

T1.- Producción de Frío

Las transparencias son el material de apoyo del profesor para impartir la clase. No son apuntes de la asignatura. Al alumno le pueden servir como guía para recopilar información (libros, ...) y elaborar sus propios apuntes

Departamento: Ingeniería Eléctrica y Energética

Area: Máquinas y Motores Térmicos

CARLOS J RENEDO renedoc@unican.es

Despachos: ETSN 236 / ETSIIT S-3 28

<http://personales.unican.es/renedoc/index.htm>

Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

INMACULADA FERNÁNDEZ fernandei@unican.es

Despacho: ETSIIT S-3 74

Tlfn: ETSIIT 942 20 09 32

- 1.- Introducción
- 2.- Procedimientos de producción de frío
- 3.- Refrigeración por Compresión
- 4.- Refrigeración por Absorción
- 5.- Refrigeración Evaporativa

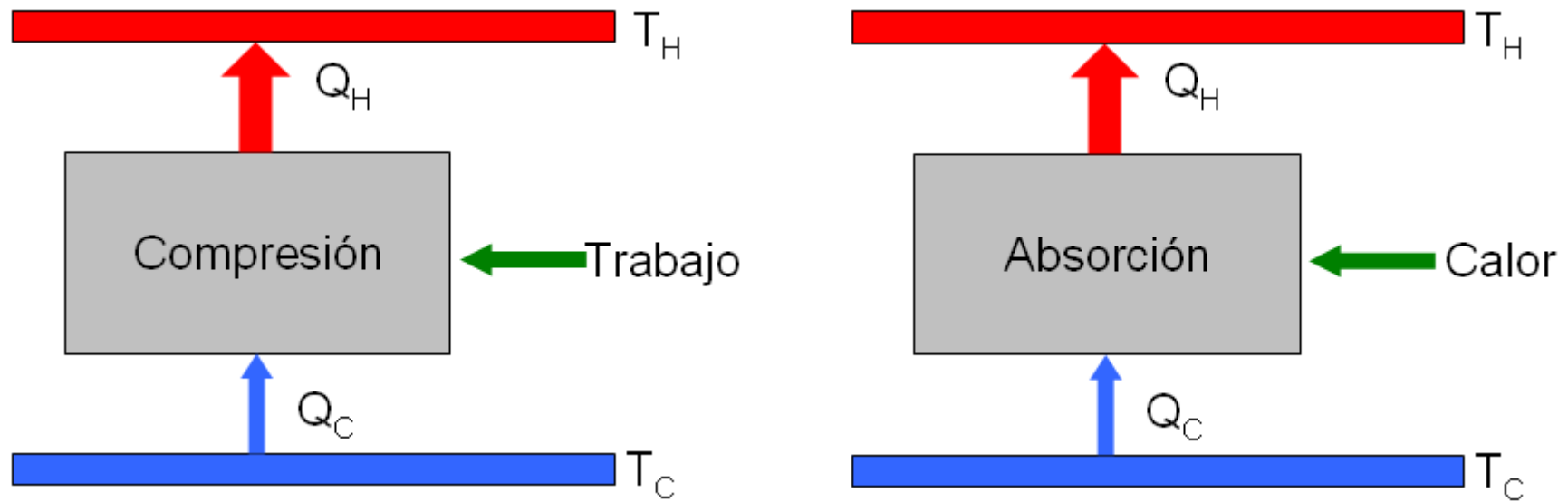
1.- Introducción (I)

Para transportar calor desde un foco a baja temperatura a otro a alta temperatura es necesario la aportación de energía

Interviene un fluido, refrigerante, que sufre una serie de transformaciones termodinámicas. Cada refrigerante tiene un comportamiento definido y diferente

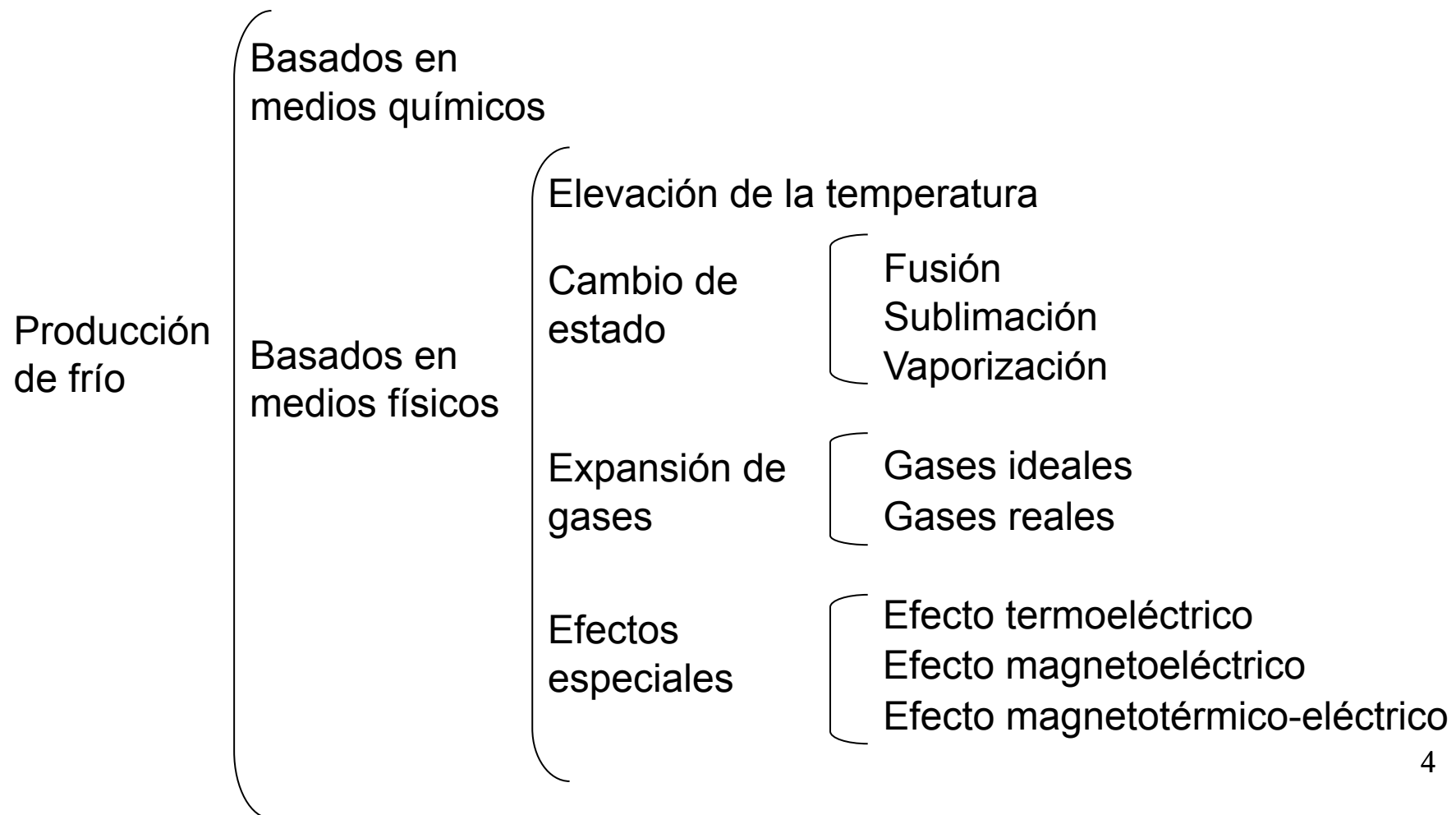
Los ciclos evitan la reposición continua del refrigerante

1.- Introducción (II)



**No se hace frío,
se retira calor**

2.- Procedimientos de Producción de Frío (I)



T1.- Pro

2.- Procedimientos de Producción

Producción
de frío

Basados en
medios químicos

Basados en
medios físicos

Elevación

Cambio
estado

Expansión
gases

Efectos
especial

COMPONENTES	PARTES EN PESO	DESCENSO TEMPERATURA	
		de °C	hasta °C
Agua	1	+10	-15,5
Nitrato amónico	1		
Agua	1	+10	-22
Nitrato amónico	1		
Carbonato sódico	1		
Ácido nítrico diluido	2	+10	-20
Nitrato sódico			
Ácido sulfúrico diluido	4	+10	-20
Sulfato sódico	5		
Ácido nítrico diluido	4	+10	-25
Fosfato sódico	9		
Ácido nítrico diluido	4	+10	-40
Nitrato amónico	5		
Sulfato sódico	6		
Hielo	8	0	-32
Ácido clorhídrico diluido N/10	5		
Hielo	3	0	-30
Ácido sulfúrico diluido N/10	2		
Hielo	7	0	-35
Ácido nítrico diluido N/10	4		
Hielo	2	0	-20
Cloruro sódico	1		
Hielo	12	0	-32
Cloruro sódico	5		
Nitrato amónico	5		
Hielo	4	0	-40
Cloruro cálcico	5		
Hielo	2	0	-45
Cloruro cálcico cristalizado	3		
Hielo	3	0	-46
Potasa	4		

2.- Procedimientos de Producción de Frío (I)

Producción
de frío

Basados en
medios químicos

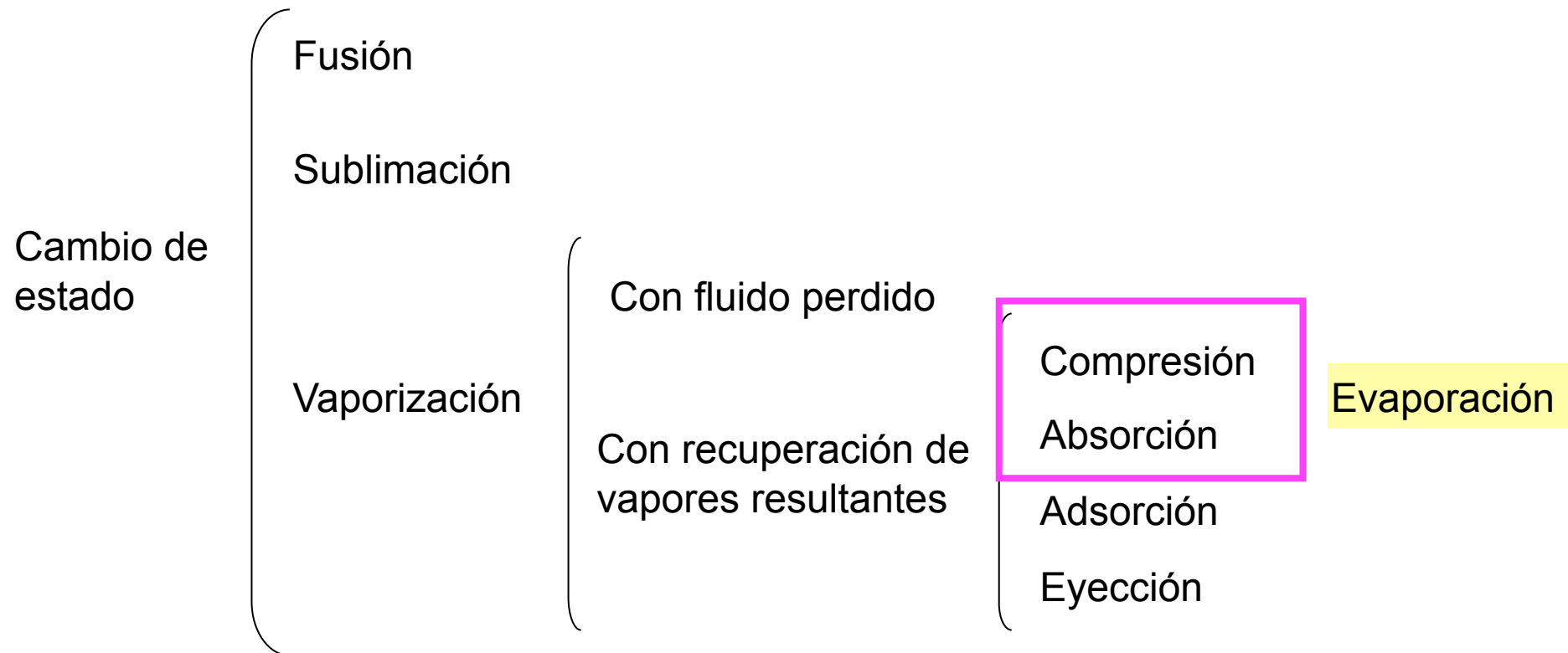
Basados en
medios físicos

SAL UTILIZADA	CONCENTRACIÓN	TEMPERATURA DE CONGELACIÓN °C
Cloruro amónico	18,7	-15,8
Cloruro cálcico	29,9	-55,0
Cloruro magnésico	20,6	-33,6
Cloruro potásico	19,7	-11,1
Cloruro sódico	22,4	-21,2
Carbonato potásico	35,5	-37,1
Hidróxido potásico	31,5	-65,0
Nitrato sódico	36,9	-18,5
Sulfato de magnesio	19,0	-3,9
Sulfato de zinc	27,2	-6,5

especiales

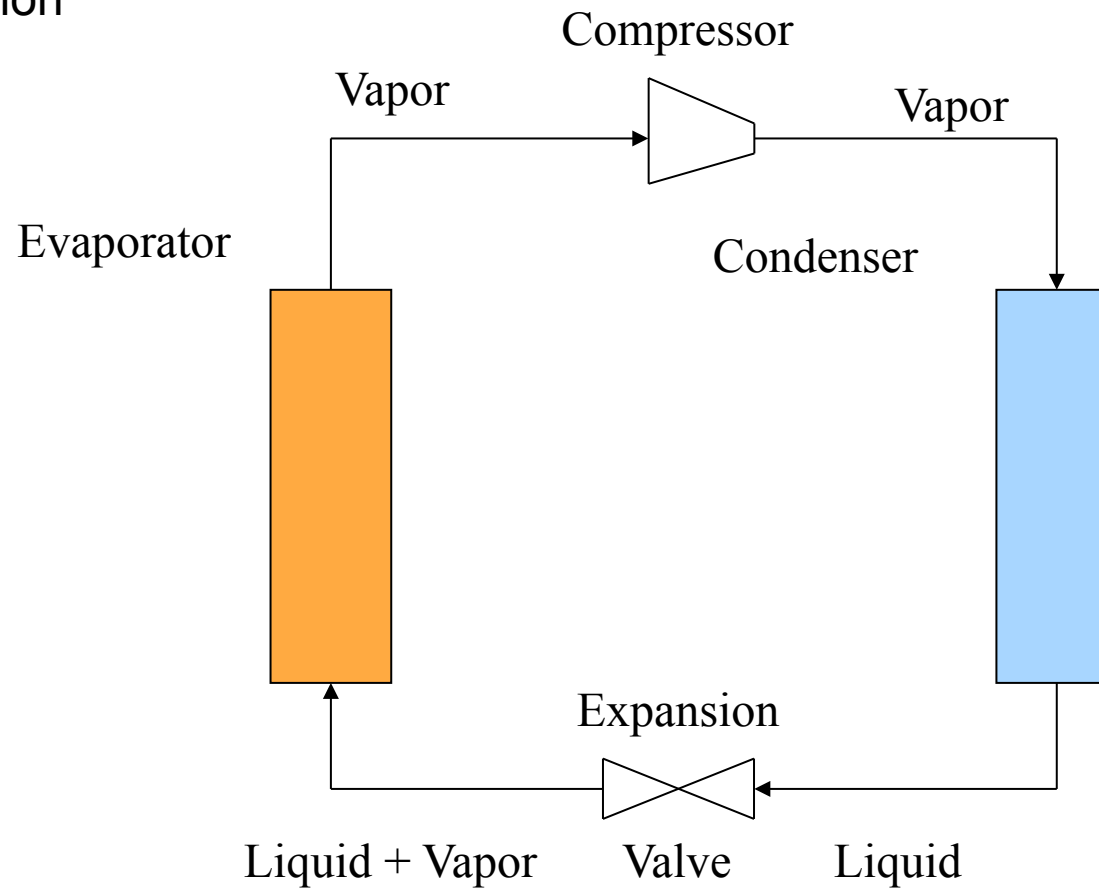
Efecto magnetotérmico-eléctrico

2.- Procedimientos de Producción de Frío (II)



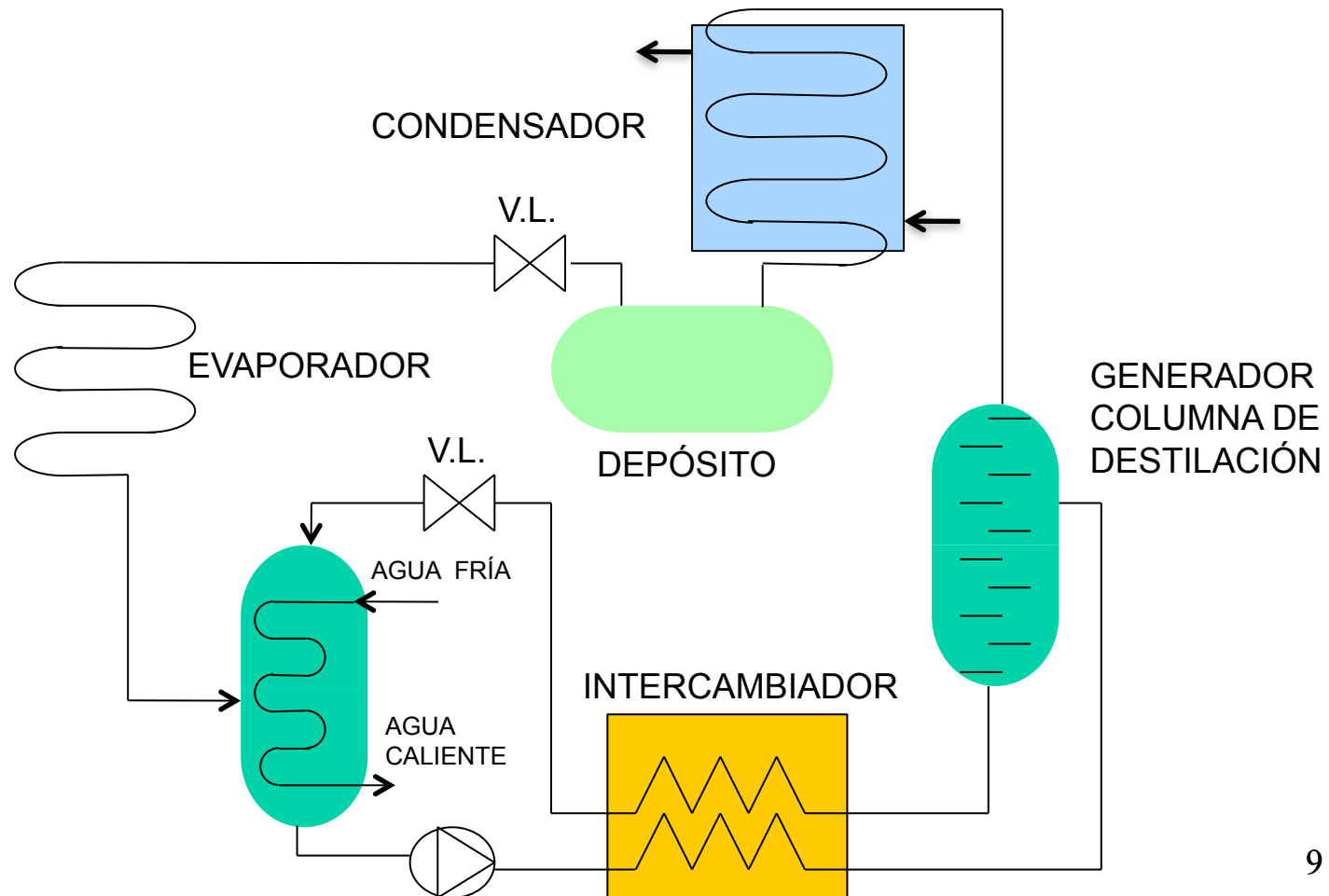
2.- Procedimientos de Producción de Frío (III)

Compresión



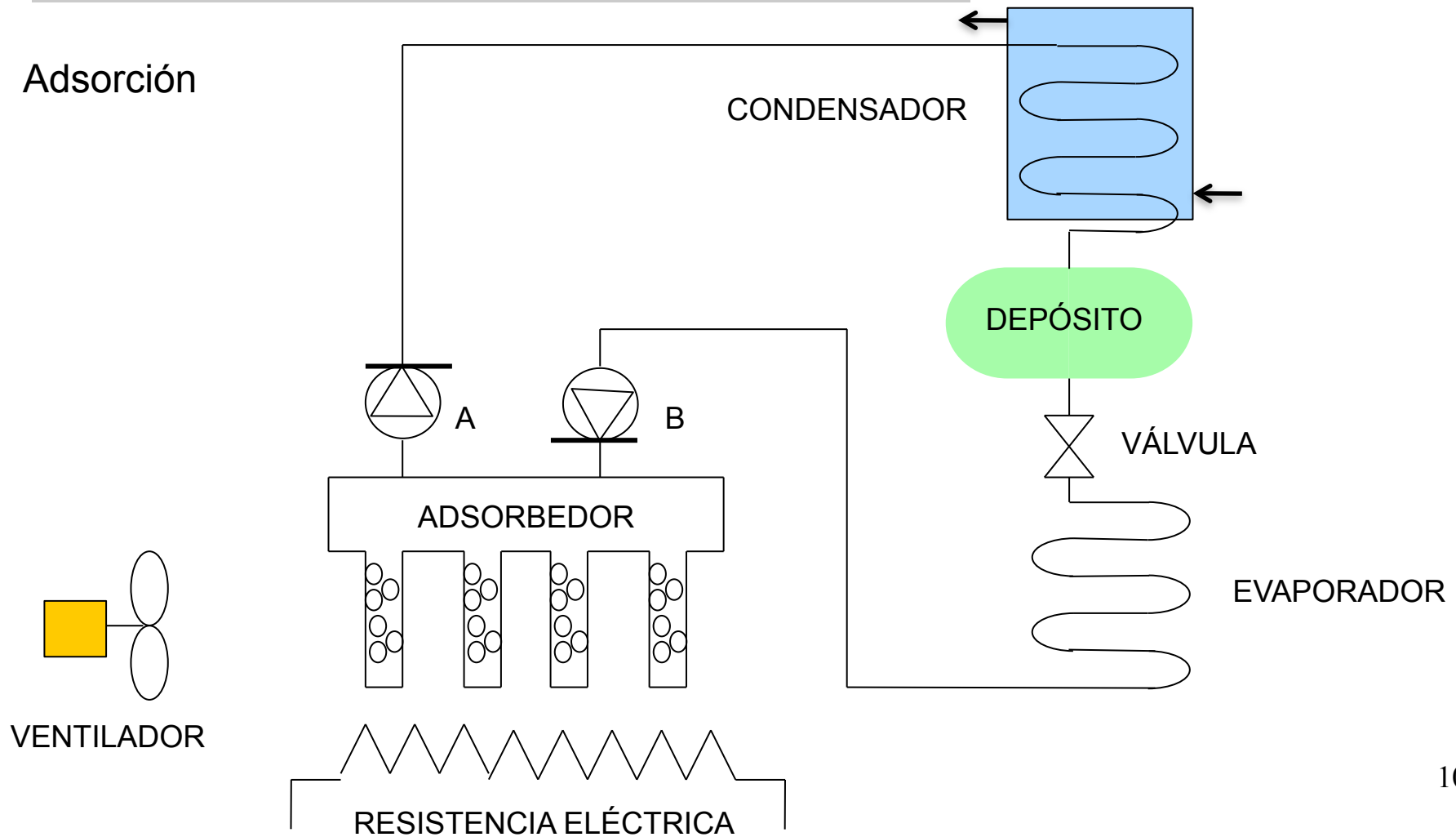
2.- Procedimientos de Producción de Frío (IV)

Absorción



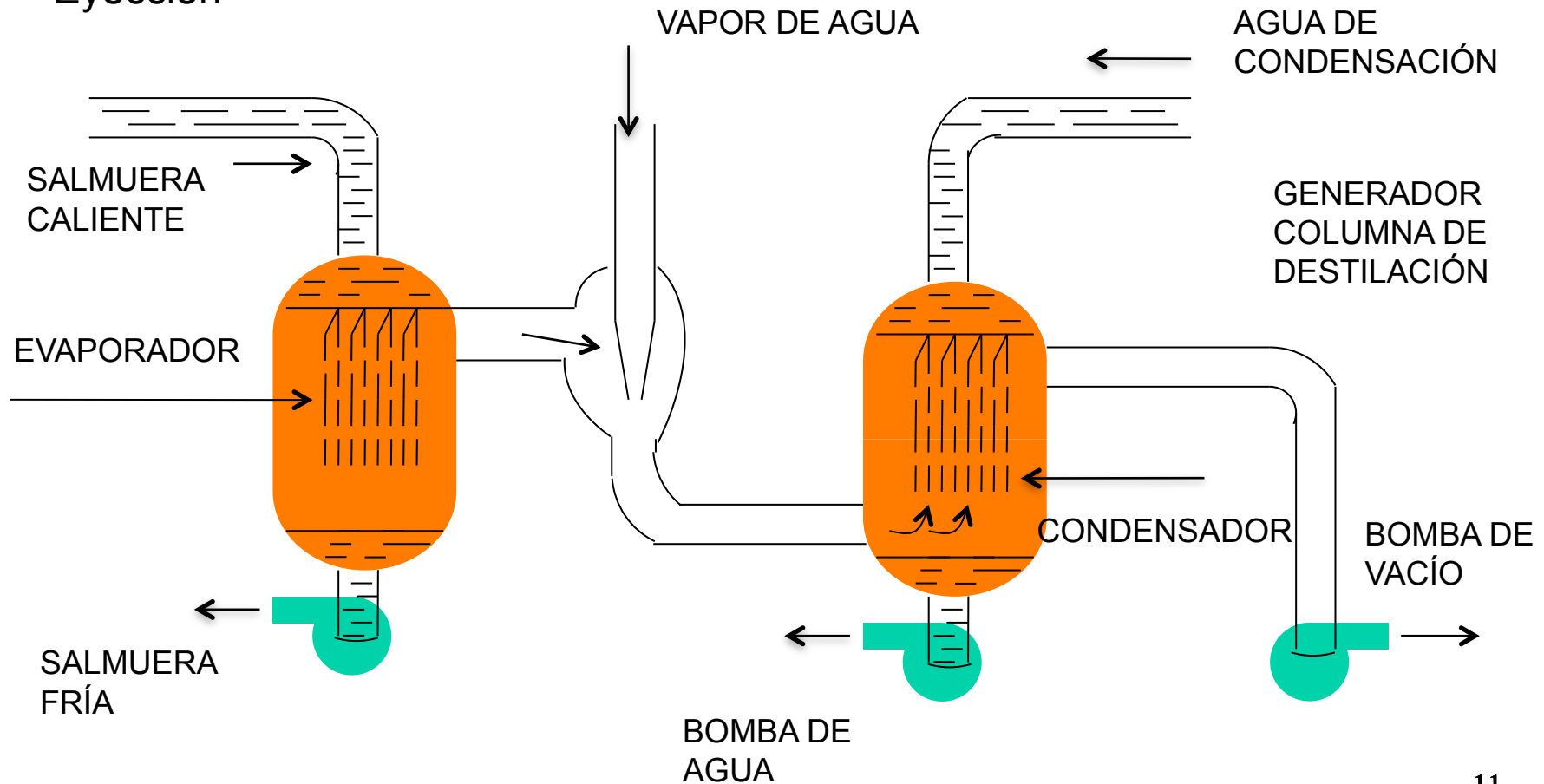
2.- Procedimientos de Producción de Frío (IX)

Adsorción

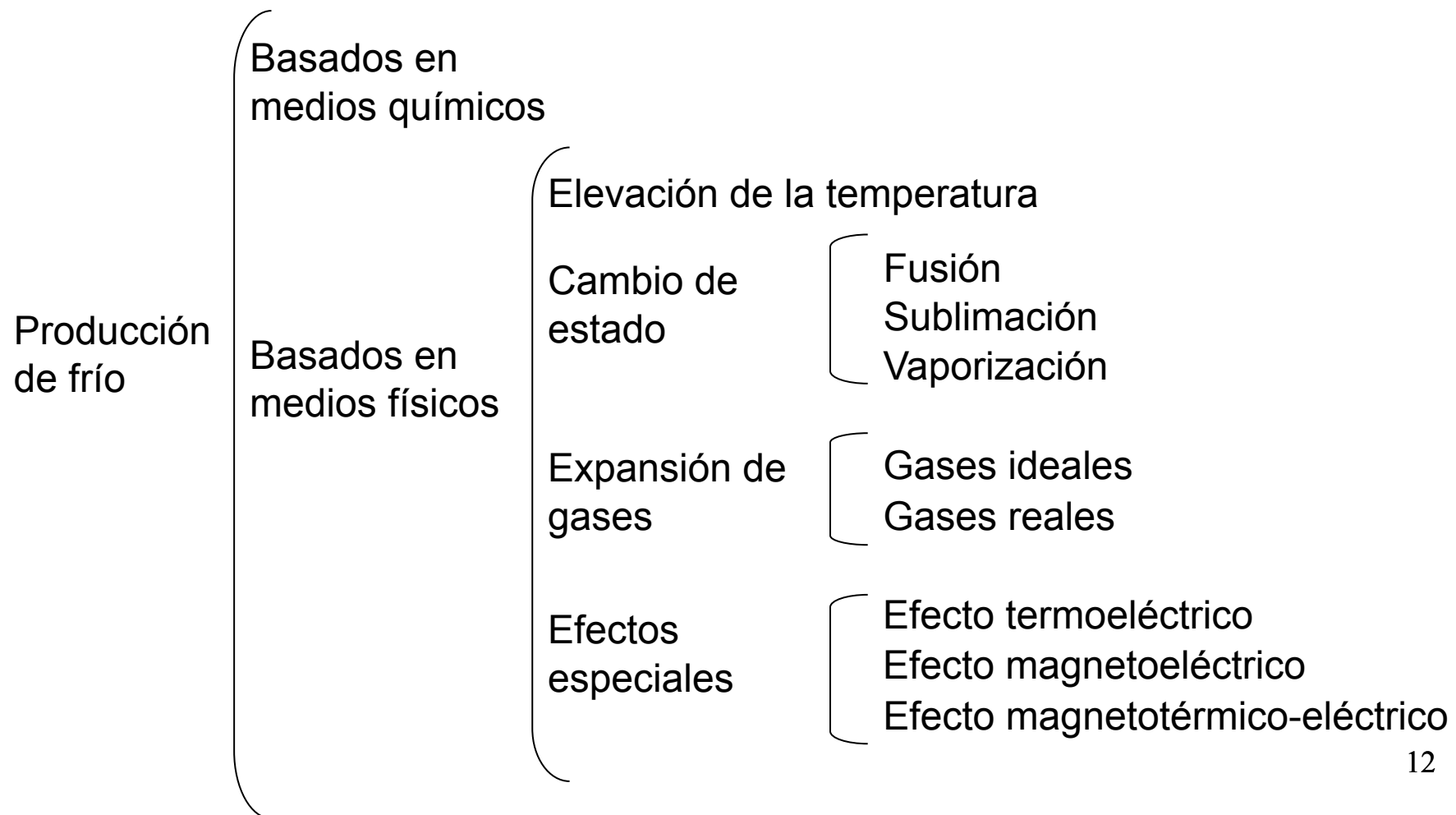


2.- Procedimientos de Producción de Frío (X)

Eyección

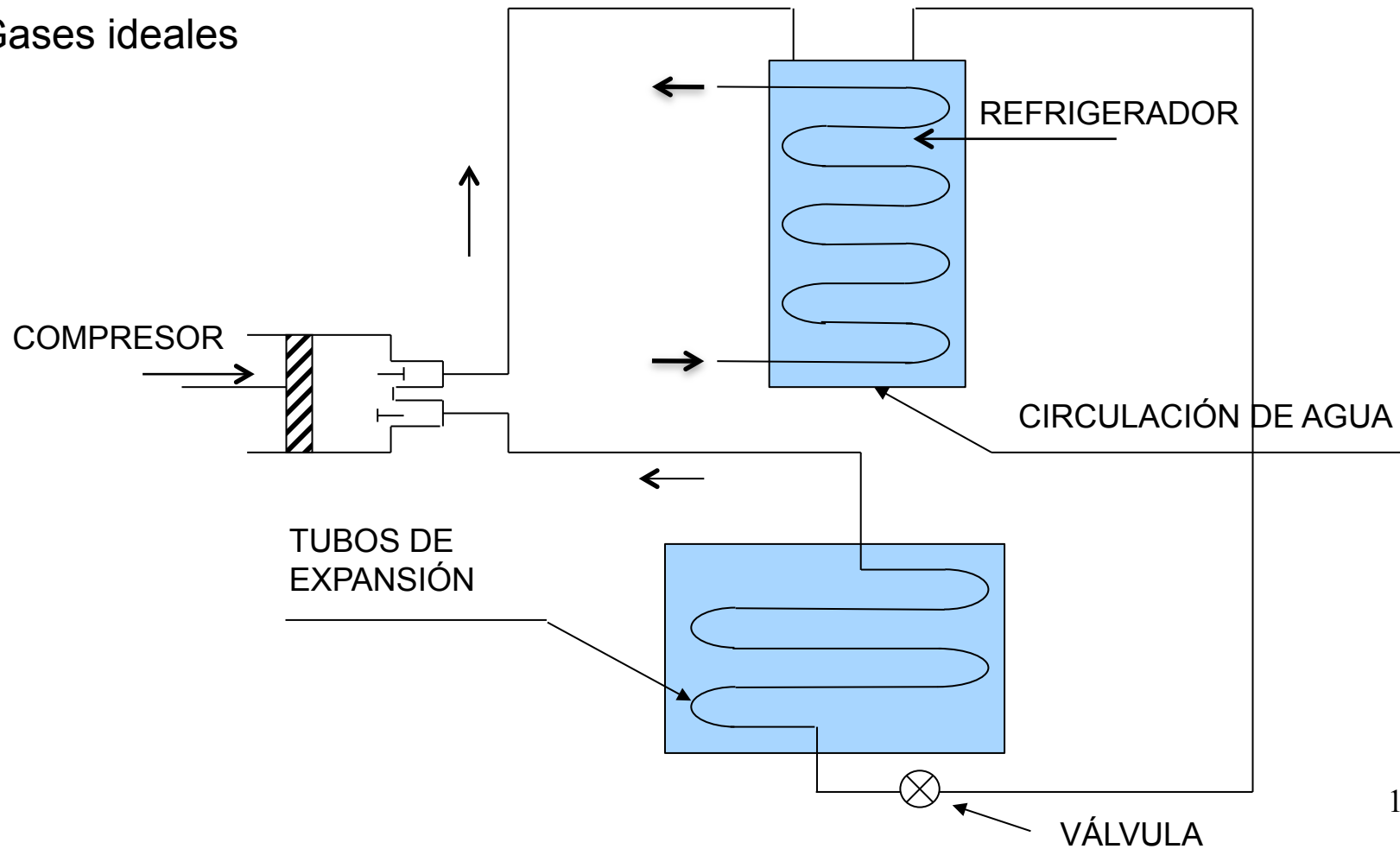


2.- Procedimientos de Producción de Frío (XI)

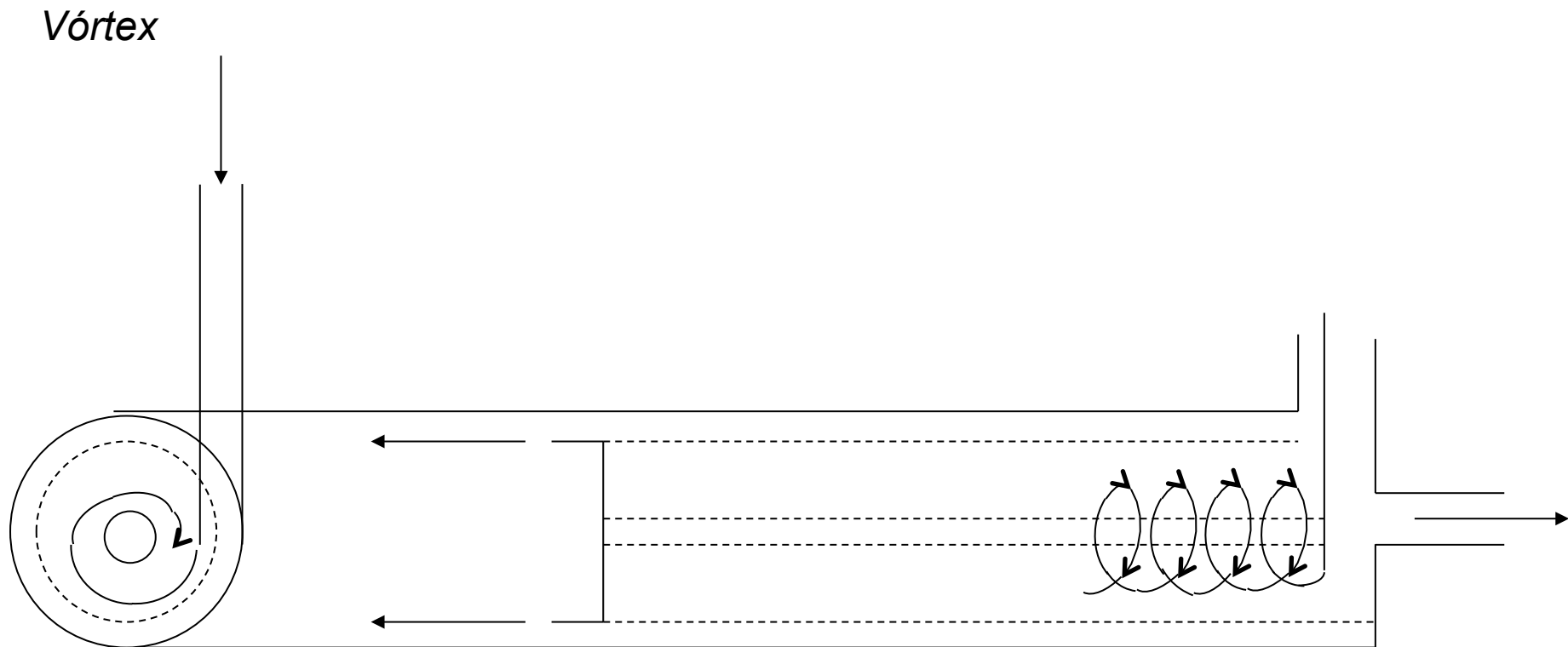


2.- Procedimientos de Producción de Frío (XII)

Gases ideales

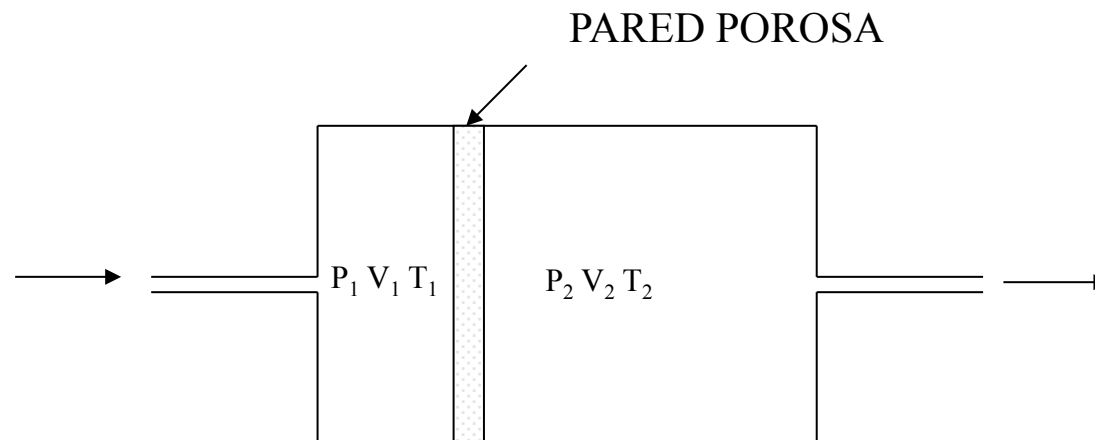


2.- Procedimientos de Producción de Frío (XIII)

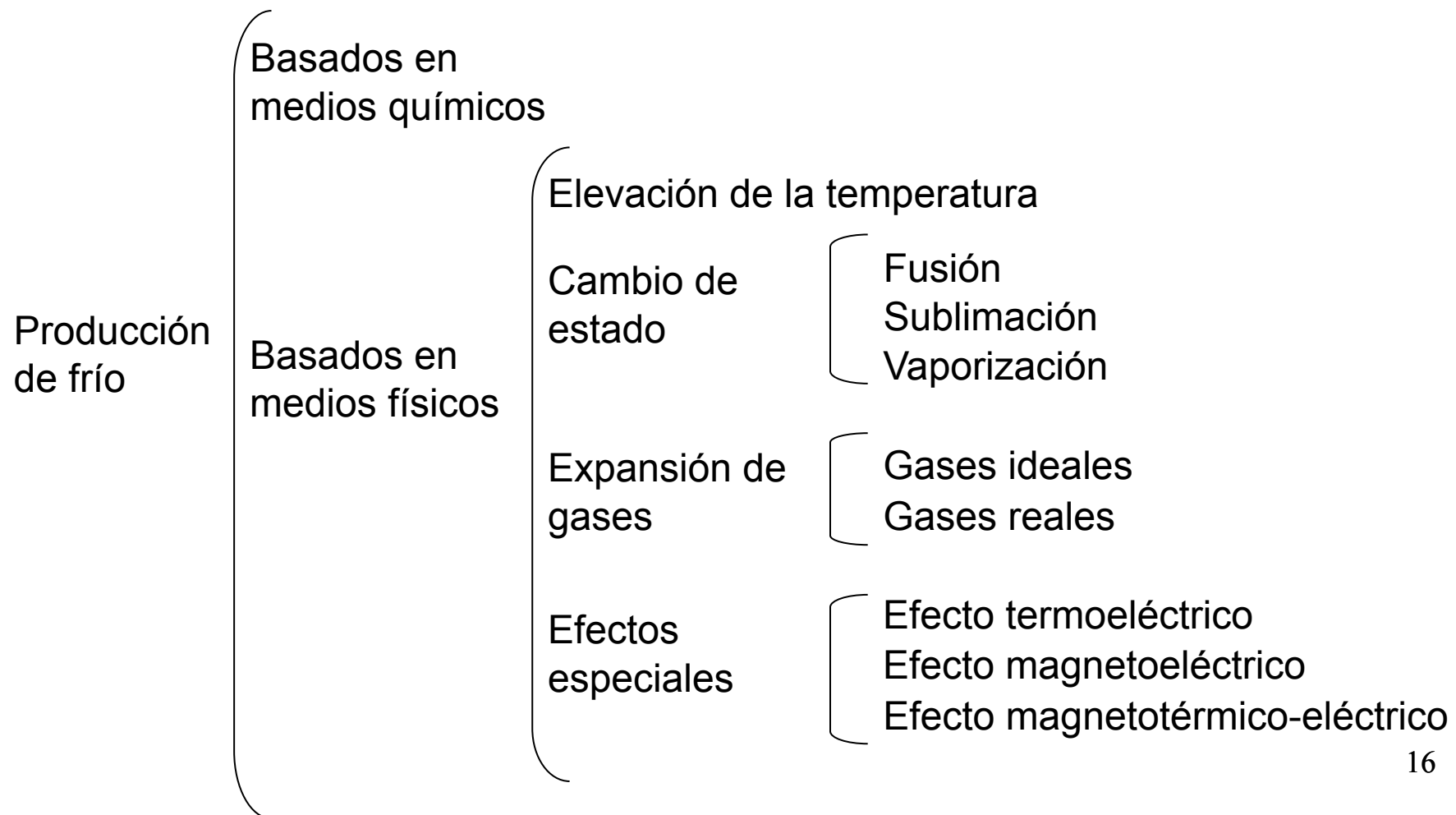


2.- Procedimientos de Producción de Frío (XIV)

Gases reales

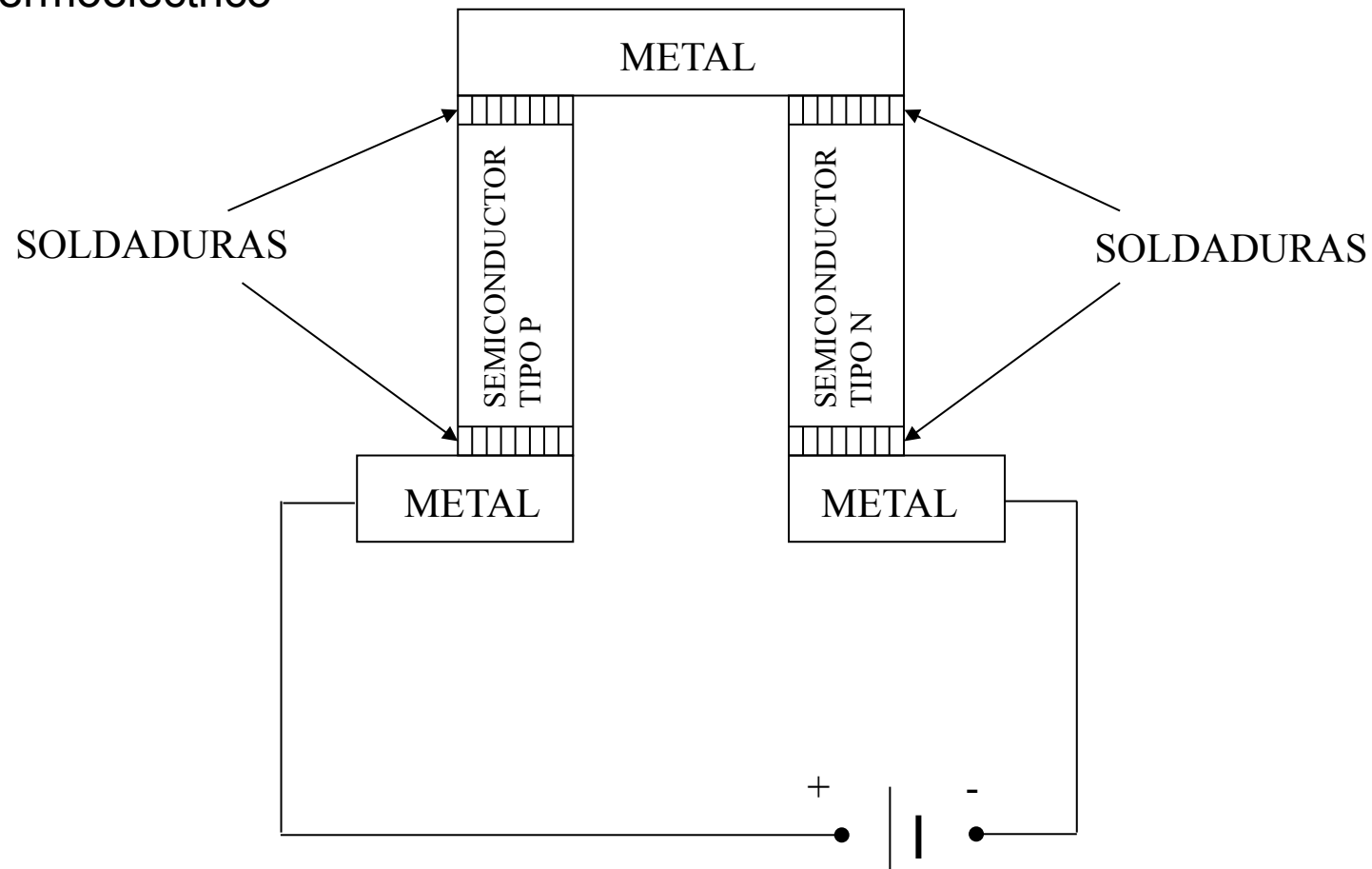


2.- Procedimientos de Producción de Frío (XV)



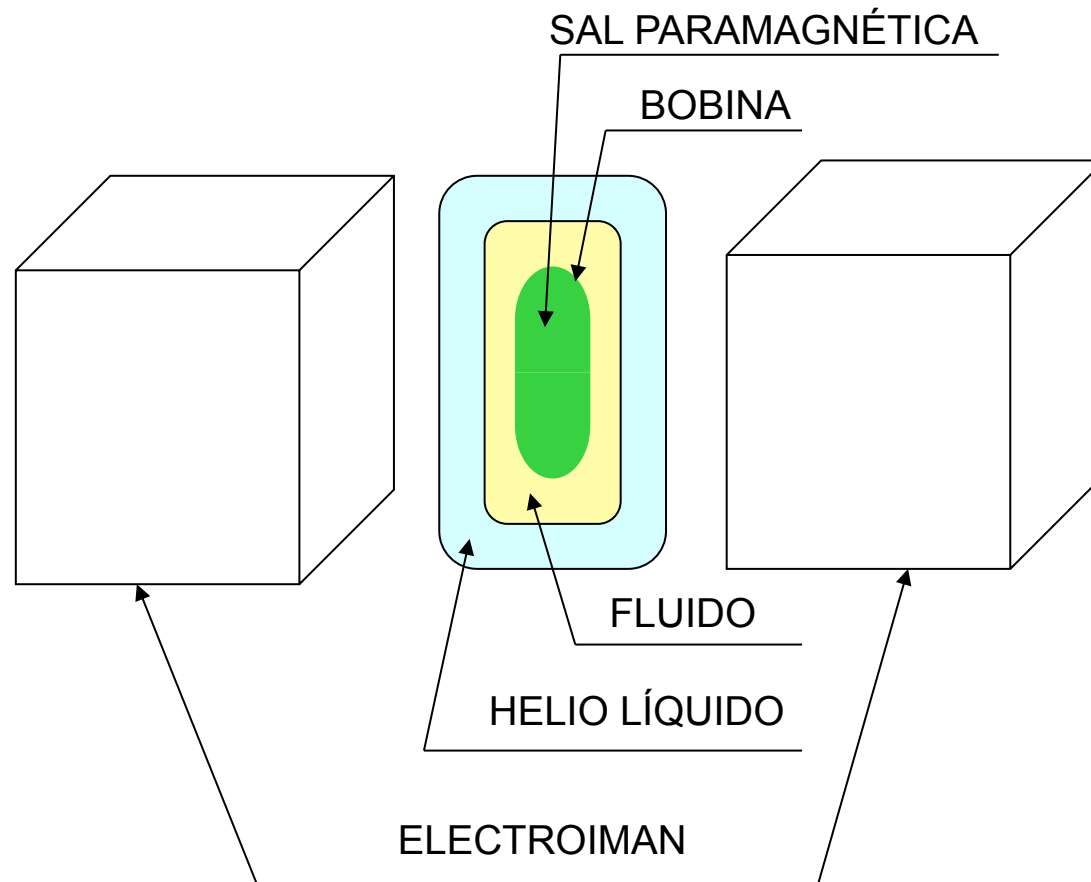
2.- Procedimientos de Producción de Frío (XVI)

Efecto termoeléctrico



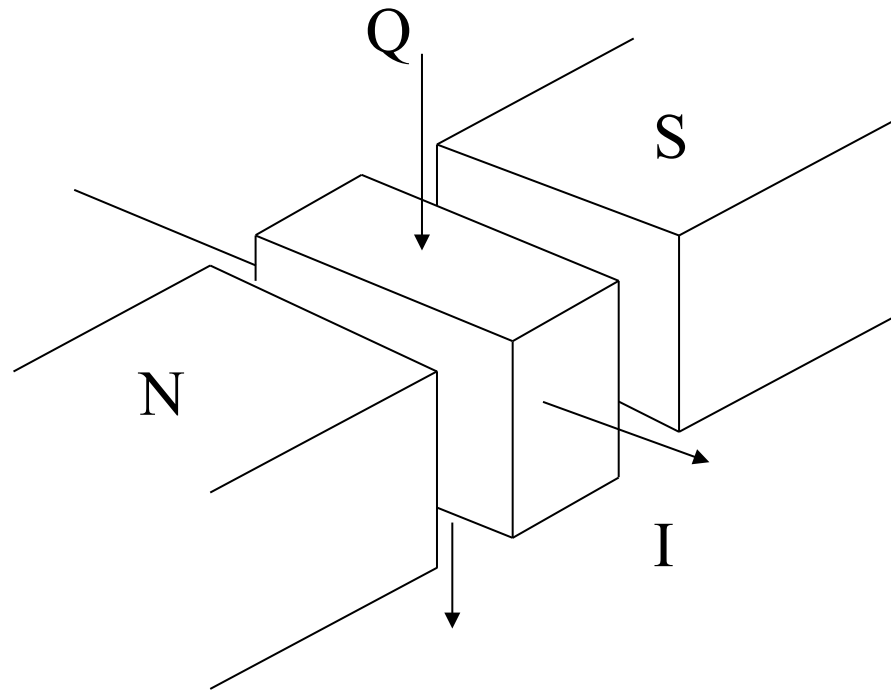
2.- Procedimientos de Producción de Frío (XVII)

Efecto magnetoelectrónico



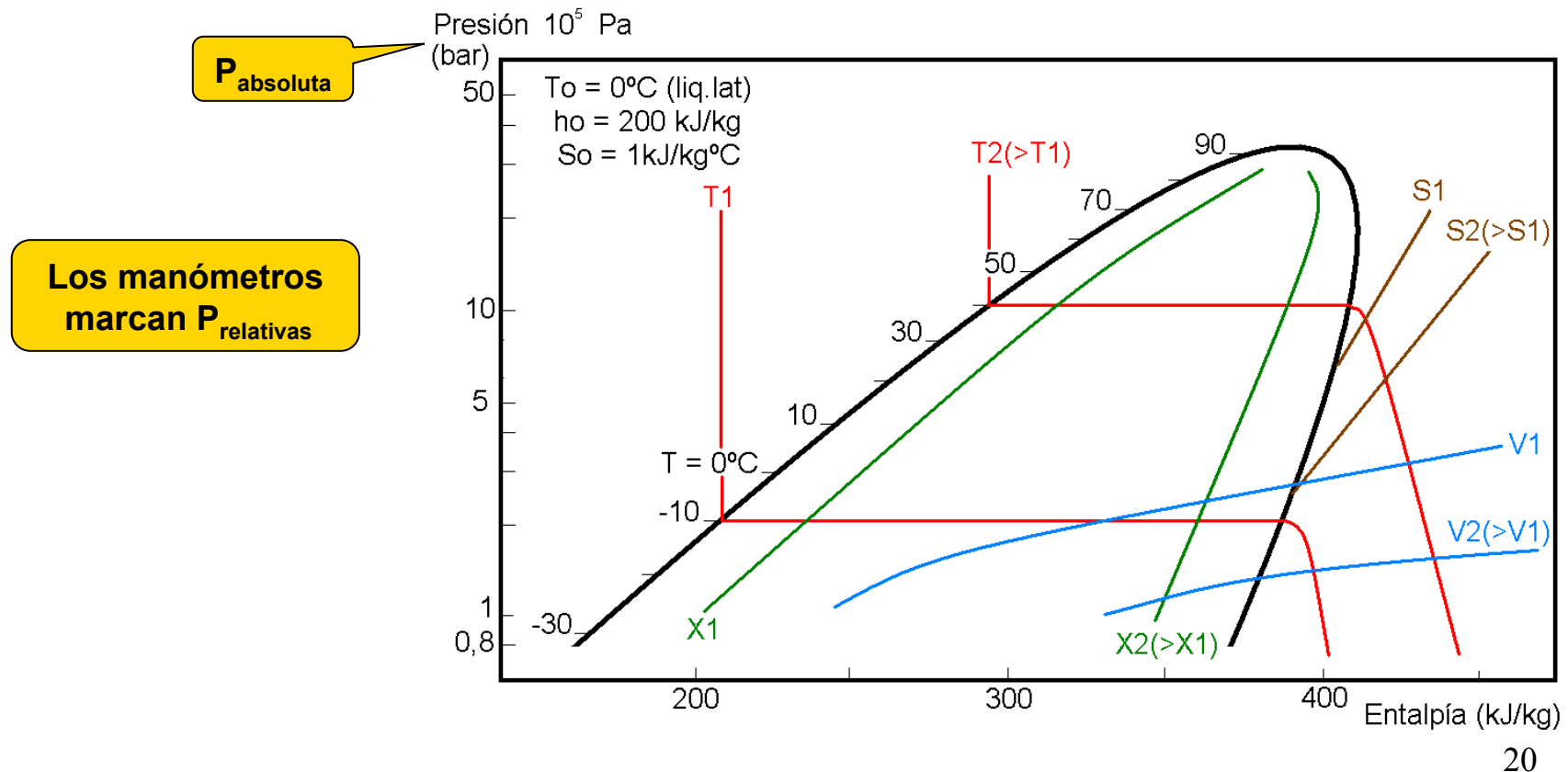
2.- Procedimientos de Producción de Frío (XVIII)

Efecto magnetotérmico-eléctrico



3.- Refrigeración por Compresión (I)

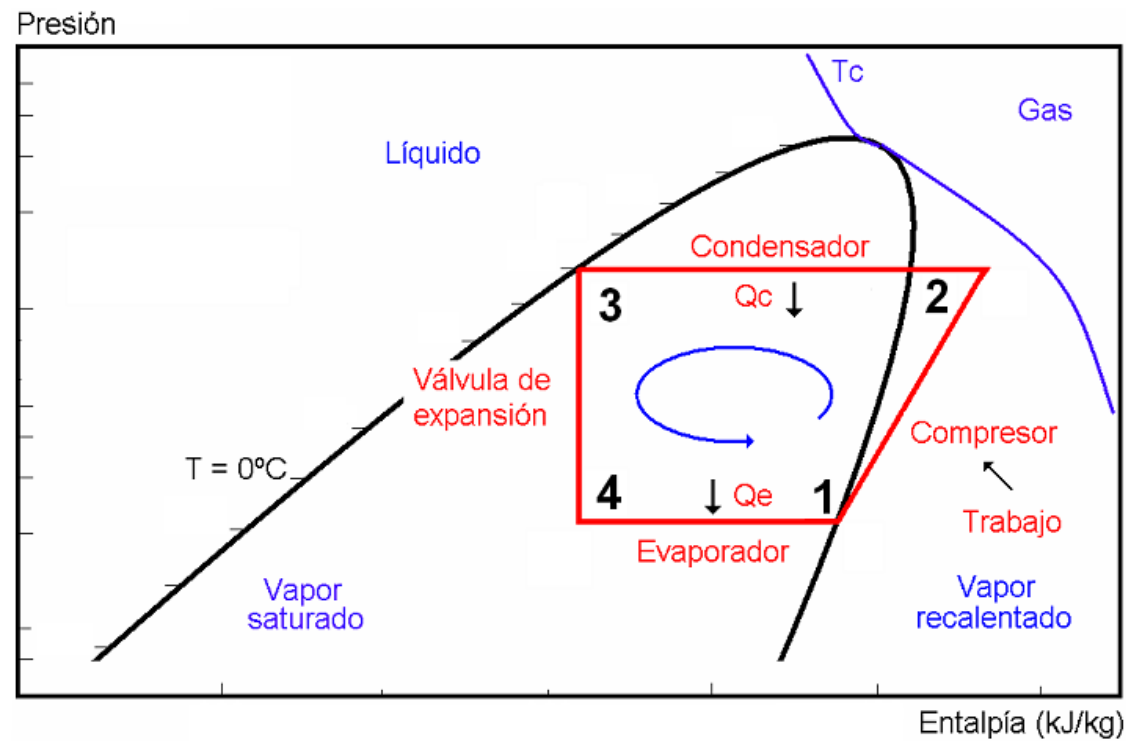
Diagrama característico de un refrigerante



3.- Refrigeración por Compresión (II)

Basado en los cambios de estado (líquido-vapor y vapor-líquido) de una sustancia (fluido refrigerante)

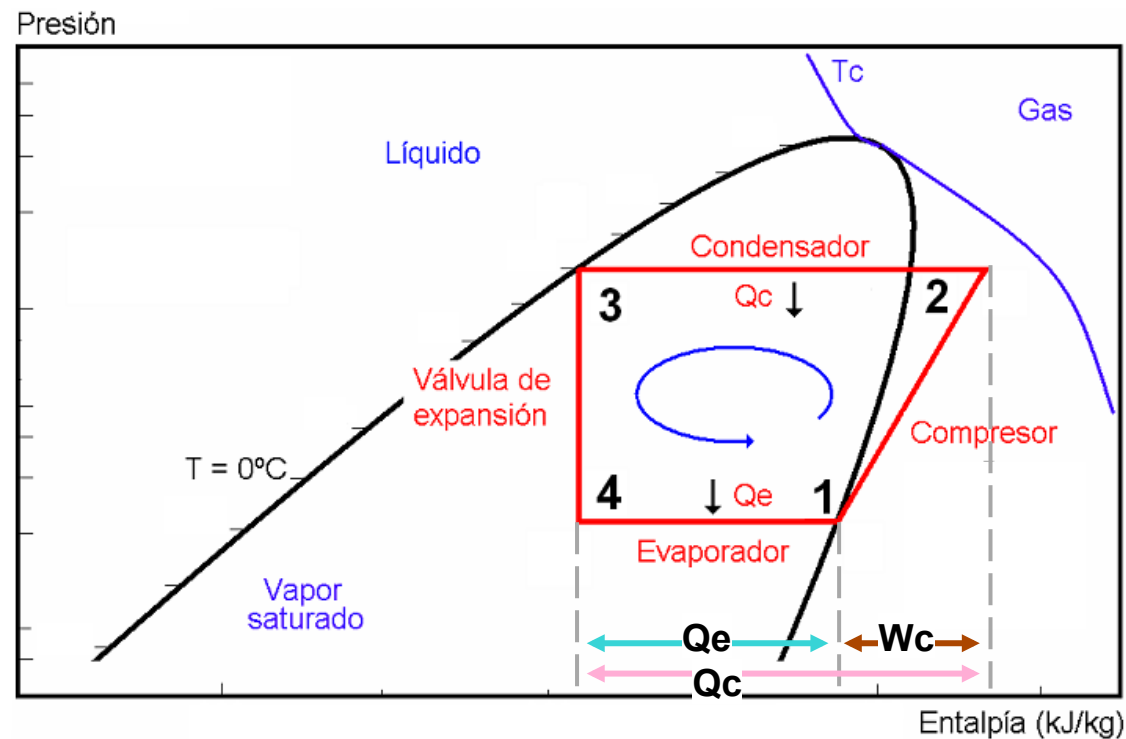
- Compresión
- Condensación
- Expansión
- Evaporación



3.- Refrigeración por Compresión (II)

Basado en los cambios de estado (líquido-vapor y vapor-líquido) de una sustancia (fluido refrigerante)

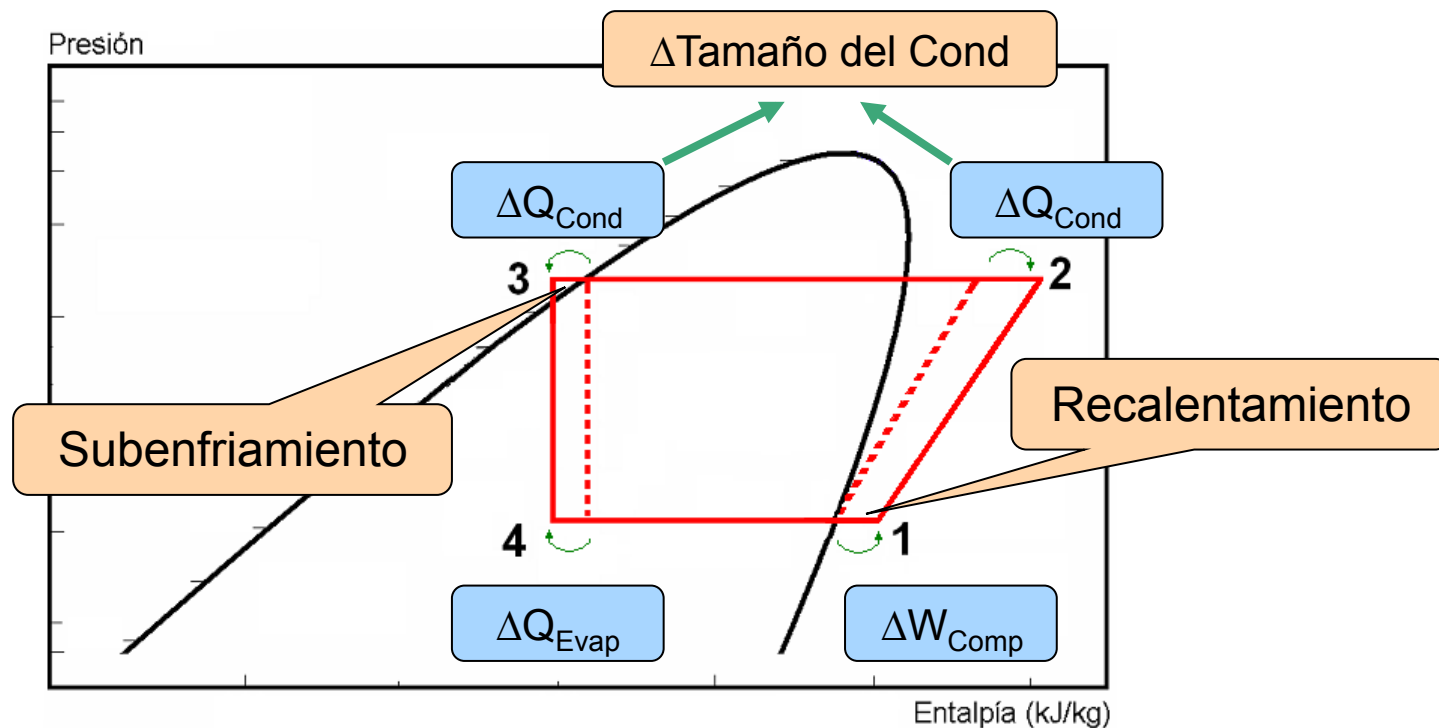
- Compresión
- Condensación
- Expansión
- Evaporación



3.- Refrigeración por Compresión (III)

Subenfriamiento: salida del condensador, asegura líquido en la Val. Exp.

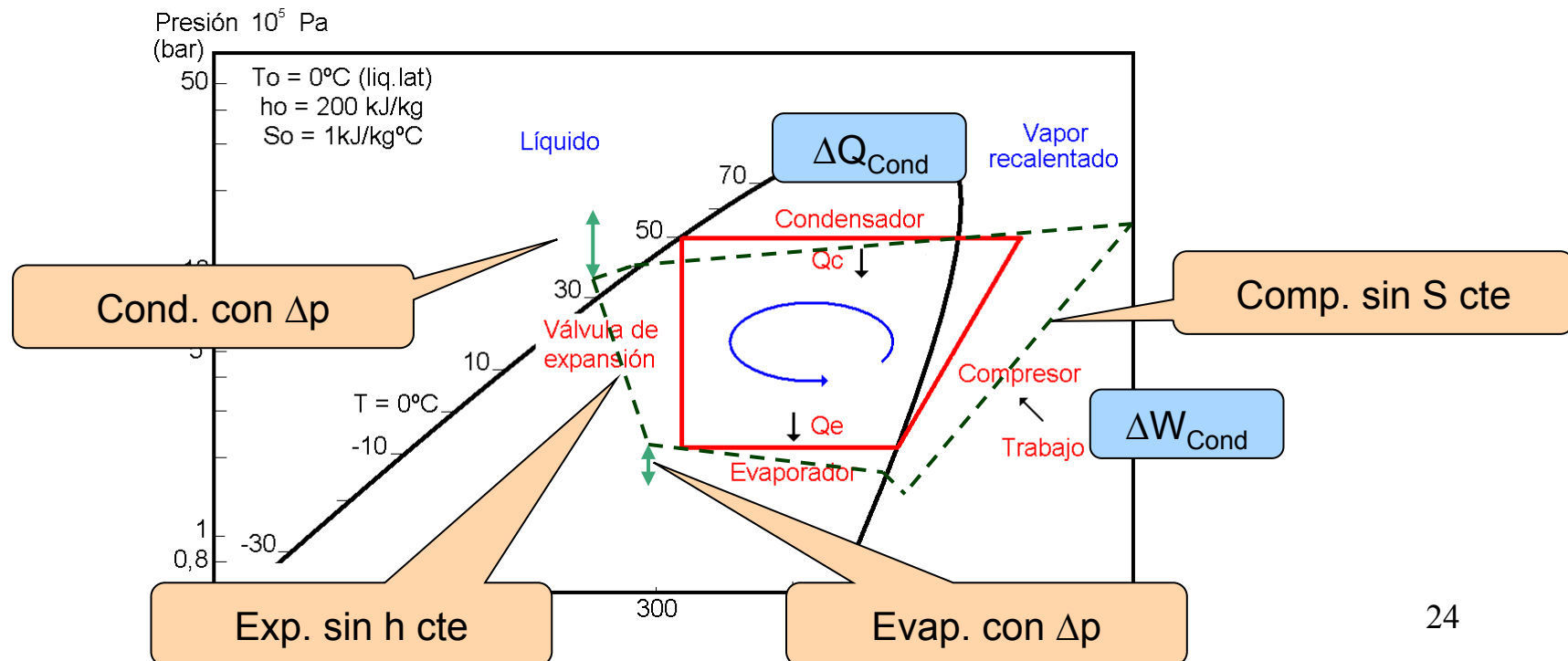
Recalentamiento: salida del evaporador, asegura vapor en el Comp.



3.- Refrigeración por Compresión (IV)

Ciclo real:

- Con pérdidas de presión en condensador y evaporador
- La compresión no es isoentrópica
- La expansión no es isoentálpica



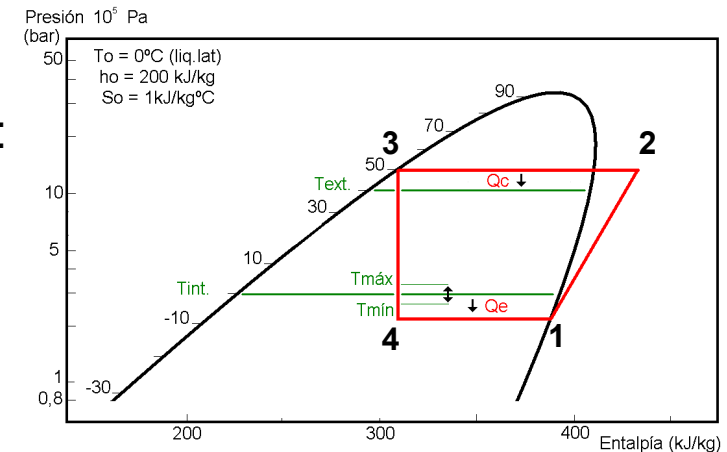
3.- Refrigeración por Compresión (V)



3.- Refrigeración por compresión (VI)

Los **límites de funcionamiento** de un equipo son:

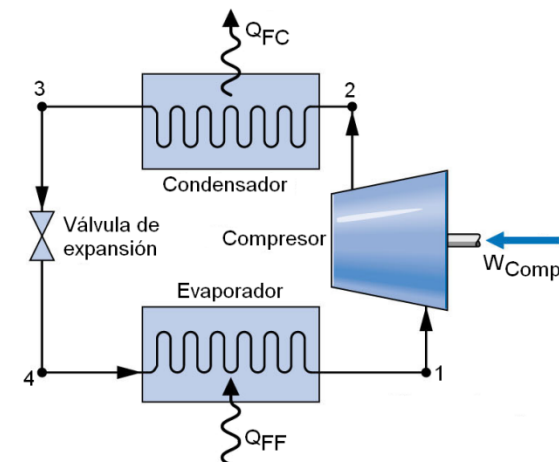
- En el evaporador: la T de la cámara > T del refriger
- En el condensador: la T ambiente < T del refriger



Para calcular el **rendimiento del ciclo de compresión** hay que conocer las energías y los calores;

- El calor extraído de la cámara es: $(h_1 - h_4)$ (kJ/kg)
- El calor cedido al exterior es: $(h_2 - h_3)$ (kJ/kg)
- El trabajo útil del compresor es: $(h_2 - h_1)$ (kJ/kg)

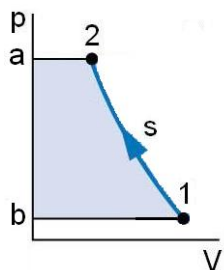
estos valores se obtienen del diagrama, ó de las tablas



3.- Refrigeración por compresión (VII)

Análisis Termodinámico (I):

• *Etapas de compresión (1-2)*



$$W_{\text{admisión (b-1)}} = p_1 v_1$$

$$W_{\text{impulsión (2-a)}} = -p_2 v_2$$

$$W_{(a-b)} = \left| v = \text{cte} \right| = 0$$

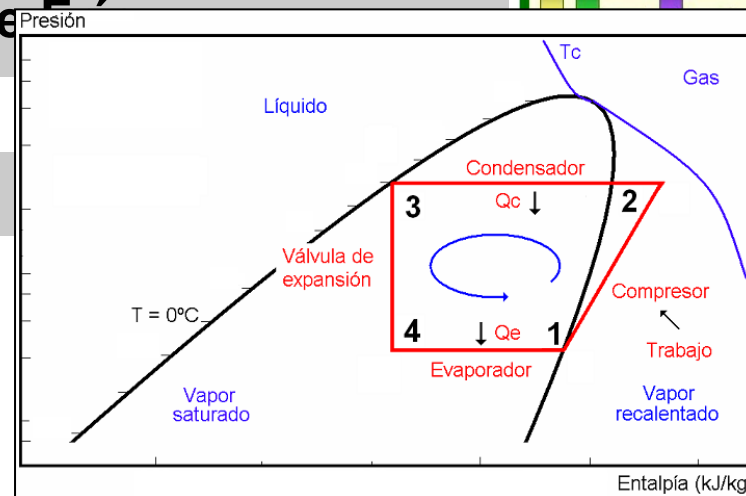
$$W_{\text{comp (1-2)}} = \left| \begin{array}{l} \text{si } (S = \text{cte}) \Rightarrow q = 0 \\ \text{[P.P.T.} \Rightarrow q = u + w] \end{array} \right| = -\Delta u = u_1 - u_2$$

$$W_{\text{Ciclo Comp}} = (p_1 v_1) + (u_1 - u_2) - (p_2 v_2) = h_1 - h_2$$

• *Etapas de condensación (2-3)*

[P.P.T.]

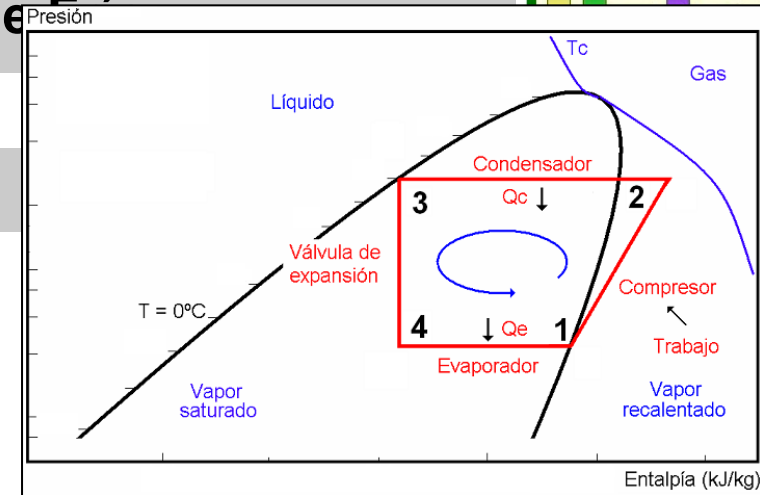
$$q = \int_2^3 du + \int_2^3 dw = \int_2^3 du + \int_2^3 p dv = \left| p_2 = p_3 \right| = u_3 - u_2 + p(v_3 - v_2) = h_3 - h_2$$



Valores por kg de masa

3.- Refrigeración por compresión (VIII)

Análisis Termodinámico (II):



• **Etapas de expansión (3-4)**

[P.P.T.]

$$q = u + w \left| \begin{array}{l} \text{sin área no hay posibilidad de intercambio térmico} \\ q = 0 \end{array} \right| \Rightarrow \Delta u = -\Delta w$$

$$\int_3^4 du = -\int_3^4 dw \Rightarrow u_4 - u_3 = -p_4 v_4 + p_3 v_3 \Rightarrow u_4 + p_4 v_4 = u_3 + p_3 v_3 \quad h_3 = h_4$$

• **Etapas de evaporación (4-1)**

[P.P.T.]

$$q = \int_4^1 du + \int_4^1 dw = \int_4^1 du + \int_4^1 p dv = \left| p_4 = p_1 \right| = u_1 - u_4 + p(v_1 - v_4) = h_1 - h_4$$

3.- Refrigeración por compresión (IX)

COP (**C**oefficient of **P**erformance)

$$\text{COP} = \frac{\text{Calor Extraído } (h_1 - h_4)}{\text{Trabajo Compresor } (h_2 - h_1)}$$

En función de las temperaturas del ciclo, puede ser superior a 3

EER (**E**nergy **E**fficiency **R**atio)

$$\text{EER} = \frac{\text{Capacidad Frigorífica (BTUh)}}{\text{Potencia Compresor (W)}}$$

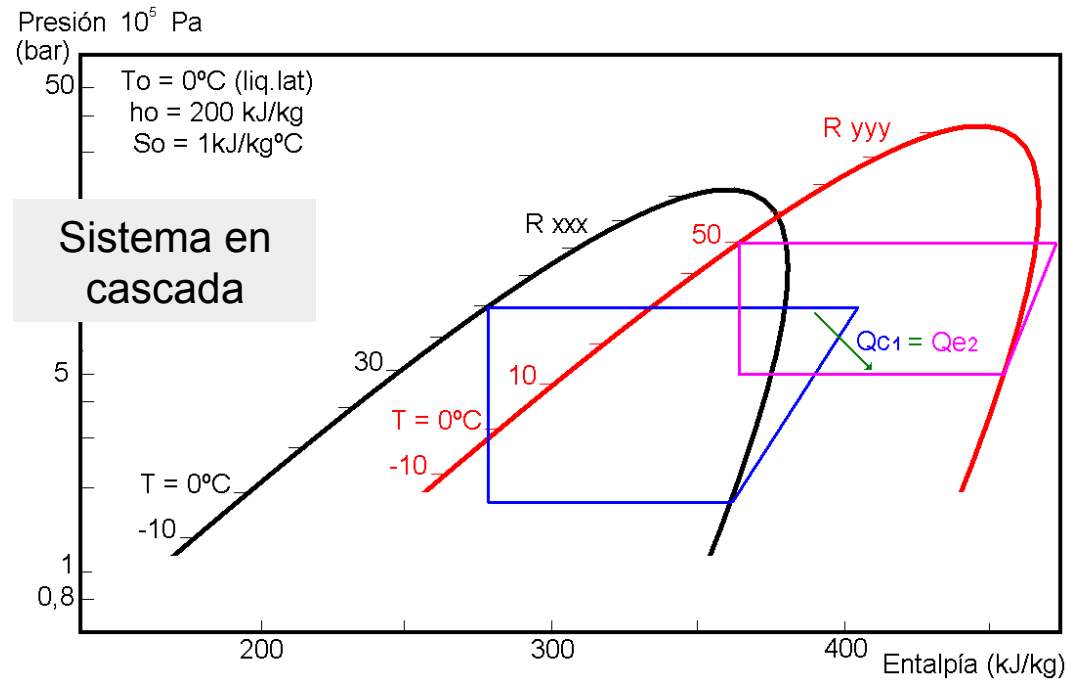
En aire acondicionado puede ser superior a 13

1.000 BTU y 293 Wh

SEER (**S**easonal **E**nergy **E**fficiency **R**atio)

El EER durante un periodo de tiempo

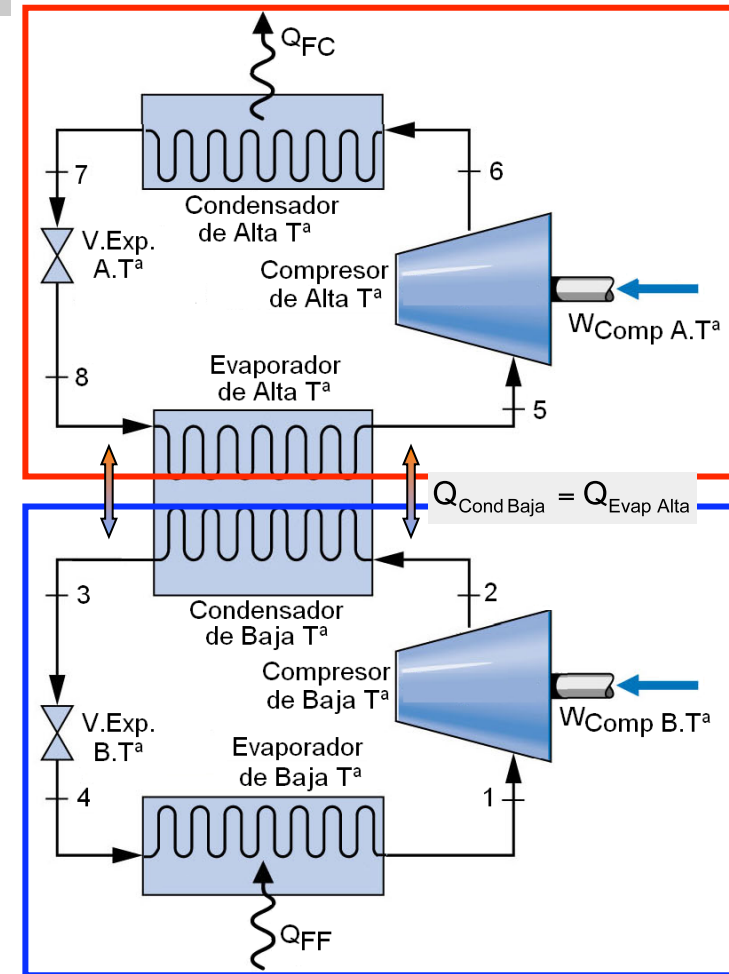
3.- Refrigeración por compresión (X)



$$Q_{\text{Cond Baja}} = Q_{\text{Evap Alta}}$$

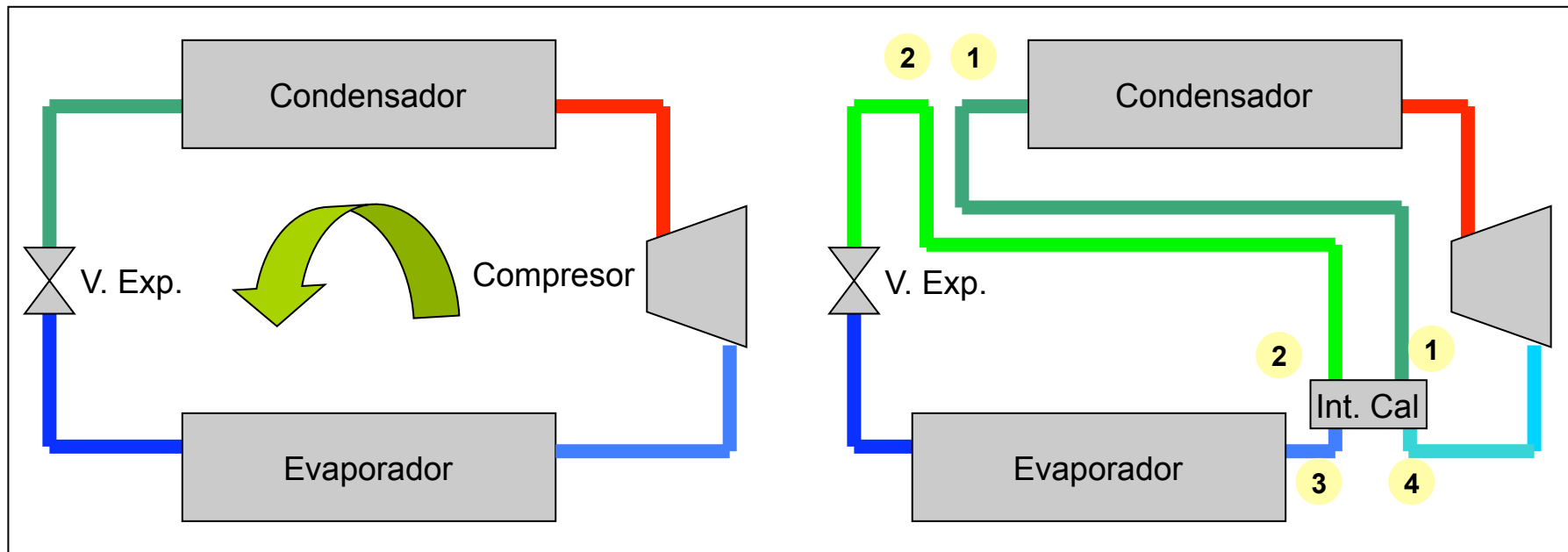
$$m_{\text{Baja}} \Delta h_{\text{Cond Baja}} = m_{\text{Alta}} \Delta h_{\text{Evap Alta}}$$

$$m_{\text{Baja}} (h_2 - h_3) = m_{\text{Alta}} (h_5 - h_8)$$



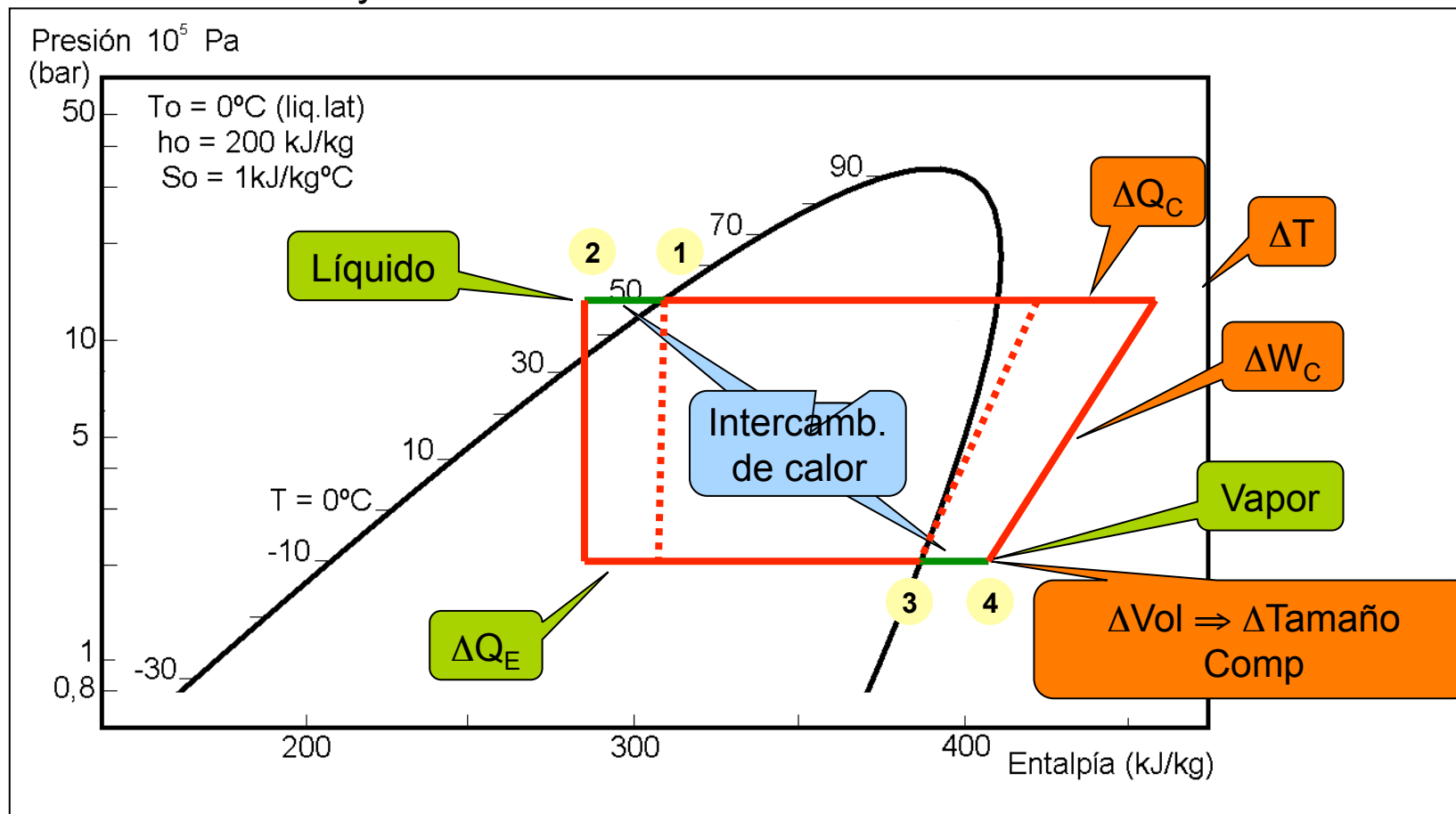
3.- Refrigeración por Compresión (XI)

Un **intercambiador de calor auxiliar** puede realizar simultáneamente el subenfriamiento y el recalentamiento



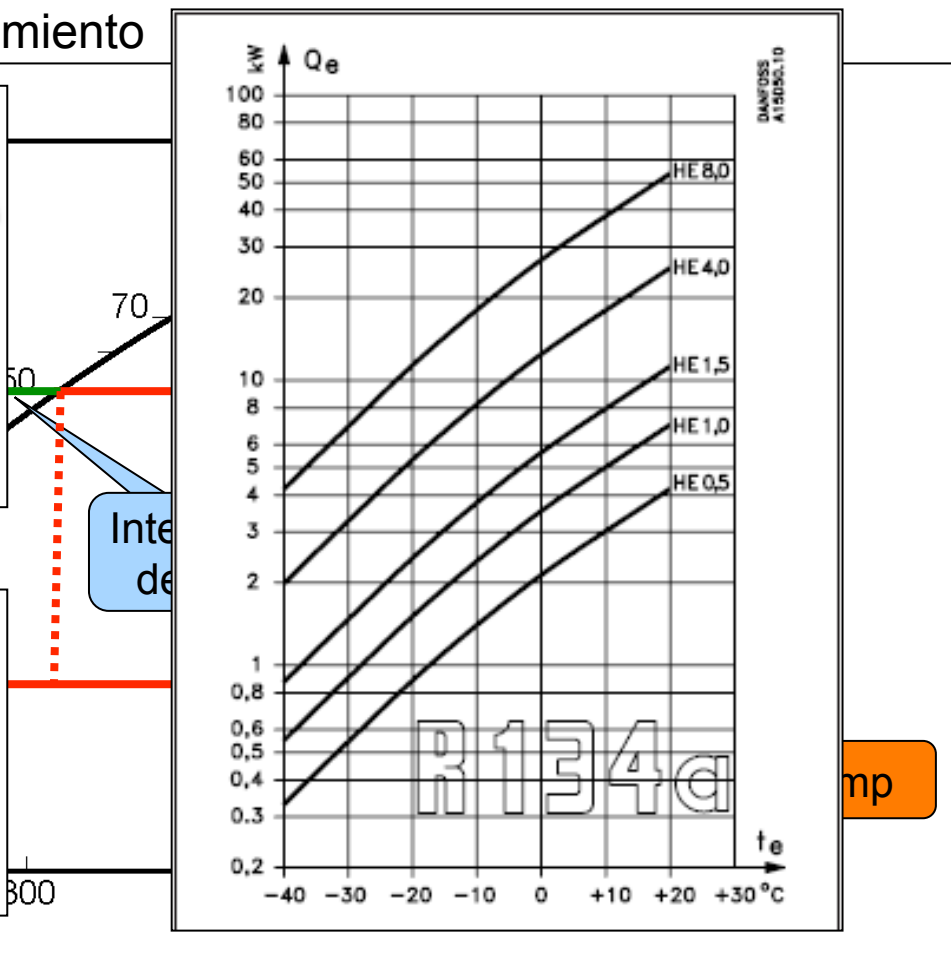
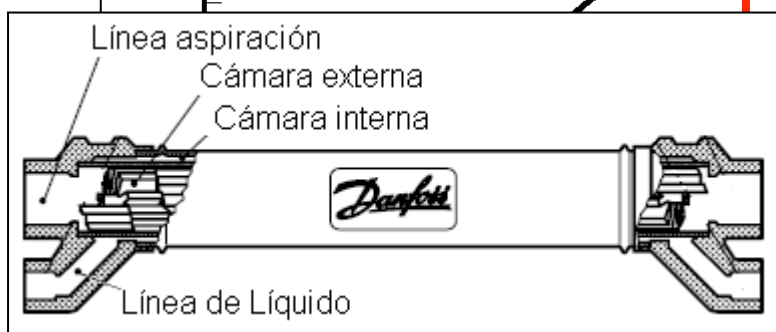
3.- Refrigeración por Compresión (XII)

Un **intercambiador de calor auxiliar** puede realizar simultáneamente el subenfriamiento y el recalentamiento



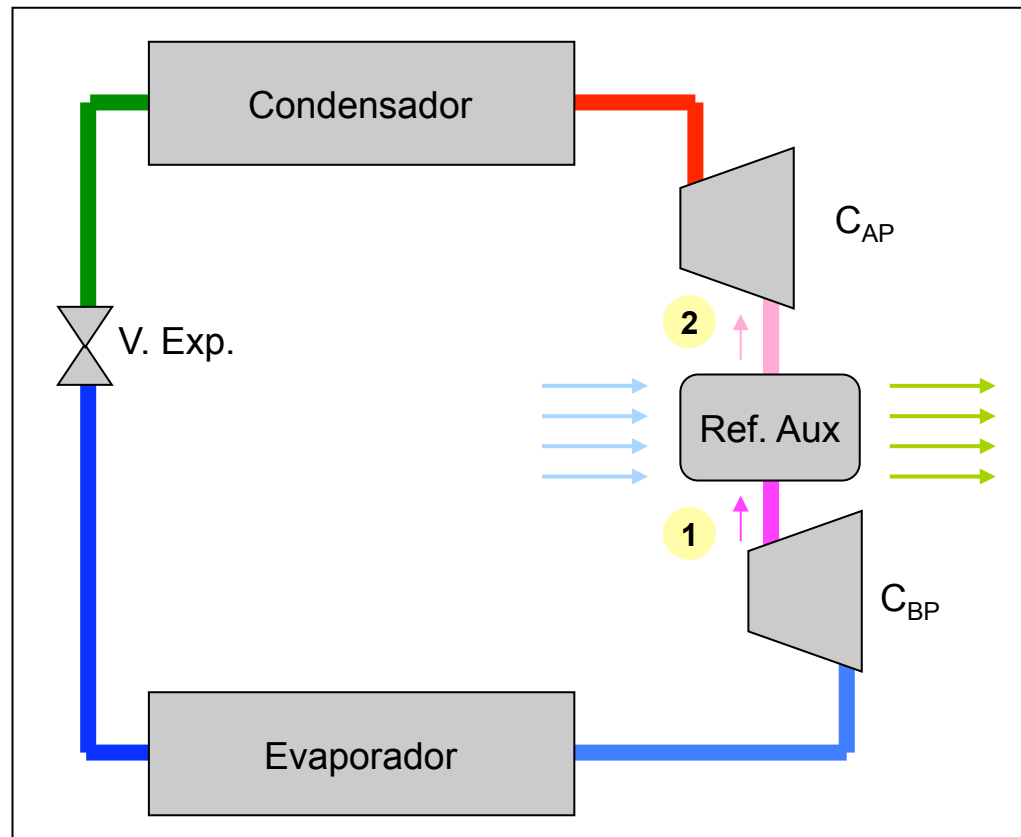
3.- Refrigeración por Compresión (XII)

Un **intercambiador de calor auxiliar** puede realizar simultáneamente el subenfriamiento y el recalentamiento



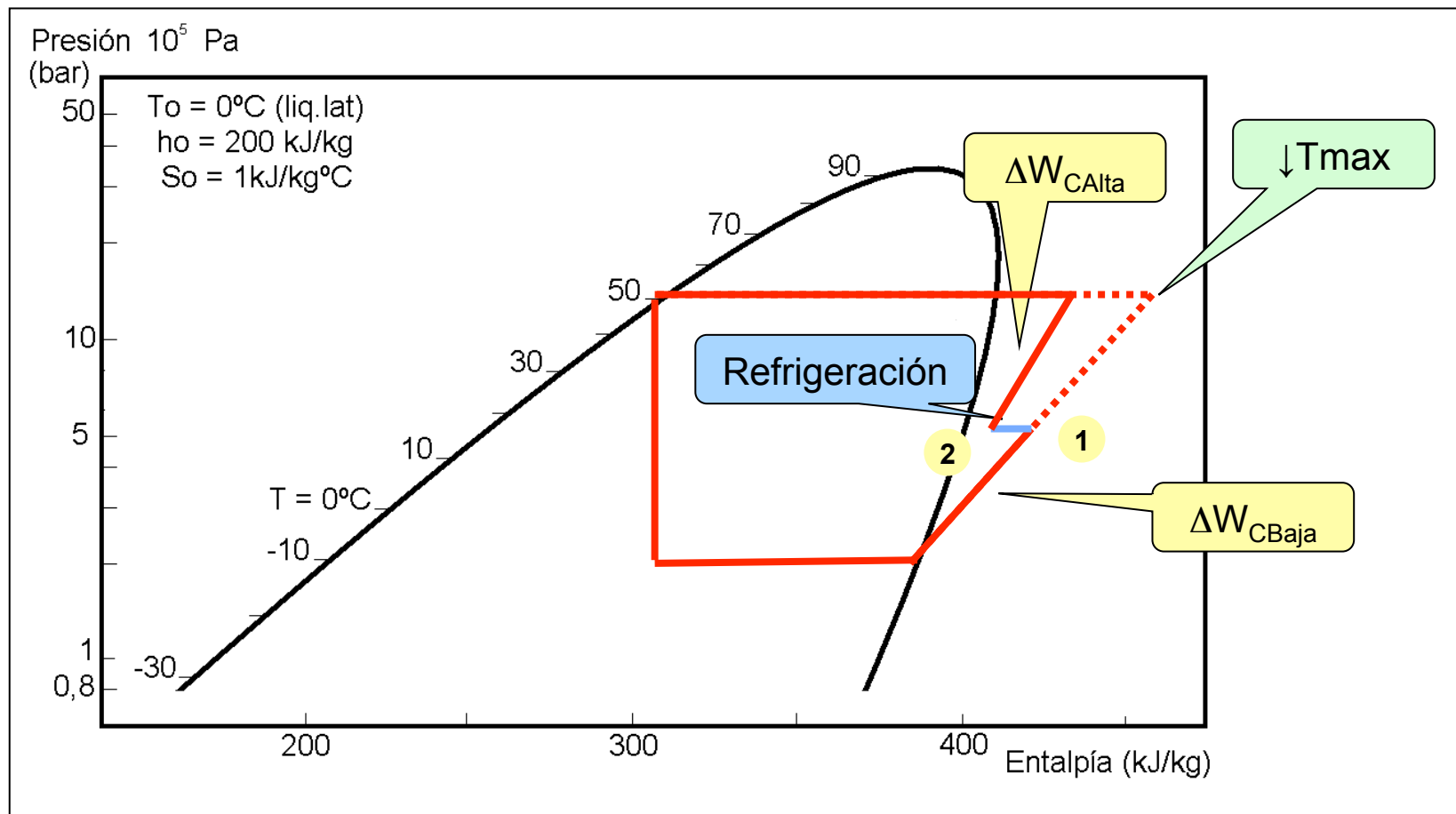
3.- Refrigeración por Compresión (XIII)

Dos etapas de compresión con refrigeración intermedia



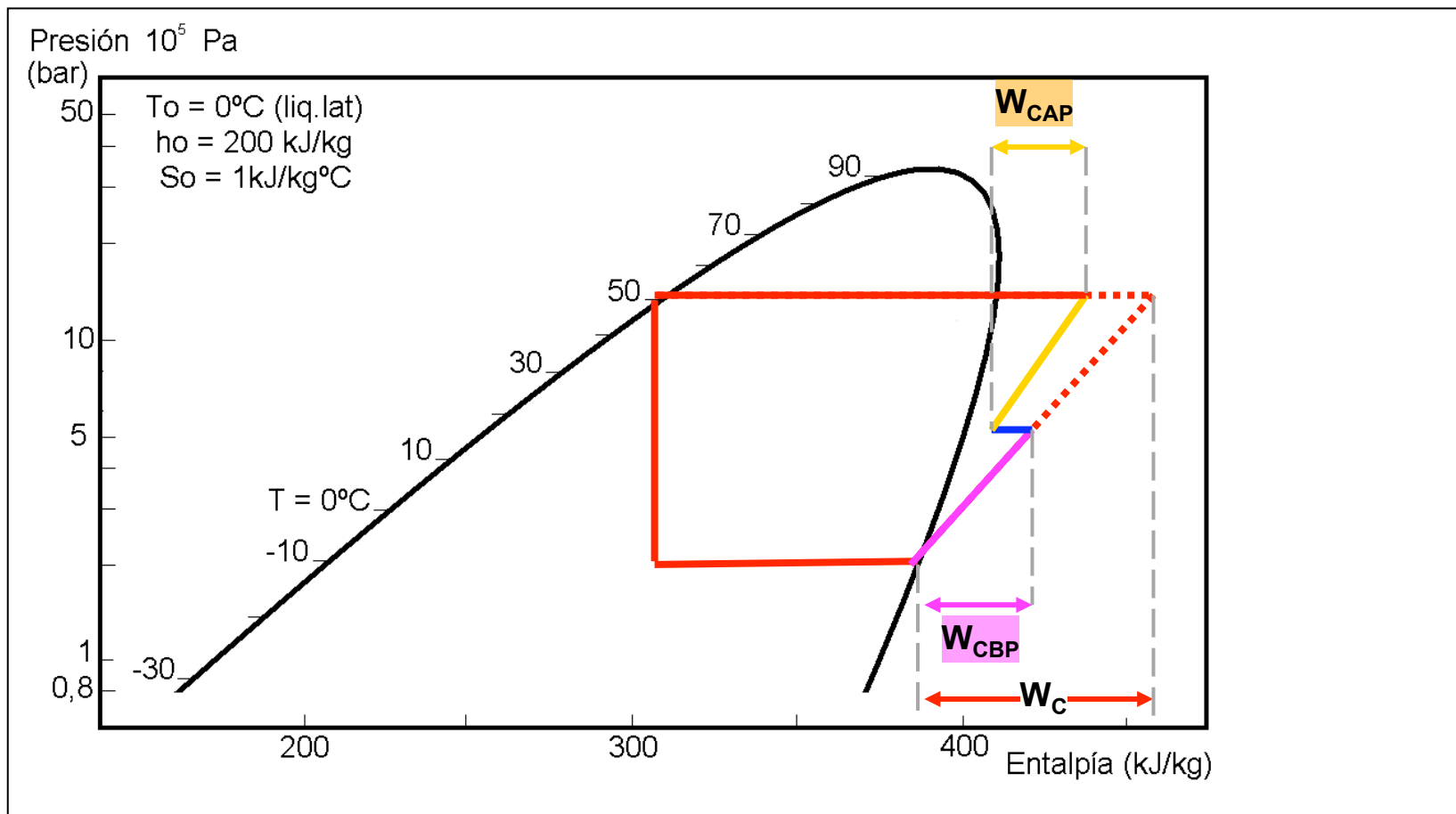
3.- Refrigeración por Compresión (XIII)

Dos etapas de compresión con refrigeración intermedia



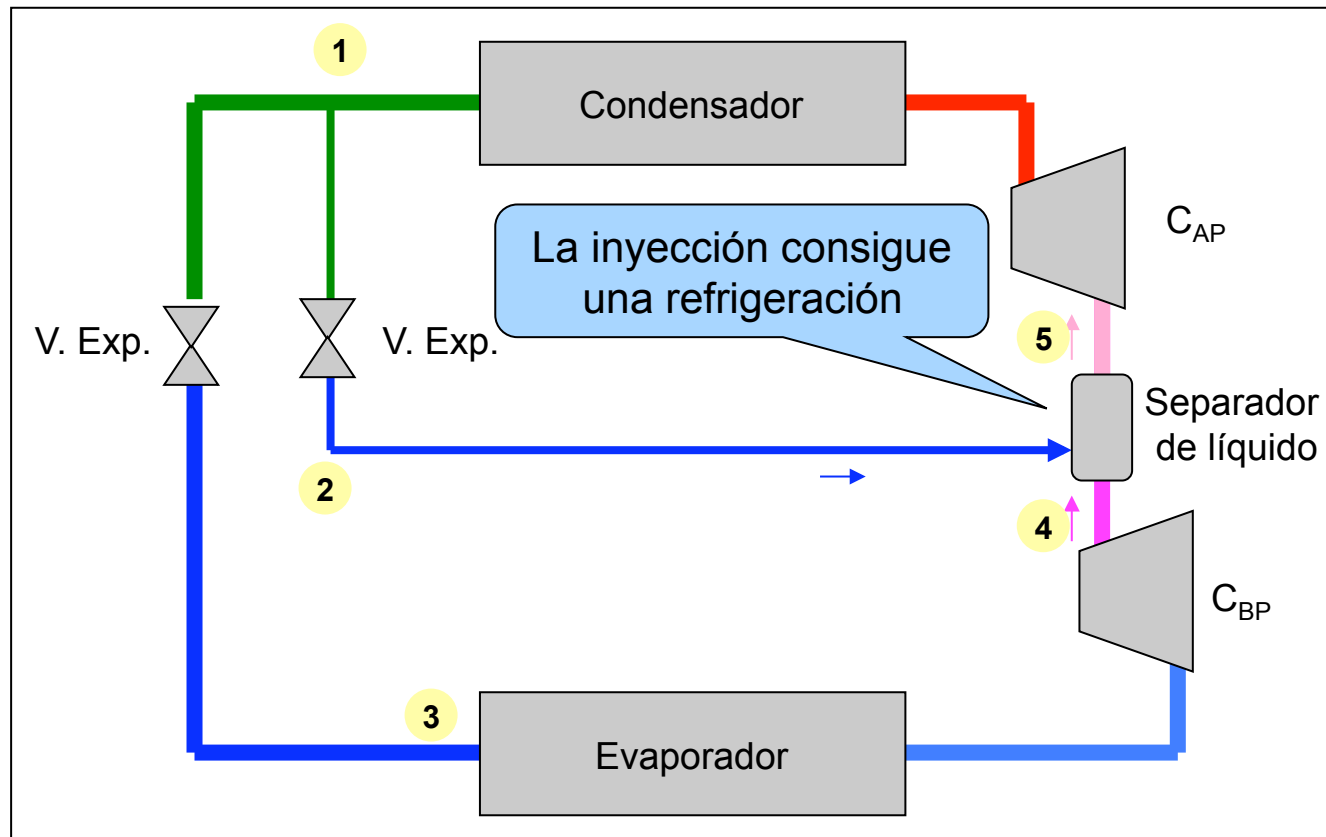
3.- Refrigeración por Compresión (XIII)

Dos etapas de compresión con refrigeración intermedia



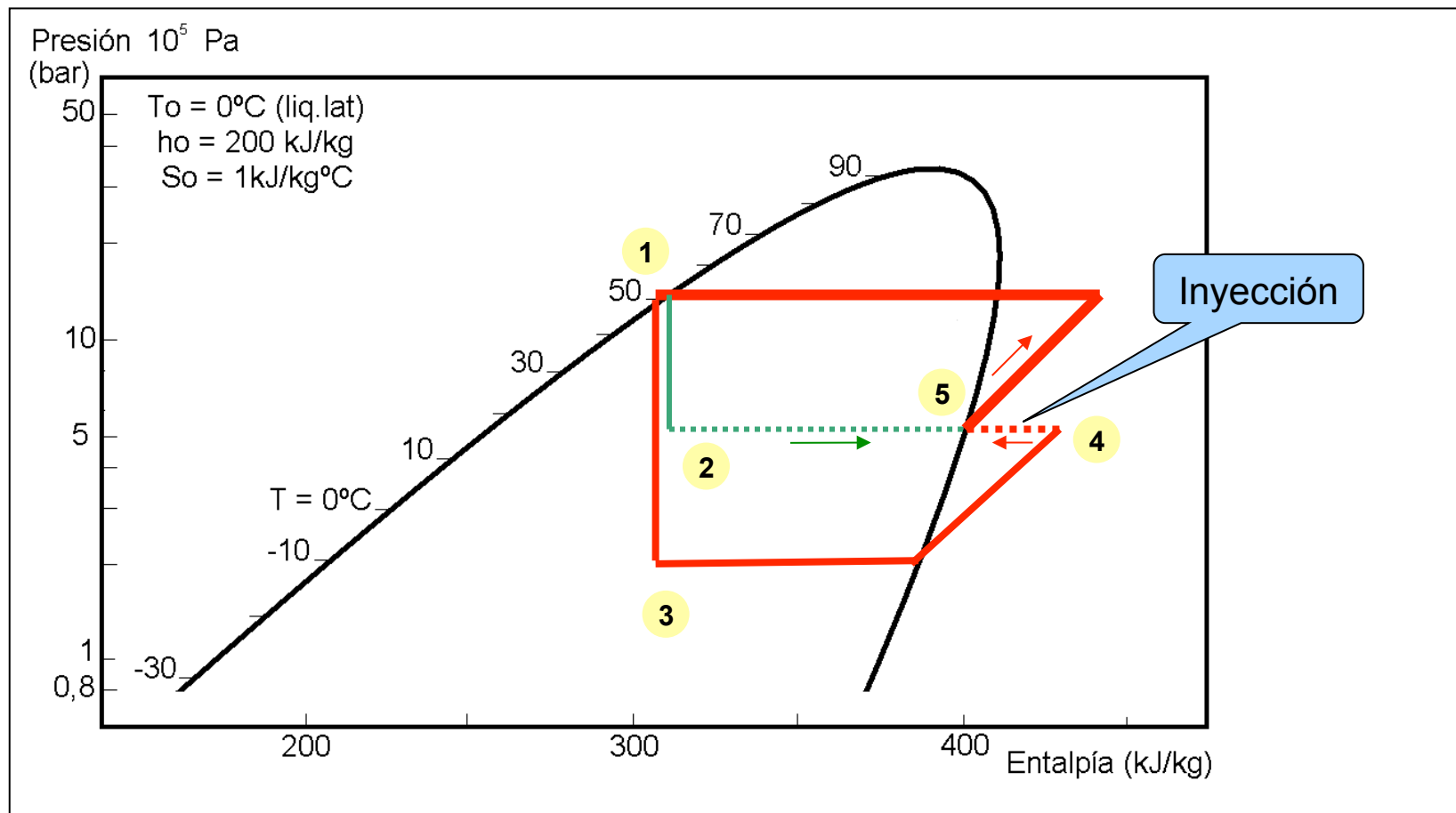
3.- Refrigeración por Compresión (XIV)

Dos etapas de compresión con inyección de refrigeración de líquido



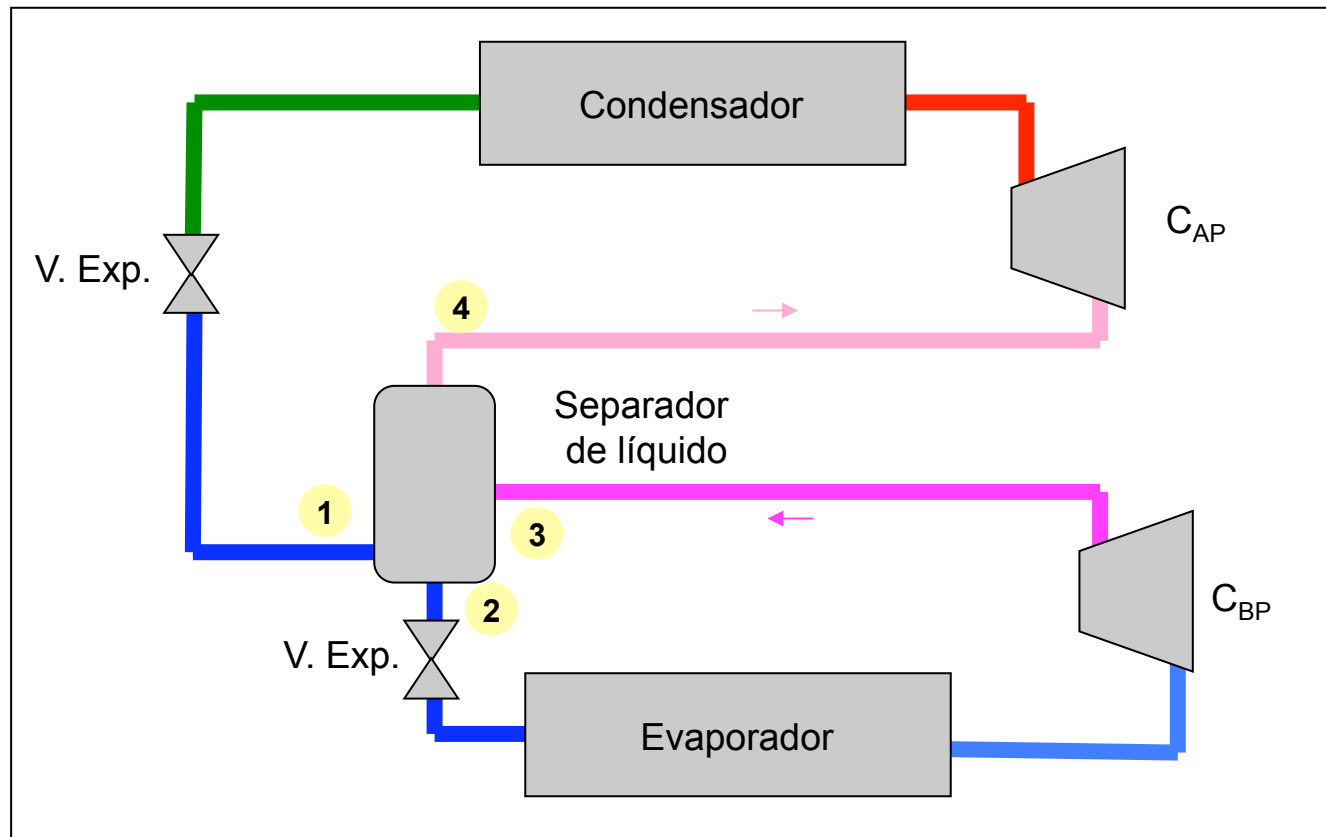
3.- Refrigeración por Compresión (XIV)

Dos etapas de compresión con inyección de refrigeración de líquido



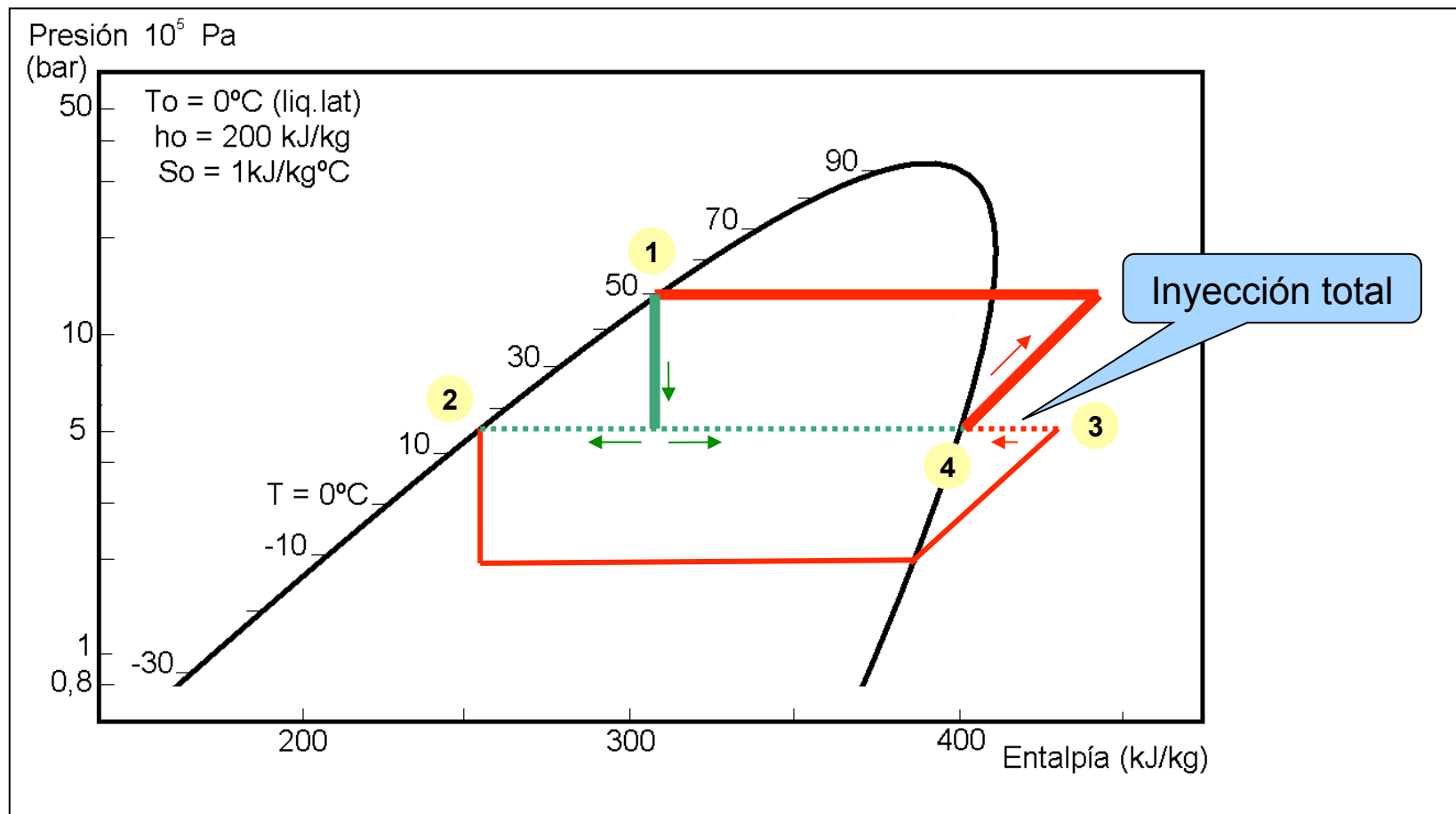
3.- Refrigeración por Compresión (XV)

Dos etapas de compresión con inyección total de refrigerante líquido



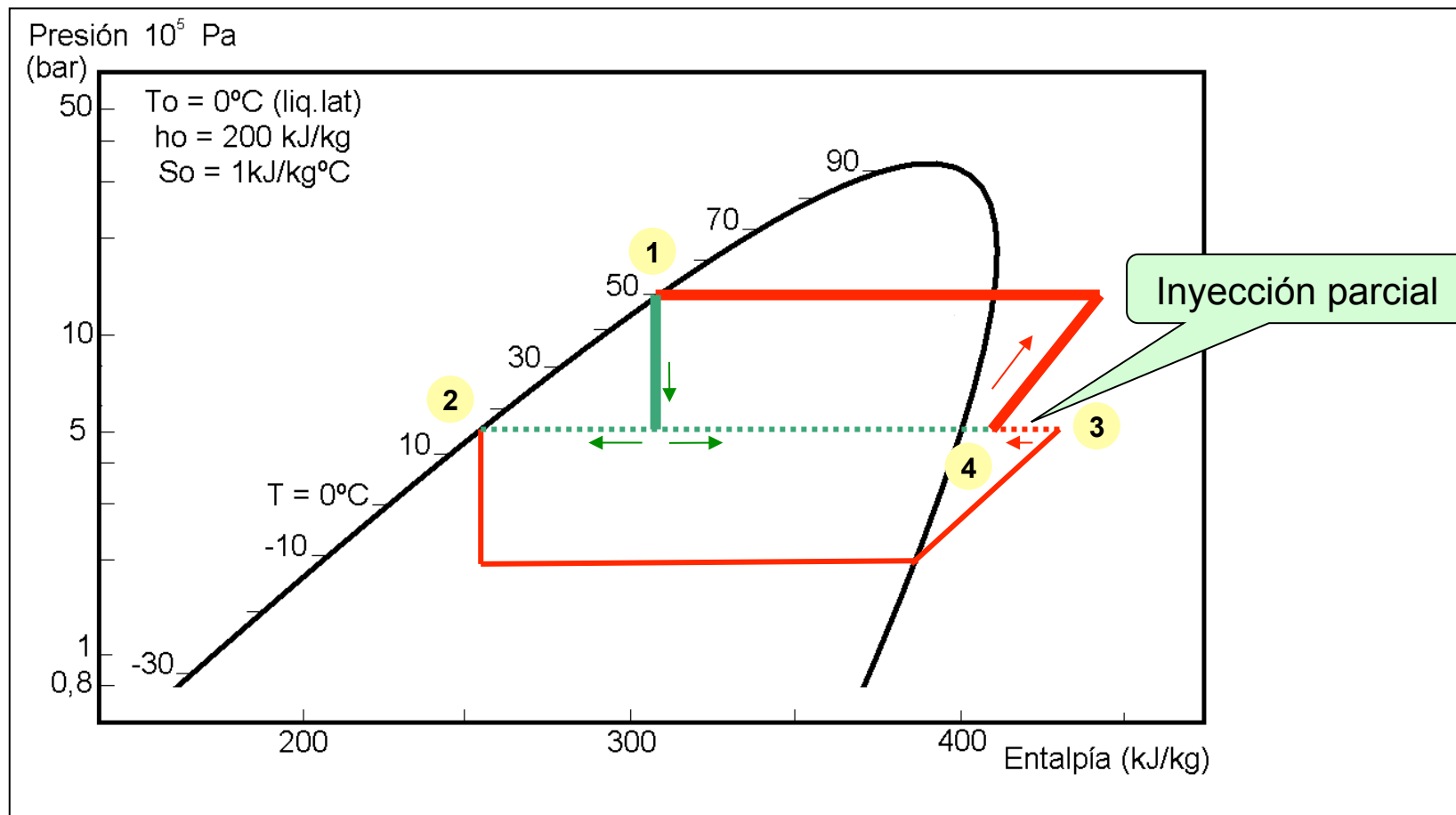
3.- Refrigeración por Compresión (XV)

Dos etapas de compresión con inyección de refrigeración de líquido



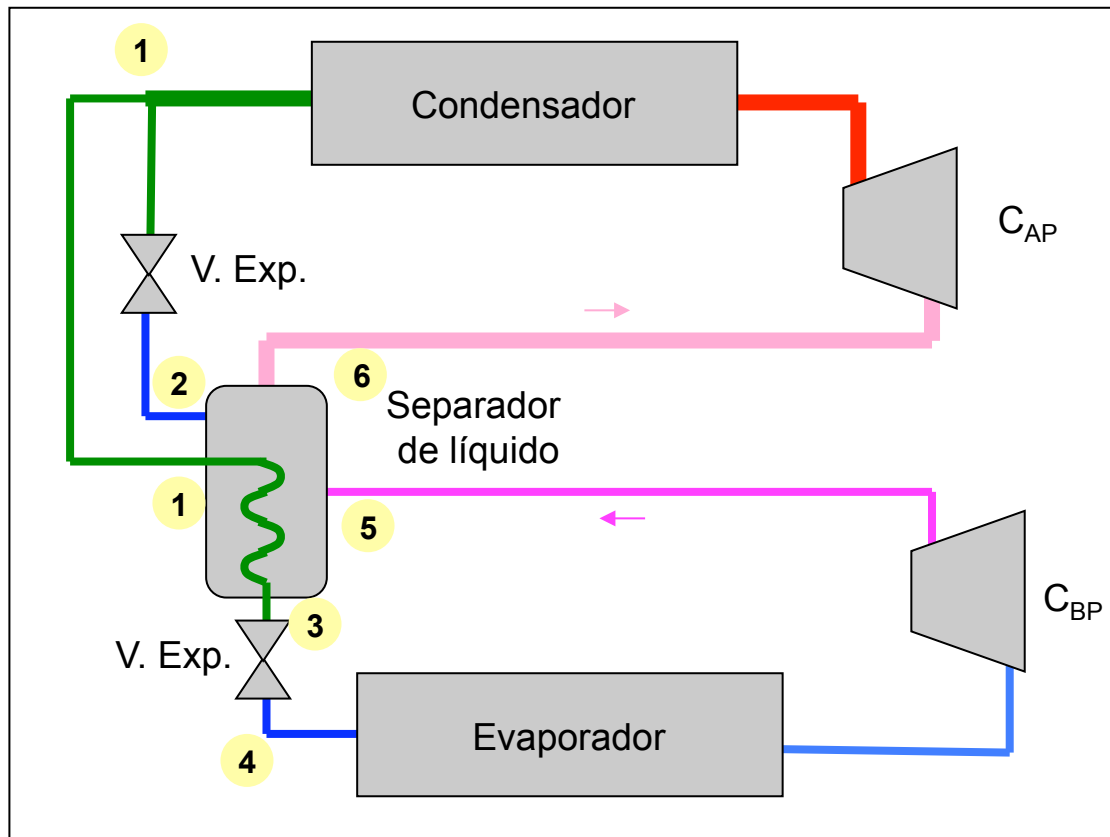
3.- Refrigeración por Compresión (XV)

Dos etapas de compresión con inyección de refrigeración de líquido



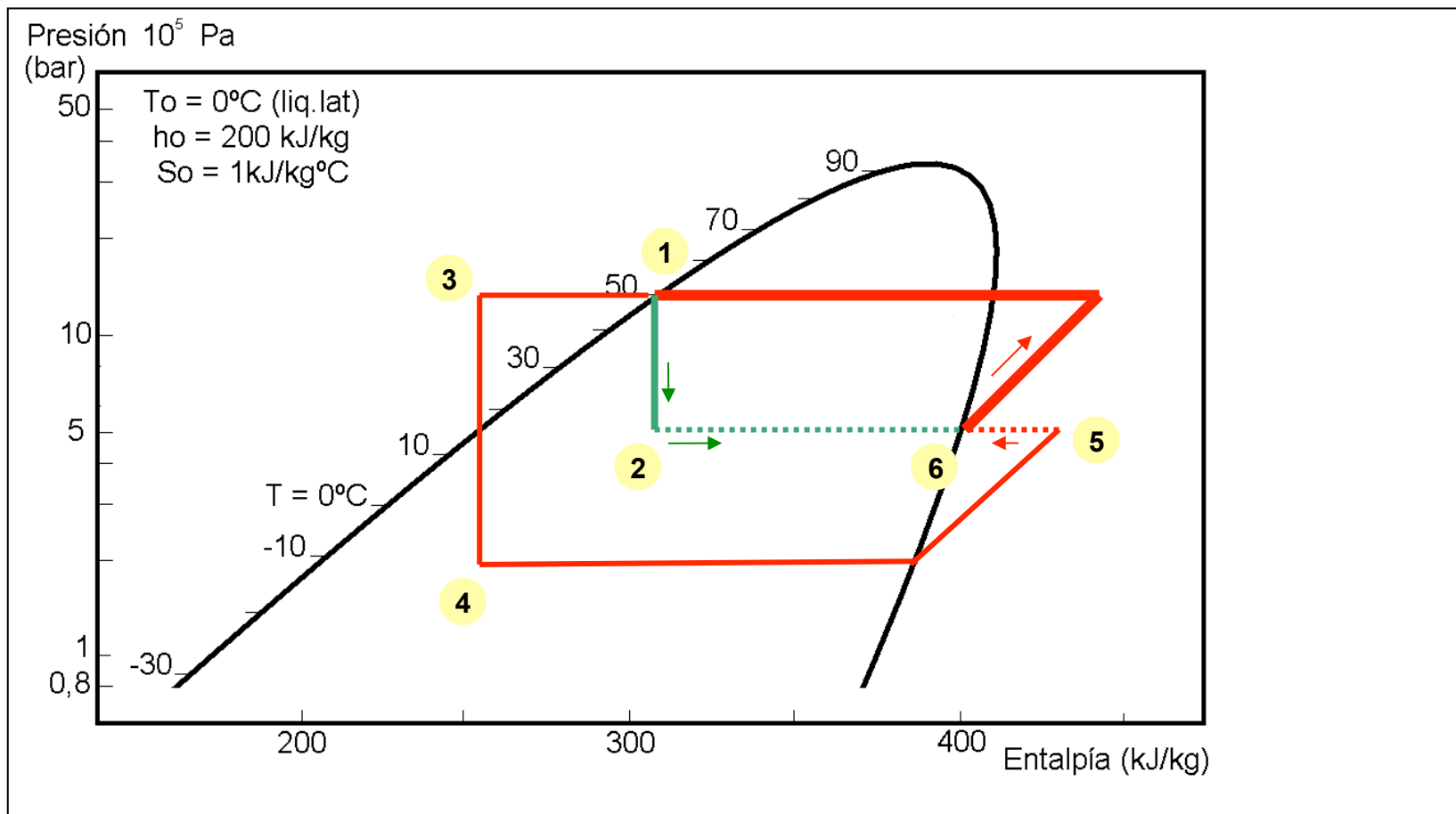
3.- Refrigeración por Compresión (XVI)

Doble compresión con subenfriamiento



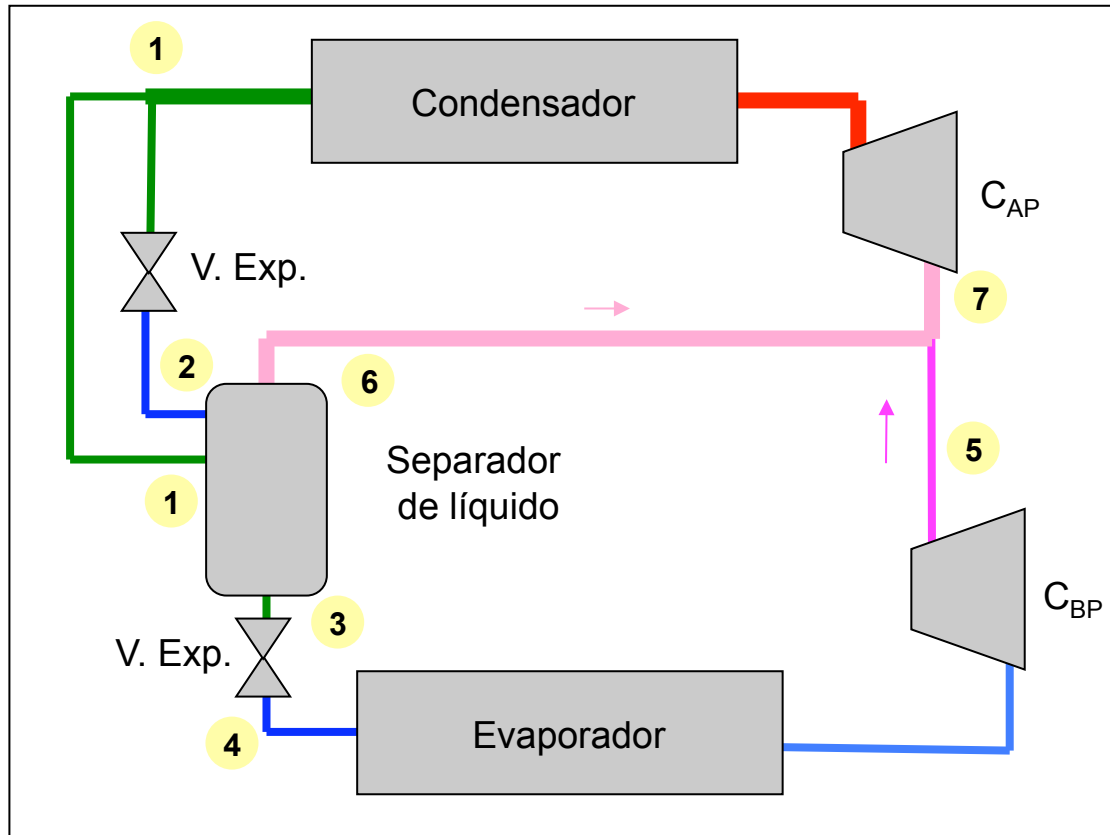
3.- Refrigeración por Compresión (XVI)

Doble compresión con subenfriamiento



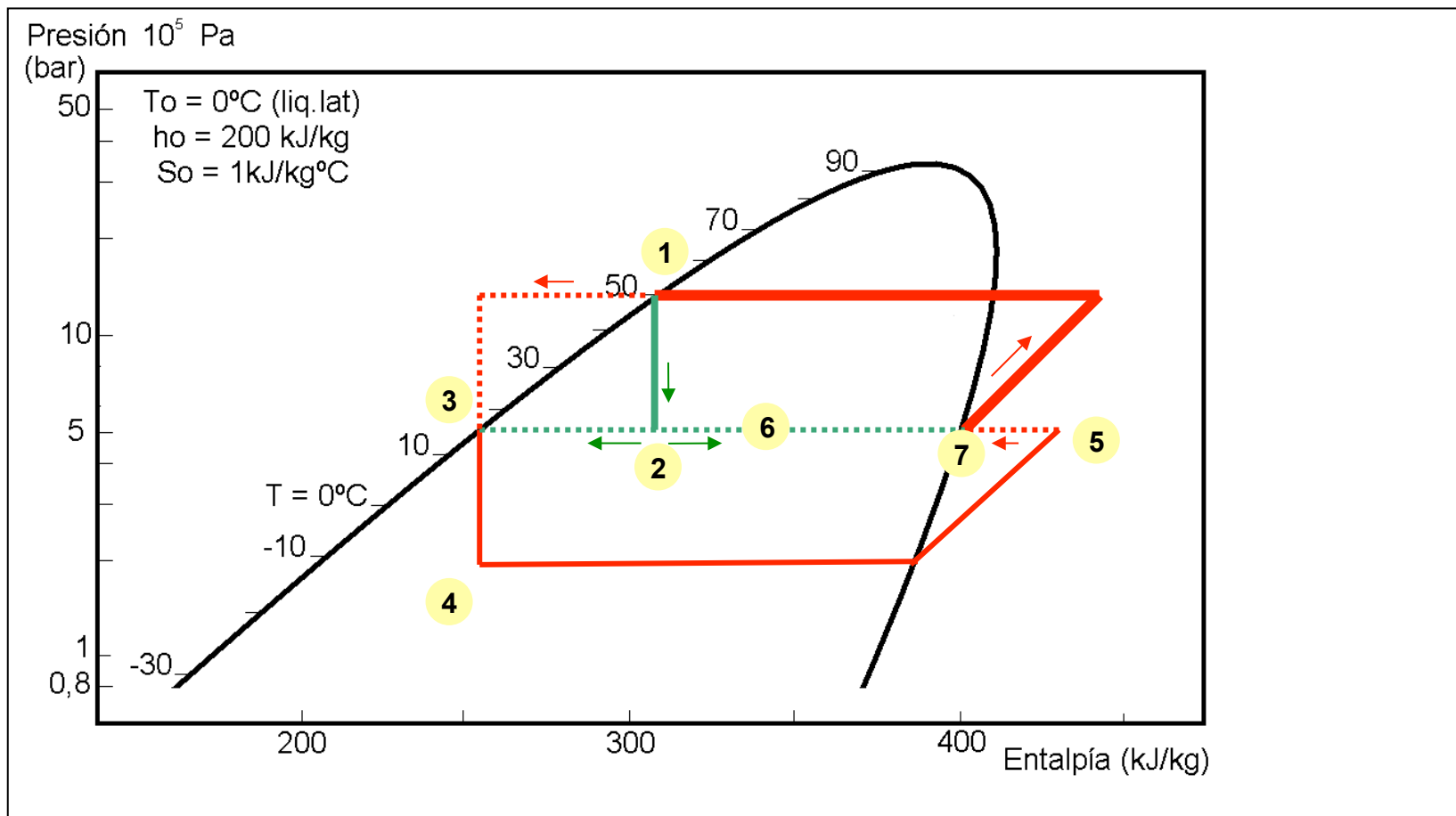
3.- Refrigeración por Compresión (XVII)

Doble compresión con subenfriamiento



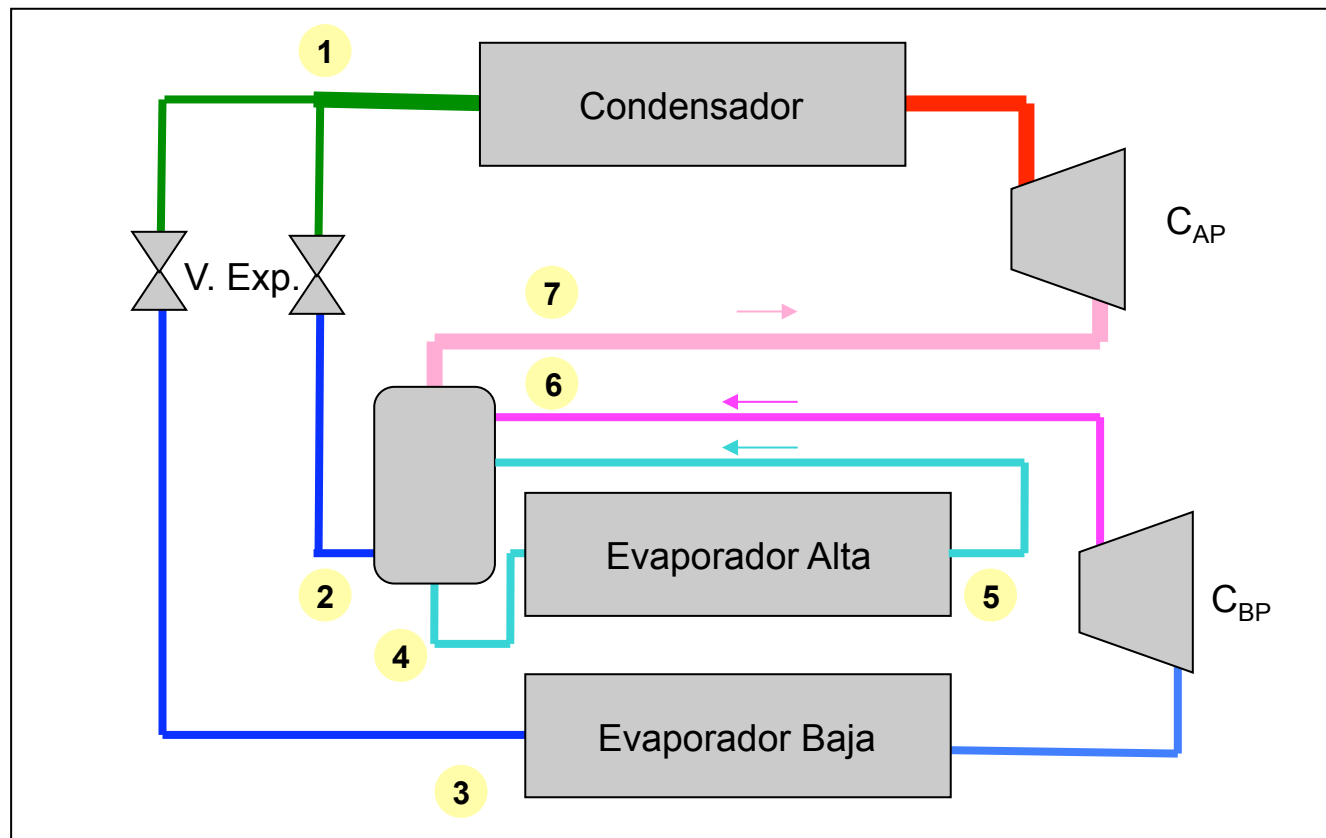
3.- Refrigeración por Compresión (XVII)

Doble compresión con subenfriamiento



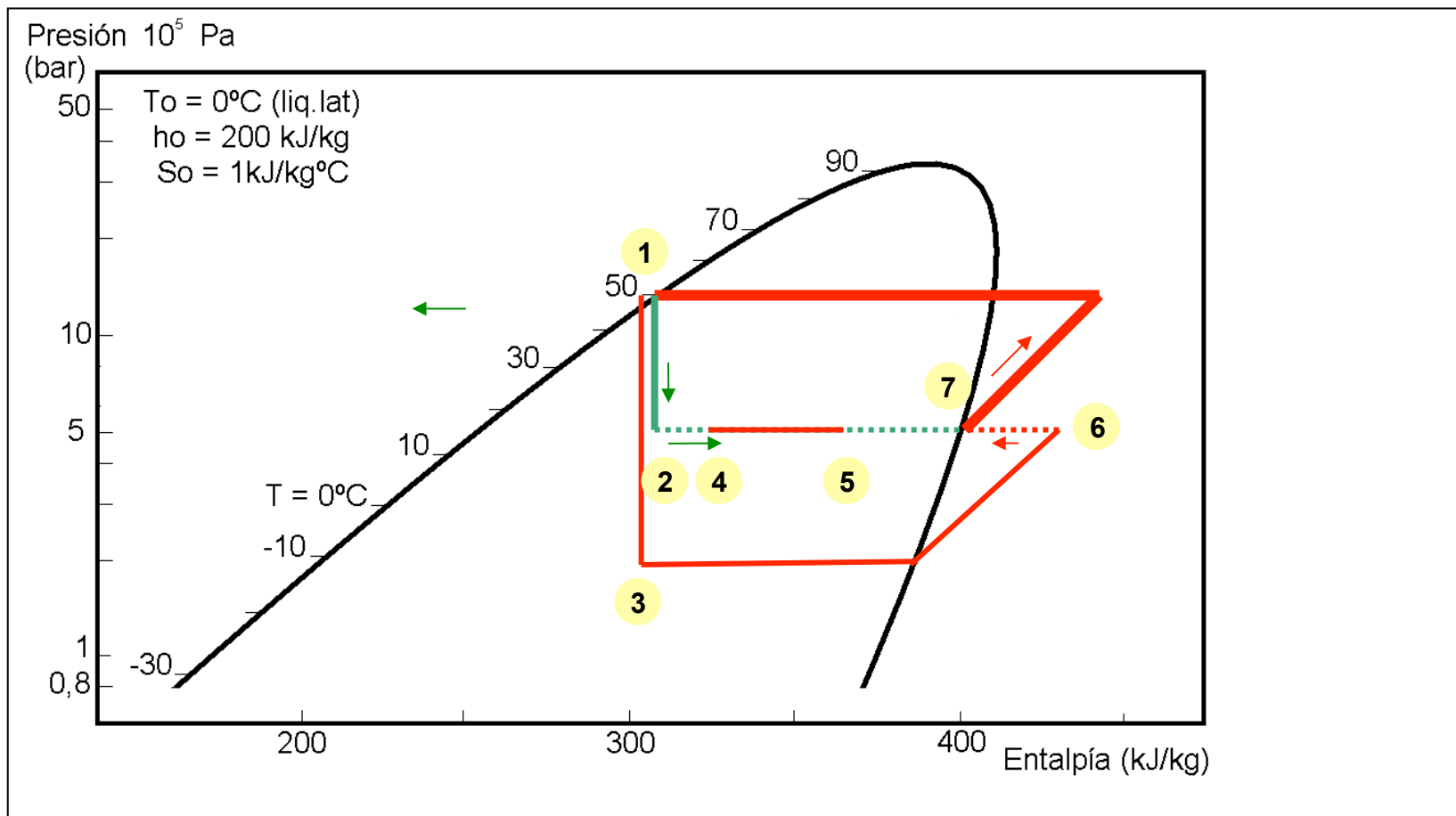
3.- Refrigeración por Compresión (XVIII)

Doble evaporación



3.- Refrigeración por Compresión (XVIII)

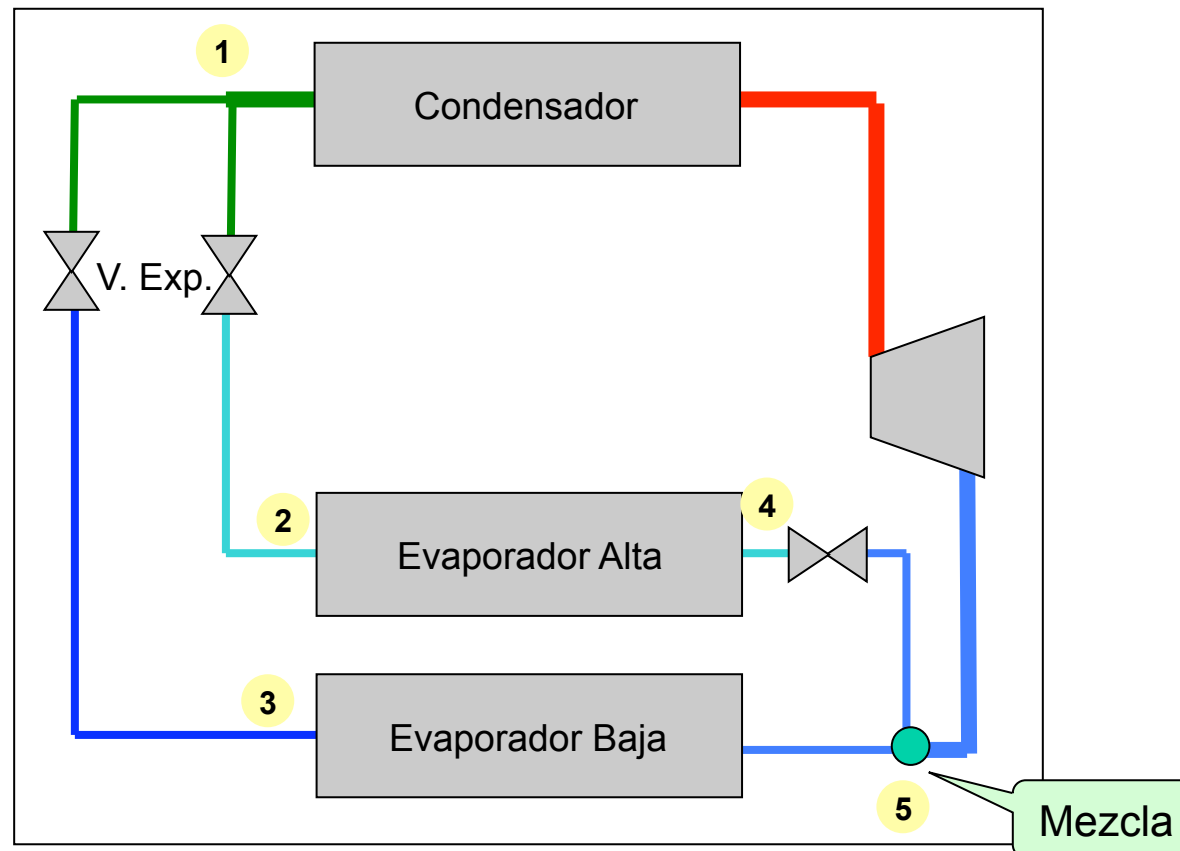
Doble evaporación



3.- Refrigeración por Compresión (XIX)

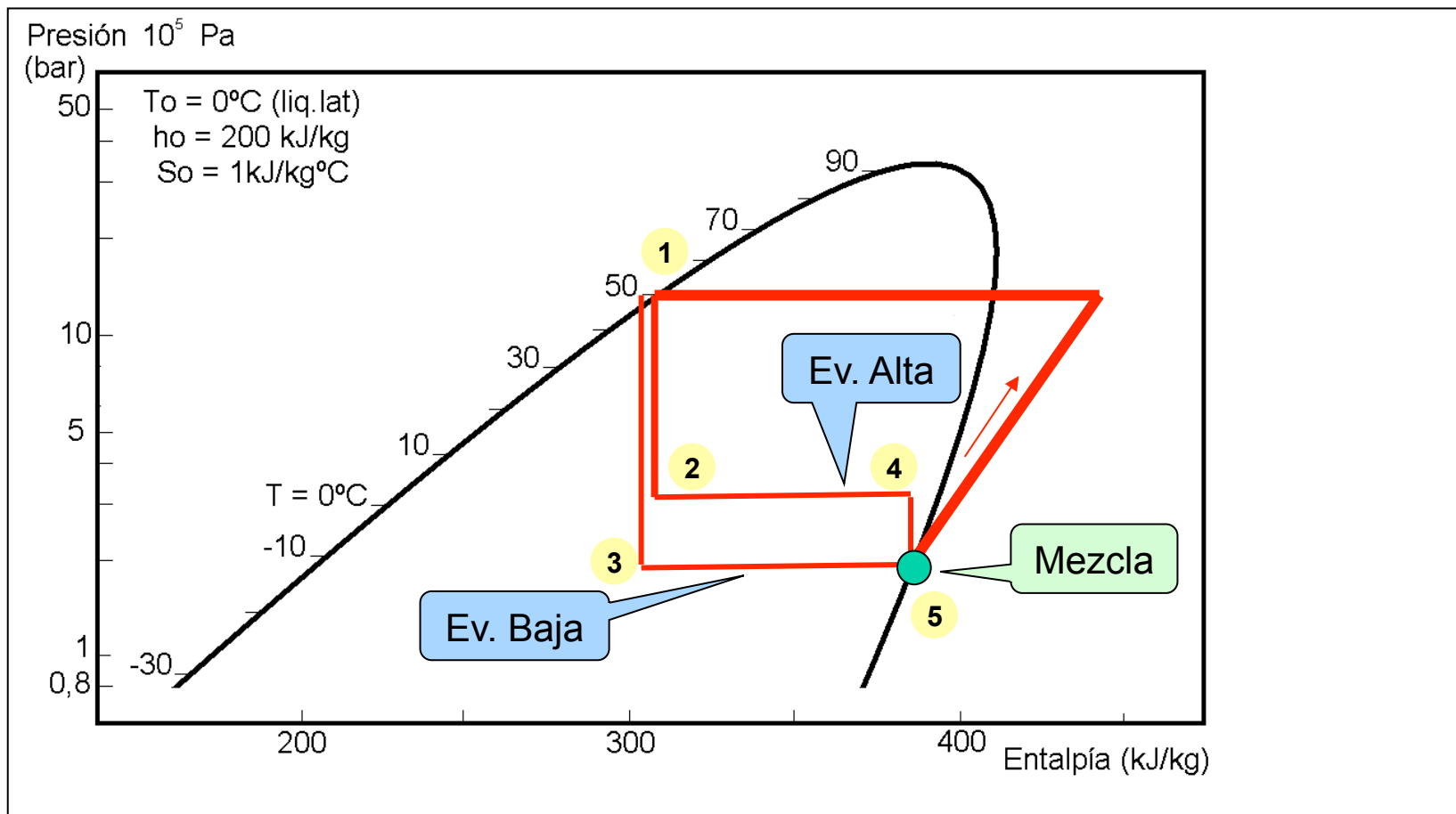
Ciclo Simple con Dos Evaporadores (I)

Toda la superficie del condensador
disipa calor siempre
 $\uparrow \eta$ cuando una sola cámara ON



3.- Refrigeración por Compresión (XIX)

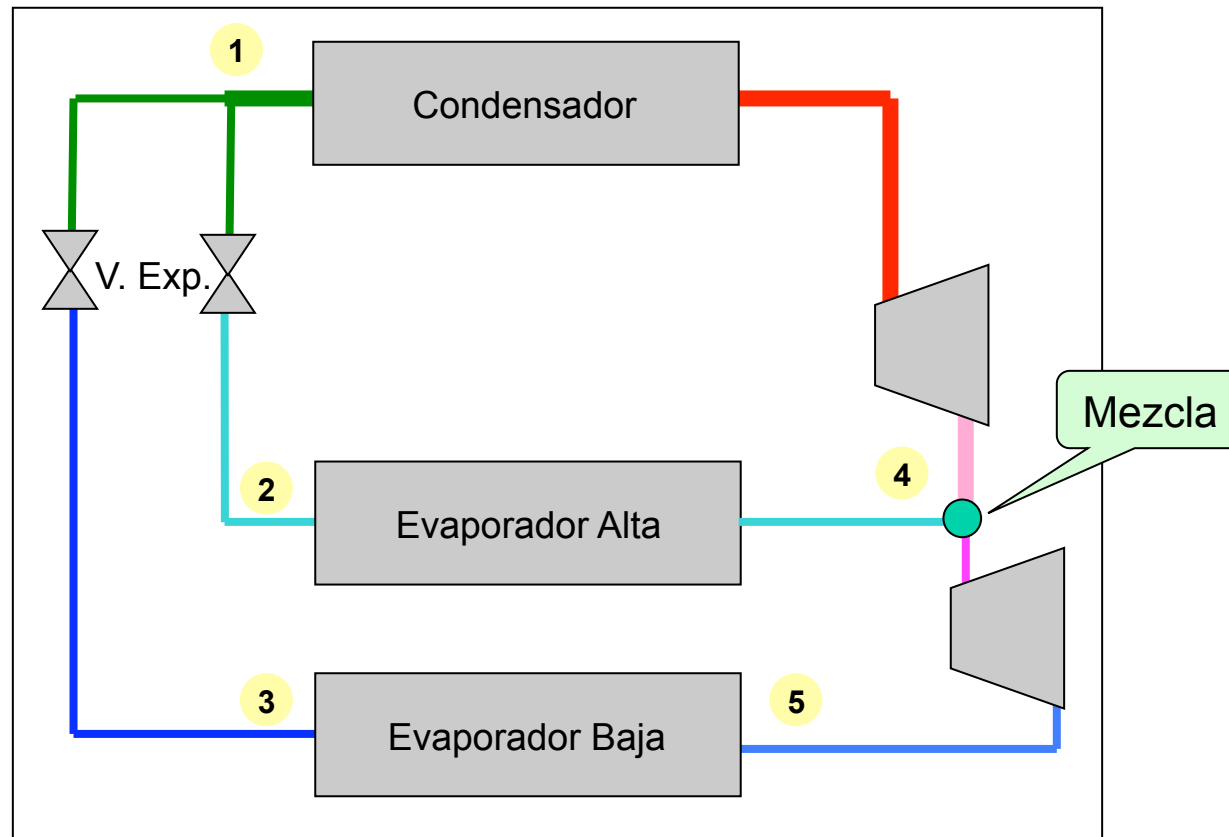
Ciclo Simple con Dos Evaporadores (I)



3.- Refrigeración por Compresión (XX)

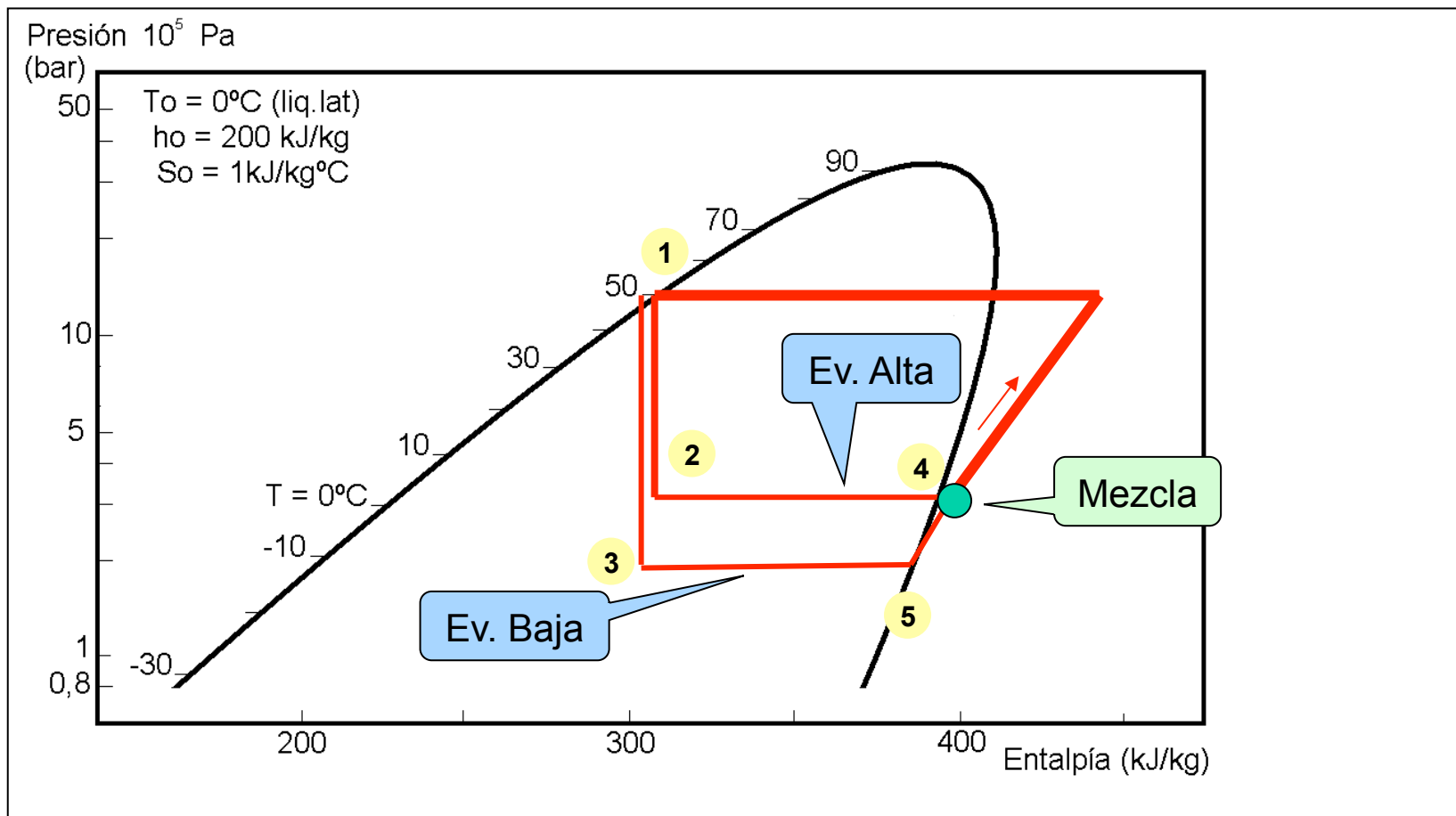
Ciclo Simple con Dos Evaporadores (II)

Toda la superficie del condensador
disipa calor siempre
 $\uparrow \eta$ cuando una sola cámara ON



3.- Refrigeración por Compresión (XX)

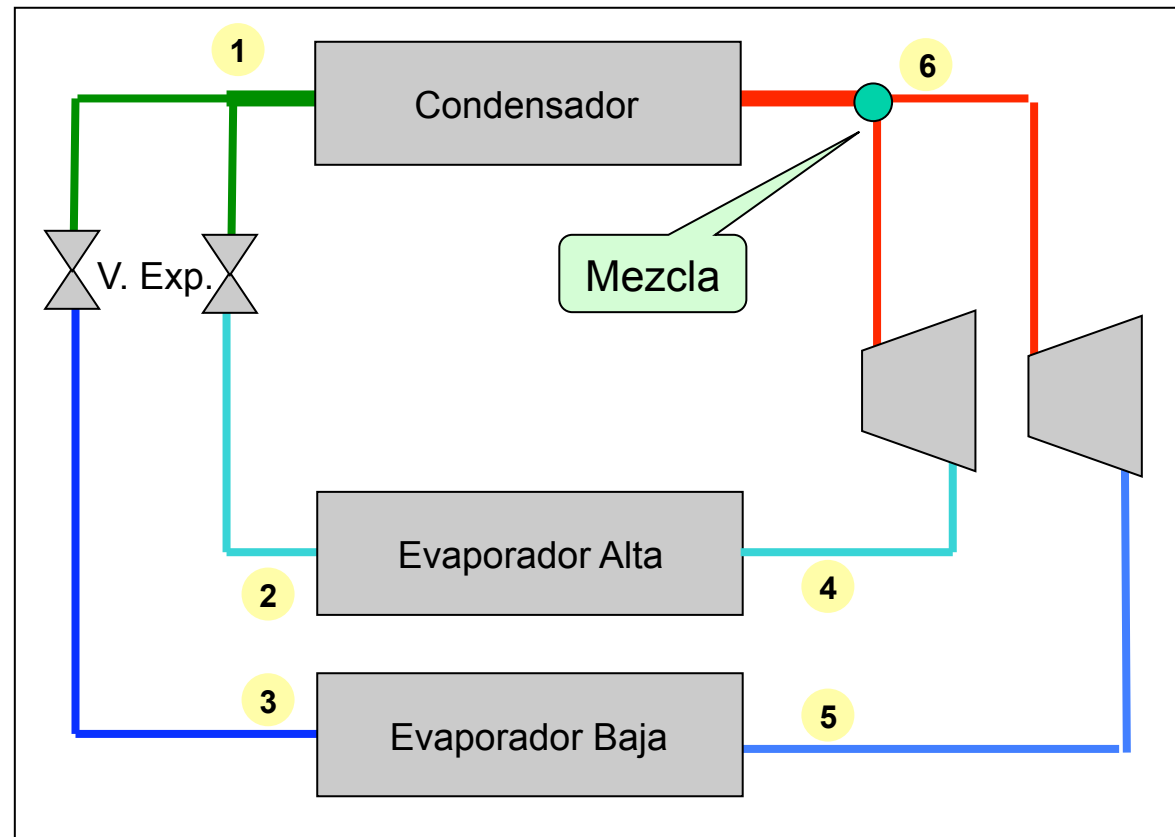
Ciclo Simple con Dos Evaporadores (II)



3.- Refrigeración por Compresión (XXI)

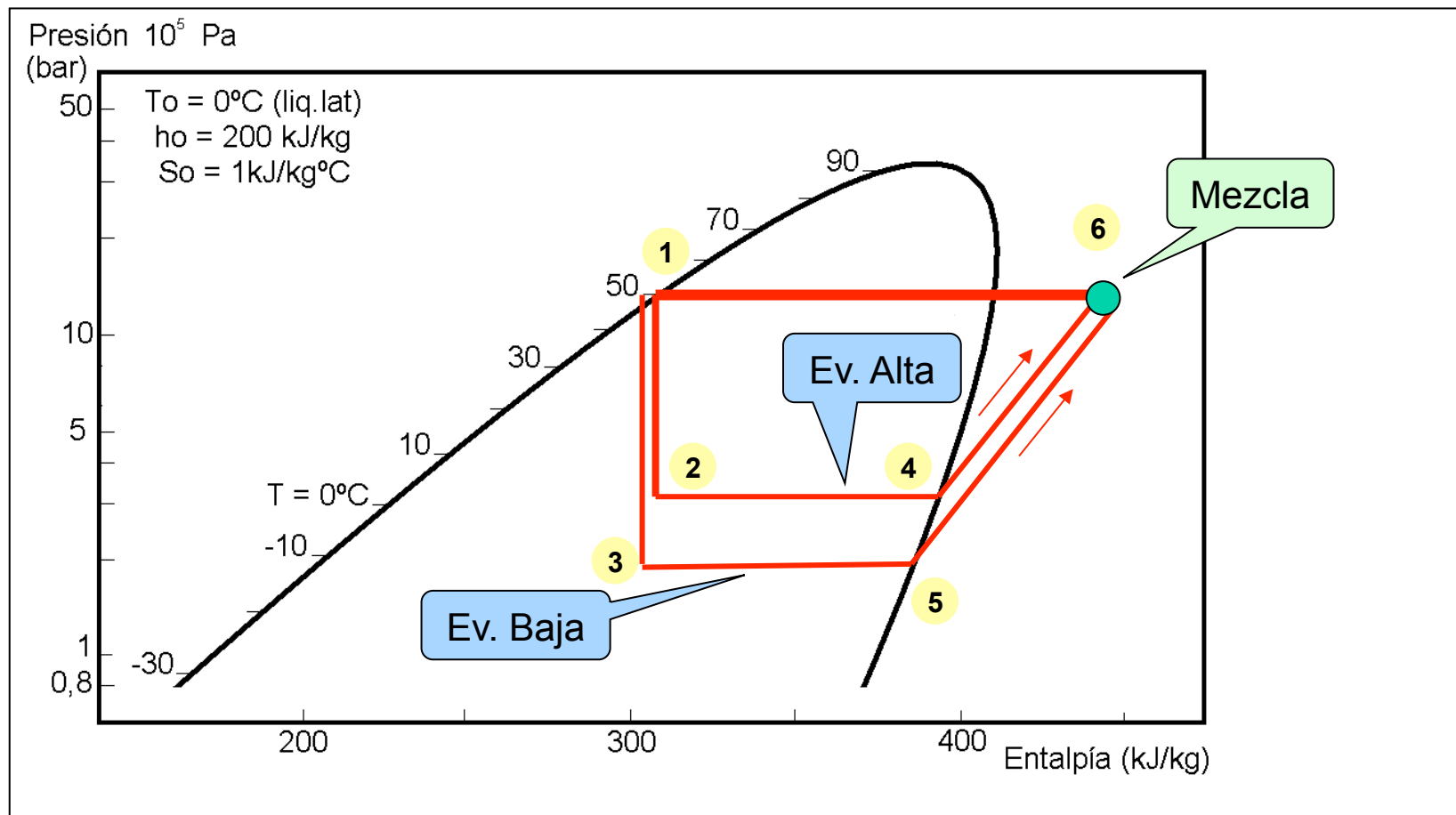
Ciclo Simple con Dos Evaporadores (III)

Toda la superficie del condensador
disipa calor siempre
 $\uparrow \eta$ cuando una sola cámara ON

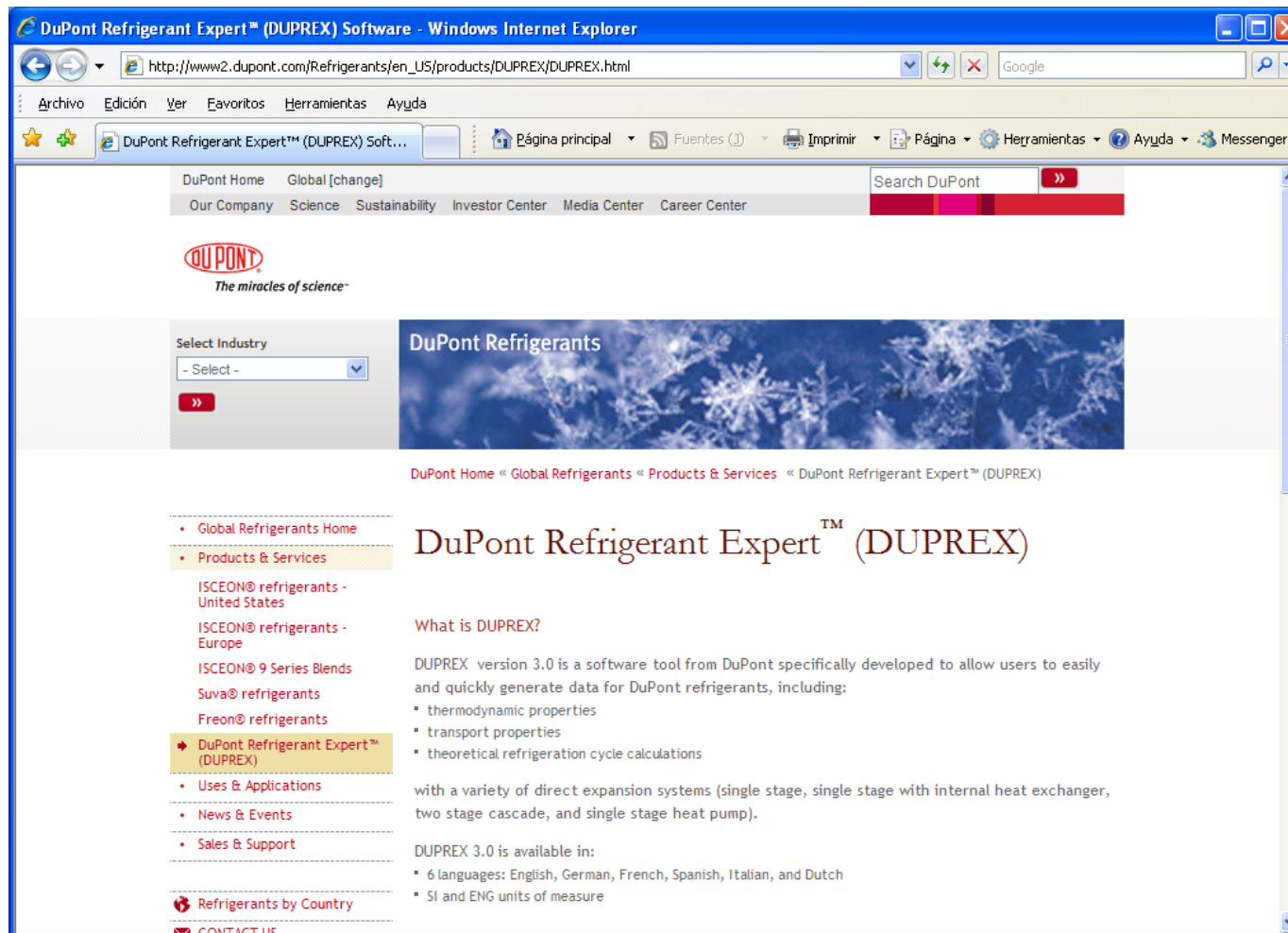


3.- Refrigeración por Compresión (XXI)

Ciclo Simple con Dos Evaporadores (III)



3.- Refrigeración por Compresión (XXII)



The screenshot shows the DuPont Refrigerant Expert (DUPREX) Software website. The browser window title is "DuPont Refrigerant Expert™ (DUPREX) Software - Windows Internet Explorer". The address bar shows the URL: http://www2.dupont.com/Refrigerants/en_US/products/DUPREX/DUPREX.html. The website features the DuPont logo and the tagline "The miracles of science™". A navigation menu includes links to "DuPont Home", "Global [change]", "Our Company", "Science", "Sustainability", "Investor Center", "Media Center", and "Career Center". A search bar is labeled "Search DuPont". A "Select Industry" dropdown menu is set to "- Select -". The main content area is titled "DuPont Refrigerants" and features a blue background with white snowflake patterns. Below this, a breadcrumb trail reads: "DuPont Home « Global Refrigerants « Products & Services « DuPont Refrigerant Expert™ (DUPREX)". The main heading is "DuPont Refrigerant Expert™ (DUPREX)". A section titled "What is DUPREX?" describes the software as a tool for generating data for DuPont refrigerants, including thermodynamic properties, transport properties, and theoretical refrigeration cycle calculations. It also lists the languages available (English, German, French, Spanish, Italian, and Dutch) and the units of measure (SI and ENG). A sidebar on the left contains a list of links: "Global Refrigerants Home", "Products & Services", "ISCEON® refrigerants - United States", "ISCEON® refrigerants - Europe", "ISCEON® 9 Series Blends", "Suva® refrigerants", "Freon® refrigerants", "DuPont Refrigerant Expert™ (DUPREX)", "Uses & Applications", "News & Events", "Sales & Support", "Refrigerants by Country", and "CONTACT US".

3.- Refrigeración por Compresión (XXIII)

ISCool Solutions
Archivo Ciclos Propiedades Ventana Información

Ciclo 1

R417A

Refrigerante

Rhodia

T Cond.

T Evap.

η_{Comp}

C.O.P.

Condensación t_c [°C] 40,0
Temperatura media [°C] 38,7
Presión de condensación p_c [bar] 13,4814

Evaporación t_0 [°C] -10,0
Temperatura media [°C] -11,4
Presión de evaporación p_0 [bar] 2,9758

Subenfriamiento [K] 5,0
Sobrecalentamiento (Evap.) [K] 10,0
Sobrecalentamiento (L.d.s.) [K] 10,0

Caudal [kg/s] 0,0078
Volumen desplazado [m3/h] 1,95
Capacidad volumétrica [kJ/m3] 1849,2

Cálculo
Propiedades
Cerrar

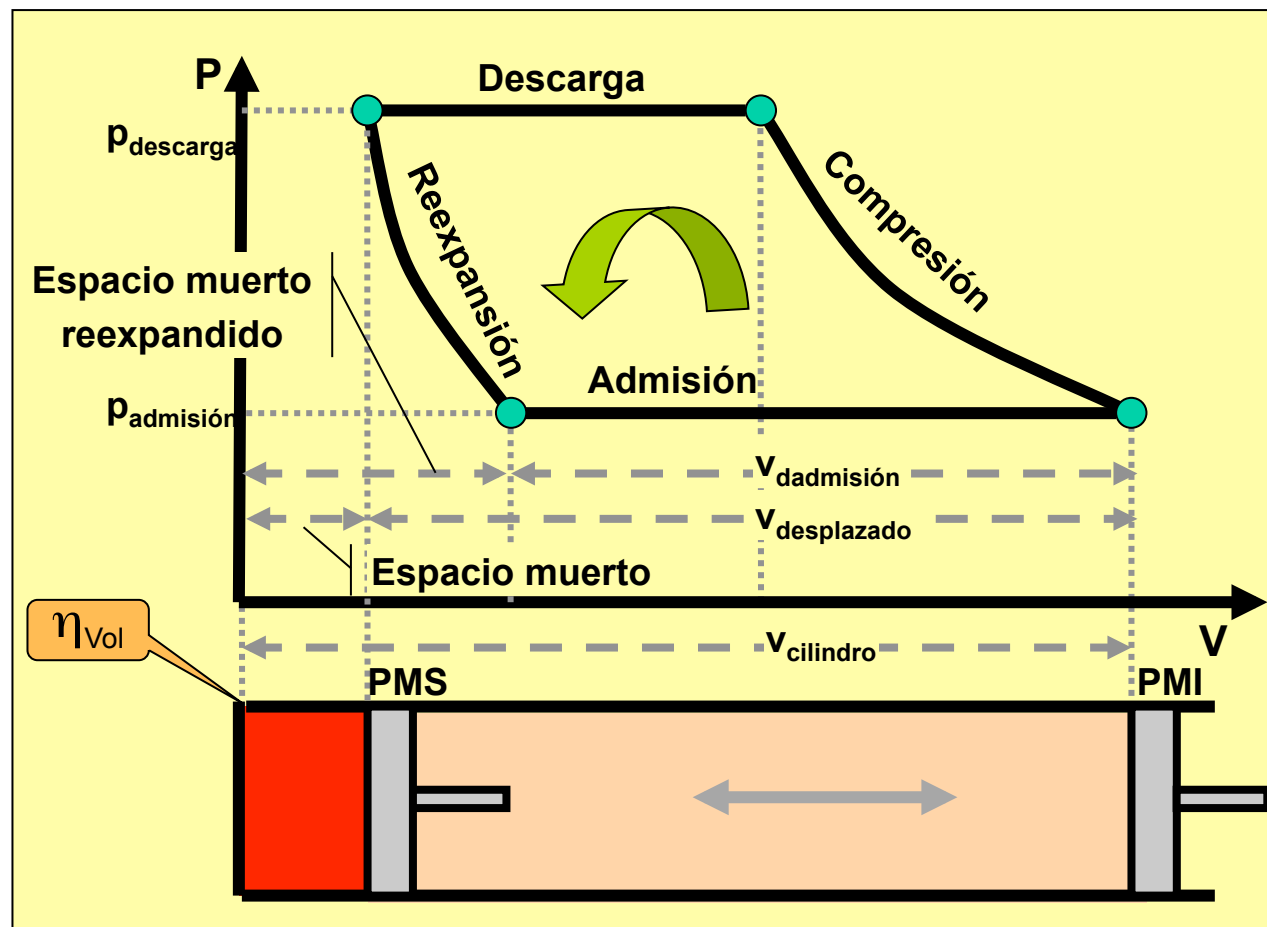
Caída de Presión dp [bar]
- Línea líquida + Condensador 0,00
- Evaporador 0,00
- Línea de succión 0,00

Compresor
- Rendimiento isoentrópico [-] 0,70
- Rendimiento volumétrico [-] 1,0
- Tasa de Compresión p_2/p_1 [-] 4,530
- Diferencia de Presión p_2-p_1 [bar] 10,506

Capacidad frigor. Q_0 [kW] 1,00
Potencia del Compresor P [kW] 0,355
Potencia calorífica Q_c [kW] 1,42
COP [-] 2,82

Diagrama p-h [bar] vs [kJ/kg]

3.- Refrigeración por Compresión (XXIV)



3.- Refrigeración por Compresión (XXV)

Tabla

R134a
R22
R404A
R407C
R417A

Estado:
☒ Saturado
☐ Sobrecalentado

Parámetro:
☒ Temperatura [°C]
☐ Presión [bar]

Parámetro:
Inicio 10,00
Fin 50,00
Incremento 5,00

t [°C]	p' [bar]	p''	h' [kJ/kg]	h'' [kJ/kg]	s' [kJ/kgK]	s'' [kJ/kgK]	v' [dm³/kg]	v'' [dm³/kg]
10,00	6,489	5,826	213,59	378,59	1,0483	1,6316	0,8255	32,8840
15,00	7,493	6,789	220,59	381,43	1,0726	1,6313	0,8386	28,1966
20,00	8,609	7,866	227,74	384,16	1,0969	1,6311	0,8527	24,2589
25,00	9,847	9,066	235,07	386,78	1,1213	1,6308	0,8680	20,9334
30,00	11,212	10,398	242,59	389,26	1,1459	1,6304	0,8845	18,1102
35,00	12,712	11,867	250,31	391,59	1,1707	1,6299	0,9026	15,7016
40,00	14,356	13,481	258,26	393,75	1,1958	1,6293	0,9226	13,6364
45,00	16,150	15,248	266,49	395,70	1,2213	1,6283	0,9448	11,8573
50,00	18,103	17,172	275,02	397,43	1,2474	1,6271	0,9697	10,3173

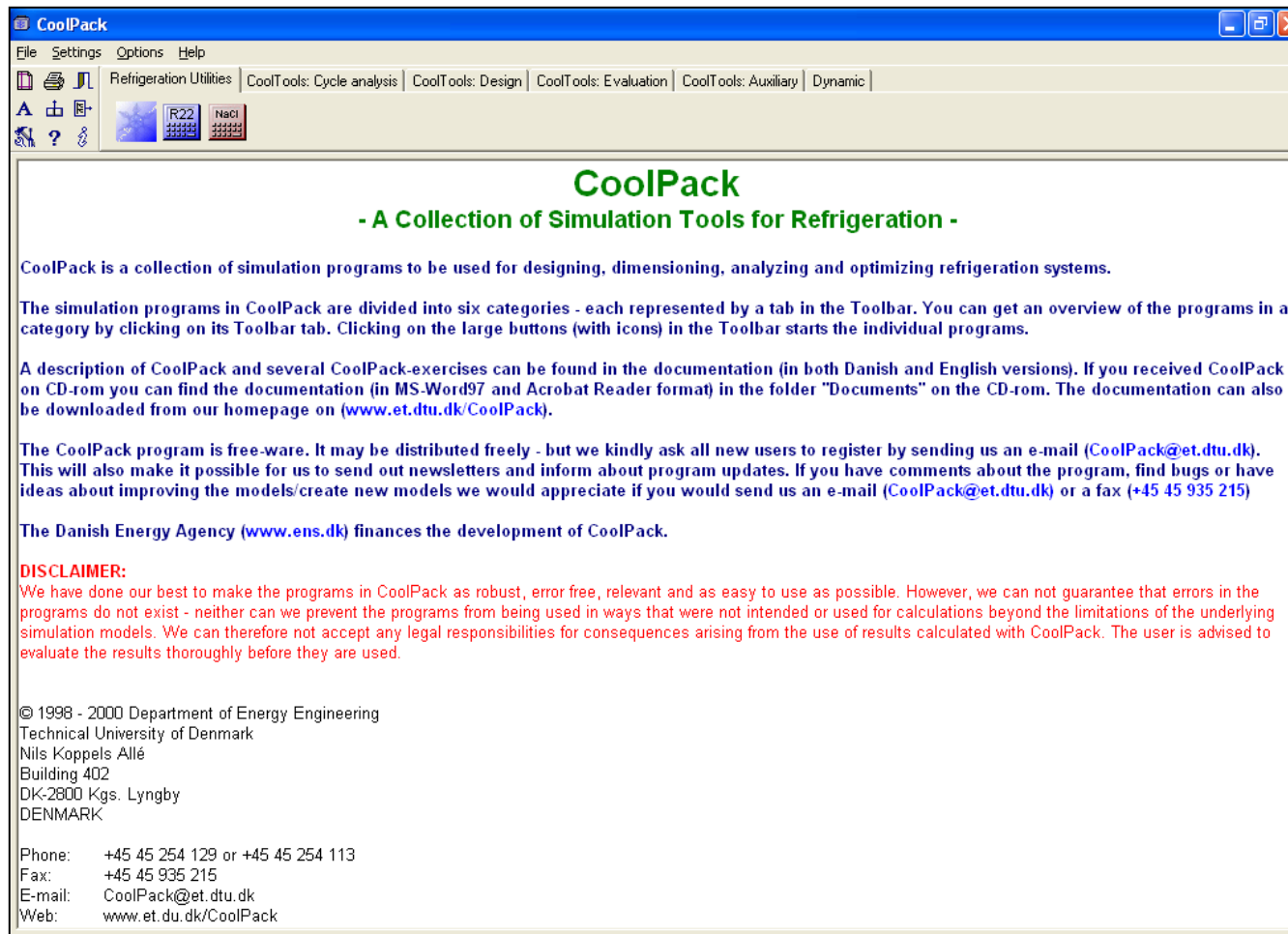
3.- Refrigeración por Compresión (XXVI)

The screenshot shows a Windows Internet Explorer browser window titled "Energy Engineering - CoolPack - Windows Internet Explorer". The address bar displays the URL "http://www.et.web.mek.dtu.dk/Coolpack/UK/Index.html". The browser's menu bar includes "Archivo", "Edición", "Ver", "Favoritos", "Herramientas", and "Ayuda". The toolbar shows icons for "Microsoft Outl...", "Energy En...", "Página principal", "Fuentes (1)", "Imprimir", "Página", "Herramientas", "Ayuda", and "Messenger".

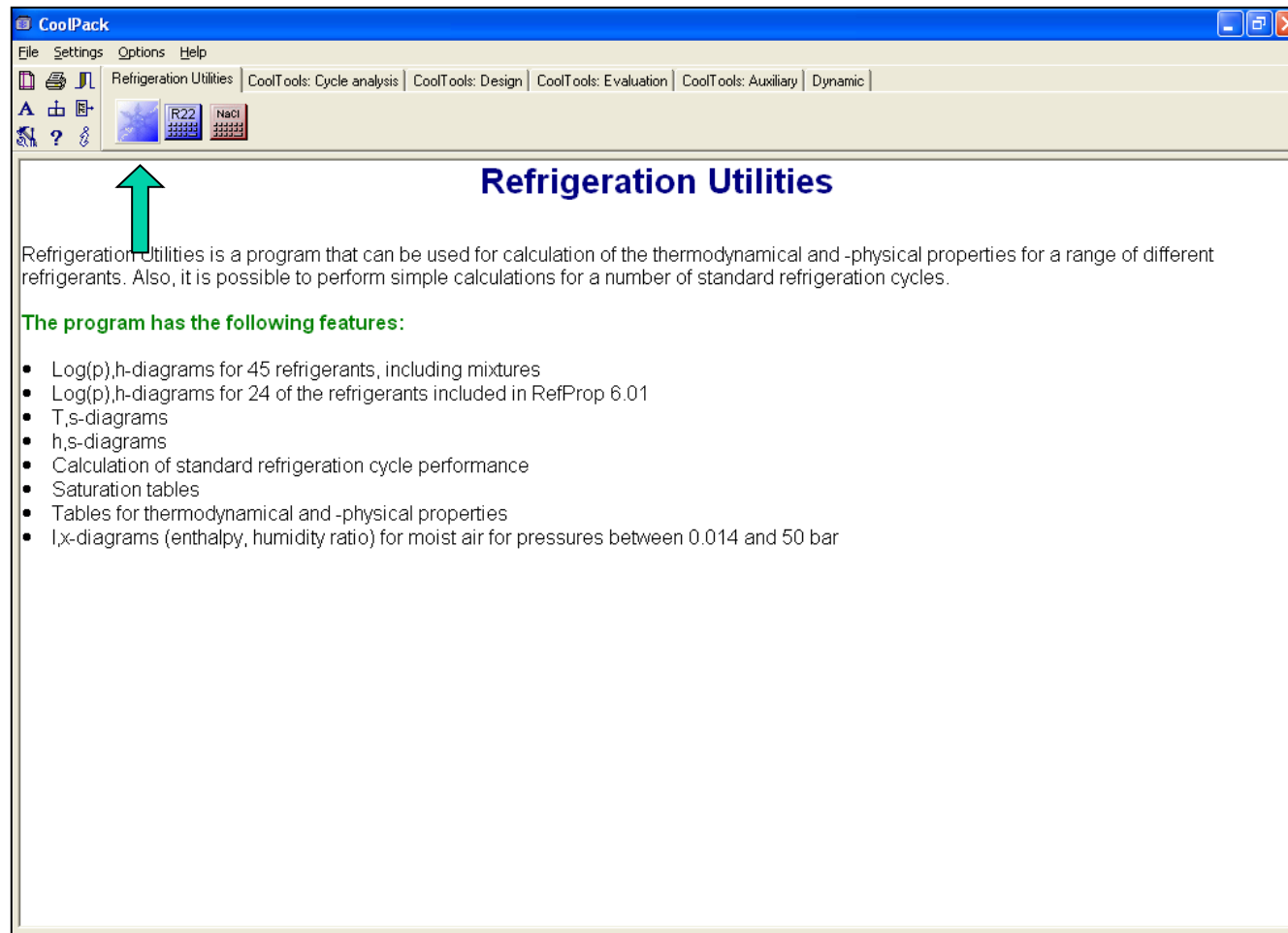
The website content includes the following elements:

- MEK** logo and navigation links: [Home](#), [News](#), [Staff](#), [Studies](#), [Research](#), [Publications](#), [Links](#), [Contact](#), [Software](#), [Internal pages](#).
- Department of Mechanical Engineering** and **Section of Energy Engineering**.
- DTU** logo and text: "A department at The Technical University of Denmark".
- CoolPack** logo and a language selector: "Dansk" with an unchecked checkbox.
- CoolPack** title in large blue font.
- CONTENT:** sidebar with links: [Danish](#), [About CoolPack](#), [News](#), [Support](#), [Download](#), [Helpfiles](#), [Tutorials](#), [Documents](#), [Contact CoolPack](#), [CoolPack Home](#), [Energy Engineering](#), and [Other Software](#).
- CoolPack** description: "CoolPack is a collection of simulation models for refrigeration systems. The models each have a specific purpose e.g. cycle analysis, dimensioning of main components, energy analysis and -optimization."
- CoolPack** development info: "CoolPack is developed by the Department of Mechanical Engineering (MEK), Section of Energy Engineering (ET) at the Technical University of Denmark (DTU)".
- Financing** note: "The development of CoolPack has until version 1.33 been financed by the Danish Energy Agency."

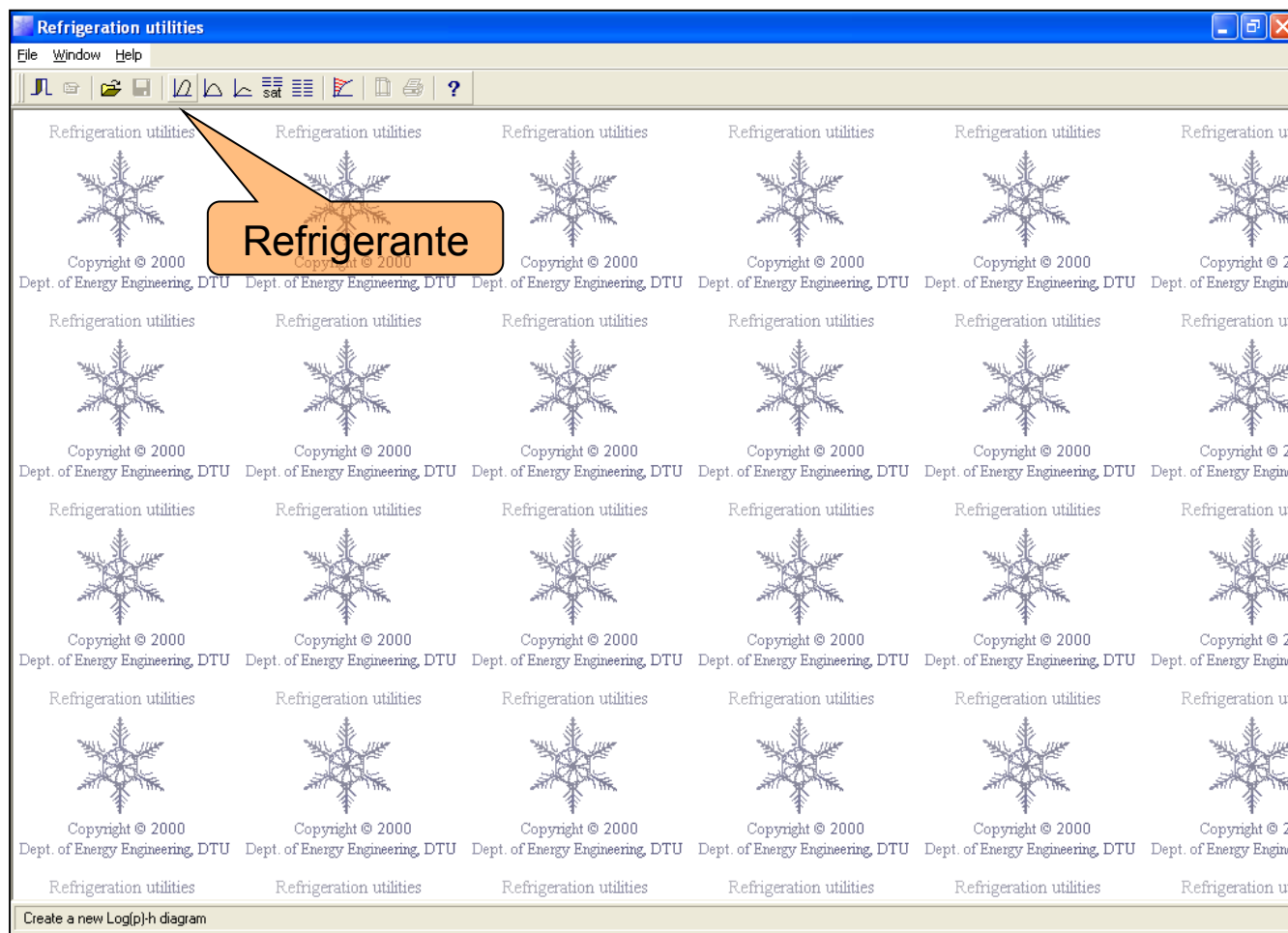
3.- Refrigeración por Compresión (XXVII)



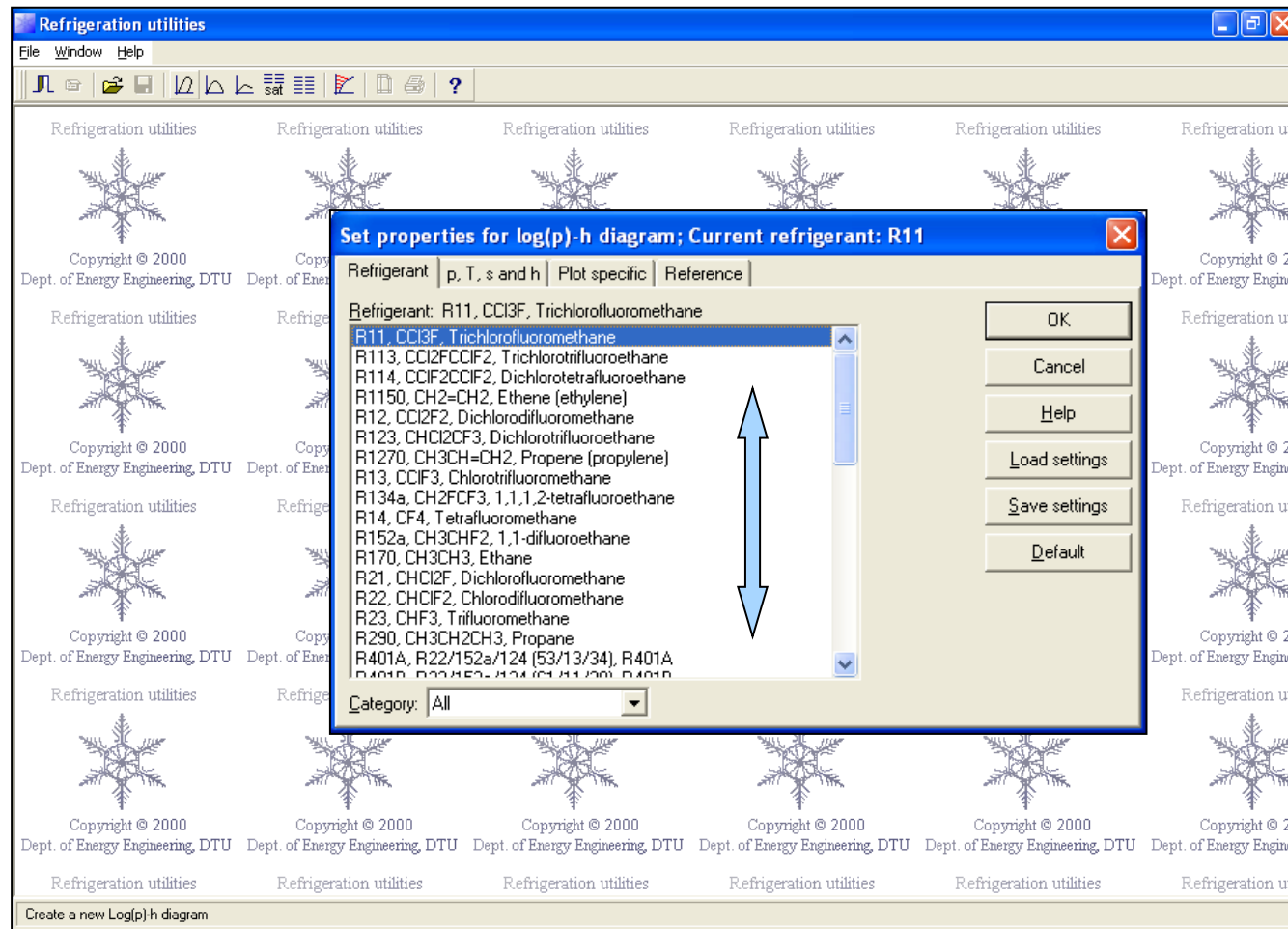
3.- Refrigeración por Compresión (XXVIII)



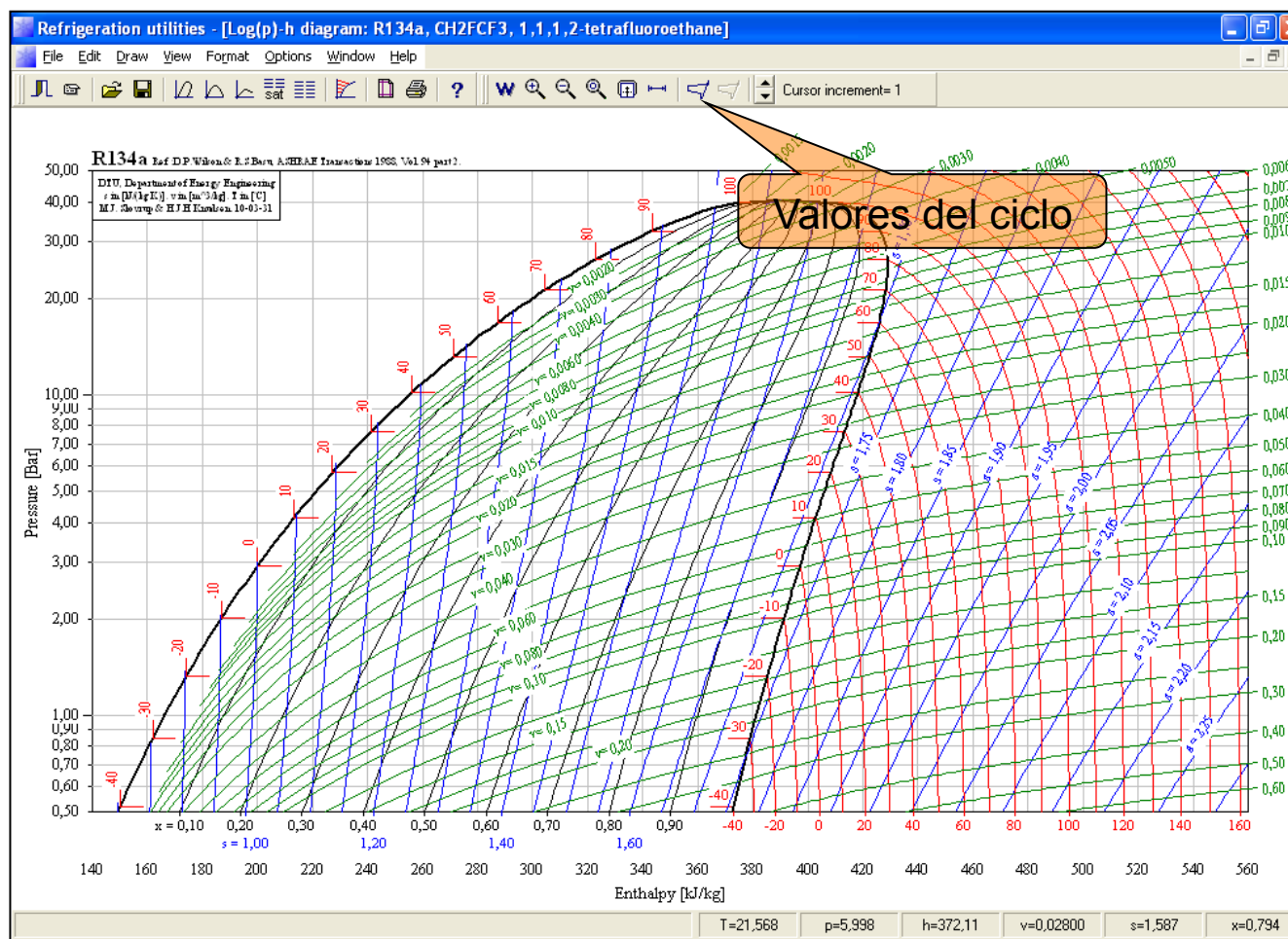
3.- Refrigeración por Compresión (XXIX)



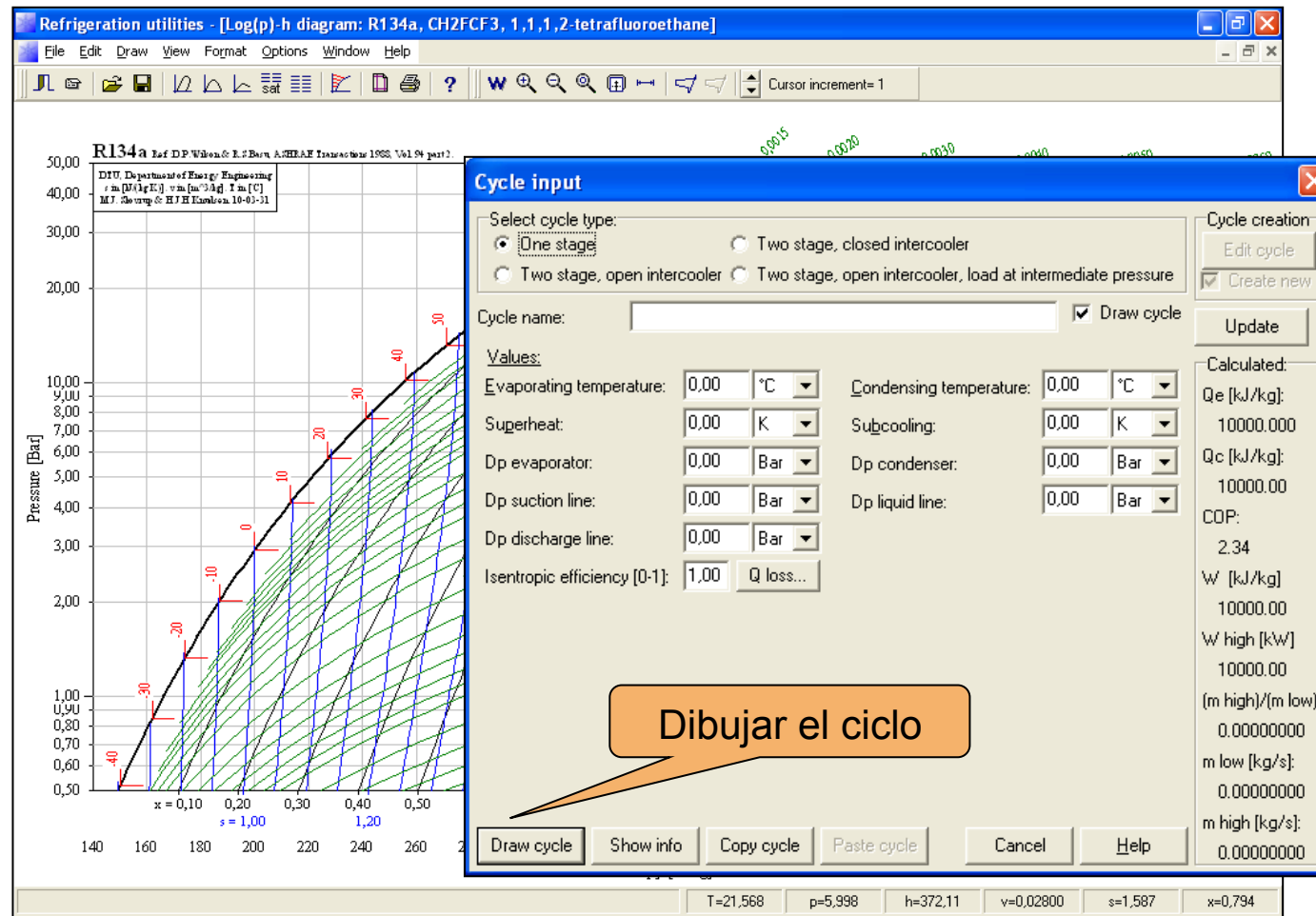
3.- Refrigeración por Compresión (XXIX)



3.- Refrigeración por Compresión (XXX)

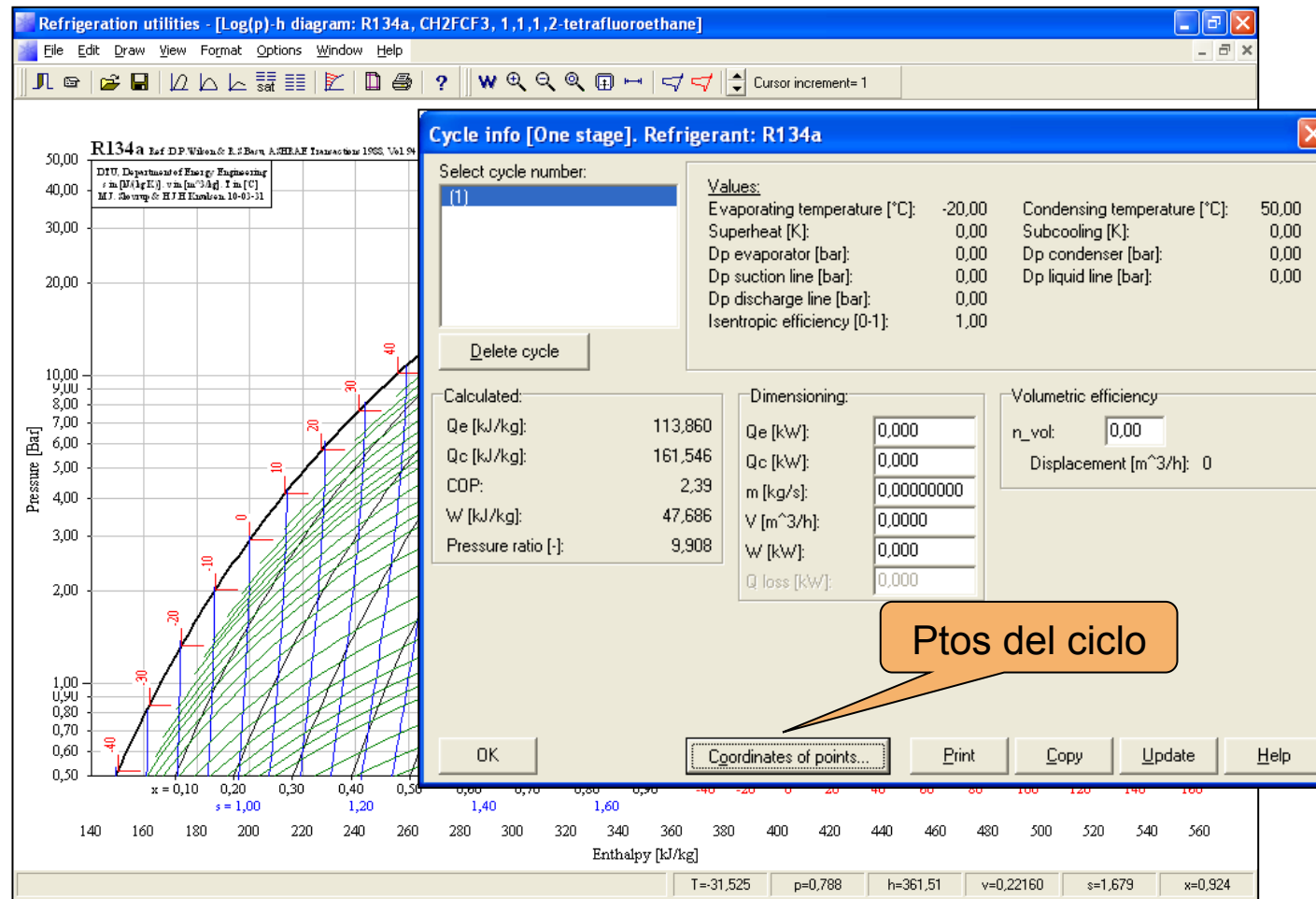


3.- Refrigeración por Compresión (XXX)

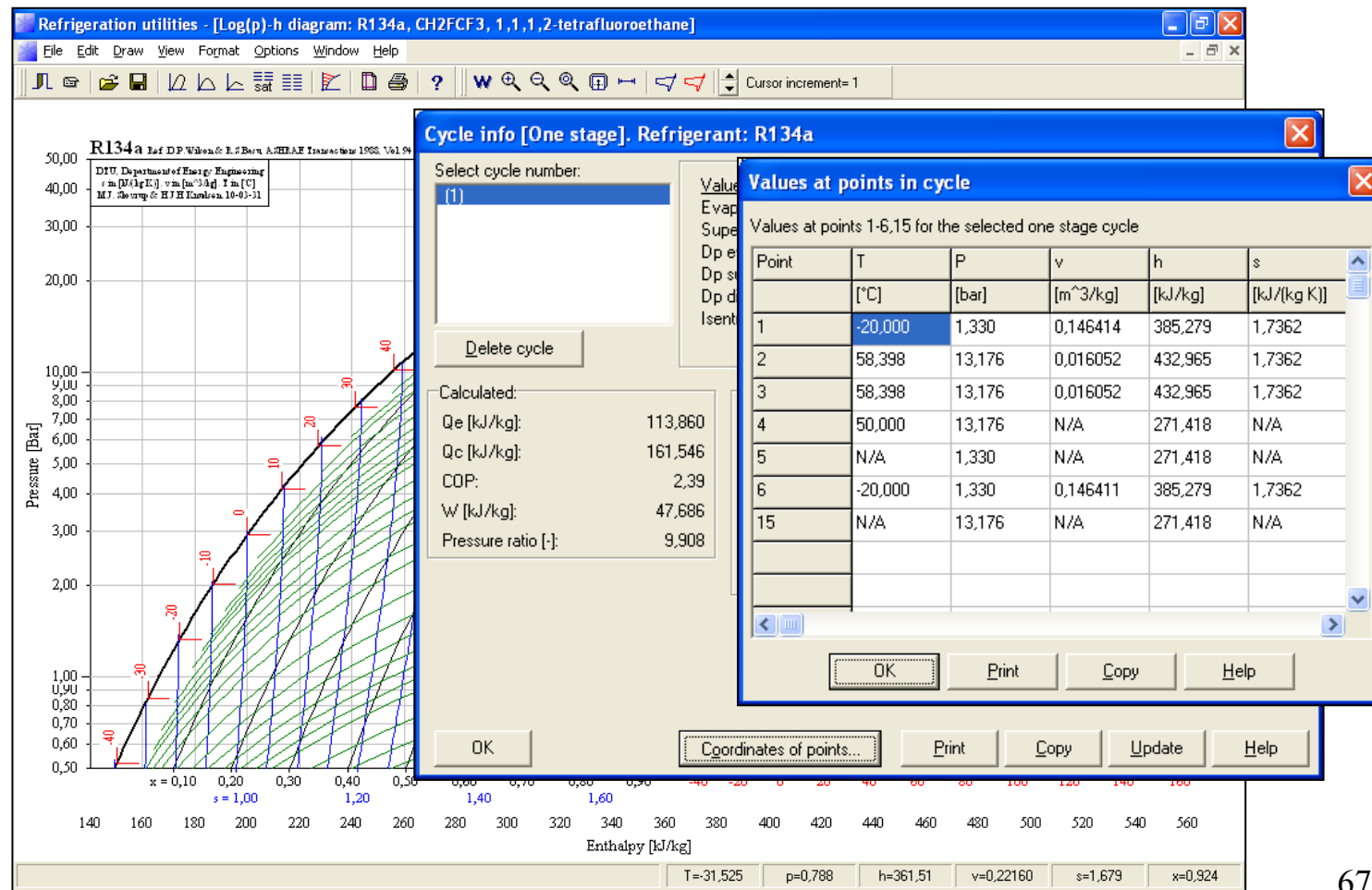


Dibujar el ciclo

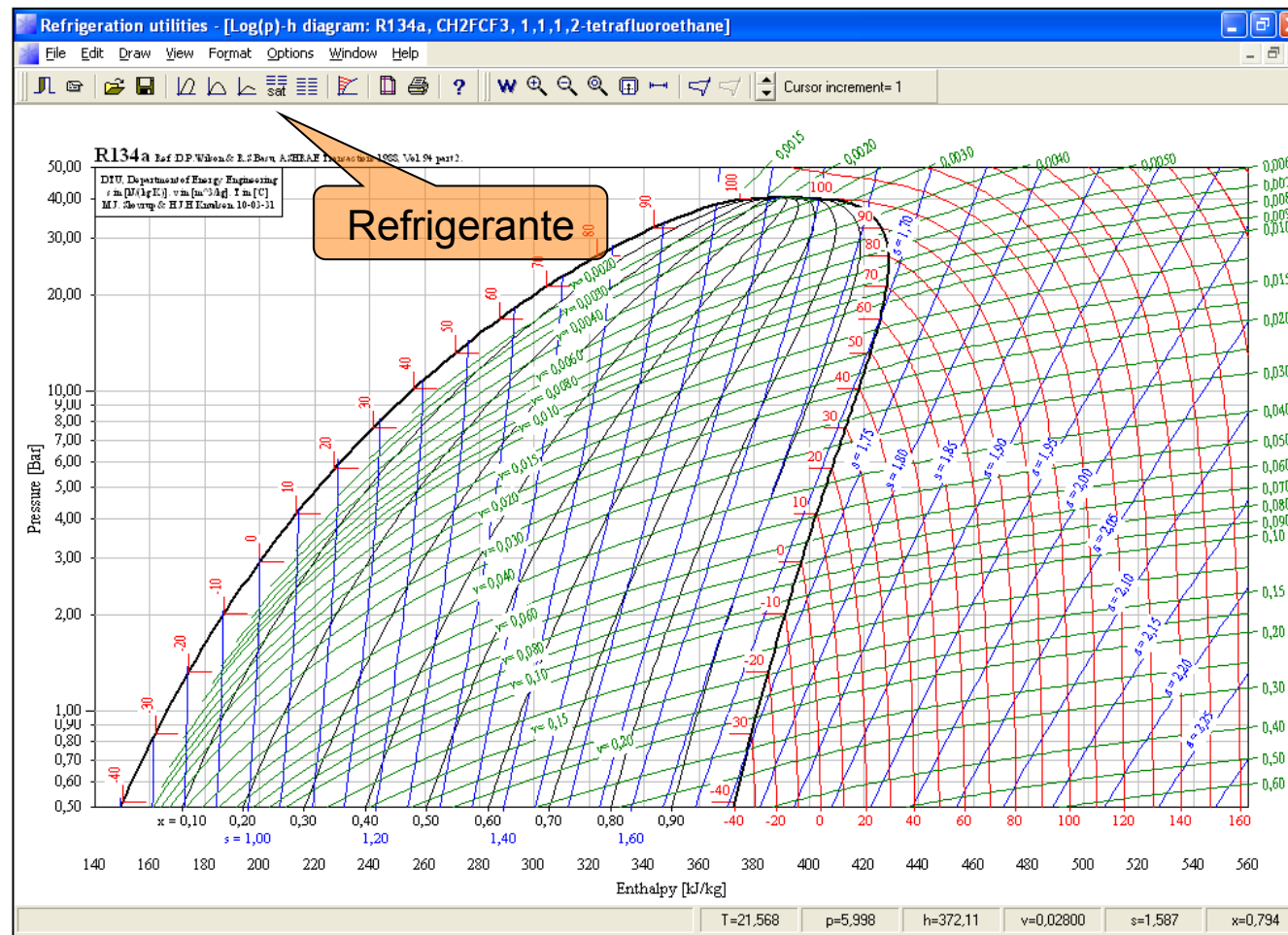
3.- Refrigeración por Compresión (XXXI)



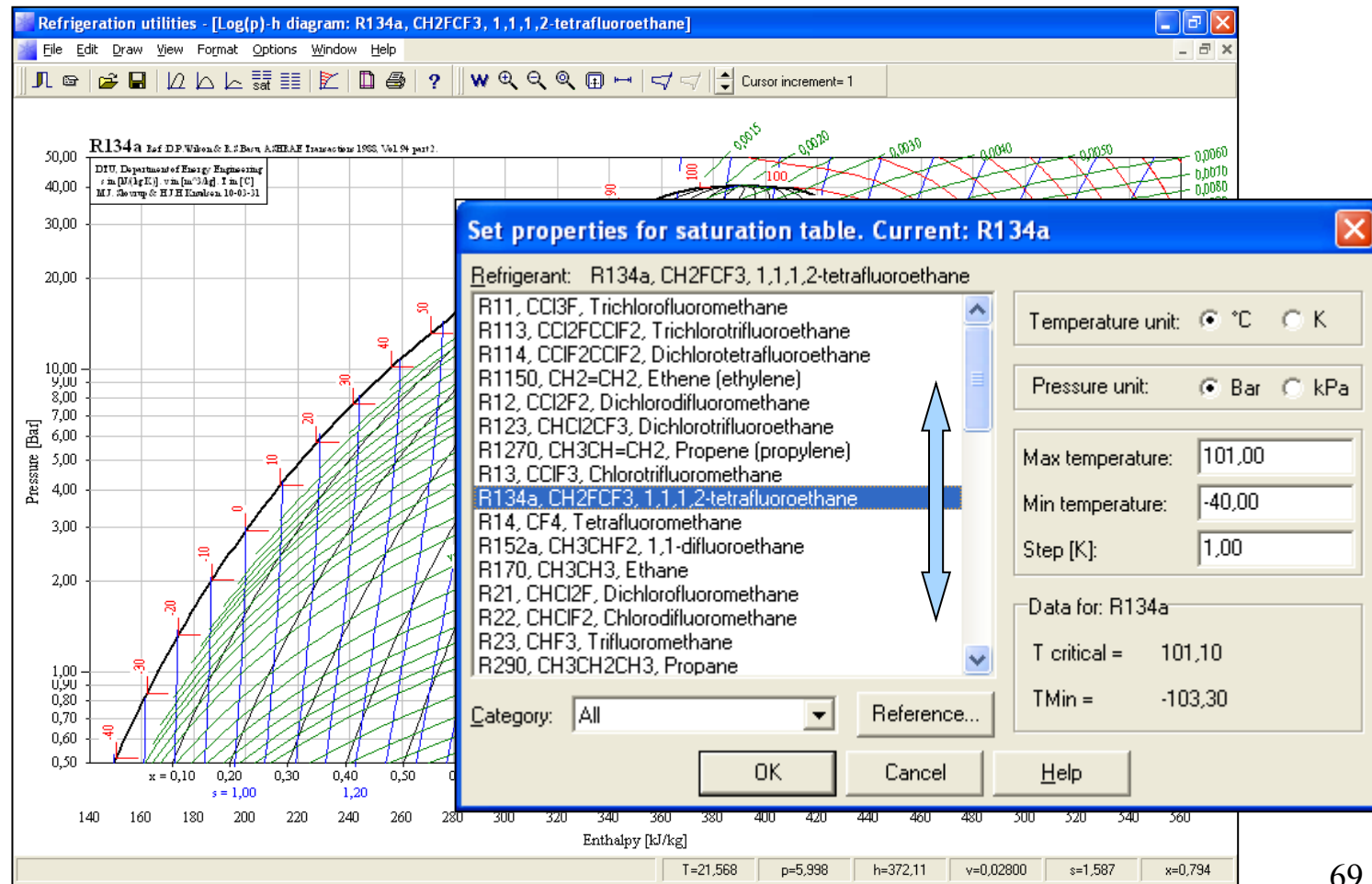
3.- Refrigeración por Compresión (XXXI)



3.- Refrigeración por Compresión (XXXII)



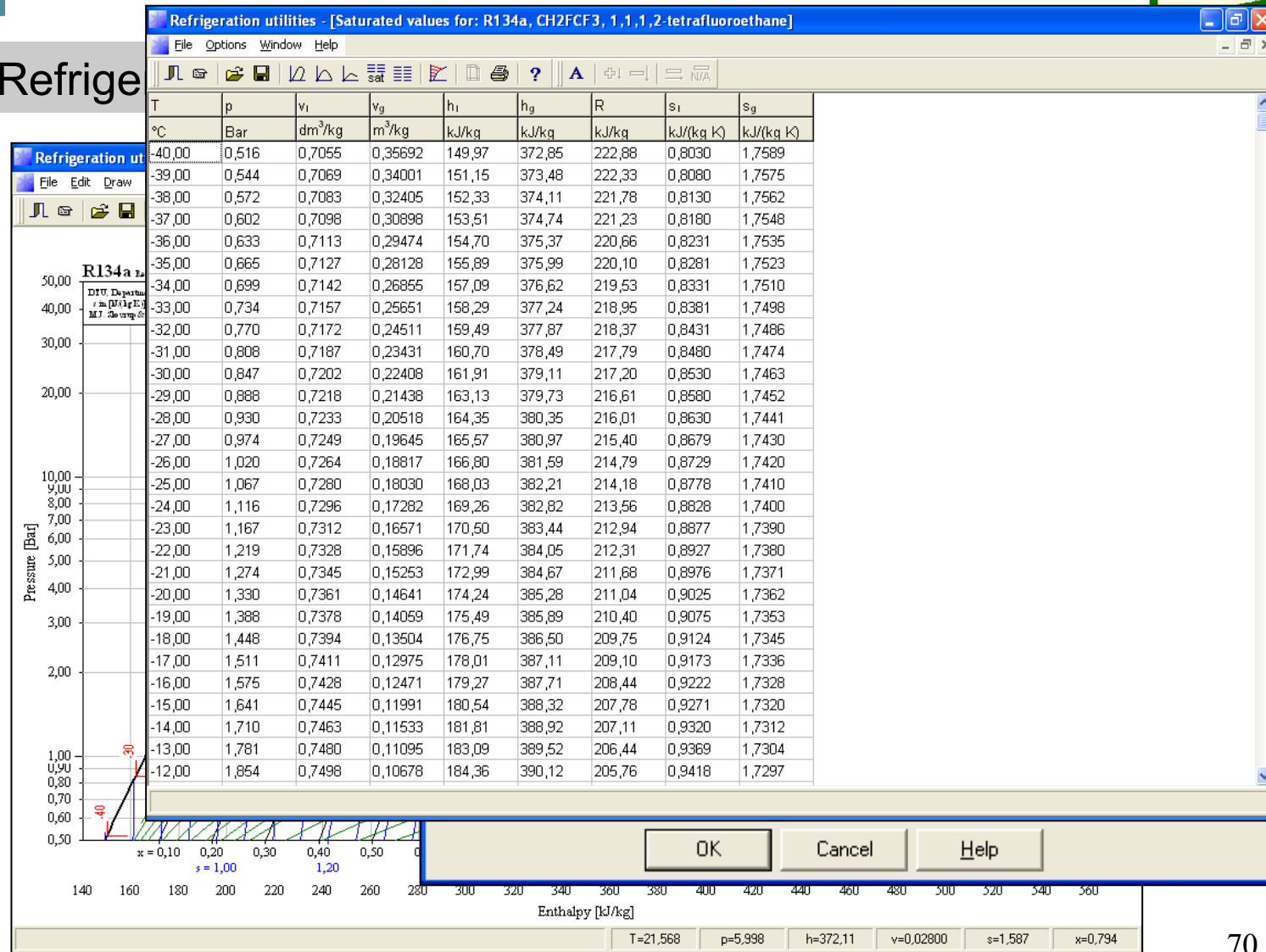
3.- Refrigeración por Compresión (XXXII)



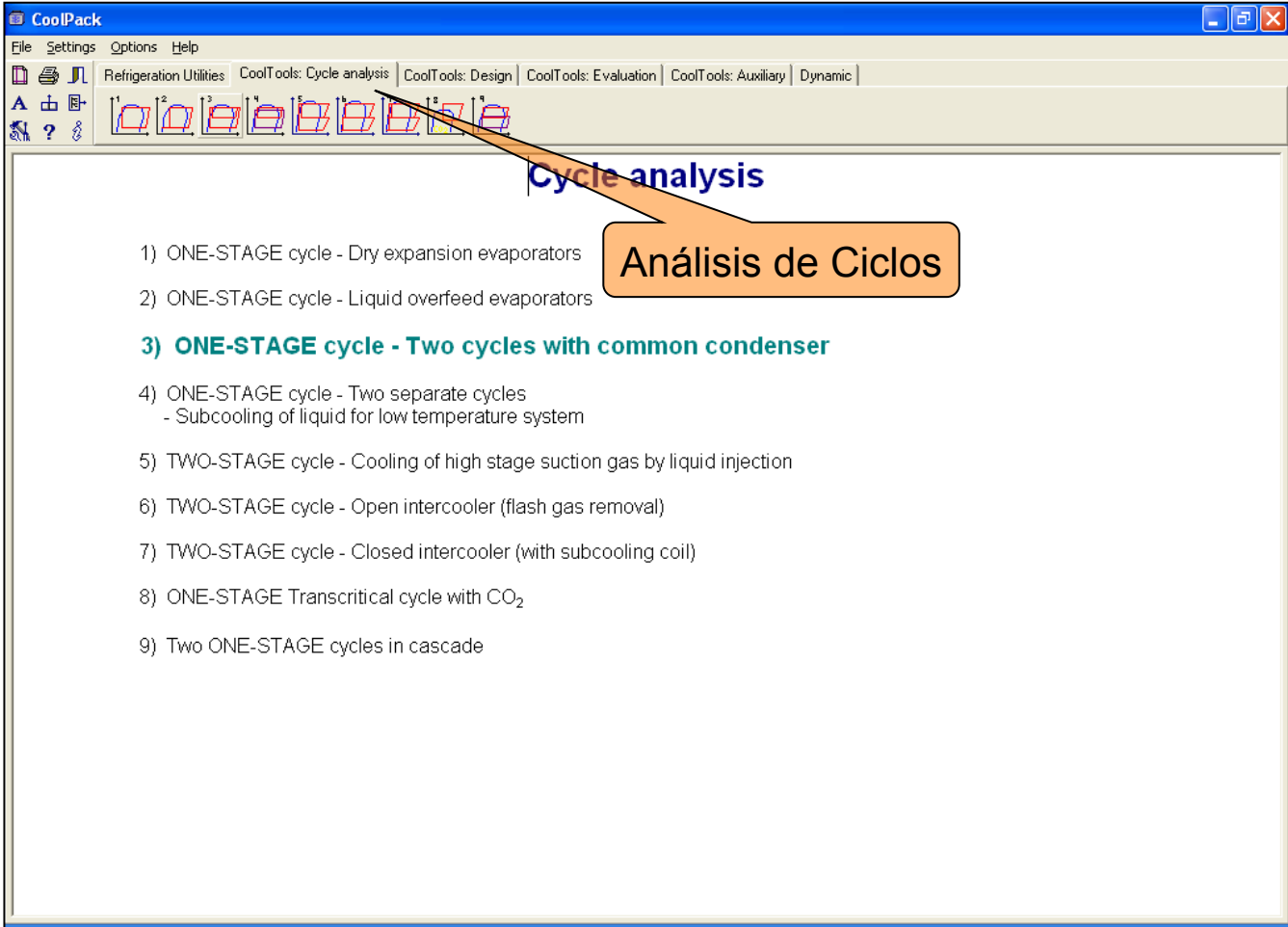
T1.- Producción de Frío



3.- Refrige



3.- Refrigeración por Compresión (XXXIII)

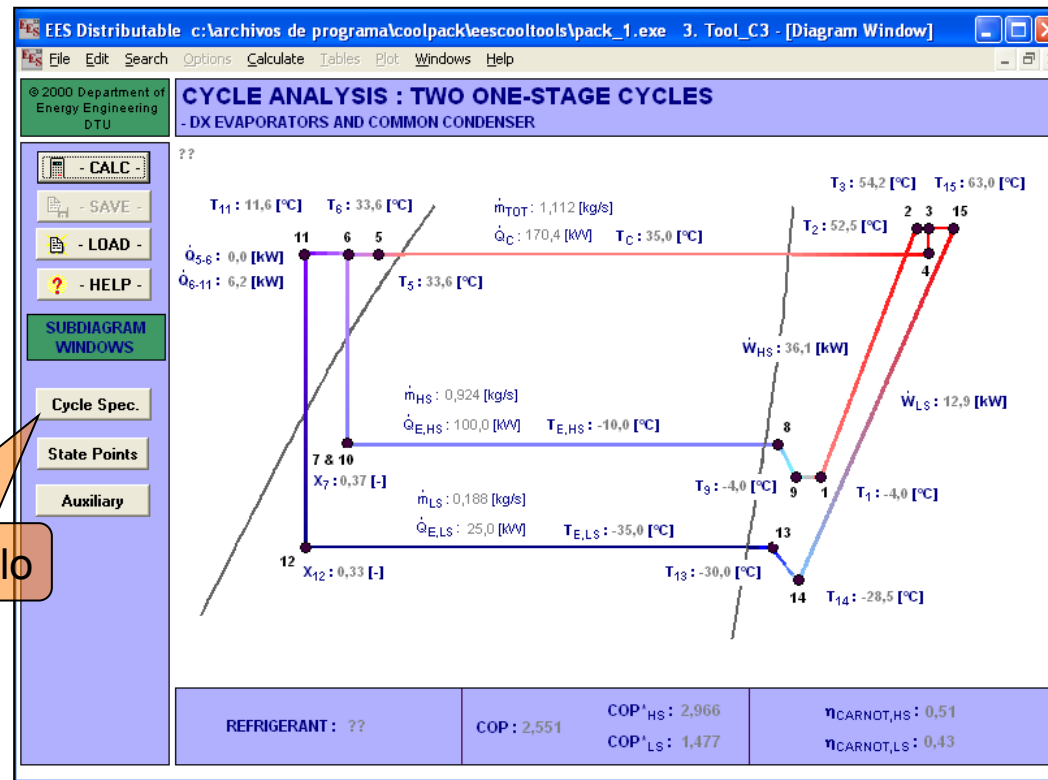


Cycle analysis

- 1) ONE-STAGE cycle - Dry expansion evaporators
- 2) ONE-STAGE cycle - Liquid overfeed evaporators
- 3) ONE-STAGE cycle - Two cycles with common condenser**
- 4) ONE-STAGE cycle - Two separate cycles
 - Subcooling of liquid for low temperature system
- 5) TWO-STAGE cycle - Cooling of high stage suction gas by liquid injection
- 6) TWO-STAGE cycle - Open intercooler (flash gas removal)
- 7) TWO-STAGE cycle - Closed intercooler (with subcooling coil)
- 8) ONE-STAGE Transcritical cycle with CO₂
- 9) Two ONE-STAGE cycles in cascade

3.- Refrigeración por Compresión (XXXIV)

Valores del Ciclo



3.- Refrigeración por Compresión (XXXIV)

EES Distributable c:\archivos de programa\coolpack\eescooltools\pack_1.exe 3. Tool_C3 - [Cycle Spec.]

File Edit Search Options Calculate Tables Plot Windows Help

CYCLE SPECIFICATION

TEMPERATURE LEVELS $T_{E,HS}$ [°C]: -10,0 $\Delta T_{SH,HS}$ [K]: 5,0 $T_{E,LS}$ [°C]: -35,0 $\Delta T_{SH,LS}$ [K]: 5,0 T_C [°C]: 35,0 ΔT_{SC} [K]: 1,0		SUCTION GAS HEAT EXCHANGER No SGHX 0,3	PRESSURE LOSSES $\Delta p_{SL,HS}$ [K]: 0,2 $\Delta p_{SL,LS}$ [K]: 0,2 Δp_{DL} [K]: 0,2	REFRIGERANT R404A
		LIQUID SUBCOOLER Thermal efficiency [-] 0,5		

??

CYCLE CAPACITY

HS: Ref. Capacity [kW]	100	$\dot{Q}_{E,HS}$: 100,0 [kW]	$\dot{m}_{HS}$: 0,924 [kg/s]	$\dot{V}_{S,HS}$: 157,8 [m³/h]
LS: Ref. Capacity [kW]	25	$\dot{Q}_{E,LS}$: 25,0 [kW]	$\dot{m}_{LS}$: 0,188 [kg/s]	$\dot{V}_{S,LS}$: 81,3 [m³/h]

COMPRESSOR PERFORMANCE

HS: Isentropic efficiency [-]	0,7	$\eta_{IS,HS}$: 0,700 [-]	$\dot{W}_{HS}$: 36,1 [kW]	$\dot{W}_{TOT}$: 49,0 [kW]
LS: Isentropic efficiency [-]	0,7	$\eta_{IS,LS}$: 0,700 [-]	$\dot{W}_{LS}$: 12,9 [kW]	

COMPRESSOR HEAT LOSS

HS: f Q [%]	10	$f_{Q,HS}$: 10,0 [%]	T_2 : 52,5 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS,HS}$: 3,6 [kW]
LS: f Q [%]	10	$f_{Q,LS}$: 10,0 [%]	T_{15} : 63,0 [°C]	$\dot{Q}_{LOSS,LS}$: 1,3 [kW]

SUCTION LINES

HS: Unuseful SH [K]	1,0	$\dot{Q}_{SL,HS}$: 906 [W]	$T_{OUT,HS}$: -4,0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL,HS}$: 1,0 [K]
LS: Unuseful SH [K]	1,5	$\dot{Q}_{SL,LS}$: 236 [W]	$T_{OUT,LS}$: -28,5 [°C]	$\Delta T_{SH,SL,LS}$: 1,5 [K]

Auxiliar

State Points Auxiliary - CALC - ? - HELP -

COP: 2,551 COP_{HS}: 2,966 COP_{LS}: 1,477

3.- Refrigeración

Ptos Ciclo

EES Distributable c:\archivos de programa\coolpack\eescooltools\pack_1.exe 3. Tool_C3 - [Auxiliary]

File Edit Search Options Calculate Tables Plot Windows Help

AUXILIARY

PIPE DIMENSIONS

PIPE SECTION	VELOCITY [m/s]	PIPE DIAMETER [mm]	Condition corresponds to
HS Suction line	10,0	74,7	State Point #3
LS Suction line	10,0	53,6	State Point #9
Common Discharge line	12,0	39,8	State Point #14
HS Liquid line	0,6	43,8	State Point #6
LS Liquid line	0,6	19,4	State Point #6

VOLUMETRIC EFFICIENCY

HS:	Volumetric efficiency [-]	0,8	$\eta_{VOL,HS}$: 0,800 [-]	$\dot{V}_{D,HS}$: 197,2 [m ³ /h]	$\dot{V}_{S,HS}$: 157,8 [m ³ /h]
LS:	Volumetric efficiency [-]	0,8	$\eta_{VOL,LS}$: 0,800 [-]	$\dot{V}_{D,LS}$: 101,6 [m ³ /h]	$\dot{V}_{S,LS}$: 81,3 [m ³ /h]

$\dot{V}_{S,HS}$ and $\dot{V}_{S,LS}$ can be selected as inputs in the cycle specification window.

HEAT OF DESUPERHEATING

WATER

Temperature increase [K]	20,00	ΔT_{WATER} : 20,00 [K]	$\dot{V}_{WATER}$: 0,9227 [m ³ /h]	$\dot{Q}_{DSH}$: 21,275 [kW]
		$T_{DL,OUT}$: 54,2 [°C]	T_C : 35,0 [°C]	

Water in the desuperheating heat exchanger can only be heated to discharge temperature $T_{DL,OUT}$.
 $\dot{Q}_C$ in the main diagram window includes both the heat load for desuperheating and condensing of the refrigerant.

State Points Cycle Spec. - CALC - ? - HELP - COP: 2,551 COP^A_{HS}: 2,966 COP^A_{LS}: 1,477

LS: f_Q [%] 10 $f_{Q,LS}$: 10,0 [%] T_{15} : 63,0 [°C] $\dot{Q}_{LOSS,LS}$: 1,3 [kW]

SUCTION LINES

HS:	Unuseful SH [K]	1,0	$\dot{Q}_{SL,HS}$: 906 [W]	$T_{OUT,HS}$: -4,0 [°C]	$\Delta T_{SH,SL,HS}$: 1,0 [K]
LS:	Unuseful SH [K]	1,5	$\dot{Q}_{SL,LS}$: 236 [W]	$T_{OUT,LS}$: -28,5 [°C]	$\Delta T_{SH,SL,LS}$: 1,5 [K]

State Points Auxiliary - CALC - ? - HELP - COP: 2,551 COP^A_{HS}: 2,966 COP^A_{LS}: 1,477

3.- Refrigeración

EES Distributable c:\archivos de programa\coolpack\eescooltools\pack_1.exe 3. Tool_C3 - [Auxiliary]

File Edit Search Options Calculate Tables Plot Windows Help

AUXILIARY

PIPE DIMENSIONS

PIPE SECTION	VELOCITY [m/s]	PIPE DIAMETER [mm]	Condition corresponds to
HS Section line	10.0	71.7	State Point #3

EES Distributable c:\archivos de programa\coolpack\eescooltools\pack_1.exe 3. Tool_C3 - [State Points]

File Edit Search Options Calculate Tables Plot Windows Help

STATE POINTS

STATE POINT	TEMPERATURE [°C]	PRESSURE [kPa]	ENTHALPY [kJ/kg]	DENSITY [kg/m³]
2	52,5	1616,0	253,7	75,4
3	54,2	1616,0	255,7	74,5
4	54,2	1608,0	255,9	74,0
5	33,6	1608,0	102,6	962,4
6	33,6	1608,0	102,6	962,4
11	11,6	1608,0	69,9	1059,9
15	63,0	1616,0	265,7	70,3
7	-10,4	434,1	102,6	-
8	-5,0	434,1	217,6	21,4
9	-4,0	431,1	218,5	21,1
1	-4,0	431,1	218,5	21,1
10	-10,4	434,1	102,6	-
12	-35,5	165,6	69,9	-
13	-30,0	165,6	202,7	8,5
14	-28,5	164,2	204,0	8,3

ADDITIONAL INFORMATION

$T_{2,IS}$: 45,8 [°C]
 $T_{2,W}$: 55,8 [°C]
 $T_{15,IS}$: 51,0 [°C]
 $T_{15,W}$: 69,1 [°C]

Pressure ratio (p_2 / p_1): 3,748
 Pressure ratio (p_{15} / p_{14}): 9,844

Auxiliary Cycle Spec. - CALC - ? - HELP - COP: 2,551 COP^A_{HS}: 2,966 COP^A_{LS}: 1,477

HS: 157,8 [m]
 LS: 81,3 [m]
 Specification window.
 DSH: 21,275 [kW]
 966 COP^A_{LS}: 1,477
 Q_{LOSS,LS}: 1,3 [kW]
 AT_{SH,SL,HS}: 1,0 [K]
 AT_{SH,SL,LS}: 1,5 [K]
 OP^A_{HS}: 2,966 COP^A_{LS}: 1,477

4.- Refrigeración por Absorción (I)

El ciclo necesita calor a $\uparrow T$ (generador), para obtener efecto refrigerante a $\downarrow T$ (evaporador); como residuo se ha de extraer calor a media T (absorbedor y condensador)

Su coste de operación es bajo si el calor es residual. Apenas tienen partes móviles, no genera vibraciones ni ruidos, y tiene mantenimiento reducido.

Se usa una **mezcla de dos componentes**: refrigerante y absorbente. Las mezclas más utilizadas son: $\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$ y $\text{LiBr-H}_2\text{O}$

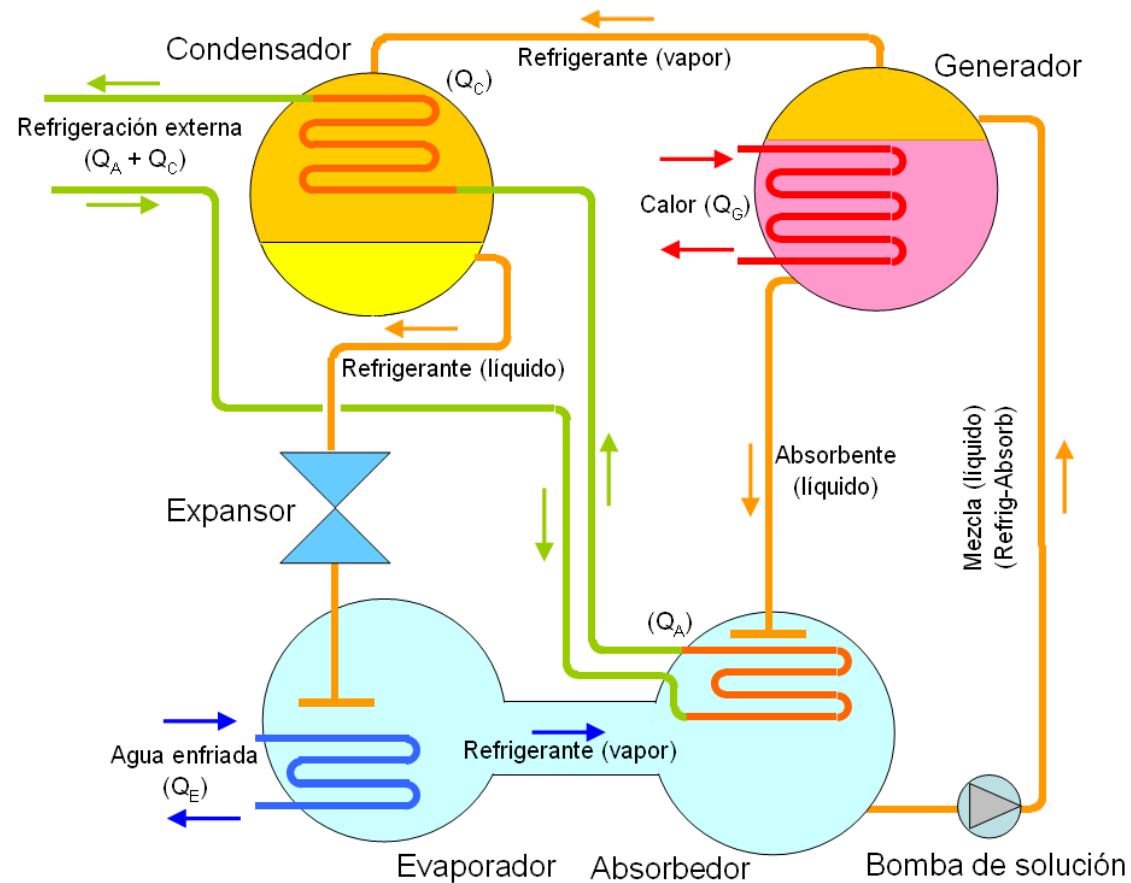
- El NH_3 es el refrigerante y el H_2O el absorbente
- El H_2O es el refrigerante, y el LiBr el absorbente ($T_{\text{evap}} > 0^\circ\text{C}$, entre 5 y 10°C)

La tensión de vapor del refrigerante **se ve alterada por** la presencia del **absorbente** ($\downarrow$ al $\uparrow$ la cantidad de absorbente)

Con la concentración de la mezcla, se controla la T de evaporación

4.- Refrigeración por Absorción (II)

Una máquina de absorción de **efecto simple (I)**

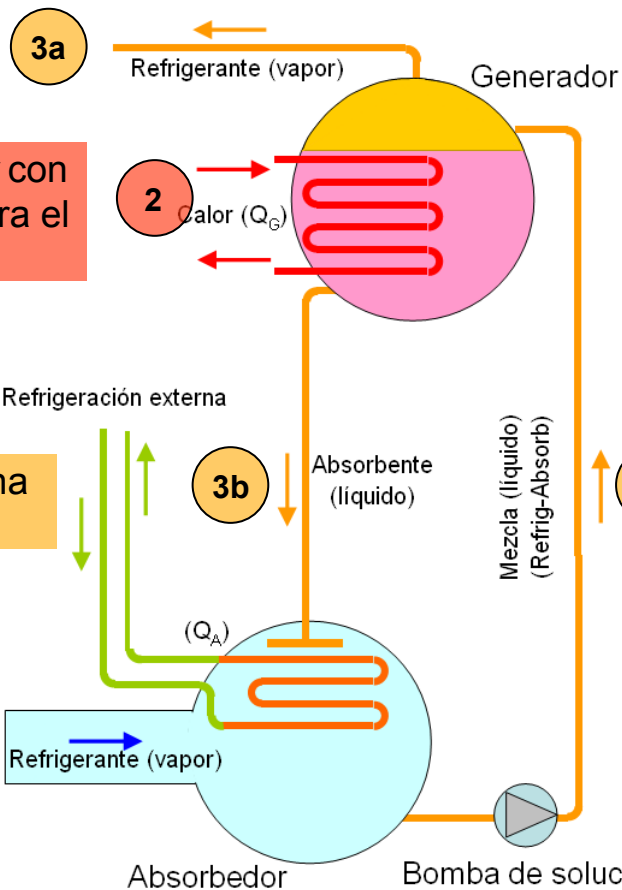


T1.- Producción de Frío

4.- Refrigeración por Absorción (III)

Una máquina de absorción de **efecto simple** (II)

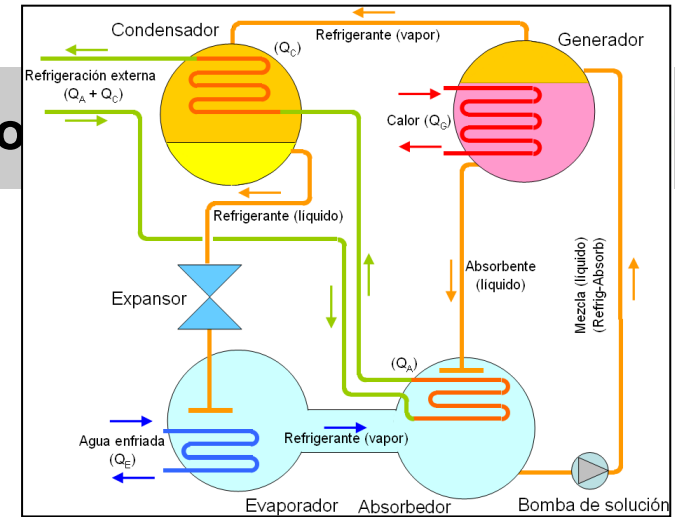
El refrigerante continúa
hacia el condensador



Se aporta **calor** con
el que se evapora el
refrigerante

Al absorbente retorna
al absorbedor

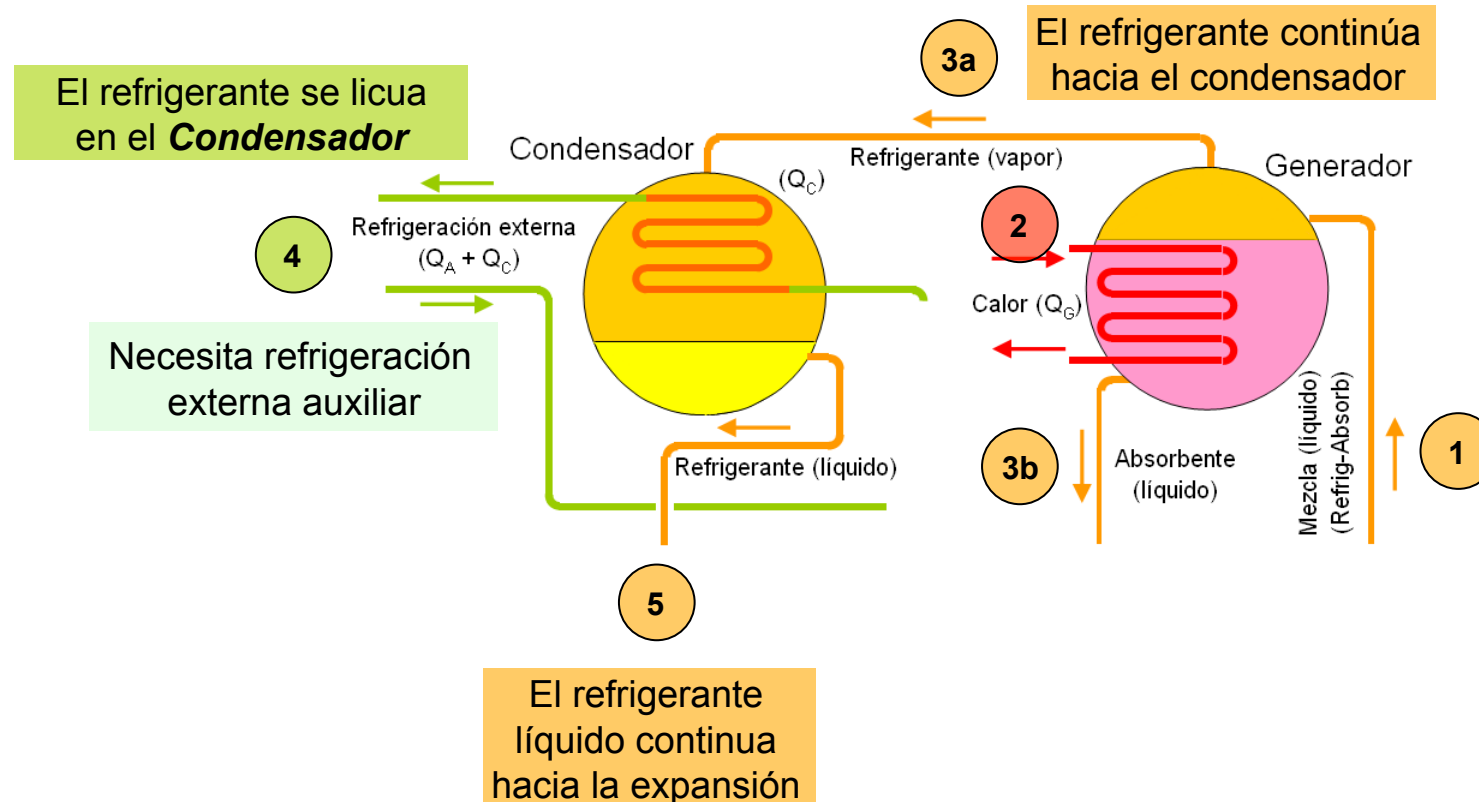
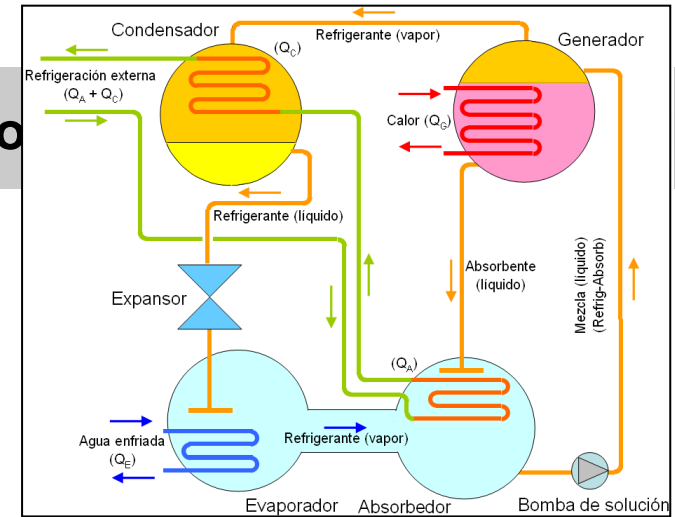
Al **generador** se le
aporta la mezcla
líquida de refrig. y
absorbente



T1.- Producción de Frío

4.- Refrigeración por Absorción (III)

Una máquina de absorción de **efecto simple** (II)

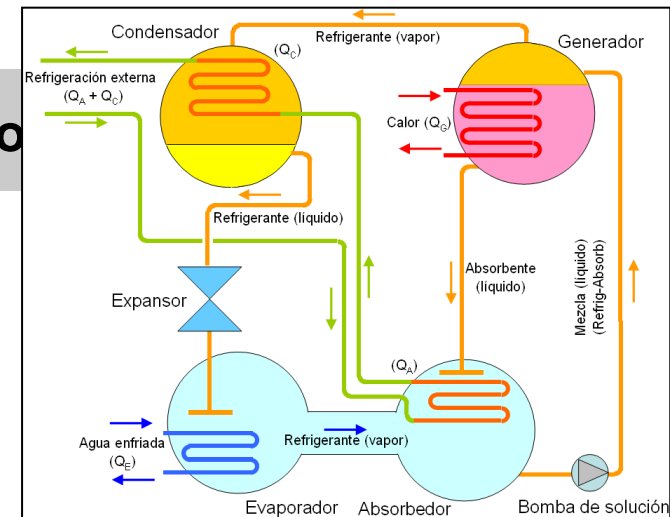
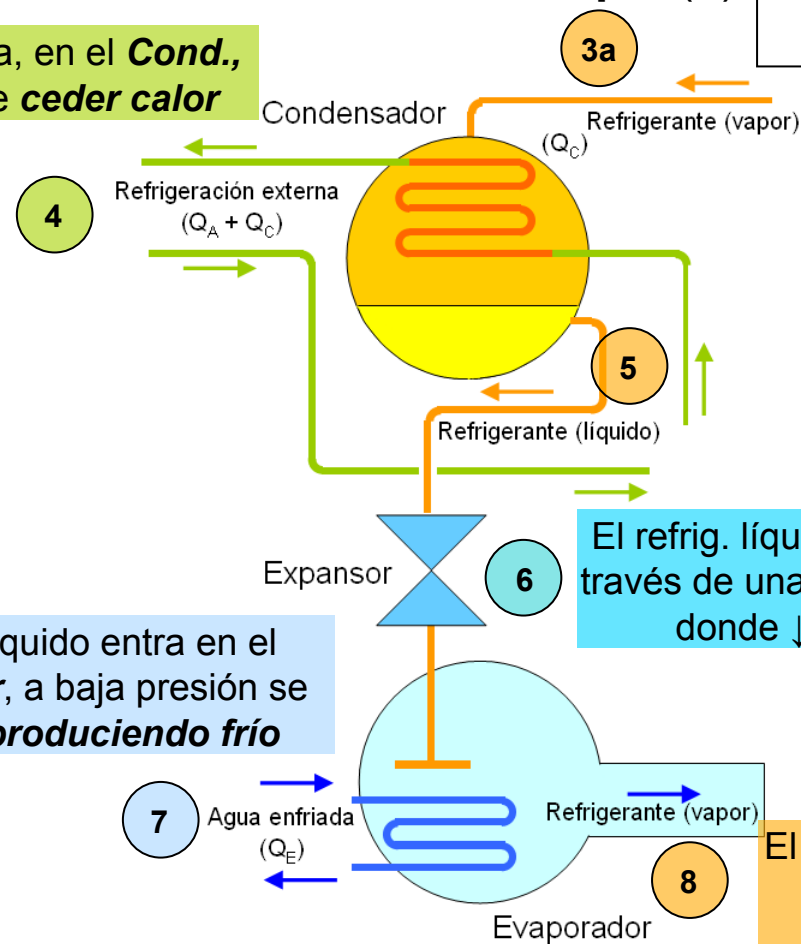


T1.- Producción de Frío

4.- Refrigeración por Absorción (III)

Una máquina de absorción de **efecto simple** (II)

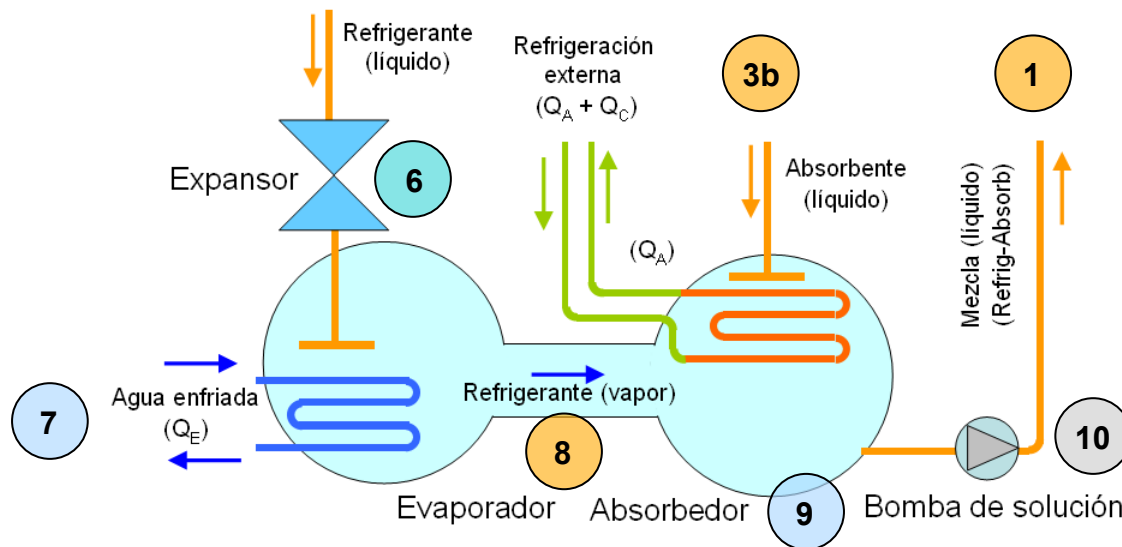
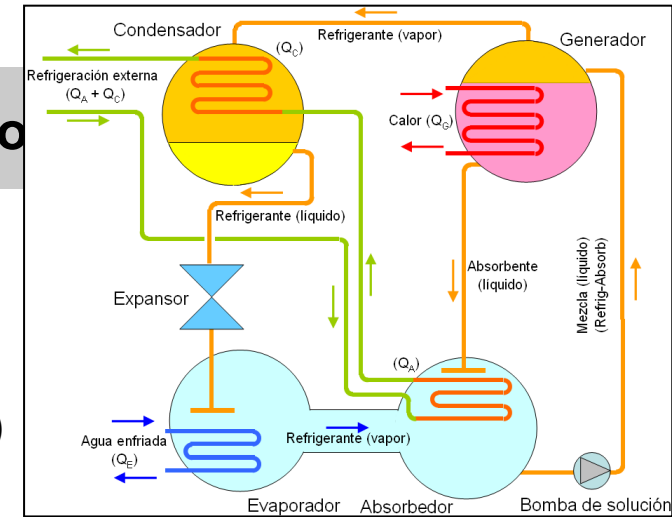
El refrigerante se licua, en el **Cond.**,
lo que requiere **ceder calor**



T1.- Producción de Frío

4.- Refrigeración por Absorción (III)

Una máquina de absorción de **efecto simple** (II)



El paso de la mezcla desde el absorbedor al generador requiere $\uparrow p$, $\Rightarrow$ **una bomba**, (única parte móvil del sistema)

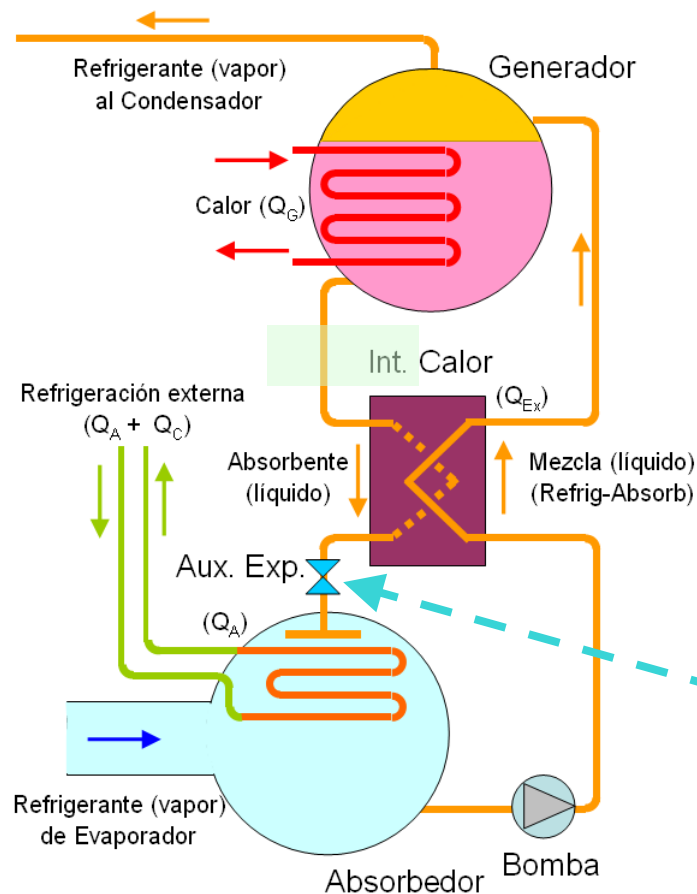
En el **Absorbedor** se mezclan:

- el vapor de refig. (evap); 8
- la mezcla diluida (gen.); 3b

La reacción de absorción es exotérmica, y necesita refrigeración, externa auxiliar. De no ser así $\uparrow p$, dificultando la absorción

4.- Refrigeración por Absorción (IV)

Una máquina de absorción de **efecto simple** (III)



Para mejorar la eficiencia se instala un **intercambiador de calor**

- precalienta la mezcla que va al generador
- refrigera el absorbente que retorna al absorbedor

Se puede instalar una expansión auxiliar en el absorbente que retorna del generador

4.- Refrigeración por Absorción (V)

El calor que se debe eliminar ($Q_{\text{abs}} + Q_{\text{cond}}$) es grande, ($Q_{\text{gen}} + Q_{\text{evap}}$)

En máquinas de absorción: ($Q_{\text{abs}} + Q_{\text{cond}}$) $\cong$ 2,5 Potencia maquina

$$|Q_C| + |Q_A| = |Q_G| + |Q_E| = \left| \text{COP} \approx \frac{|Q_E|}{|Q_G|} = 0.7 \Rightarrow |Q_G| = \frac{|Q_E|}{0.7} = 2.43 |Q_E| \right|$$

En máquinas de compresión: (Q_{cond}) $\cong$ 1,25 Potencia maquina

$$|Q_C| = W_{\text{comp}} + |Q_E| = \left| \text{COP} \approx \frac{|Q_E|}{W_{\text{comp}}} = 4 \Rightarrow W_{\text{comp}} = \frac{|Q_E|}{4} = 1.25 |Q_E| \right|$$

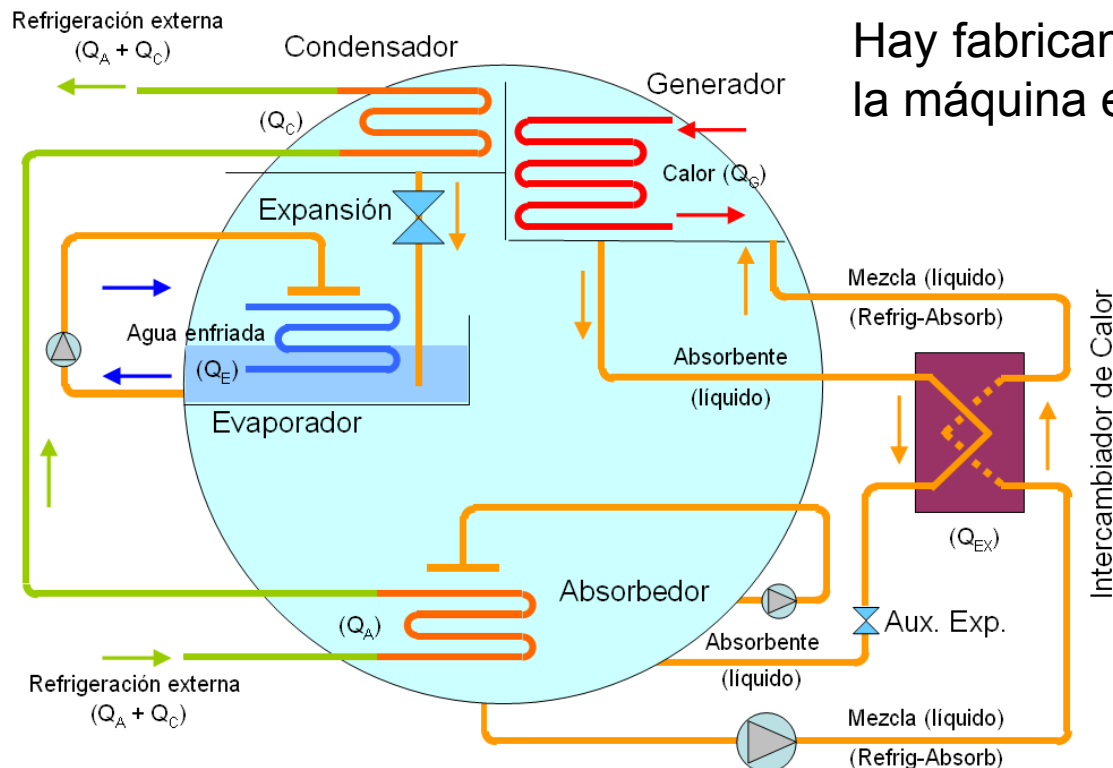
Q eliminado en absorción $\cong$ 2 Q eliminado en compresión

4.- Refrigeración por Absorción (VI)

Las máquinas suelen tener dos partes:

- el generador y el condensador
- el evaporador y el absorbedor

Hay fabricantes que colocan toda la máquina en una única carcasa



4.- Refrigeración por Absorción (VII)

El suministro térmico en los arranques debe ser mayor que en régimen

La capacidad se controla con la concentración el absorbedor:

- Estrangulando la alimentación de calor en el generador

- Disminuyendo la refrigeración del condensador

- Regulando el caudal que le llega al hervidor

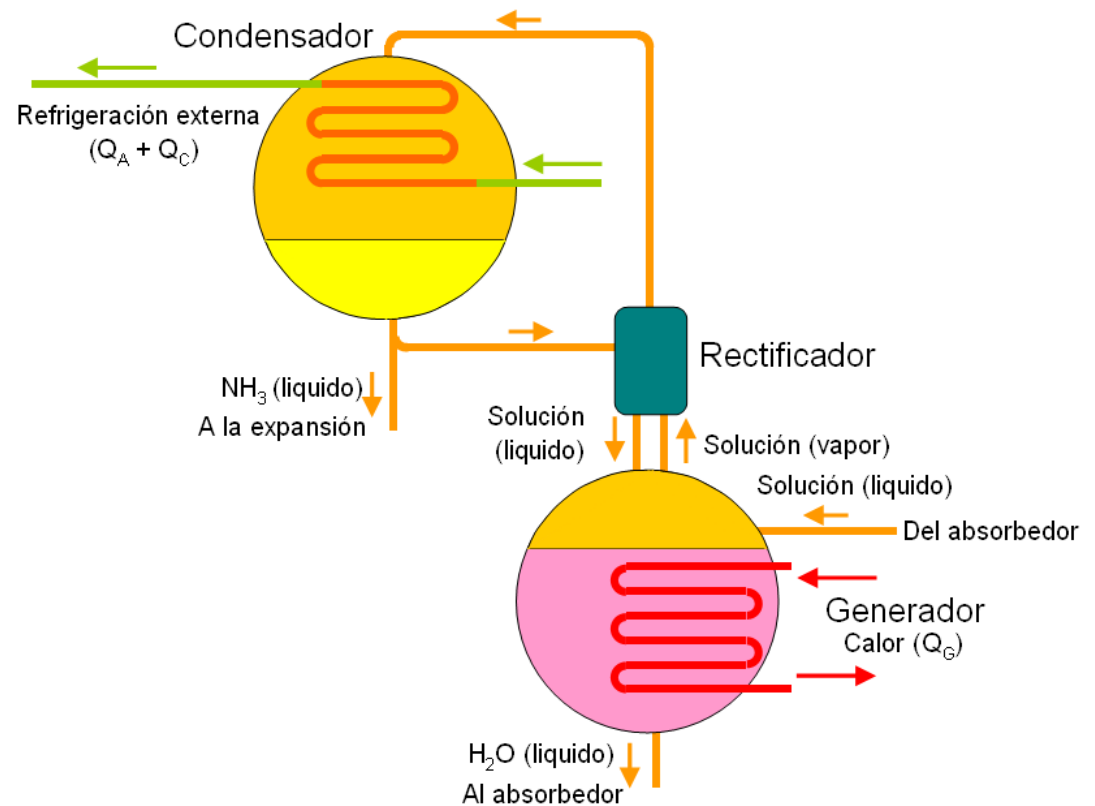
- Bypassando la solución con una válvula de tres vías en el hervidor
(las dos conexiones con el absorbedor)

Sistema bromuro de litio-agua ($\text{BrLi-H}_2\text{O}$), requiere en el generador T^a de 100°C

4.- Refrigeración por Absorción (VIII)

Sistema amoniaco-agua ($\text{NH}_3\text{-H}_2\text{O}$), requiere en el generador de 120-150°C

- El NH_3 es tóxico y además ataca el cobre
- Las máquinas y tuberías tienen que ser de acero e inoxidable
- Necesita un rectificador entre el generador y el condensador ya que con el amoniaco se evapora agua



4.- Refrigeración por Absorción (IX)

En el **rendimiento del ciclo** hay que considerar el aporte de calor en el generador, la energía mecánica (bombas y ventiladores) se desprecia

El *COP* típico de las máquinas comerciales de LiBr-H₂O, es de 0,7

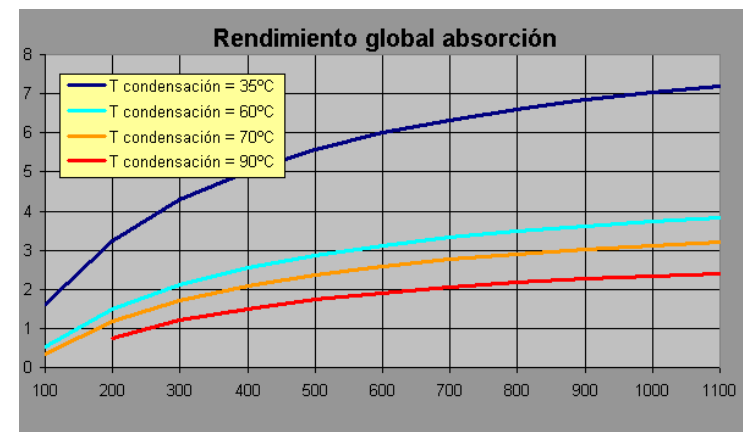
El COP de las de NH₃-H₂O es de 0,5 (trabajan a menores T_{evap})

El rendimiento total es el de la producción del frío por el de la de calor

$$\eta_{\text{Frío Abs}} = \frac{T_{\text{evaporador}}}{T_{\text{condensador}} - T_{\text{evaporador}}} \cdot \frac{T_{\text{generador}} - T_{\text{condensación}}}{T_{\text{generador}}} \quad \text{con T en K}$$

al ↑ T en el generador □ η

r ↓ η



4.- Refrigeración por Absorción (X)

Las **máquinas** son **voluminosas y caras**, especialmente si funcionan con T bajas en el generador

Sólo son rentables cuando el calor muy barato, y las horas de funcionamiento anual a plena carga son elevadas

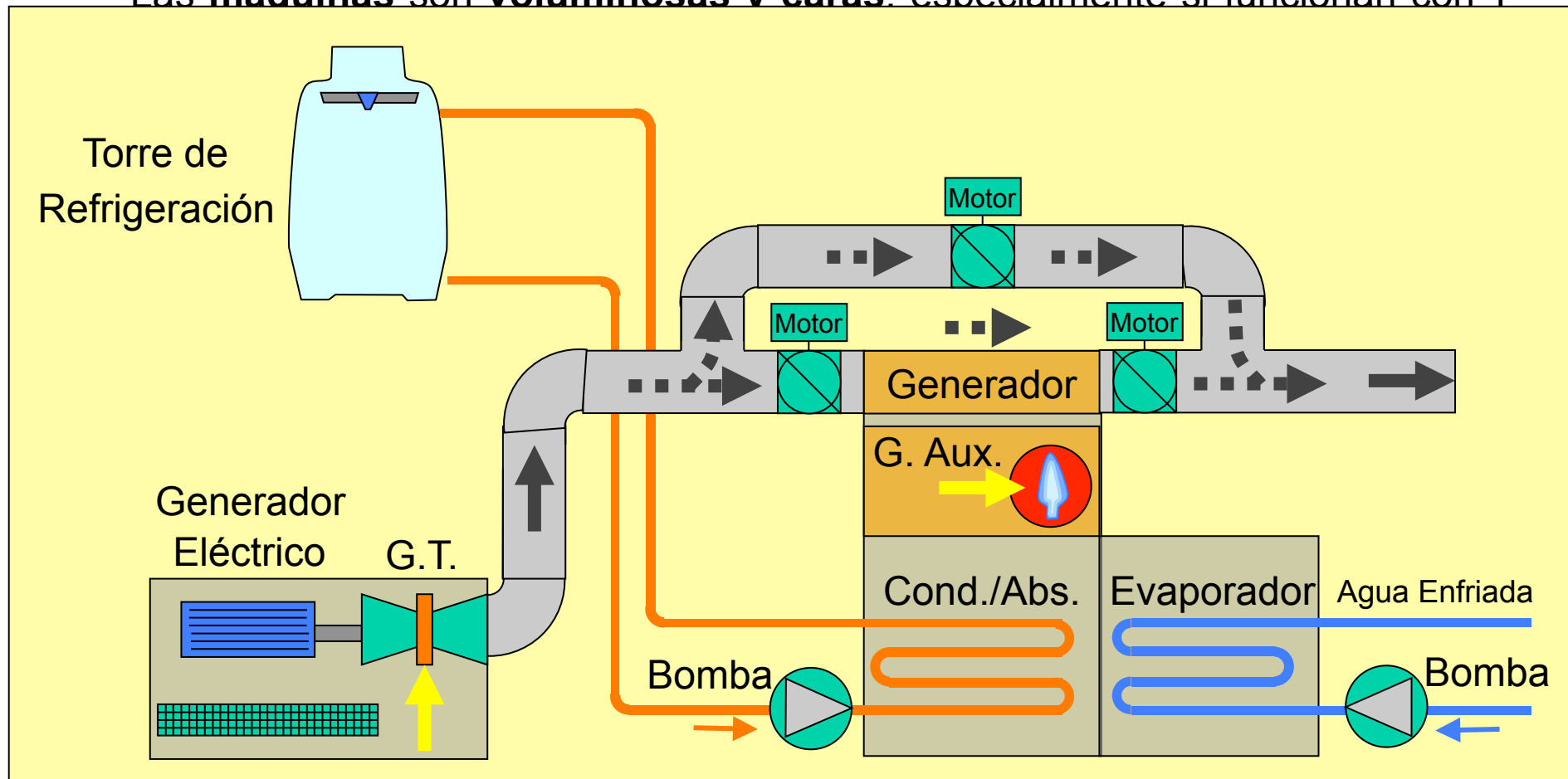
En los sistemas solares la disponibilidad de calor con la necesidad de refrigeración

La intermitencia del Sol hace necesario un sistema de almacenamiento térmico

No son rentables

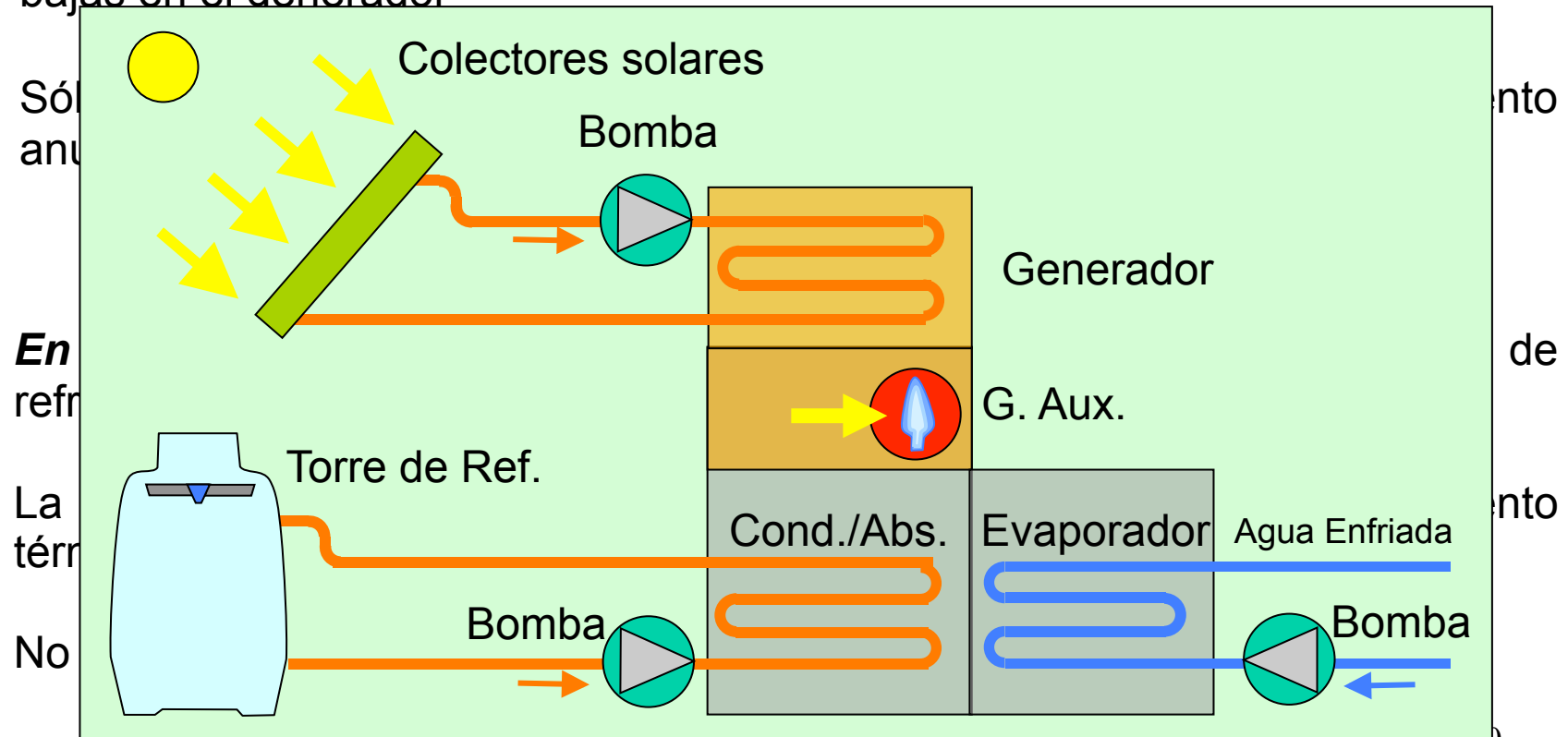
4.- Refrigeración por Absorción (X)

Las **máquinas** son **voluminosas y caras**, especialmente si funcionan con T



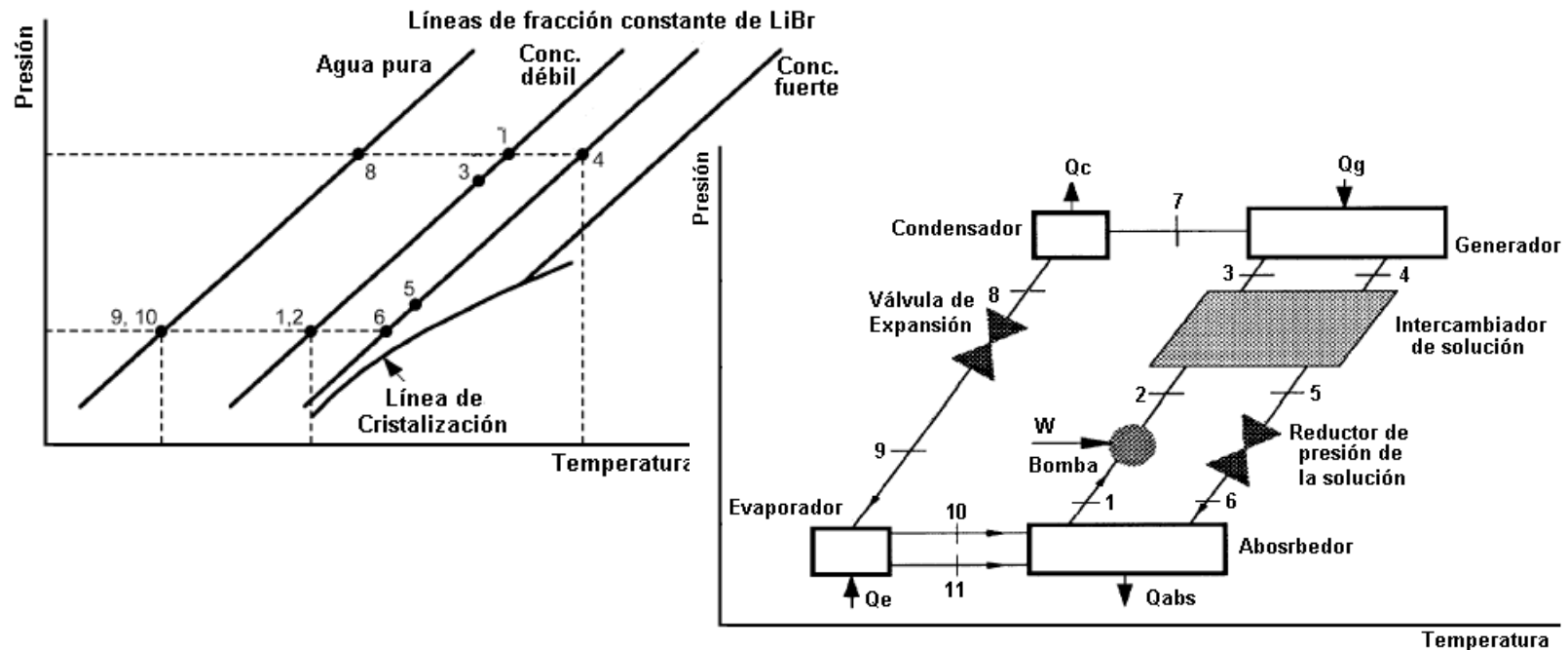
4.- Refrigeración por Absorción (X)

Las **máquinas** son **voluminosas y caras**, especialmente si funcionan con T bajas en el generador



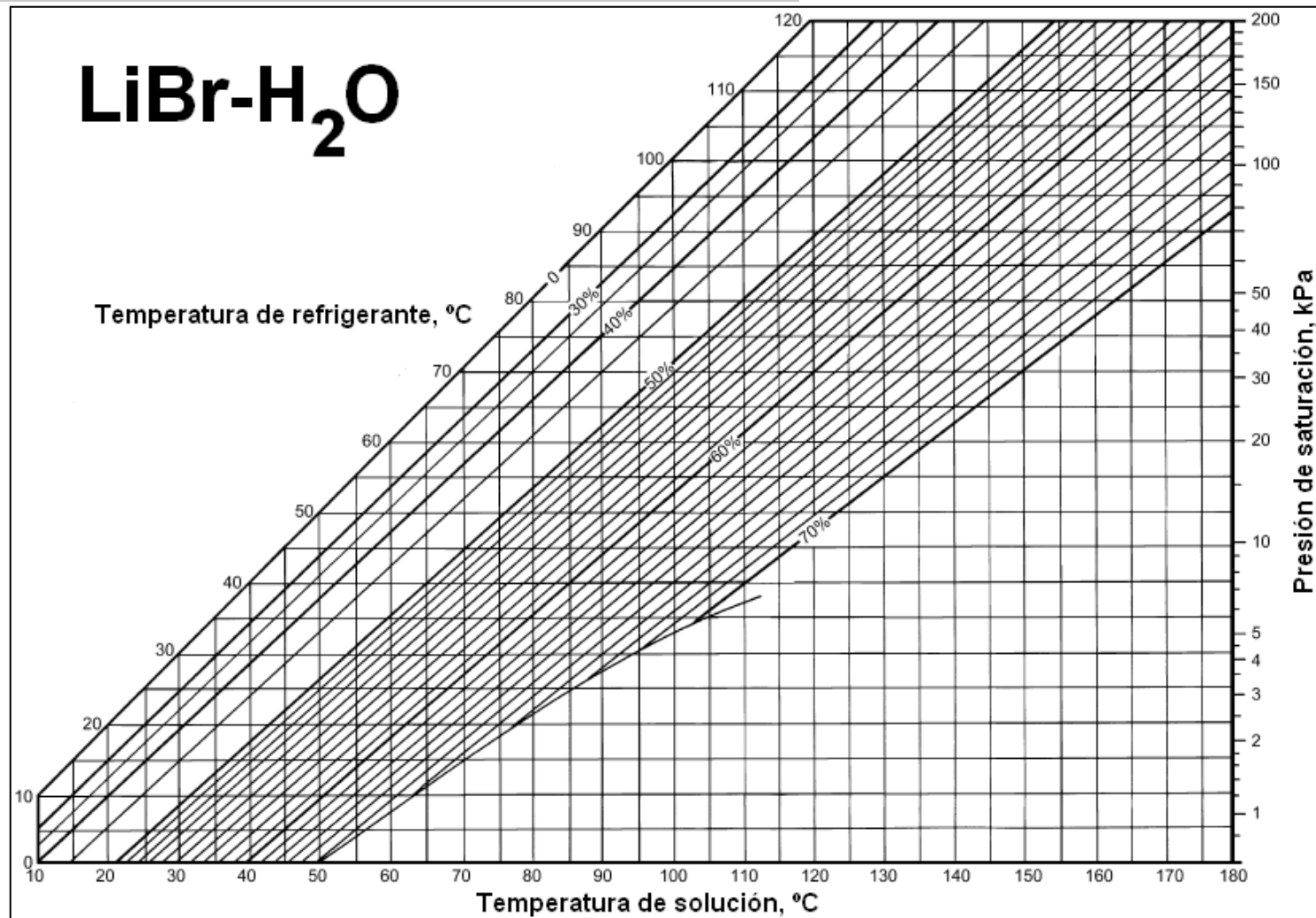
4.- Refrigeración por Absorción (IX)

El diagrama que representa la mezcla de trabajo es el **Dühring** (P-T)

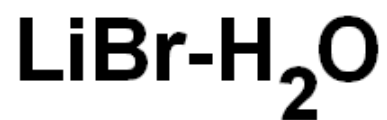


Se debe evitar la **cristalización** de la sal, que depende de la presión, y es peligroso en el arranque de la máquina, cuando la T es baja

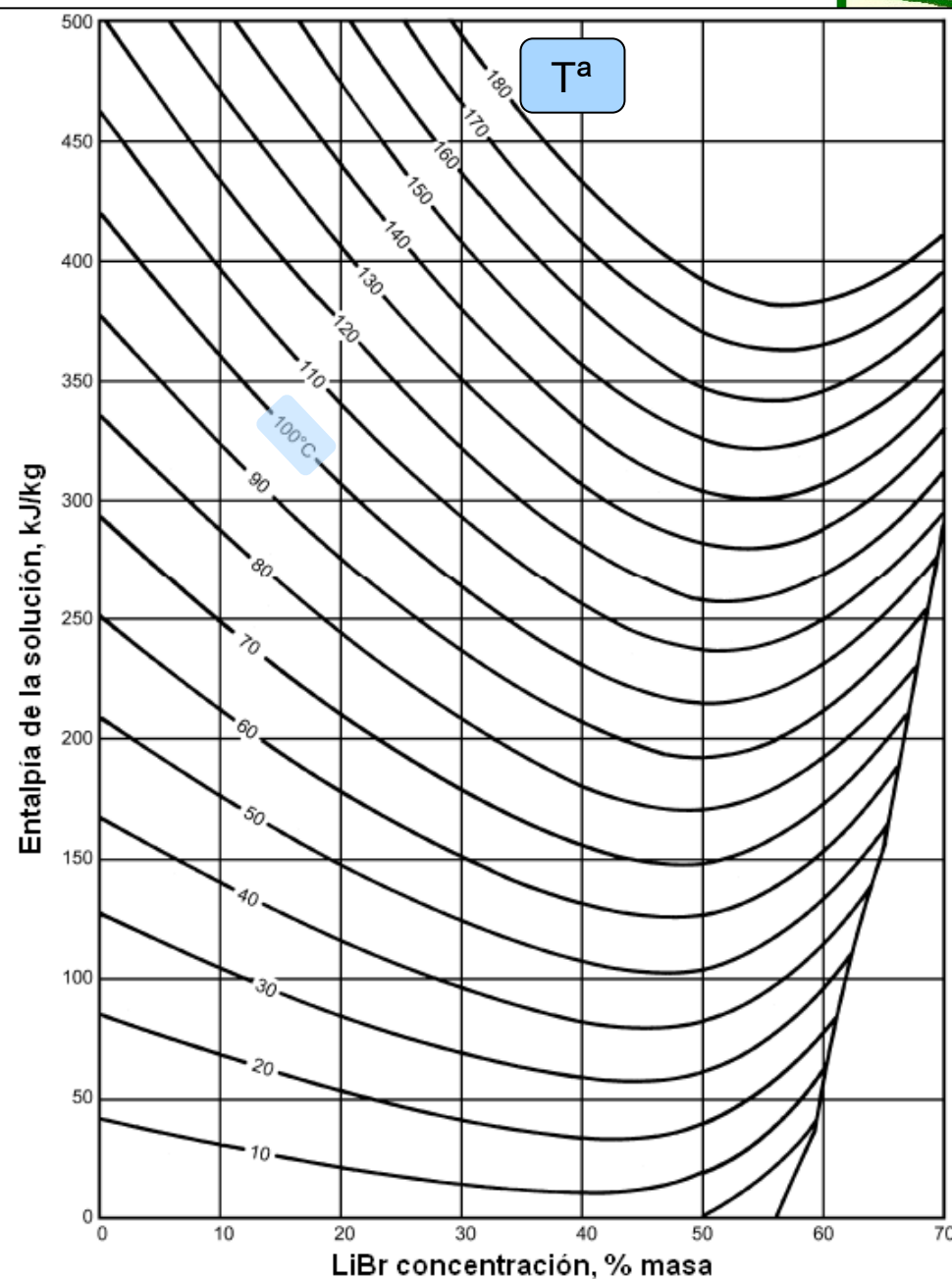
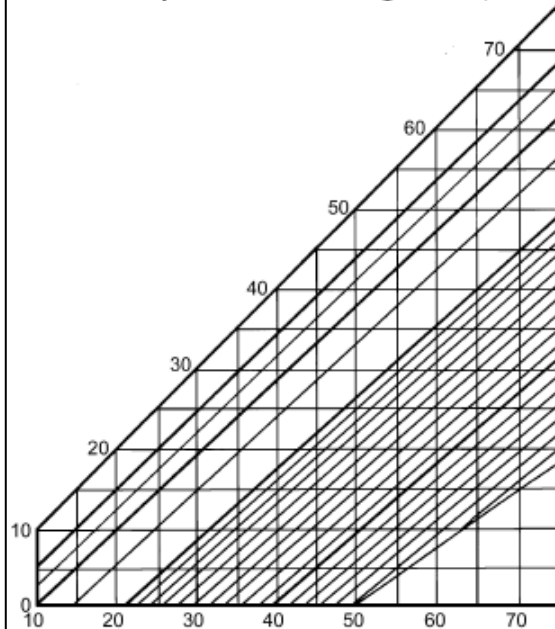
4.- Refrigeración por Absorción (X)



4.- Refrigeración por Absorción



Temperatura de refrigerante, °C



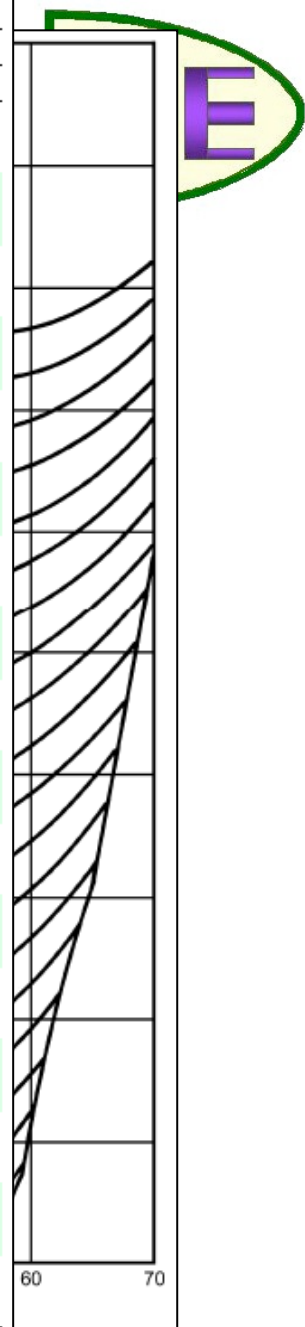
Temperatura de solución, °C

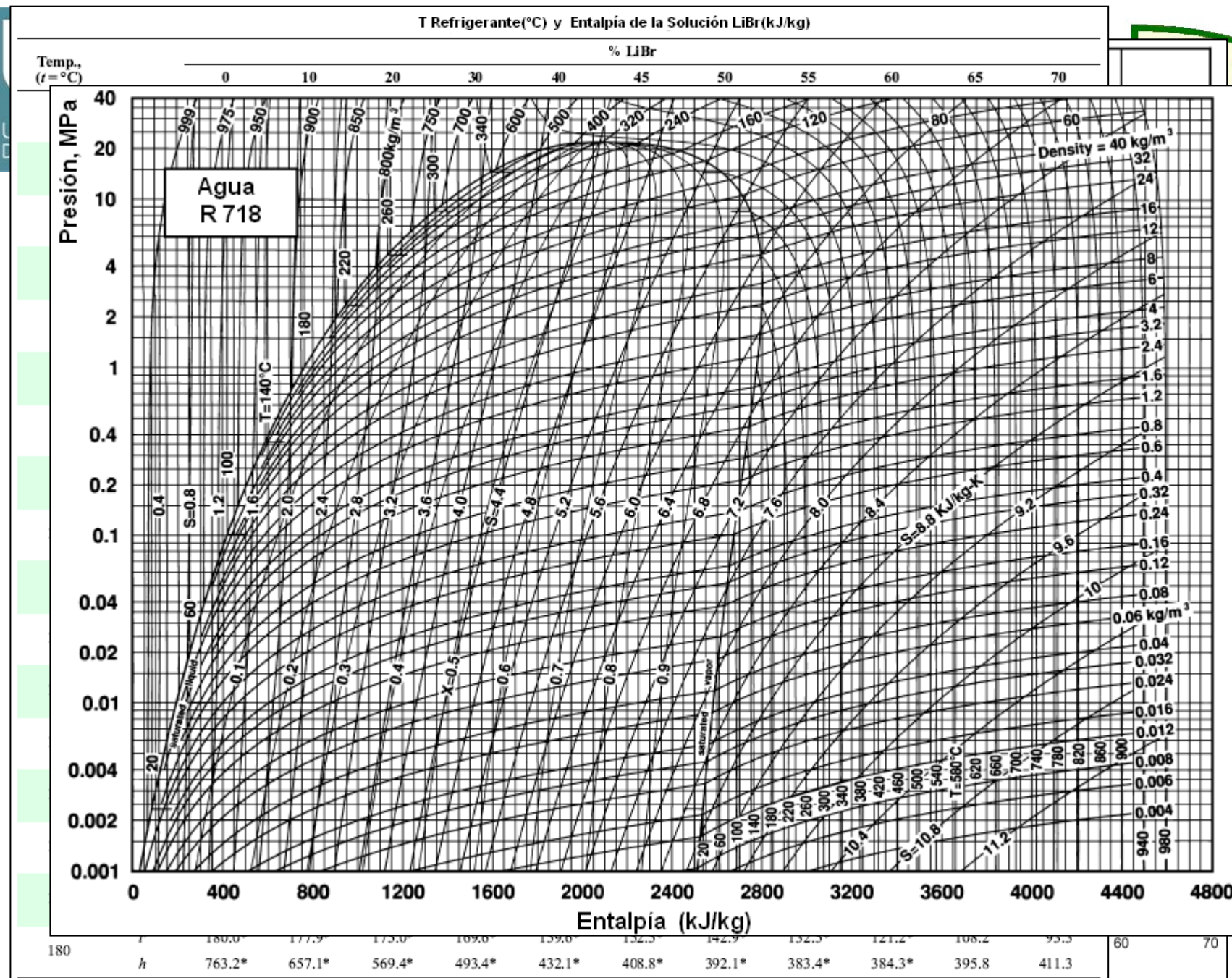
E

T Refrigerante(°C) y Entalpía de la Solución LiBr(kJ/kg)												
Temp., (t = °C)		% LiBr										
		0	10	20	30	40	45	50	55	60	65	70
20	t'	20	19.1	17.7	15.0	9.8	5.8	-0.4	-7.7	-15.8	-23.4#	-29.3#
	h	84.0	67.4	52.6	40.4	33.5	33.5	38.9	53.2	78.0	111.0#	145.0#
30	t'	30.0	29.0	27.5	24.6	19.2	15.0	8.6	1.0	-7.3	-15.2#	-21.6#
	h	125.8	103.3	84.0	68.6	58.3	56.8	60.5	73.5	96.8	128.4#	161.7#
40	t'	40.0	38.9	37.3	34.3	28.5	24.1	17.5	9.8	1.3	-7.0#	-14.0#
	h	167.6	139.5	115.8	96.0	82.5	79.7	82.2	93.5	115.4	146.0#	178.3#
50	t'	50.0	48.8	47.2	44.0	37.9	33.3	26.5	18.5	9.9	1.3	-6.3#
	h	209.3	175.2	147.0	123.4	106.7	102.6	103.8	114.0	134.5	163.5	195.0#
60	t'	60.0	58.8	57.0	53.6	47.3	42.5	35.5	27.3	18.4	9.5	1.4#
	h	251.1	211.7	179.1	151.4	131.7	125.8	125.8	134.7	153.7	181.4	211.9#
70	t'	70.0	68.7	66.8	63.3	56.6	51.6	44.4	36.1	27.0	17.7	9.0#
	h	293.0	247.7	210.5	178.8	155.7	148.9	148.0	155.6	173.2	199.4	228.8#
80	t'	80.0	78.6	76.7	73.0	66.0	60.8	53.4	44.8	35.6	26.0	16.7#
	h	334.9	287.8	243.6	207.3	181.0	172.8	170.0	176.2	192.6	217.2	245.7#
90	t'	90.0	88.6	86.5	82.6	75.4	70.0	62.3	53.6	44.1	34.2	24.3#
	h	376.9	321.1	275.6	235.4	206.1	195.8	192.3	197.1	212.2	235.6	262.9#
100	t'	100.0	98.5	96.3	92.3	84.7	79.1	71.3	62.4	52.7	42.4	32.0
	h	419.0	357.6	307.9	263.8	231.0	219.9	214.6	218.2	231.5	253.5	279.7
110	t'	110.0	108.4	106.2	101.9	94.1	88.3	80.2	71.1	61.3	50.6	39.7
	h	461.3	394.3	340.1	292.4	255.9	243.3	236.8	239.1	251.0	271.4	296.3
120	t'	120.0*	118.3*	116.0*	111.6	103.4	97.5	89.2	79.9	69.8	58.9	47.3
	h	503.7*	431.0*	372.5*	320.9	281.0	267.0	259.0	260.0	270.2	289.5	313.4
130	t'	130.0*	128.3*	125.8*	121.3*	112.8	106.7	92.8	88.7	78.4	67.1	55.0
	h	546.5*	468.4*	404.5*	349.6*	306.2	290.7	281.0	280.4	289.1	306.9	330.2
140	t'	140.0*	138.2*	135.7*	130.9*	122.2*	115.8	107.1	97.4	87.0	75.3	62.7
	h	589.1*	505.6*	437.8*	377.9*	331.3*	314.2	303.2	301.1	308.1	324.7	346.9
150	t'	150.0*	148.1*	145.5*	140.6*	131.5*	125.0*	116.1*	106.2	95.5	83.5	70.3
	h	632.2*	542.7*	470.5*	406.8*	356.6*	337.8*	325.5*	321.6	327.3	342.7	363.6
160	t'	160.0*	158.1*	155.3*	150.3*	140.9*	134.2*	125.0*	115.0	104.1	91.8	78.9
	h	675.6*	580.8*	503.1*	435.4*	381.9*	361.2*	347.7*	342.2	346.1	360.3	380.1
170	t'	170.0*	168.0*	165.2*	159.9*	150.3*	143.3*	134.0*	123.7	112.7	100.0	85.7
	h	719.2*	618.9*	536.1*	464.3*	406.8*	384.9*	369.9*	362.9	365.4	378.3	396.0
180	t'	180.0*	177.9*	175.0*	169.6*	159.6*	152.5*	142.9*	132.5*	121.2*	108.2	93.3
	h	763.2*	657.1*	569.4*	493.4*	432.1*	408.8*	392.1*	383.4*	384.3*	395.8	411.3

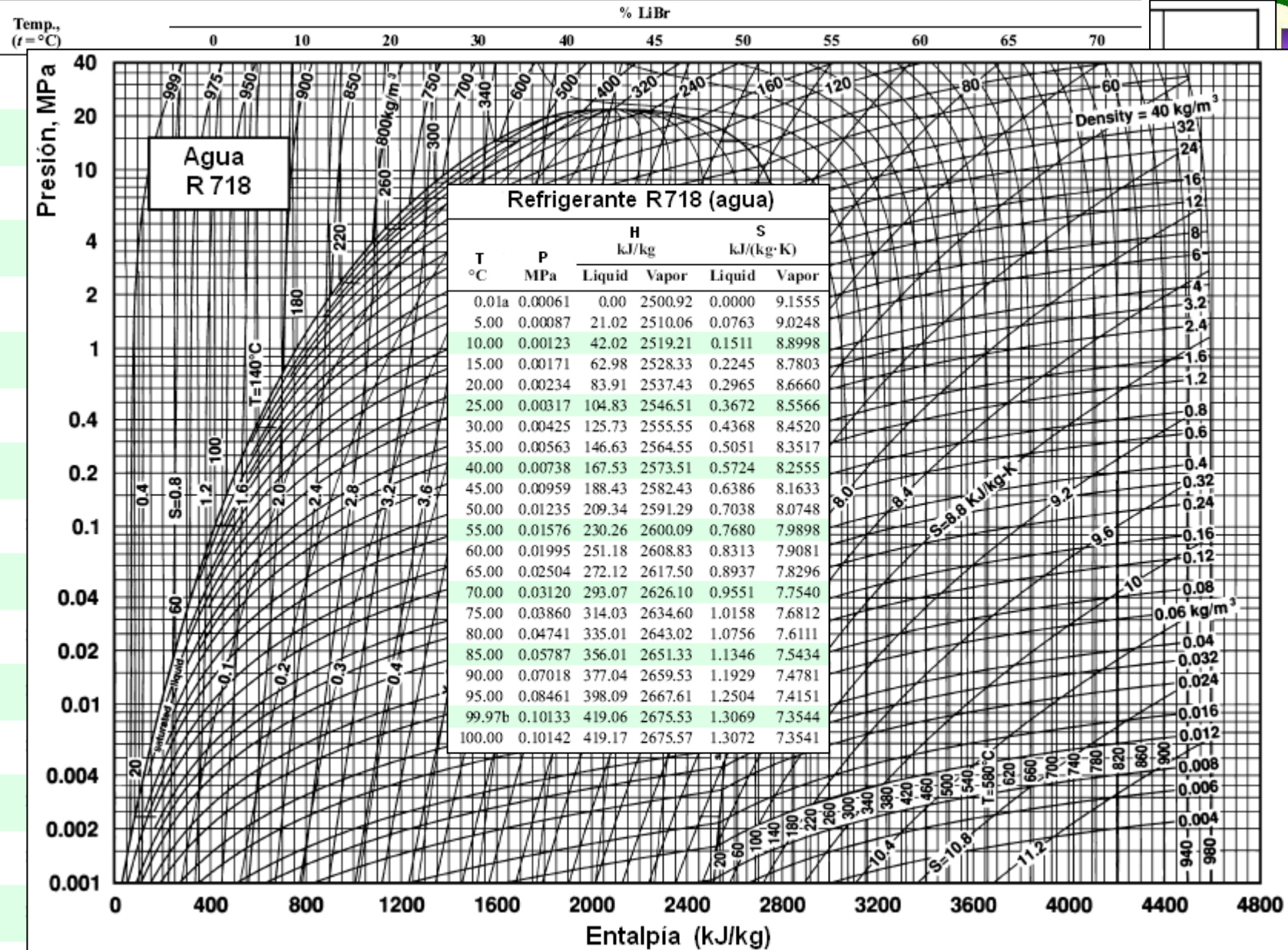
*Extensions of data above 115°C are well above the original data and should be used with care.

#Supersaturated solution.





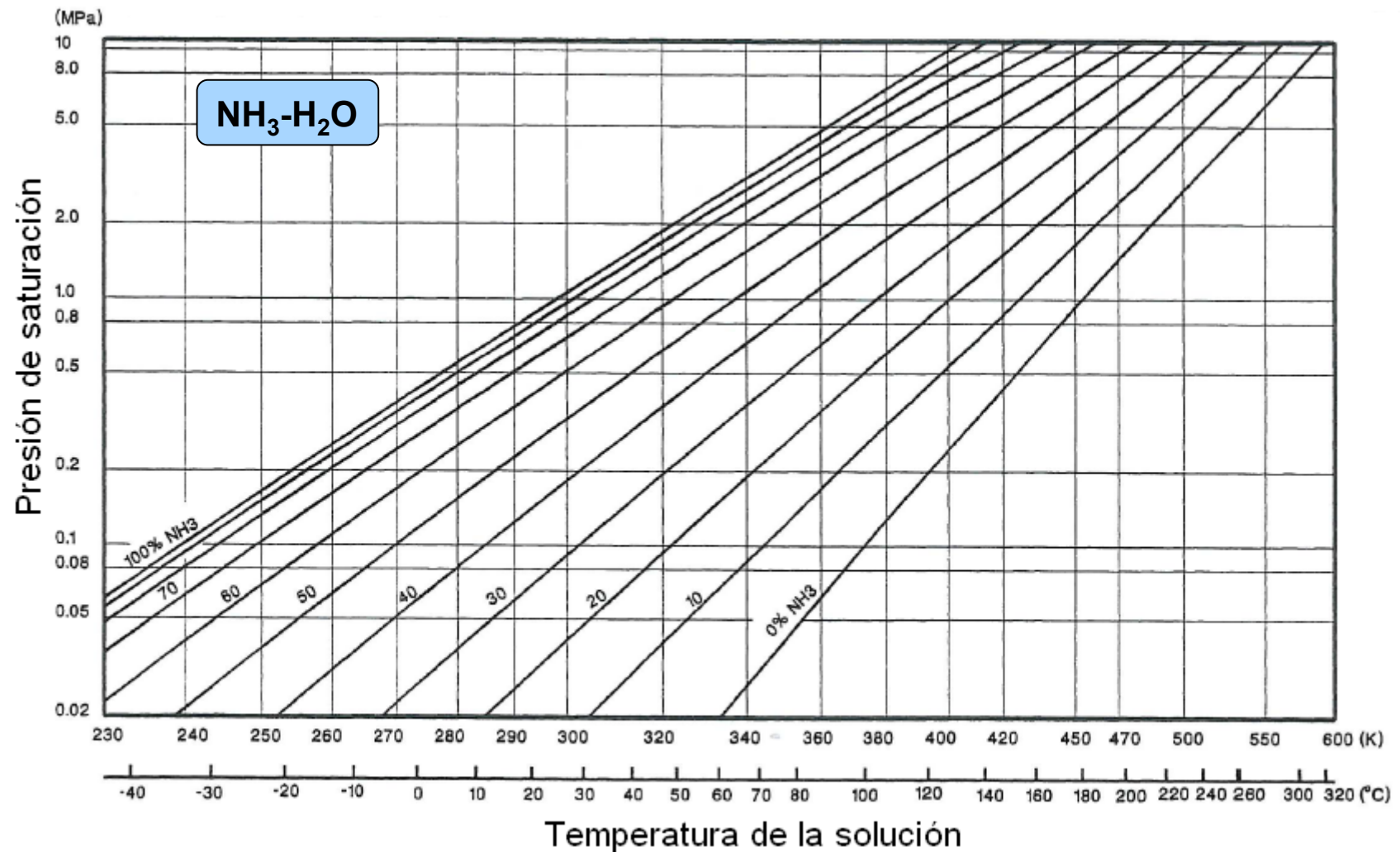
T Refrigerante(°C) y Entalpía de la Solución LiBr(kJ/kg)



*Extensions of data above 115°C are well above the original data and should be used with care.

#Supersaturated solution.

4.- Refrigeración por Absorción (XI)

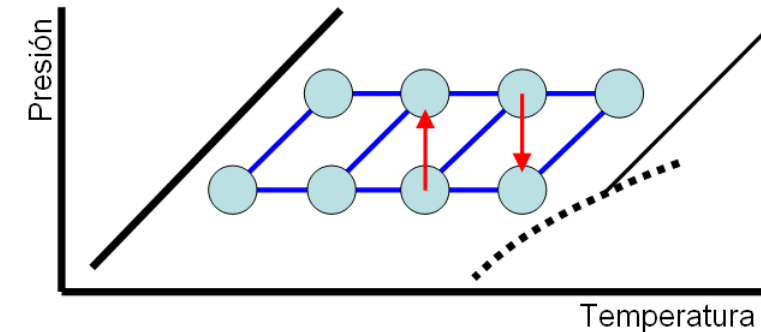
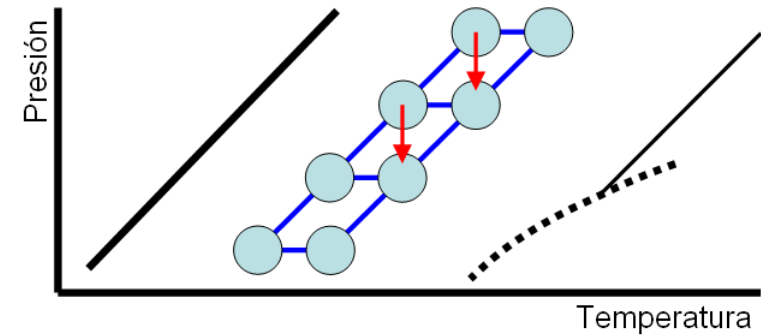


4.- Refrigeración por Absorción (XII)

Otros ciclos de absorción (I)

Buscan aumentar la capacidad frigorífica, el rendimiento, o poder realizar el suministro térmico a temperaturas reducidas

- Ciclos **multiefect** (el calor se aprovecha varias veces)
- Ciclos **multistage** (un elemento más de una vez)



4.- Refrigeración por Absorción (XIII)

Otros ciclos de absorción (II)

- **Double Effect Cycle:**

- Este ciclo aprovecha el calor desprendido en la refrigeración de un condensador de alta en un generador de baja (máquina grande y cara)
- Tiene COP del orden de 1,2
- Necesita un 40% menos de calor que el de simple efecto
- La refrigeración auxiliar libera al exterior 25% menos de calor

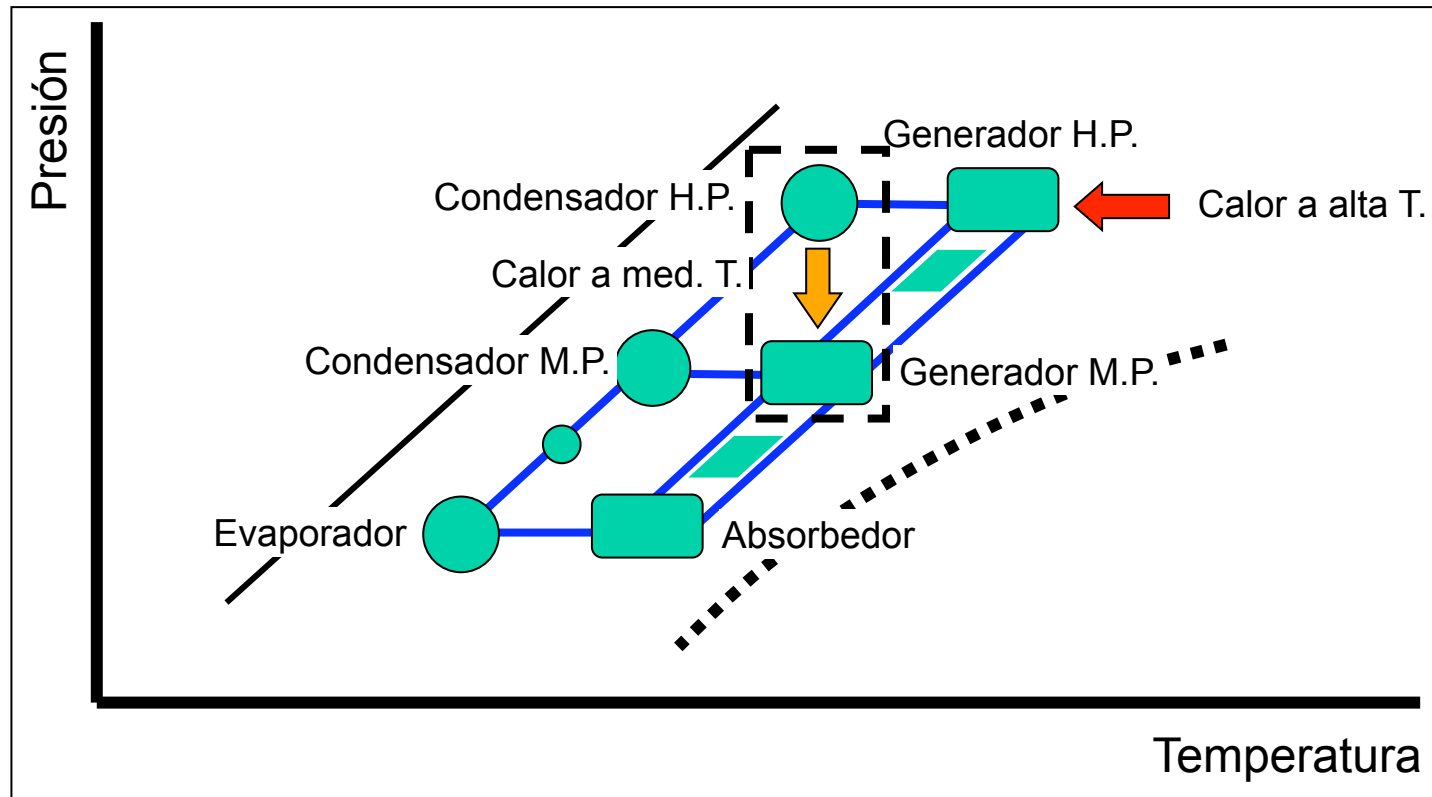
$$\frac{|Q_G|_{D.E.}}{|Q_G|_{S.E.}} = \frac{\frac{|Q_E|}{COP_{D.E.}}}{\frac{|Q_E|}{COP_{S.E.}}} = \frac{\frac{|Q_E|}{1,2}}{\frac{|Q_E|}{0,7}} = \frac{0,83}{1,43} \approx 60\%$$

$$\frac{|Q_C| + |Q_A|_{D.E.}}{|Q_C| + |Q_A|_{S.E.}} = \frac{|Q_G| + |Q_E|_{D.E.}}{|Q_G| + |Q_E|_{S.E.}} = \frac{\frac{|Q_E|}{COP_{D.E.}} + |Q_E|}{\frac{|Q_E|}{COP_{S.E.}} + |Q_E|} = \frac{\frac{|Q_E|}{1,2} + |Q_E|}{\frac{|Q_E|}{0,7} + |Q_E|} = 75\%$$

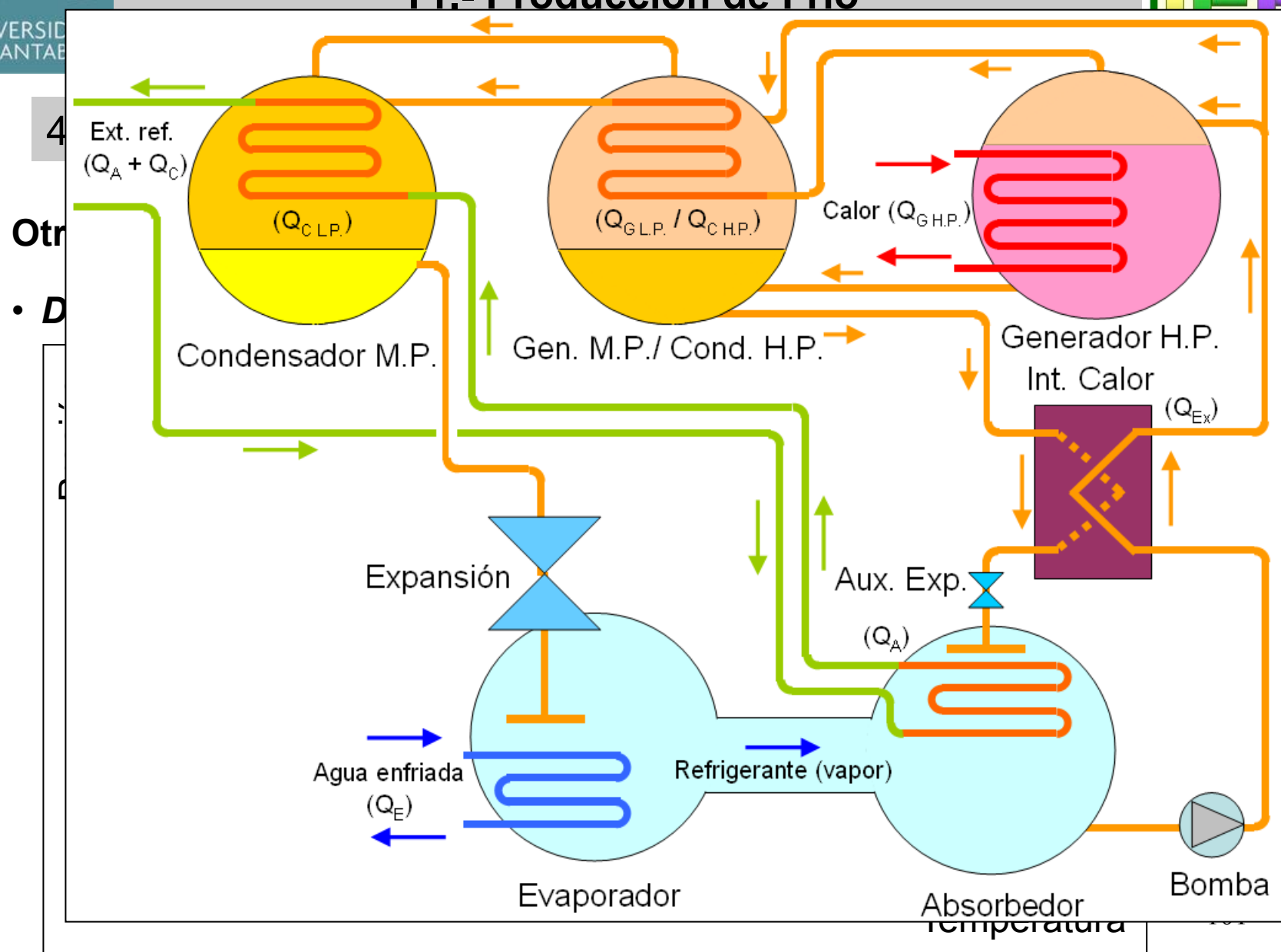
4.- Refrigeración por Absorción (XIII)

Otros ciclos de absorción (II)

- *Double Effect Cycle*



T1.- Producción de Frío



4.- Refrigeración por Absorción (XIV)

Otros ciclos de absorción (III)

- **Half Effect Cycle:**

- Este ciclo aprovecha el calor a dos focos térmicos distintos (alta y media temperatura)
- Tiene COP del orden de 0,5
- Necesita un 40% mas de calor que el de simple efecto
- La refrigeración auxiliar libera al exterior 25% más de calor

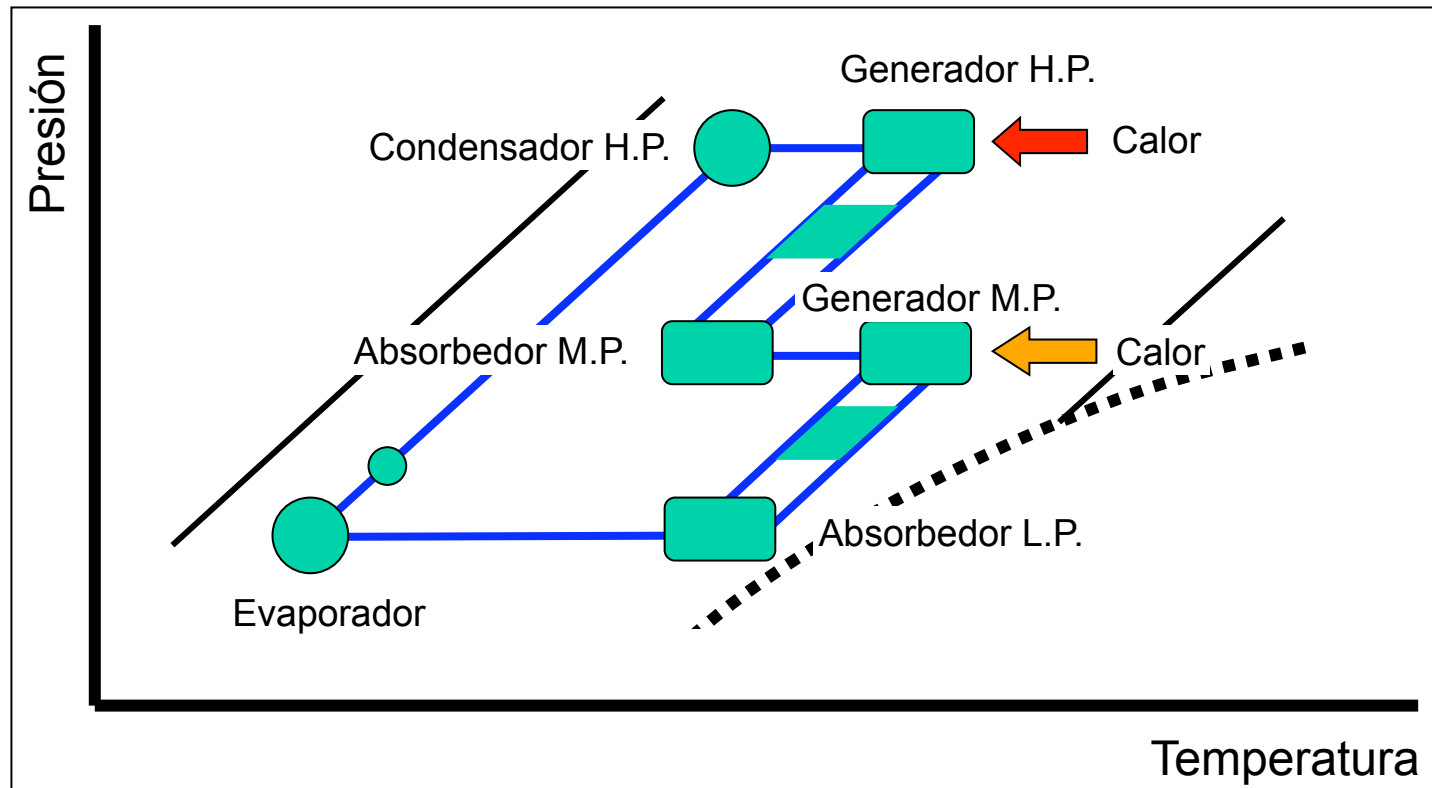
$$\frac{|Q_G|_{H.E.}}{|Q_G|_{S.E.}} = \frac{\frac{|Q_E|}{COP_{H.E.}}}{\frac{|Q_E|}{COP_{S.E.}}} = \frac{\frac{|Q_E|}{0,5}}{\frac{|Q_E|}{0,7}} = \frac{2}{1,43} = 140\%$$

$$\frac{|Q_C| + |Q_A|_{D.E.}}{|Q_C| + |Q_A|_{S.E.}} = \frac{|Q_G| + |Q_E|_{H.E.}}{|Q_G| + |Q_E|_{S.E.}} = \frac{\frac{|Q_E|}{COP_{H.E.}} + |Q_E|}{\frac{|Q_E|}{COP_{S.E.}} + |Q_E|} = \frac{\frac{|Q_E|}{0,5} + |Q_E|}{\frac{|Q_E|}{0,7} + |Q_E|} \approx 125\%$$

4.- Refrigeración por Absorción (XIV)

Otros ciclos de absorción (III)

- *Half Effect Cycle:*



4.- Refrigeración por Absorción (XV)

Otros ciclos de absorción (IV)

- ***Single-effect/double-lift:***

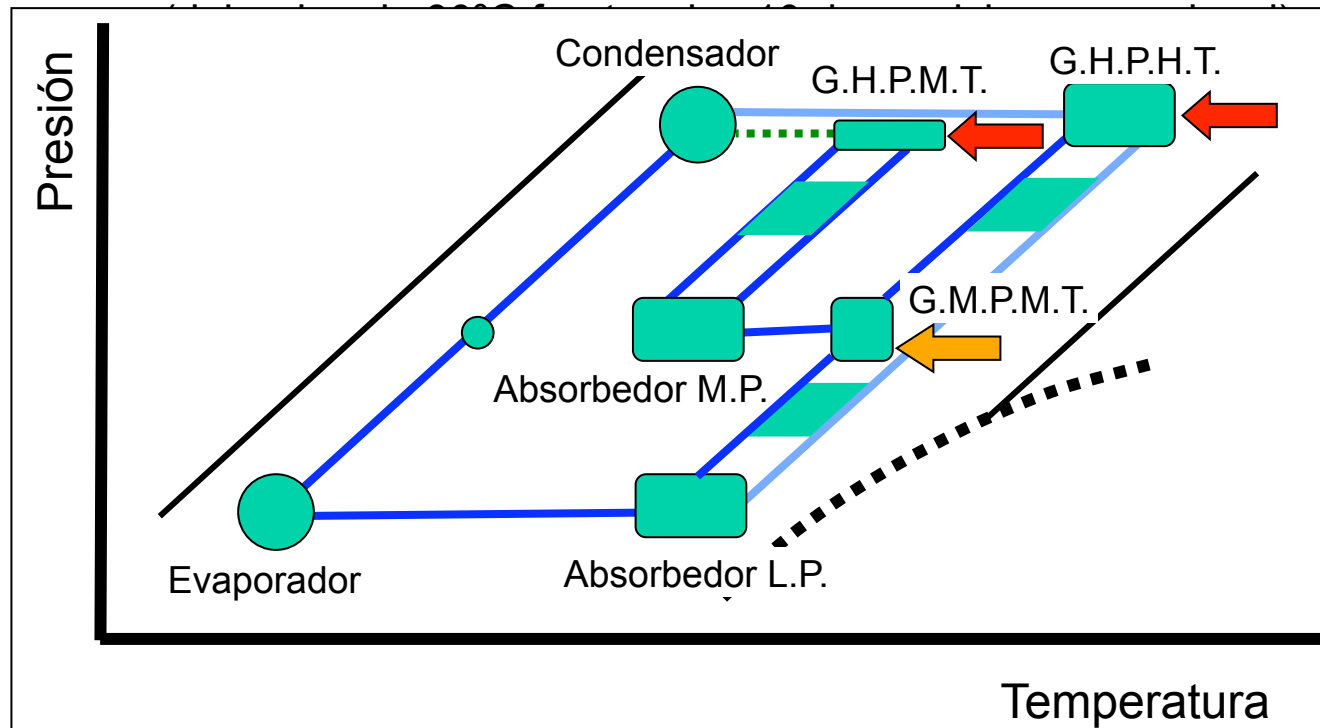
- Busca conseguir gran enfriamiento en el agua de alimentación al generador (del orden de 30°C frente a los 10 de un ciclo convencional)
- Puede funcionar como uno de Double Effect, o como Half Effect
- El COP varía en función de como trabaja

4.- Refrigeración por Absorción (XV)

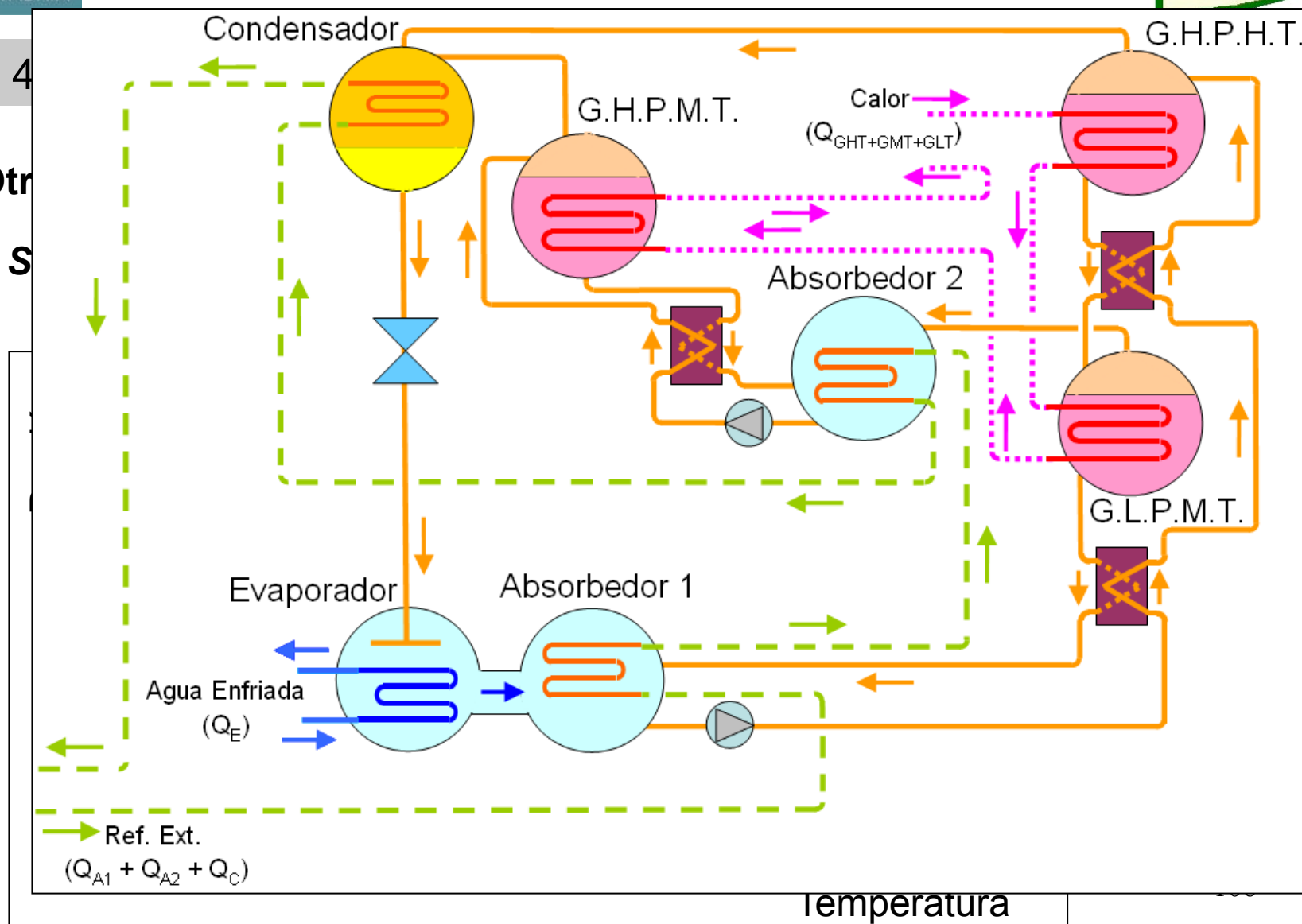
Otros ciclos de absorción (IV)

- **Single-effect/double-lift:**

➤ Busca conseguir gran enfriamiento en el agua de alimentación al generador

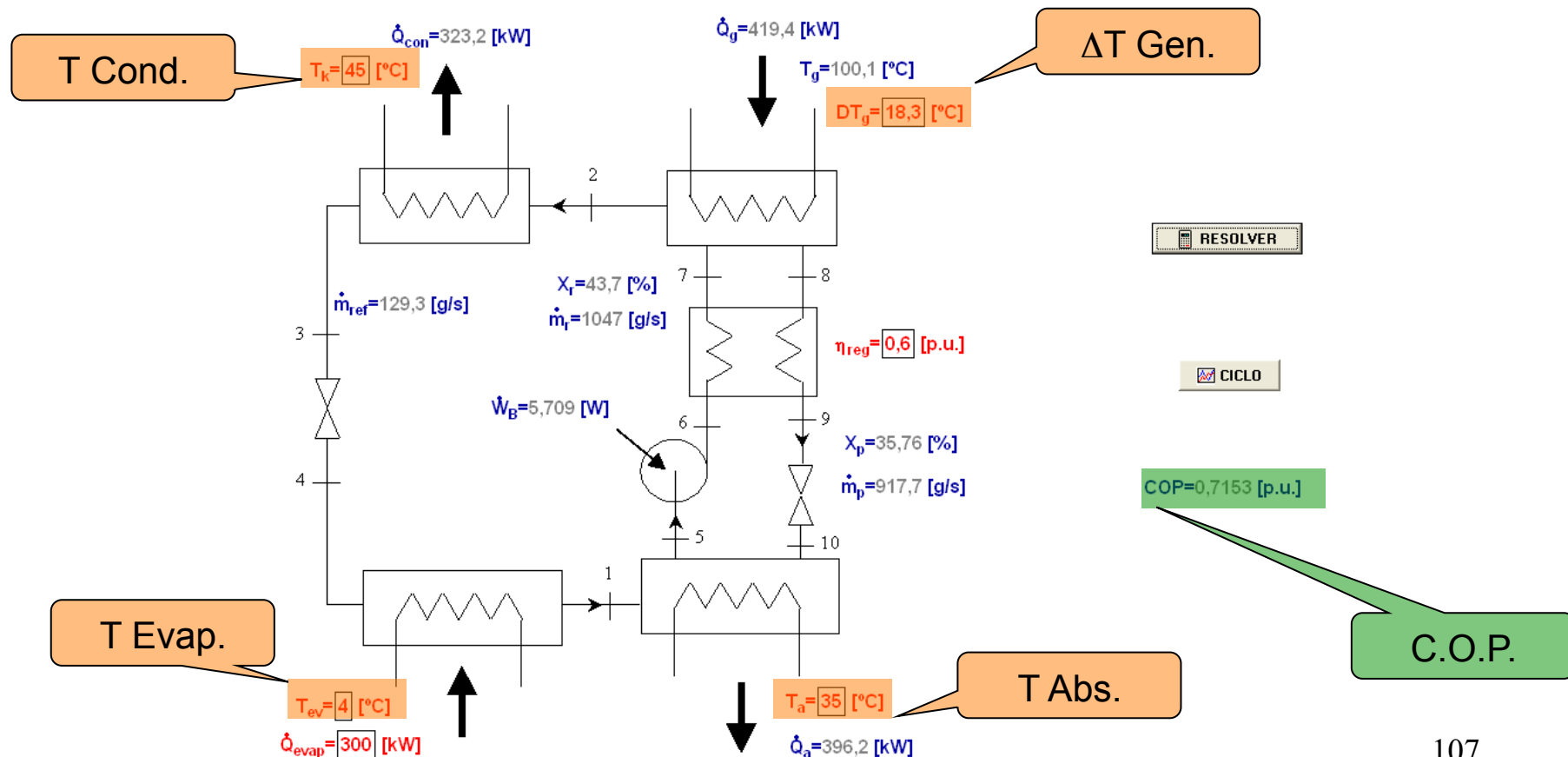


4
Otr
• S



4.- Refrigeración por Absorción (XIV)

EES Distributable C:\Documents and Settings\trenedoc\UNICAN\Mis documentos\MANUALES Y PROGRAMAS\Prog-Manuales\Absorcion\H2O-LiBr.EXE ...
File Edit Search Options Calculate Tables Plots Windows Help



5.- Refrigeración Evaporativa (I)

Es un proceso de **transferencia de calor y masa** basado en la conversión del calor sensible en latente; el aire no saturado es enfriado por la exposición al agua más fría en condiciones de aislamiento térmico, a entalpía cte, llegando a la saturación adiabática

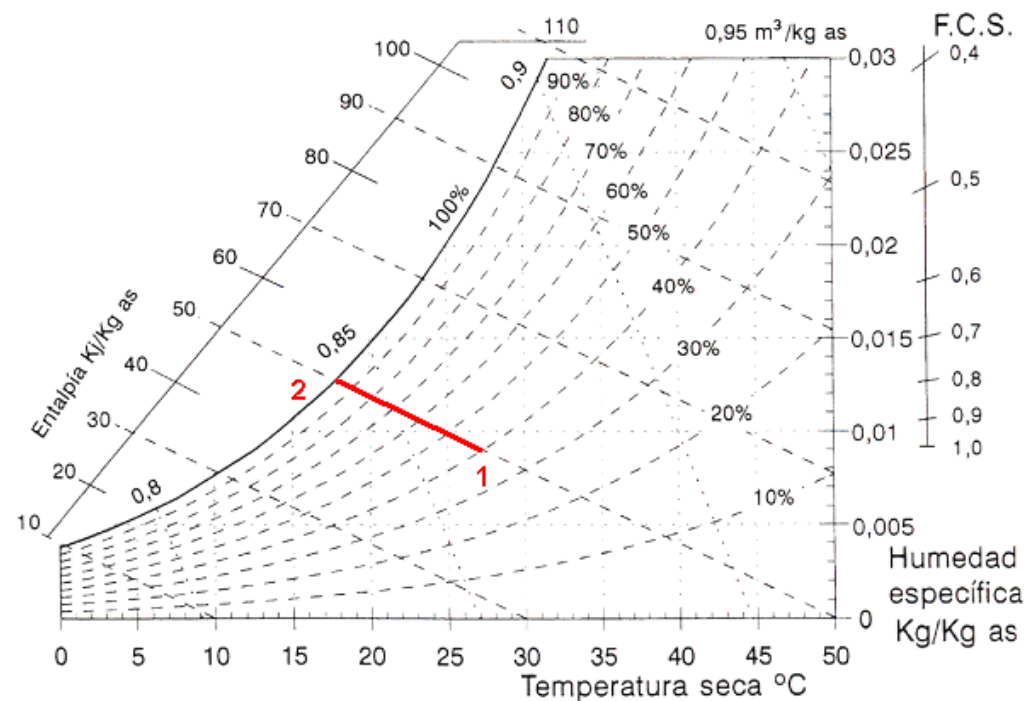
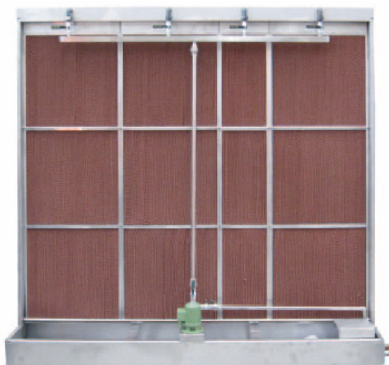
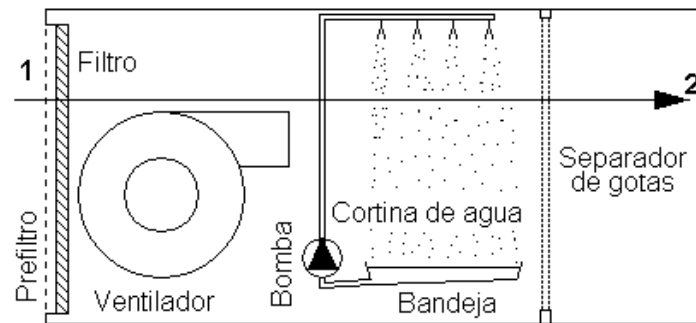
La **clasificación de los sistemas evaporativos** :

- **Directos**: el agua se evapora en la corriente de aire que se desea enfriar, aumentando la humedad
- **Indirectos**: la evaporación se efectúa en una corriente secundaria de aire, la cual intercambia calor sensible con la corriente primaria, que de este modo no recibe ninguna humedad
- **Mixtos**: mezcla de los dos anteriores

5.- Refrigeración Evaporativa (II)

- **Directos:** humectación, un ventilador, filtros, un depósito inferior y una carcasa

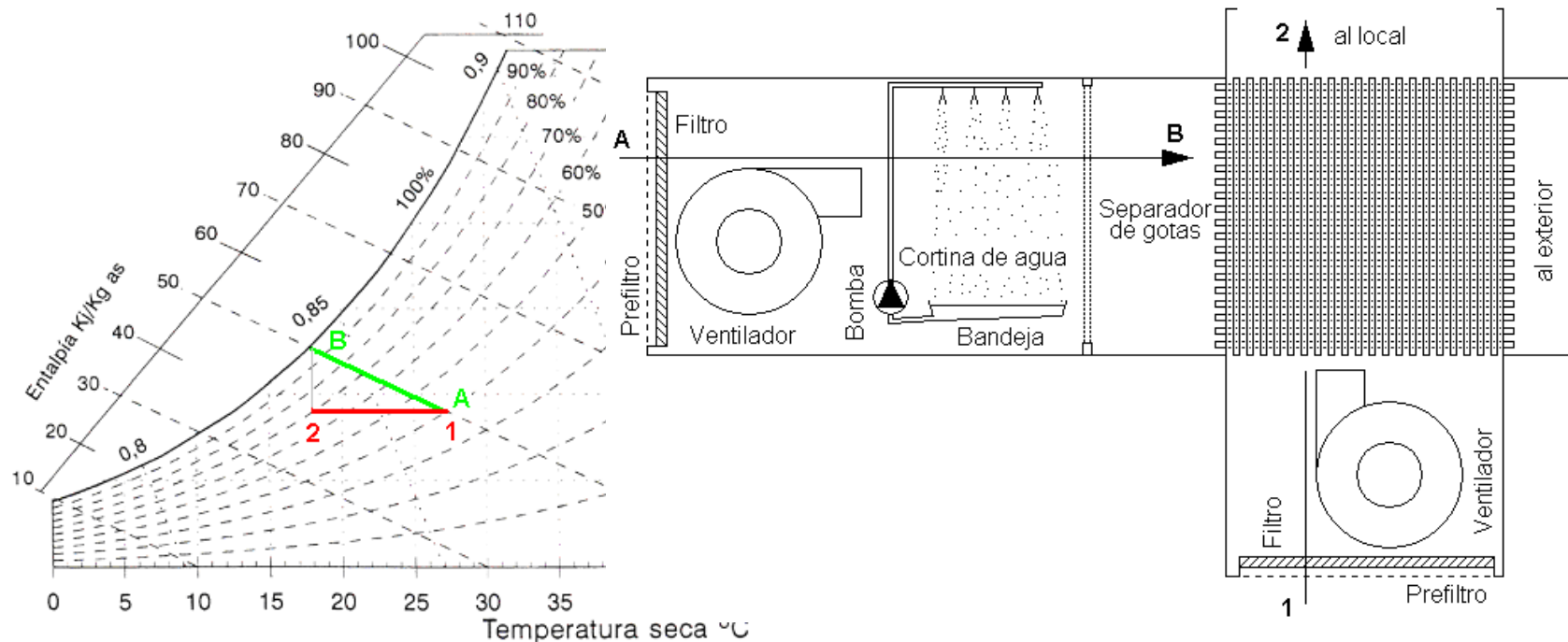
El agua se recircula y su temperatura se aproxima a la de bulbo húmedo del aire enfriado. Son económicos y eficaces ($\epsilon_s \approx 80\%$, un aumento de la velocidad aumenta el efecto refrigerador). Presenta riesgo de la legionela



5.- Refrigeración Evaporativa (III)

- **Indirectos:** intercambiador de calor, elementos de atomización y recirculación de agua, toma de aire exterior con sus filtros, ventilador y una carcasa

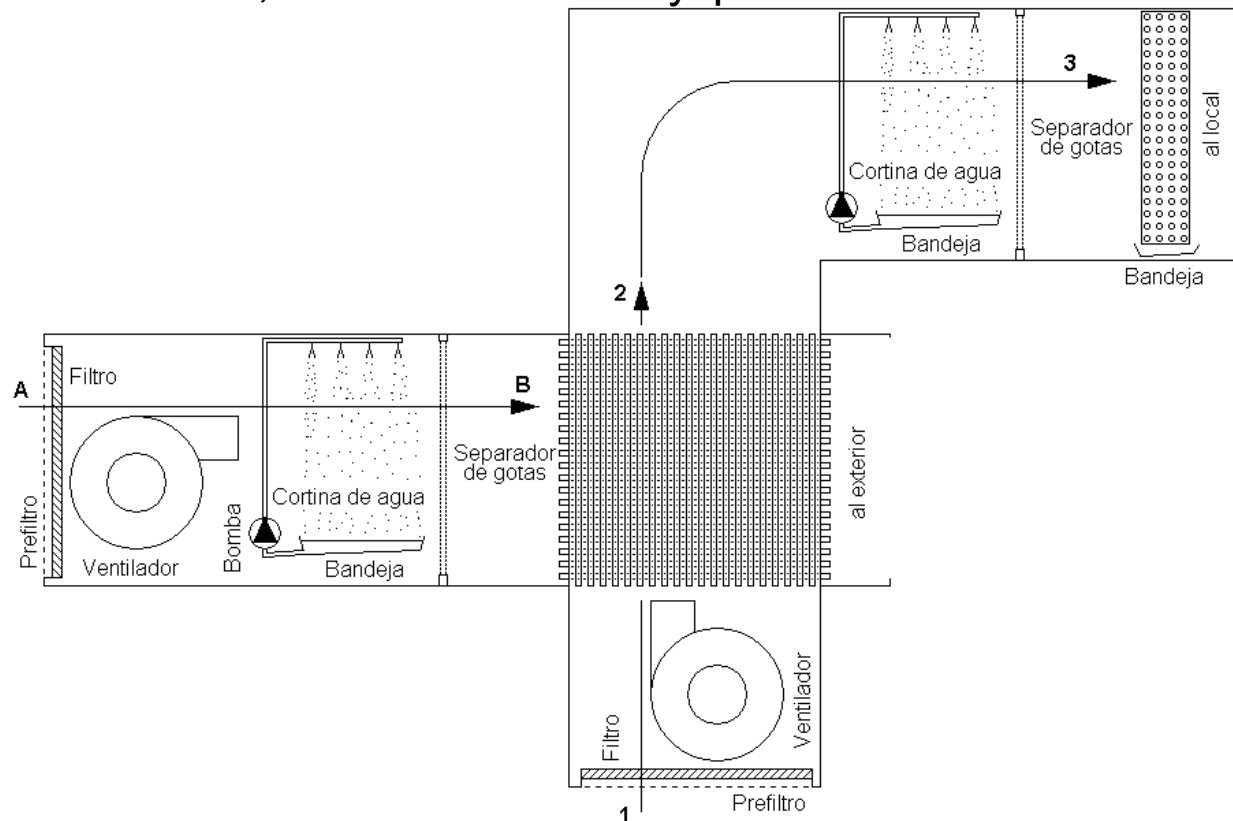
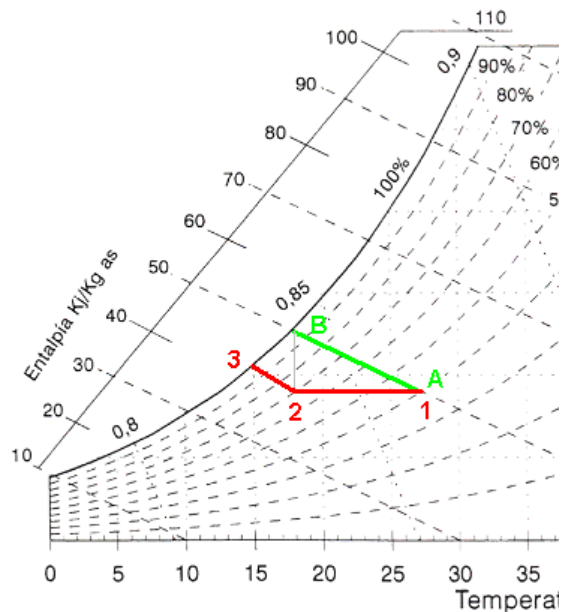
Puede utilizar como aire primario el de retorno o el exterior. No aumentan la humedad ambiente y además evita la legionela en el edificio



5.- Refrigeración Evaporativa (IV)

- **Mixtos:** conectan en serie un evaporador indirecto y otro directo; puede disponerse de una batería de expansión directa de apoyo a las dos etapas

La instalación es: enfriador indirecto, enfriador directo y por último la batería de expansión directa



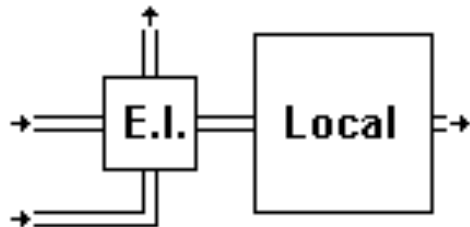
5.- Refrigeración Evaporativa (V)

Recuperan energía si utilizan como **aire secundario** el de retorno de los locales

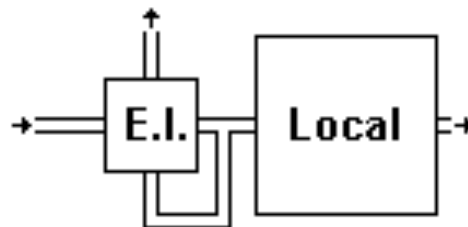
Los sistemas evaporativos pueden operar según en cuatro **ciclos**:

- **Evaporativo directo**, recupera calor si se emplea aire de recirculación
- **Evap. indirecto convencional**, aire exterior para primario y secundario
- **Evap. indirecto Regenerativo**; parte del aire primario es utilizado como secundario, lo que aumenta el efecto de refrigeración
- **Eva. indirecto con Recuperación**; toma aire de retorno de la instalación como aire secundario

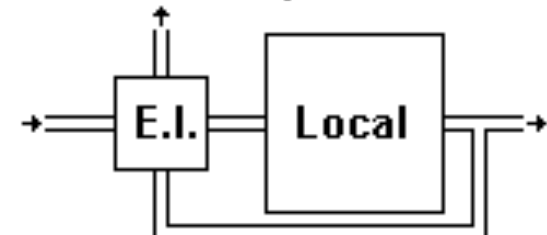
Evaporación Indirecta



Evaporación Indirecta con Regeneración



Evaporación Indirecta con Recuperación



5.- Refrigeración Evaporativa (VI)

La **instalación de los equipos** ha de ser en el exterior de los edificios, el aire debe ser filtrado para posteriormente ser enfriado e impulsado al local

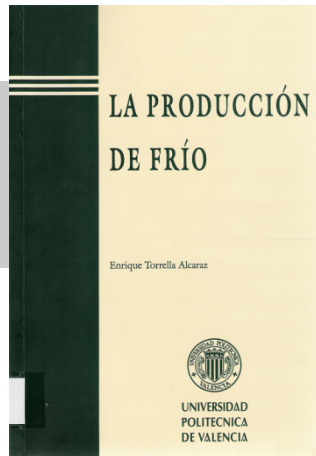
Para la mayor eficacia de la ventilación, en la pared opuesta al equipo deben practicarse amplias bocas de salida. Si se requieren conductos para la aspiración, su boca también debe ser amplia

Estos equipos trabajan con aire primario de renovación (20 y 40 renov/hora), lo que mejora la calidad del aire interior (no suelen trabajar nunca con aire de recirculación, excepto para como aire secundario)

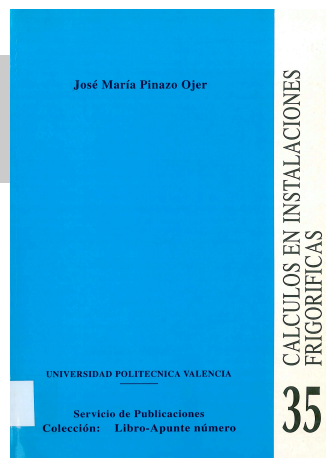
Para el **cálculo** hay que tener en cuenta la altura de instalación de los aparatos, ya que se climatiza únicamente desde estos hasta el suelo (envían aire frío y denso)

Estos sistemas, tienen un coste menor que los de compresión, presentan un consumo energético mucho menor y un mantenimiento más fácil

Bibliografía del Tema

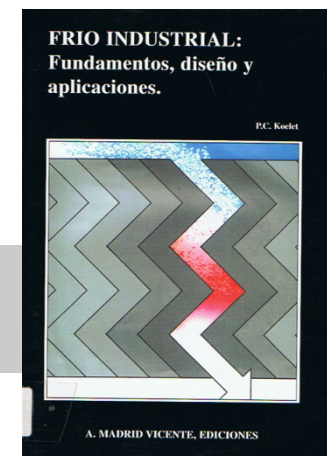


La Producción de Frío Ejercicios de Producción de Frío *E. Torrella*



Cáculos en Instalaciones Frigoríficas *J.M Pinazo*

Frío Industrial *P. C. Koelet*



T1.- Producción de Frío



Bibliografía del Tema

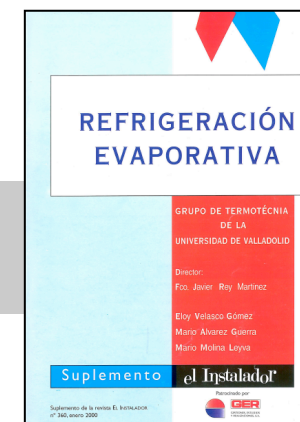


ASHRAE HANDBOOKS (CD`s)
Fundamentals; Cap 1
Refrigeration; Cap 41

Refrigeración Evaporativa
G. Termotecnia, U. Valladolid



Climatización con Gas Natural
Sistemas de Absorción y Compresión
Gas Natural



Revistas nacionales:

- El Instalador
- Montajes e Instalaciones

