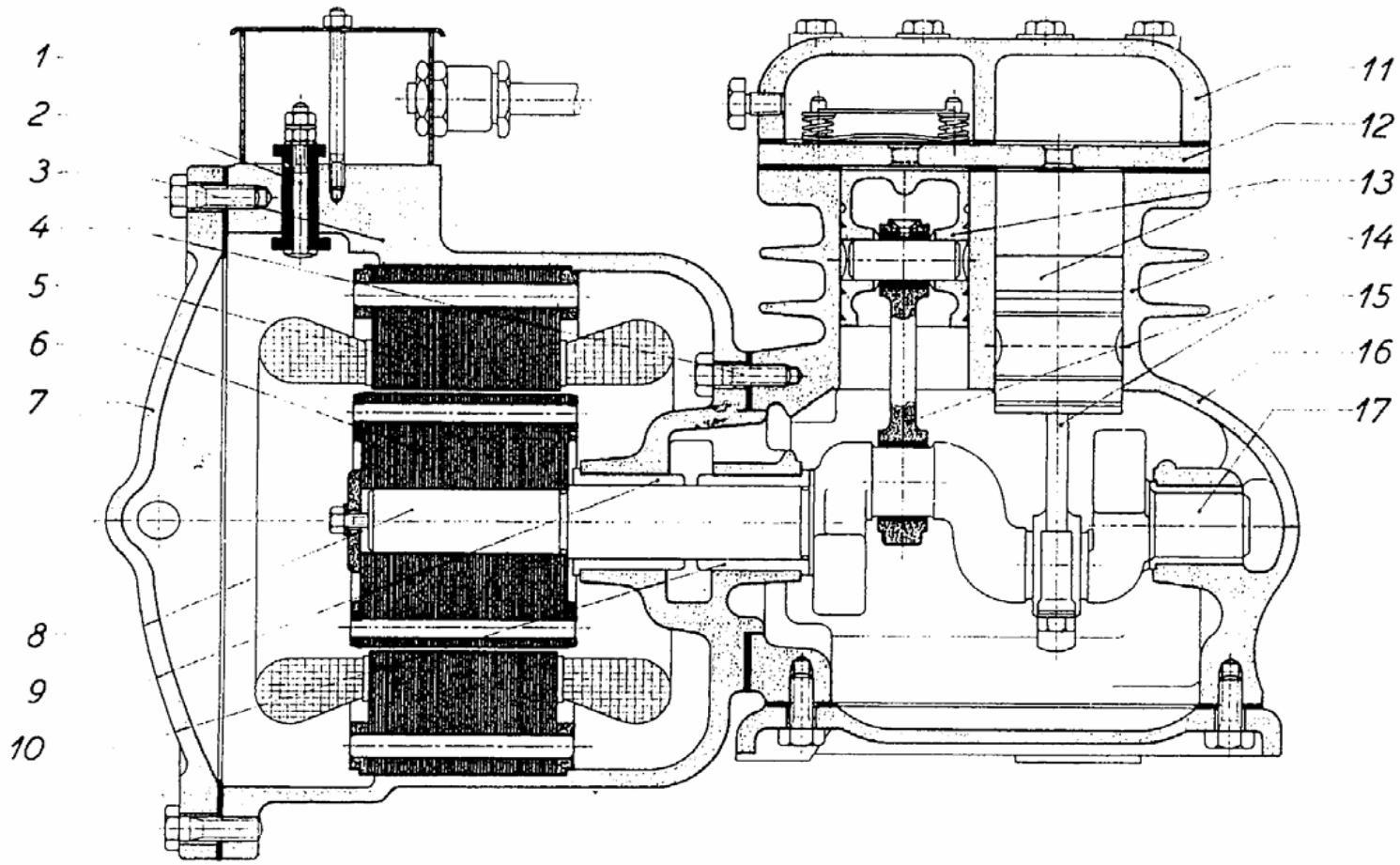



Fig. 7.–Cross sectional drawing of a semi-hermetic two cylinder reciprocating compressor. Only cylinder covers and the plates with suction and discharge valves are accessible from the outside for servicing (Atlas).

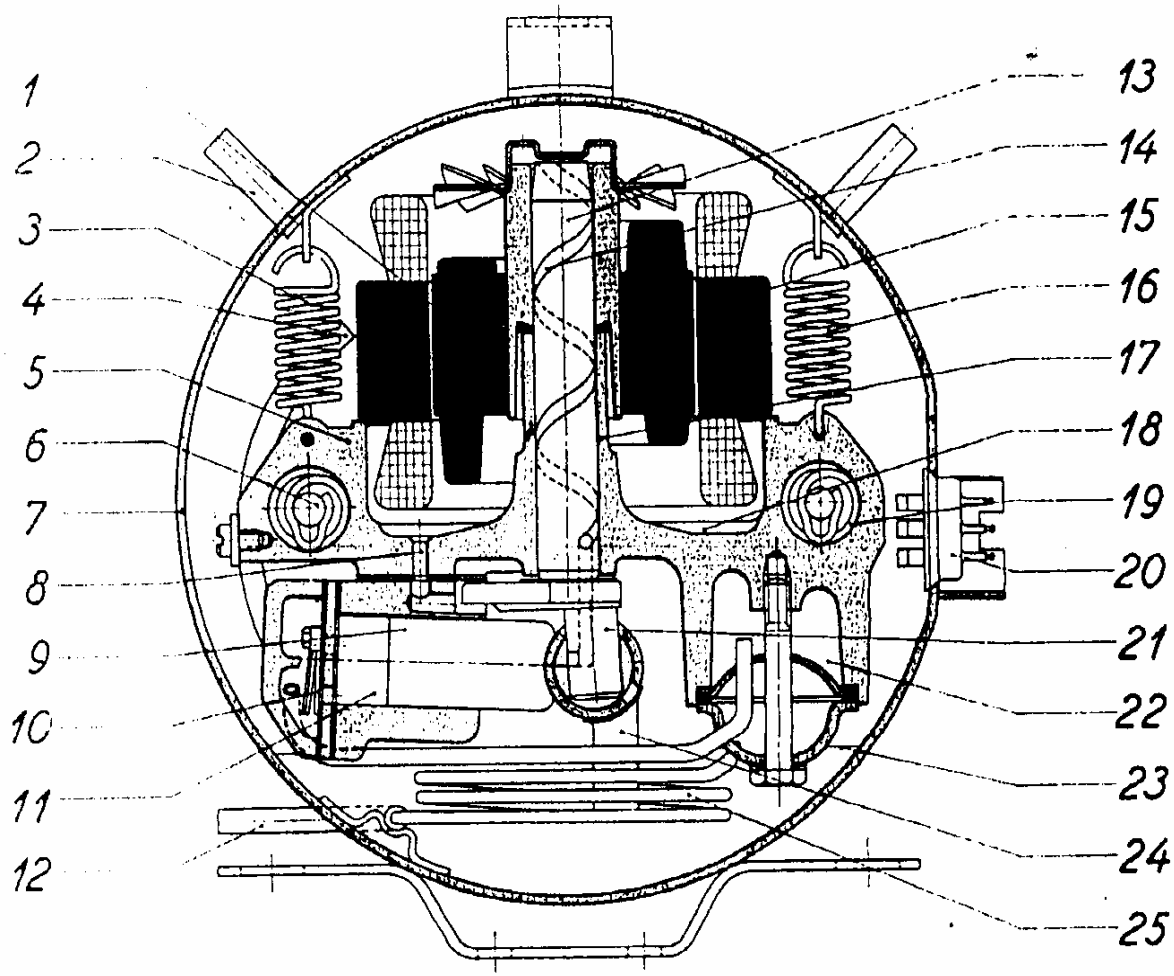



Fig. 8.–Hermetically sealed unit using X-12 or X-22 refrigerant. Units of this type have in most cases when alternating current is available replaced the open type belt drive compressor with shaft seal (Tecumseh-Danfoss).

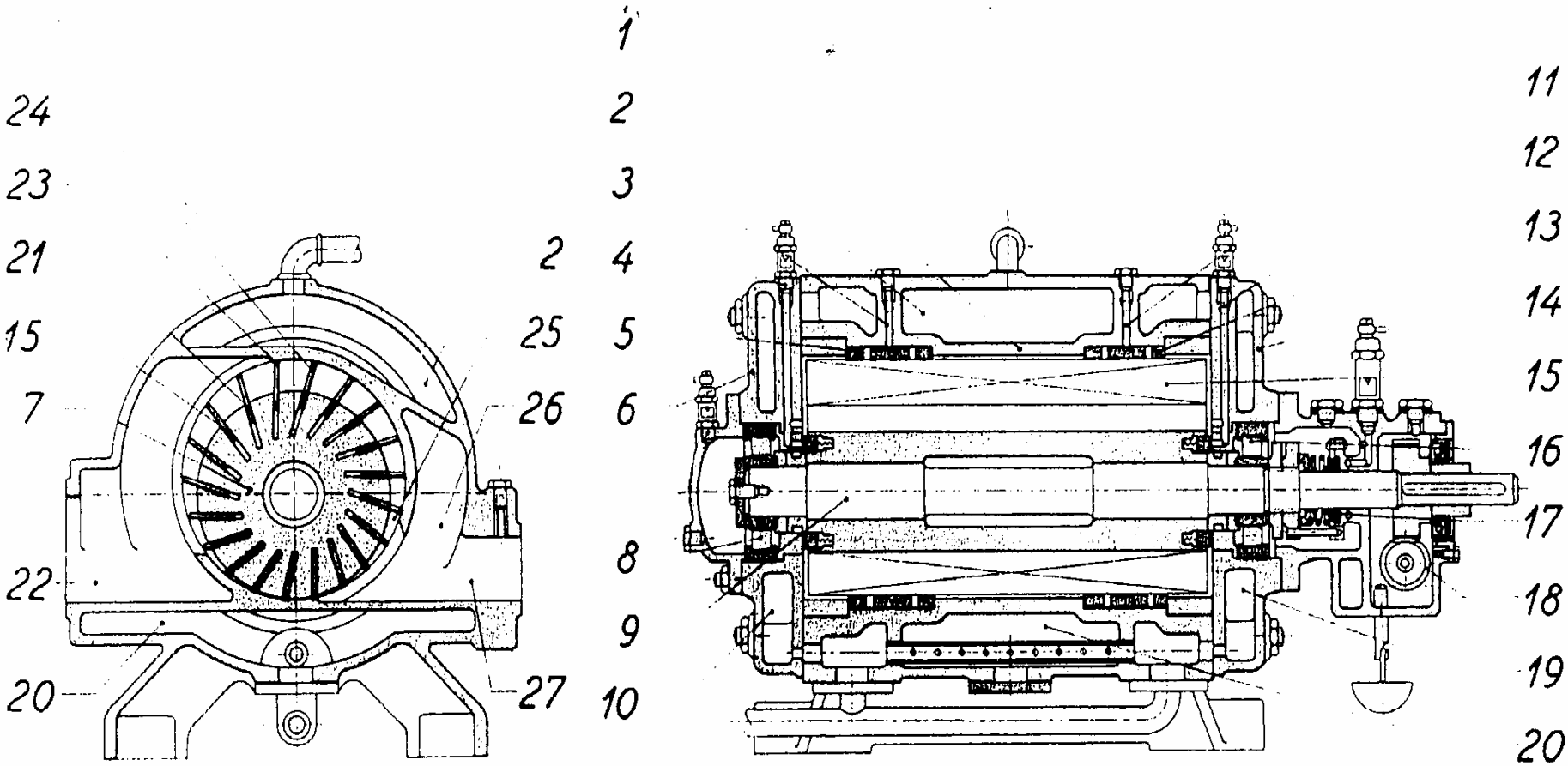


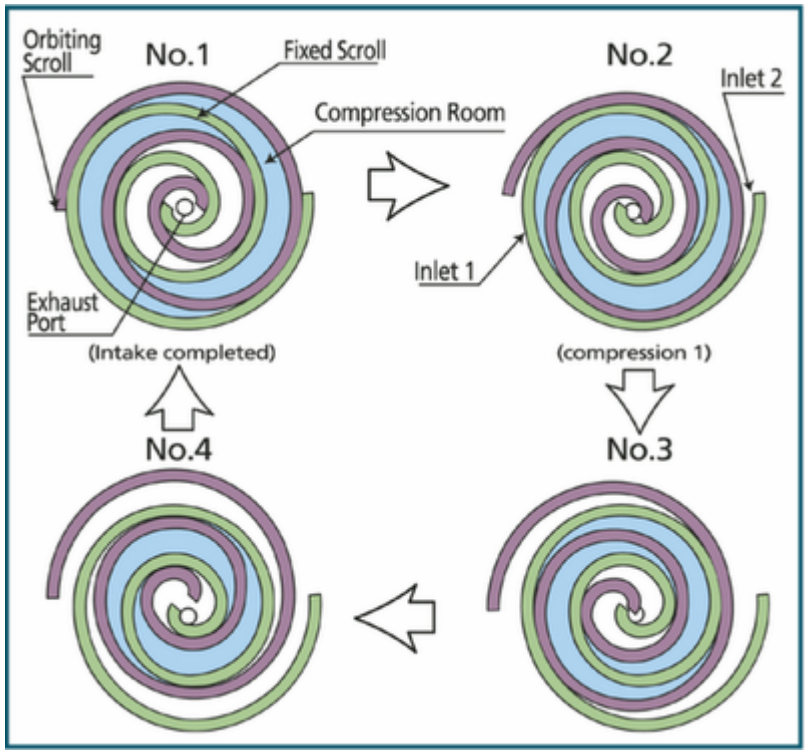

Fig. 11.–Longitudinal sectional drawing of a multiple cell booster compressor, e.g. a low stage compressor in a two stage plant (Klein, Schanzlig & Becker).

# COMPRESORES SCROLL

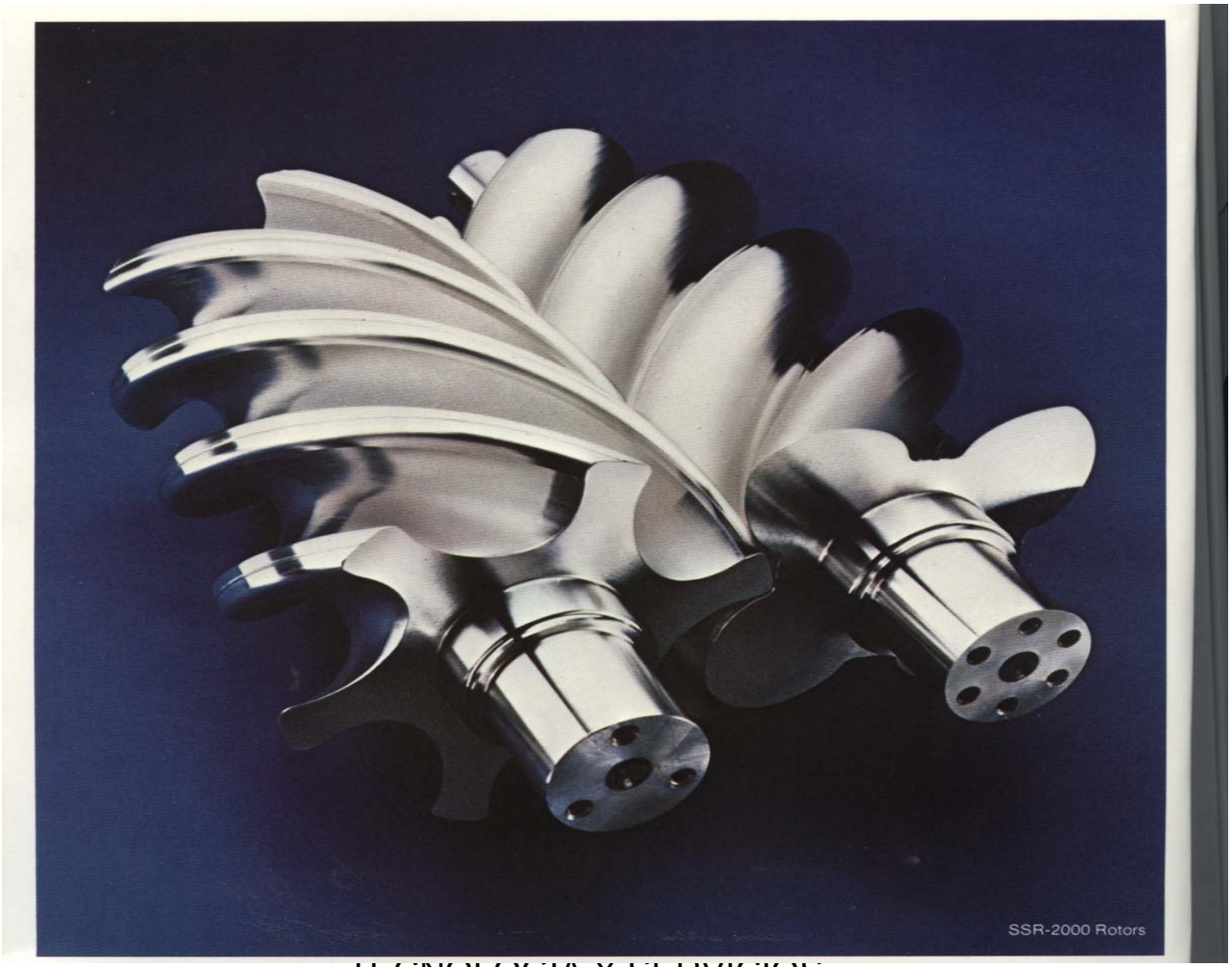
Scroll Libre de Aceite

Unidad de Compresión

# COMPRESOR SCROLL: FUNCIONAMIENTO



# Compresores Rotatorios
# TORNILLO

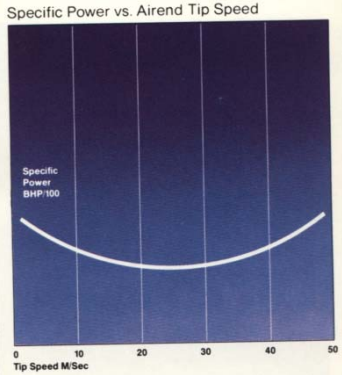


# COMPRESOR TORNILLO

SSR-2000 Thrust Piston Airend

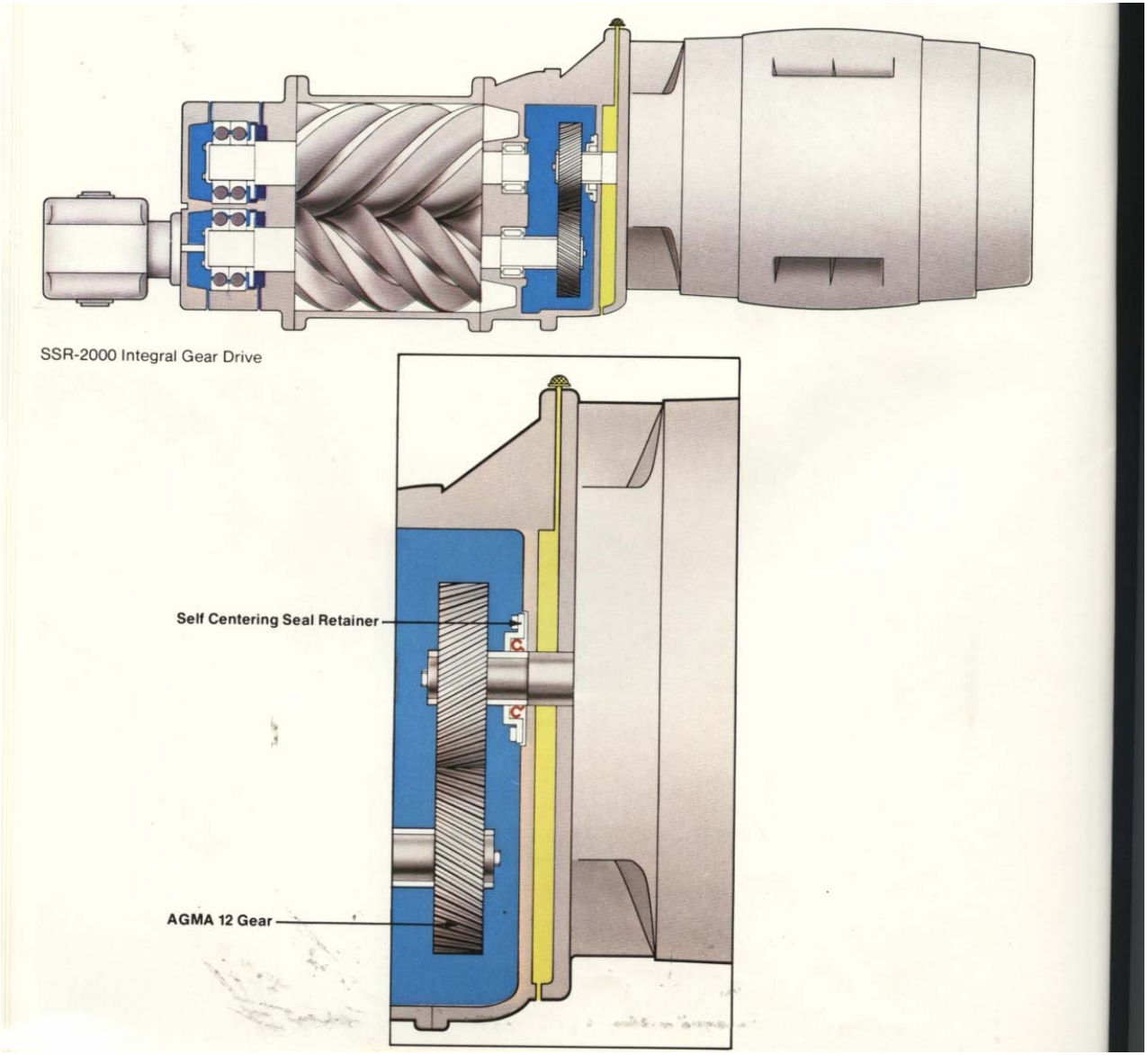
SSR-2000 Bearings

Specific Power vs. Airend Tip Speed

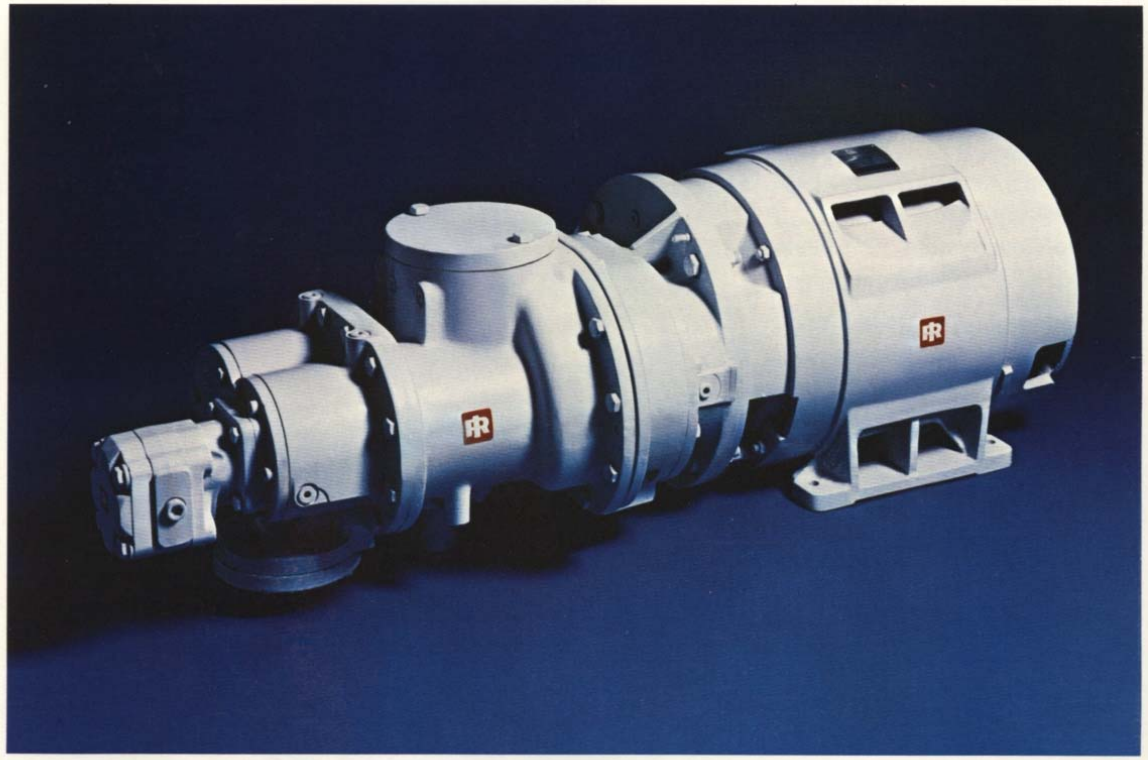


Asymmetrical Profile

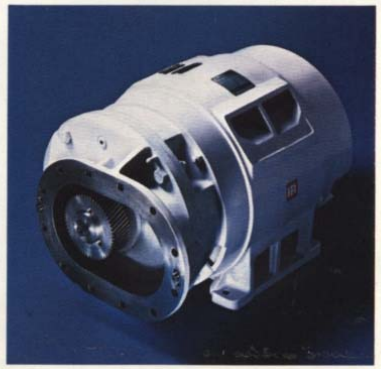
# COMPRESOR TORNILLO (III)



# COMPRESOR TORNILLO (IV)



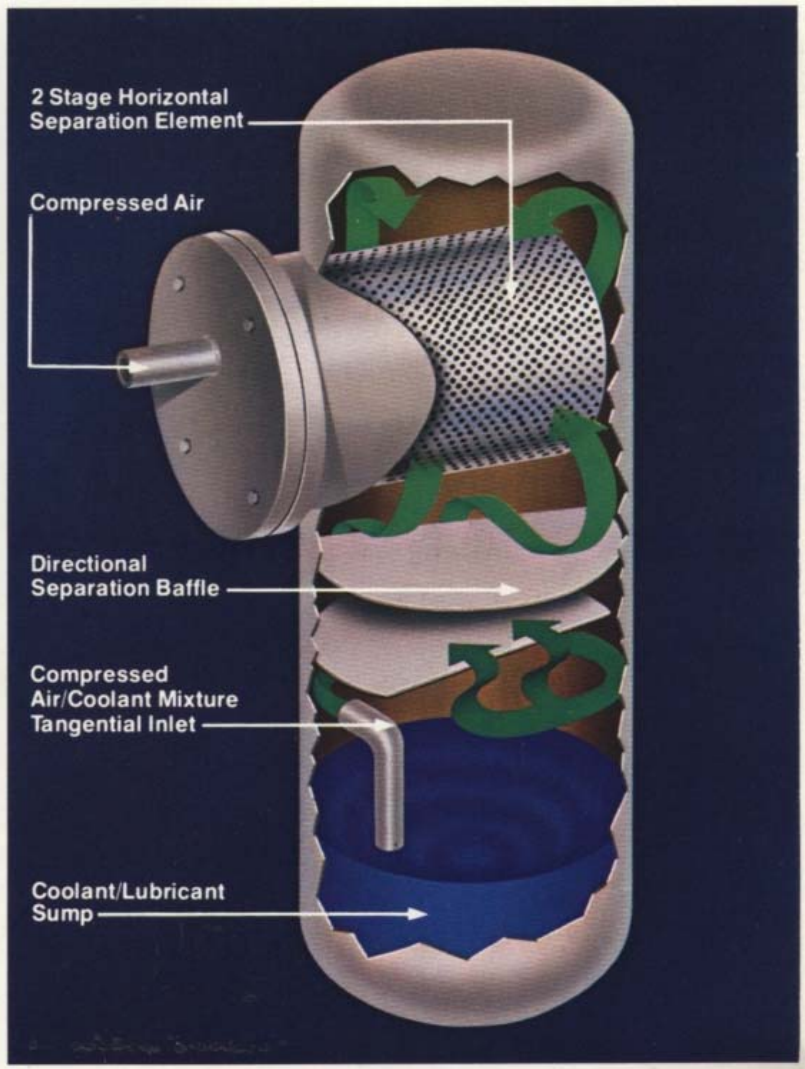
SSR-2000 Compression Module



Integral Gear Drive Components

# COMPRESOR TORNILLO (V)

SSR-2000 Air/Coolant Separation System



# CARACTERÍSTICAS ESENCIALES:

- CAP. DE REFRIGERACIÓN [TR; kcal/h];
- POTENCIA [HP; Kw]

Si la velocidad es constante, la capacidad y la potencia dependen de las presiones de aspiración y escape,y estas de la temperatura.

# RENDIMIENTO VOLUMETRICO

- Es uno de los principales paràmetros de evaluación  y de comparación.

Se manejan dos tipos:

- Rend. Vol. “Real” ($\eta_{va}$)
- Rend. Vol. del Espacio Muerto ($\eta_{vc}$)

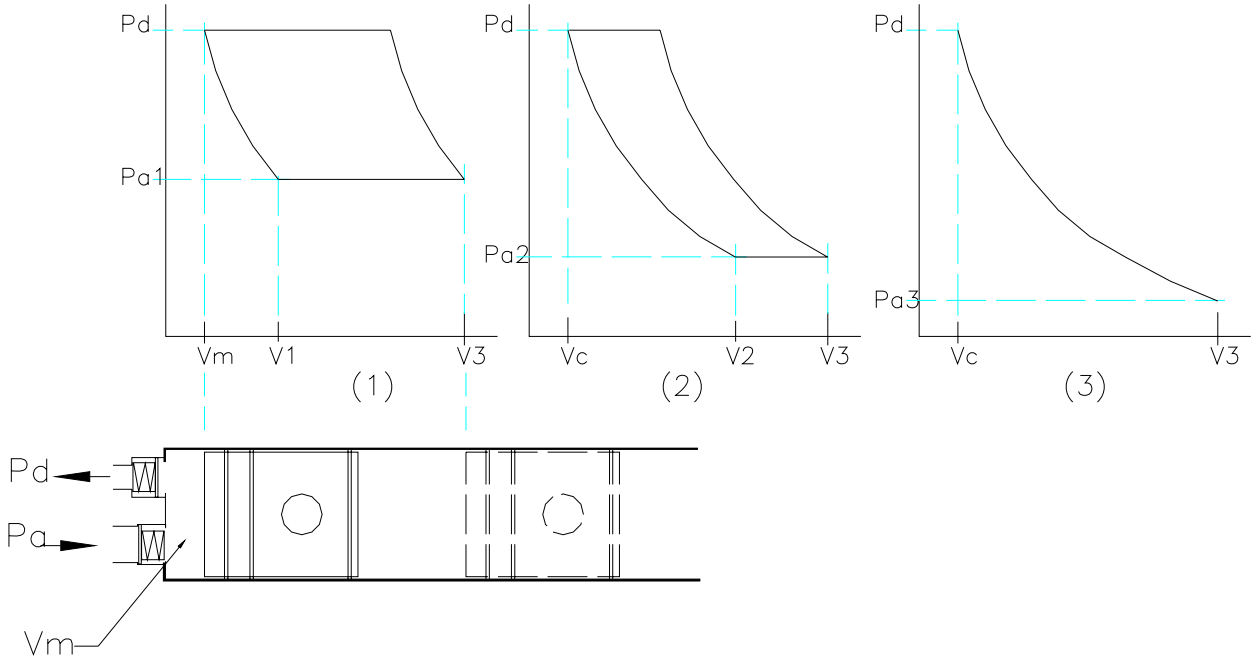
# EFICIENCIA VOLUMÉTRICA;
## COMPRESOR ALTERNATIVO IDEAL

$\eta_{va}$=

Vol. aspirado (m3/h)x100/desplazamiento (m3/h);

$\eta_{vc}$ : tiene que ver con la reexpansión del gas retenido en el espacio muerto entre el pistón y el cilindro.

# EFECTO DE LA REEXPANSION DEL GAS




$$\eta_{vm1} = (V3-V1)\times 100/(V3-Vm)$$

$$\eta_{vm2} = (V3-V2)\times 100/(V3-Vm)$$

$$\eta_{vm3} = (V3-V3)\times 100/(V3-Vm) = 0$$

# RENDIMIENTO VOLUMETRICO DEL ESPACIO MUERTO

- El volúmen muerto Vm de un compresor es una característica constructiva y es constante para cada modelo.
- La relación de Vm respecto al volúmen barrido por el pistón, en %, es una constante para cada máquina y vale:

$\boldsymbol{m = V_m \, X \, 100 \, / \, (V3 - V_m)}$**,** y queda:

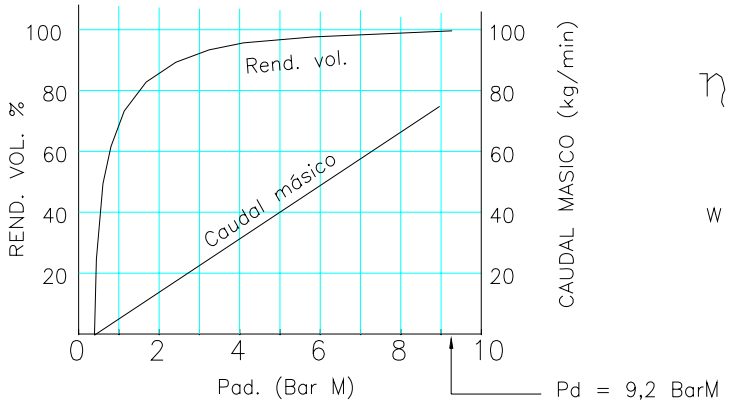
$\eta_{vm} = 100 - \boldsymbol{m} \, ( \, va/vd - 1)$

va, vd: vol. Específico aspiración y descarga.

# ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO DEL COMPRESOR IDEAL

EFECTO DE PRESIÓN DE ADMISIÓN:

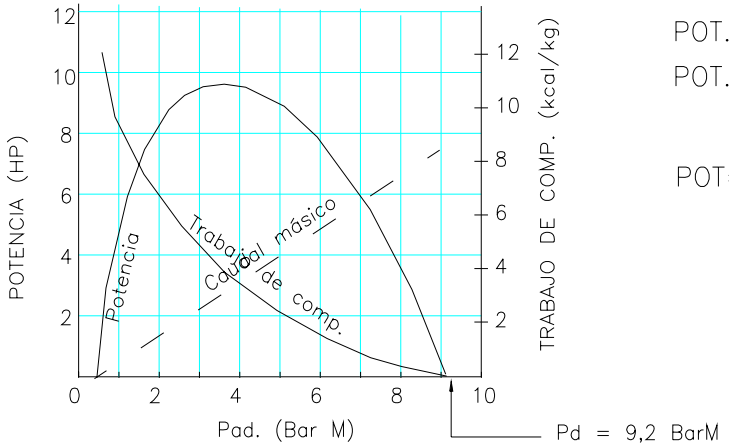
- RENDIMIENTO VOLUMÉTRICO,
- POTENCIA INSUMIDA
- CAPACIDAD DE REFRIGERACIÓN




$$\eta_{VM} = 100 - m(va/vd - 1)$$

$$w\ (kg/min) = Desp.\ Vol.(m3/min)\ \frac{\eta_{VM}/100}{va(m3/kg)}$$

EFECTO DE LA Pad. EN REND. VOL. Y CAUDAL MASICO

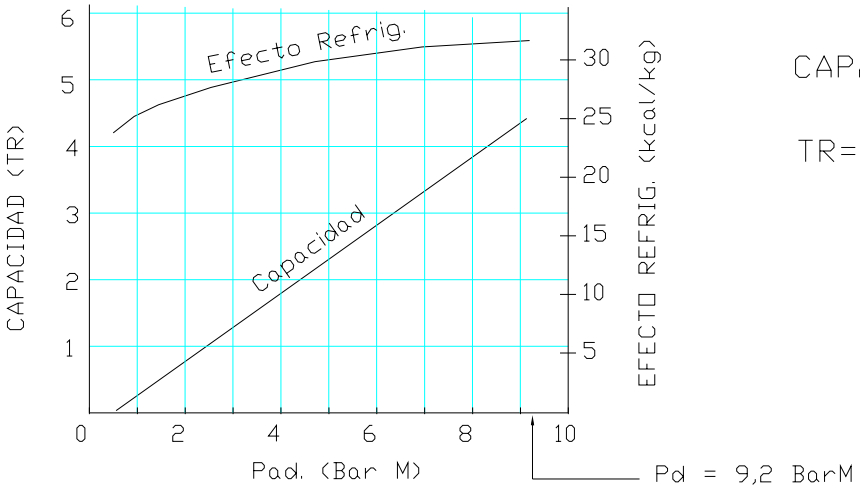



POT.= Caudal másico x $\triangle$ hi

POT.= w(kg/min)(h2−h1)(kcal/kg)

POT=0 : w = 0 ; Padm. = Pdes.

EFECTO DE LA Pad. EN LA POTENCIA Y EN TRABAJO D COMP.




CAPACIDAD = Caudal másico x $\Delta$h ev

TR= w(kg/h) x $\Delta$h ev (kcal/kg) / 3024

EFECTO DE LA Pad. EN LA CAPACIDAD Y EL EFECTO REFRG.

# COMPRESOR REAL

Se mantienen las tendencias de las curvas de un compresor ideal, aunque los valores son algo diferentes.

El rendimiento volumétrico y el trabajo de compresión difieren de los del compresor ideal.

Rendimiento de la comp adiabática:

$\eta$a = Trabajo de comp isoentrópica/trabajo de la compresión real.

Los fabricantes dan resultados de ensayos en condiciones estándar.

Rendimiento volumétrico real baja respecto al ideal:

•Por aumento de las dif de presión a través de válvulas,

•Por fugas en el pistón y por recalentamiento del gas que entra al cilindro.

# COMPRESORES A TORNILLO

CARACTERISTICAS DE FUNCIONAMIENTO:

Relación de Volúmen Interno (Vi), definida como:

Vol de la cavidad al cierre de boca de aspiración / Vol de la cavidad cuando enfrenta la boca de descarga.

Valores típicos de Vi: 2.6, 3.6, 4.2 y 5.0

Para un mismo diámetro de rotor el Vi es función del largo.

Cada Vi se correponde con una relación de compresión, que es variable según el refrigerante.

LA RELACIÓN DE COMPRESIÓN (Pd/Pa), CORRESPONDIENTE A CADA Vi, SE PUEDE ESTIMAR MEDIANTE UNA ECUACIÓN QUE ES APLICABLE A LA COMPRESION ISOENTRÓPICA DE UN GAS IDEAL:

$\triangle P = (V_A / V_D)^K = Vi^K$ ; $K = Cp/Cv$

PARA:

R-717: K=1.29

R-22: K=1.18

| | | |
|---|---|---|
| | Relación de Presiones | |
| Vi (Rel de vol interno) | R-717 (Amoníaco) | R-22 (CHClF2) |
| 2.6 | 3.4 | 3.1 |
| 3.6 | 5.3 | 4.5 |
| 4.2 | 6.4 | 8.9 |
| 5.0 | 8.0 | 6.7 |
| | | |
| Relación de compresión según Vi para compresor a tornillo ideal. | | |

# EFICIENCIA DE COMPRESIÓN ADIABÁTICA; COMPRESOR A TORNILLO

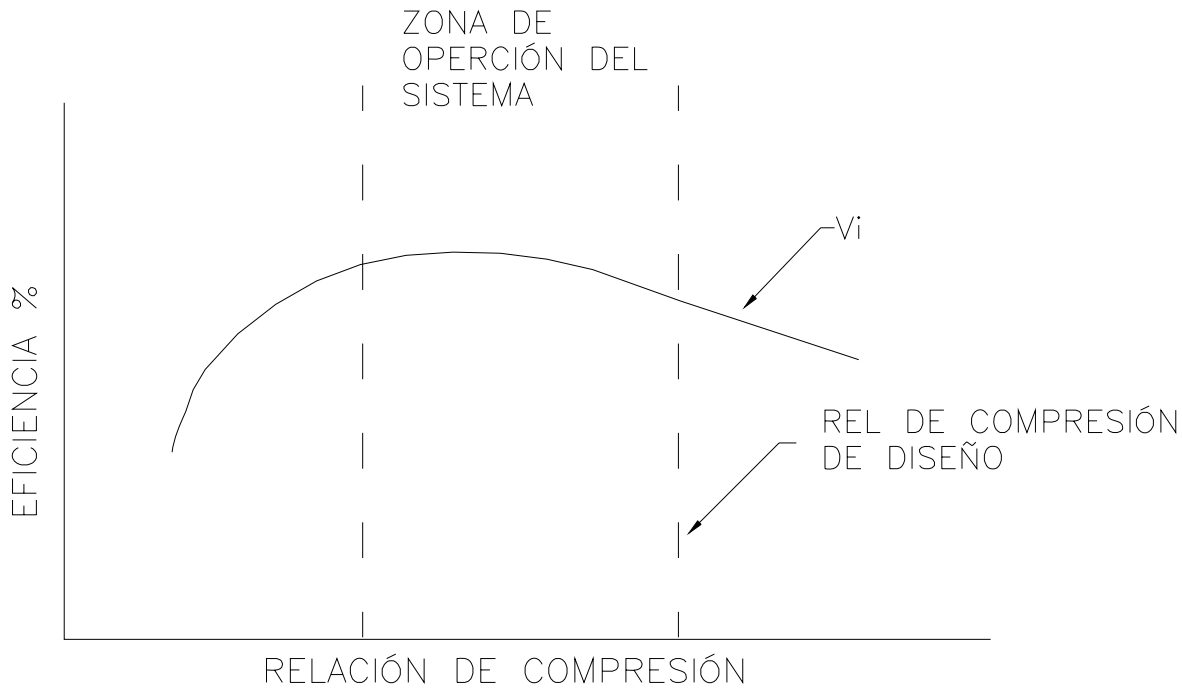
$\eta$a = Trabajo de comp isoentrópica/trabajo de la compresión real.

•Esta relación es la misma que para los compresores reciprocantes y, en ese caso, está muy influenciada por la relación de compresión.

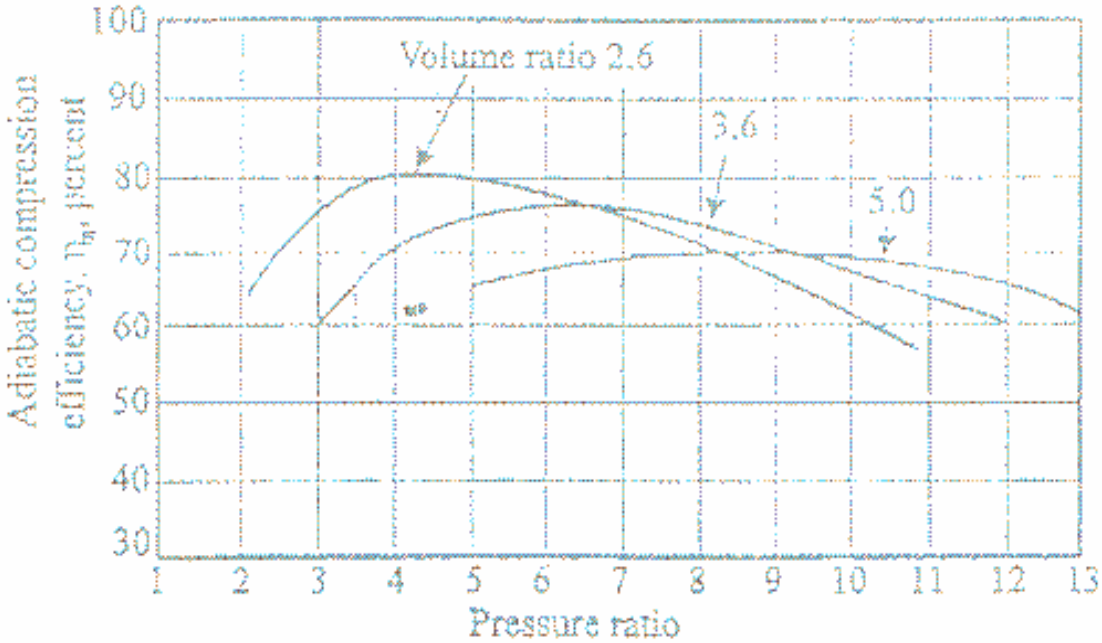
•En el compresor a tornillo se suma el efecto de la relación Vi.

•La eficiencia pasa a ser función de Pd/Pa y Vi.

# SELECCIÓN DEL COMPRESOR EN BASE A SU CURVA DE EFICIENCIA:




LA SELECCIÓN DEL Vi DEL COMPRESOR SE HACE DE MODO QUE EL MÁXIMO DE EFICIENCIA QUEDE ENTRE LAS DOS RELACIONES DE COMPRESIÓN DONDE EL SISTEMA OPERARÁ LA MAYOR PARTE DEL TIEMPO (P.ej: VERANO–INVIERNO).


Volume ratio 2.6
3.6
5.0
Adiabatic compression efficiency, $\eta_a$, percent
100
90
80
70
60
50
40
30
1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
Pressure ratio

# COMPRESOR A TORNILLO

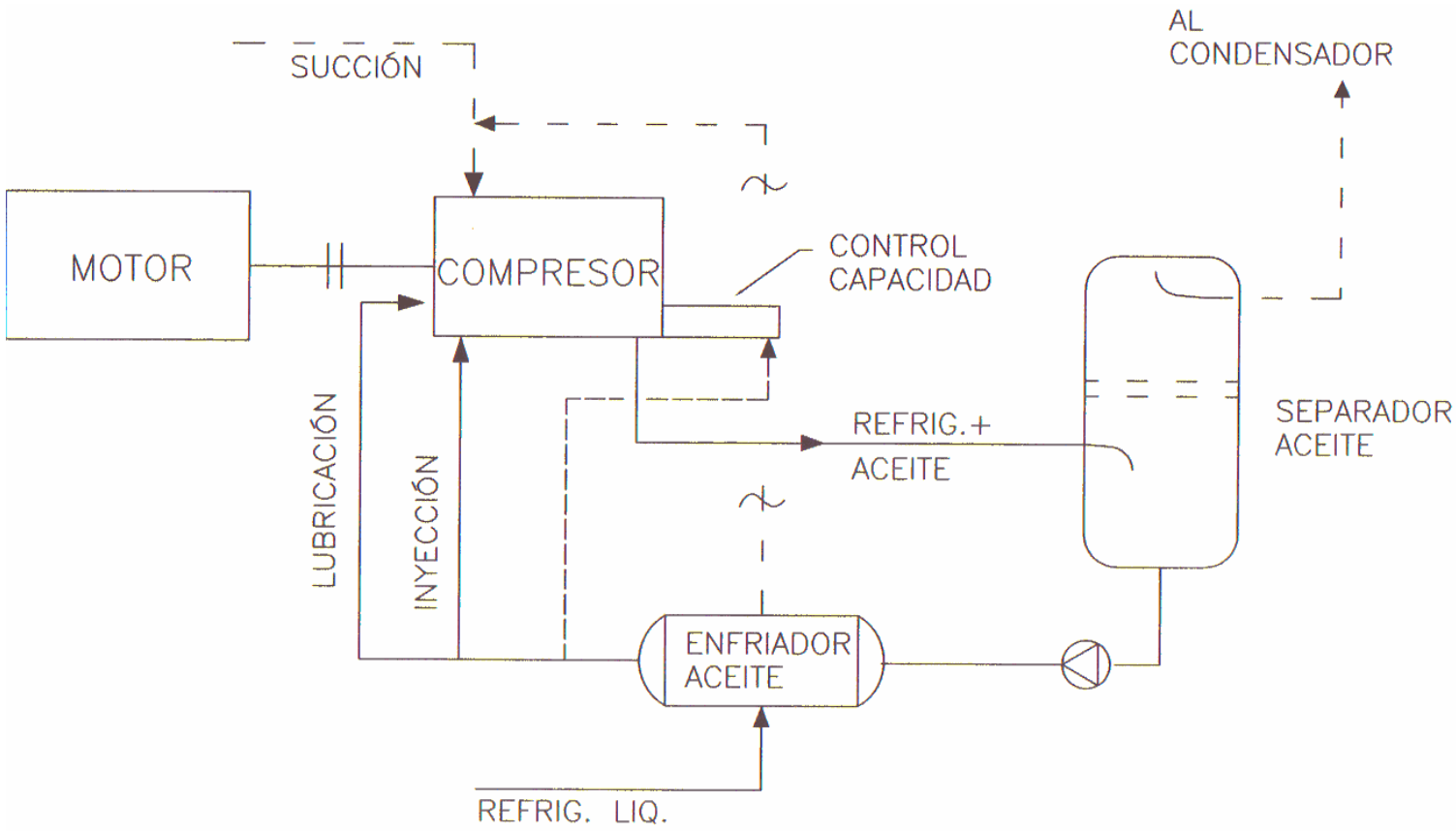



DIAGRAMA FLUJO COMPRESOR TORNILLO

## Ejercicio 1:

Se dispone de un compresor reciprocante instalado en un circuito de refrigeración que utiliza amoníaco como refrigerante, operando a temperatura de evaporación (Tev) de 0 °C y con temperatura de condensación (Tcond) de 40° C.

El compresor tiene 8 cilindros de 100 mm de diámetro por 100 mm de carrera, opera a una velocidad de 1200 rpm.

La eficiencia volumétrica del compresor ($\eta v$ ) es de 85% y opera sin sobrecalentamiento del gas de aspiración.

El refrigerante llega a la válvula de expansión como líquido saturado.

Hallar:

1.- La capacidad frigorífica del compresor para las condiciones de funcionamiento indicadas.

2.- El caudal másico de refrigerante que circula en el sistema.

3.- Verificar la relación de compresión y si ésta es adecuada para este tipo de compresor.

Ejercicio 2:

Una planta de refrigeración que opera con amoníaco tiene una potencia de 100 TR siendo la temperatura de evaporación 14ºF (-10ºC) y la temperatura de condensación 96ºF (35.6ºC).

Se quiere instalar un compresor tipo tornillo en el sistema para que opere con gas saturado en la succión.

Suponiendo que la operación del compresor es isoentrópica y que para esas condiciones la eficiencia de compresión adiabática esperada es del 80% estimar los siguientes valores para seleccionar un modelo de compresor:

- Desplazamiento volumétrico, en Cu ft/min;
- Potencia de compresión, BTU/min
- Volúmen interno (Vi) del compresor.