

T.2.1.2.- Fluidos Refrigerantes y Salmueras

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>

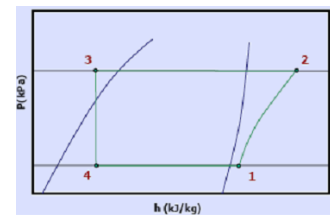
Tlfn: ETSN 942 20 13 44 / ETSIIT 942 20 13 82

- 1.- Introducción
- 2.- Refrigerantes
- 3.- Clasificación de los Refrigerantes
- 4.- Fluidos Puros y Mezclas
- 5.- Nomenclatura de los Refrigerantes
- 6.- Problemática de los Refrigerantes
- 7.- Comparativa de Refrigerantes
- 8.- R717 - Amoniaco
- 9.- R744 - CO₂
- 10.- R290 - Propano
- 11.- R600a - Isobutano
- 12.- Refrigerantes Alternativos
- 13.- Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras

1.- Introducción

Refrigerante es el fluido utilizado en la transmisión de calor que, en un sistema frigorífico, absorbe calor a bajas T y presión, cediéndolo a T y presión más elevadas. Este proceso tiene lugar con cambios de estado del fluido

Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras; transfiere el efecto frigorífico desde un circuito primario de refrigeración (desde el evaporador en donde le enfría un refrigerante), al producto a enfriar



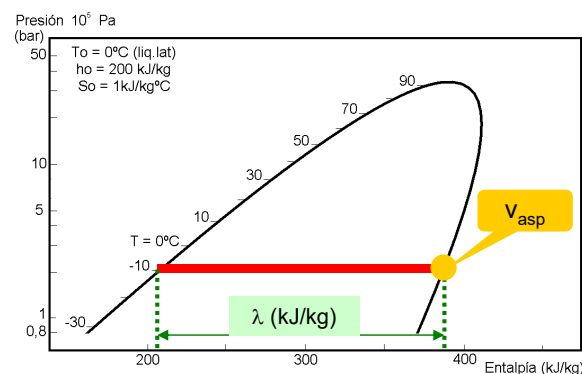
3

2.- Refrigerantes (I)

Las **Características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Alto calor latente de vaporización: λ (kJ/kg)

Permite reducir el caudal másico circulante de refrigerante (kg/s)



Bajo volumen específico del vapor en la aspiración: v_{asp} (m³/kg)

Permite reducir el tamaño del equipo (compresor y tuberías)

4

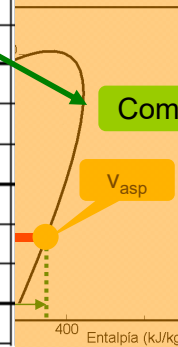
2.- Refrigerantes (I)

Las **Características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Alto calor específico
Permite reducir el tamaño del equipo

REFRIG. N°	VOLUMEN ESPECIFICO (l/kg)	
	LIQUIDO v_f'	VAPOR v_g
12	0.6925	91.1
22	0.7496	77.6
30	0.7491	3115.1
123	0.64	856.3
134a	0.7376	120
170	2.3098	33
502	0.7254	50
507	0.9704	51
717	1.4982	508.8
718	1	152,600

Volumen específico a -15°C de varios refrigerantes



Bajo volumen específico del vapor en la aspiración: v_{asp} (m^3/kg)
Permite reducir el tamaño del equipo (compresor y tuberías)

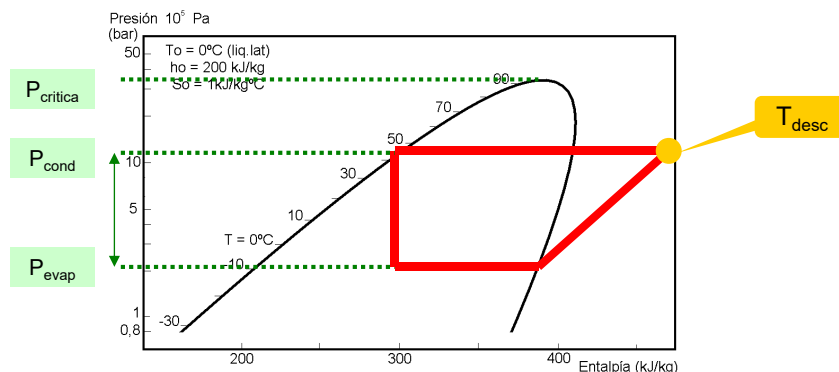
2.- Refrigerantes (II)

Las **Características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Presiones de trabajo moderadas

$P_{cond} \ll P_{critica}$ (permite que el ciclo tenga recorrido)

$P_{evap} > P_{atmos}$ (evita entrada de humedad)



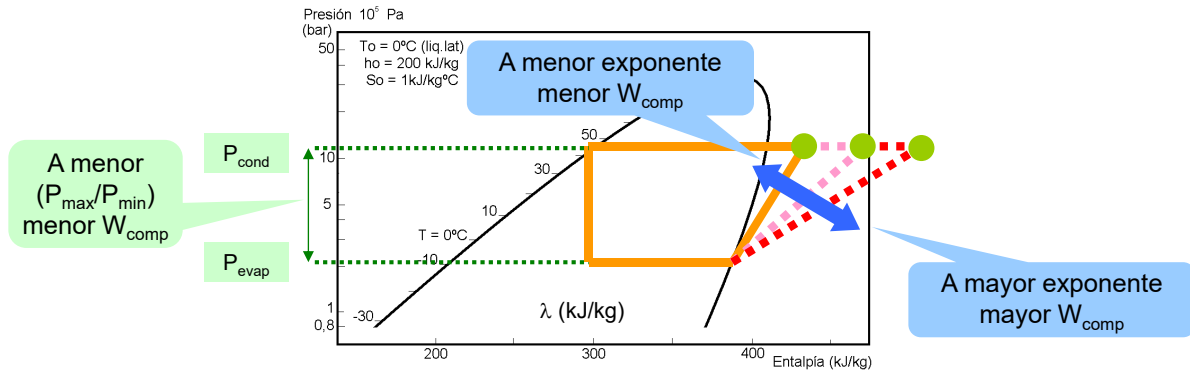
Temperatura de descarga moderada

Evitar la descomposición del lubricante y el asociado daño para el compresor

2.- Refrigerantes (III)

Las **Características** y propiedades termodinámicas que han de tener son:

Tasa de compresión y exponente isoentrópico reducidos:



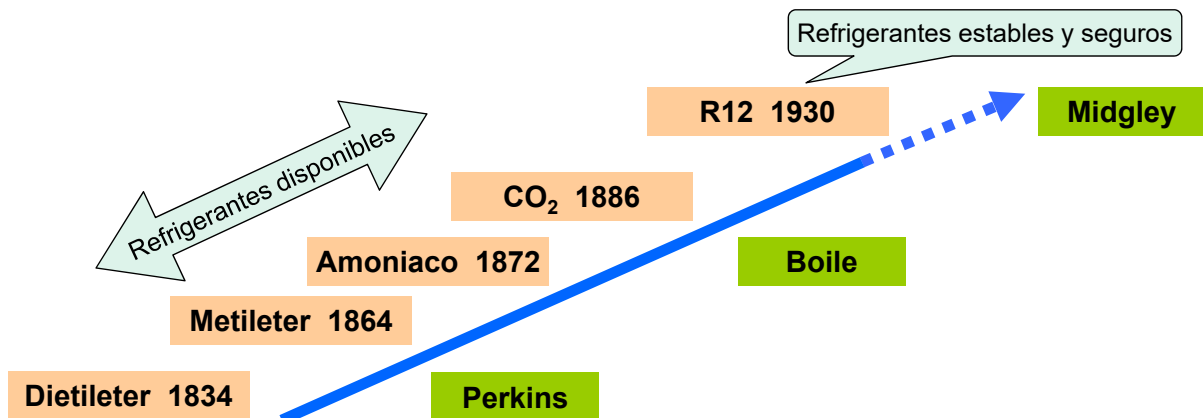
Punto de congelación bajo
Sin efectos secundarios para personas, materiales y género
Disponible y de bajo costo

2.- Refrigerantes (IV)

Midgley y su equipo buscaban un refrigerante apropiado para aplicaciones domésticas (lo menos tóxico, inflamable posible)

Así llegaron los FREONES, siendo el primero el dicloro-difluoruro-metano (CF_2Cl_2)

Los FREONES desplazaron a la mayoría de los refrigerantes anteriores



3.- Clasificación de los Refrigerantes (I)

Por las **Presiones de Trabajo**:

- Baja presión, a P atm su T ebullición es alta, superior a +20°C
- Media presión, T ebullición entre +20°C y -30°C
- Alta presión, T ebullición es baja, entre -30°C y -80°C
- Muy alta presión, a T ebullición es muy baja, inferior a -80°C

Por la **Toxicidad** (concentración y tiempo de exposición):

- TVL (TWA): valor límite umbral de concentración para la jornada laboral, 8 h/día, sin sufrir efectos adversos
- TVL (STEL): valor límite umbral de concentración para 15 min, que no se debe exceder en la jornada laboral (concentración y tiempo de exposición);
- TVL (C): valor límite umbral máximo de concentración instantánea

Por la **Inflamabilidad y la Explosividad** (% en vol o ppm)

- LI, límite de concentración el aire a partir del cual la mezcla puede ser explosiva
- LS, límite de concentración el aire a partir del cual la mezcla deja de ser explosiva por falta de oxígeno

9

3.- Clasificación de los Refrigerantes (III)

RSIF

Atendiendo a criterios de **SEGURIDAD (toxicidad e inflamabilidad)**, se clasifican en la Instrucción técnica complementaria IF-02:

Por su Inflamabilidad. Se basa en el límite inferior de inflamabilidad a presión atmosférica y temperatura ambiente:

- **GRUPO 1:** no propaga la llama en aire a 60°C y 101 kPa
- **GRUPO 2:** su límite inferior de inflamabilidad es mayor de 0,1 kg/m³ a 23°C y 101 kPa; su calor de combustión debe ser inferior a 19.000 kJ/kg
 - **Subclase 2L:** siendo del G2, su velocidad de propagación de la llama es inferior a 10 cm/s a 23°C y 101 kPa
- **GRUPO 3:** su límite inferior de inflamabilidad es menor de 0,1 kg/m³ a 23°C y 101 kPa; o su calor de combustión superior a 19.000 kJ/kg

Por su Toxicidad. Se basa en no tener afectos adversos para trabajadores expuestos durante 8 h/día y 40 h/sem en función de la concentración media

- **GRUPO A:** se soportan concentraciones superiores a 400 ml/m³ [400 ppm. (V/V)]
- **GRUPO B:** se soportan concentraciones inferiores a 400 ml/m³ [400 ppm. (V/V)]

10

3.- Clasificación de los Refrigerantes (III)

RSIF (marzo 2011)

Atendiendo a criterios de **SEGURIDAD** (*toxicidad e inflamabilidad*), se clasifican en la Instrucción técnica complementaria IF-02:

- a) **Grupo de alta seguridad (L1)**: no inflamables y de acción tóxica ligera o nula
- b) **Grupo de media seguridad (L2)**: de acción tóxica, corrosiva, inflamables o explosiva en mezclas con aire en un % en volumen igual o superior a 3,5%
- c) **Grupo de baja seguridad (L3)**: inflamables o explosivos mezclados con aire en un % en volumen inferior al 3,5%

Nueva Designación	No Inflam. (1)	Baja Inflam. (2)	Alta Inflam. (3)
Baja Toxicidad (A)	A1 L1	A2 L2	A3 L3
Alta Toxicidad (B)	B1 L2	B2 L2	B3 L3

3.- Clasificación de los Refrigerantes (III)

RSIF (septiembre 2019)



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 256

Jueves 24 de octubre de 2019

Sec. I. Pág. 116775

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

15228 Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.

3.- Clasificación de los Refrigerantes (III)

RSIF (septiembre 2019)



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO



Núm. 256

Jueves 24 de octubre de 2019

Sec. I. Pág. 116775

I. DISPOSICIONES GENERALES

		Baja Toxicidad	Alta Toxicidad
RIESGO DE INFLAM.	-		
	Sin propagación de llama	A1	B1
	Baja inflamabilidad	A2L	B2L
	Media inflamabilidad	A2	B2
	Alta inflamabilidad	A3	B3
		-	+
		RIESGO DE TOXICIDAD	

13

3.- Clasificación de los Refrigerantes (III)

RSIF (septiembre 2019)



BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO

Núm. 256

Jueves

Para el propósito de este Reglamento se agrupan:

- Grupo L1 de alta seguridad: **A1**
- Grupo L2 de media seguridad: **A2L, A2, B1, B2L y B2**
- Grupo L3 de baja seguridad: **A3 y B3**

I. DISPOSICIONES GENERALES

		Baja Toxicidad	Alta Toxicidad
RIESGO DE INFLAM.	-		
	Sin propagación de llama	A1 L1	B1 L2
	Baja inflamabilidad	A2L L2	B2L L2
	Media inflamabilidad	A2 L2	B2 L2
	Alta inflamabilidad	A3 L3	B3 L3
		-	+
		RIESGO DE TOXICIDAD	

14

3.- Clasificación de los Refrigerantes (IV)

Por su **Composición Química (I)**: Inorgánicos y orgánicos (hidrocarburos)

CFC's: dos átomos Cl, muy estables en la atmósfera (+100 años), contribuyen a la destrucción del ozono. **R11, R12, R113, R114, R115, R-500 y R-502**

HCFC's: un solo átomo de Cl, vida 2 a 28 años, afectan la capa de ozono 2 al 10% de los CFC, han sido una solución intermedia; influyen en mayor medida que los CFC en el calentamiento del planeta. **R-22, R-123, R-124 y R-141b**

Los **HFC's**: H, F y C, no destruyen el ozono, pero algunos de ellos tienen un efecto importante sobre el efecto invernadero. **R-152a, R-32, R-125 y R-143a**

El **R134a** niveles de toxicidad muy bajos, propiedades termodinámicas parecidas al R-12 en alta y media T. Como inconvenientes: disminuye el COP a medida que desciende T evaporación y aumenta la de condensación, no es miscible con aceites convencionales

Los **HFO**: H, F, y O, **Hydrofluoroolefins** HFO-1234yf, HFO-1234ze, y HFO-1233zd

15

3.- Clasificación de los Refrigerantes (V)

Por su **Composición Química (II)**: Inorgánicos y orgánicos (hidrocarburos)

Mezclas: varían sus propiedades en función de la composición

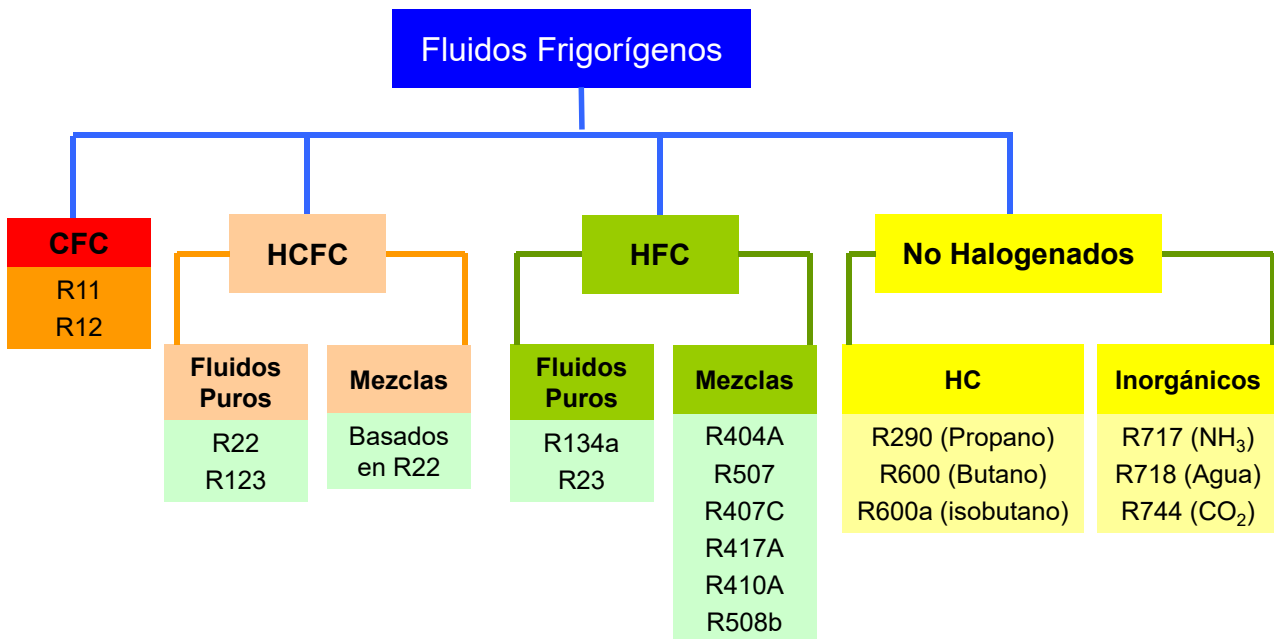
- **Azeotrópica**: evaporan y condensan a temperatura constante, **R5XX**
- **Zeotrópica**: presentan deslizamiento, **R4XX**

Fluidos de trabajo naturales:

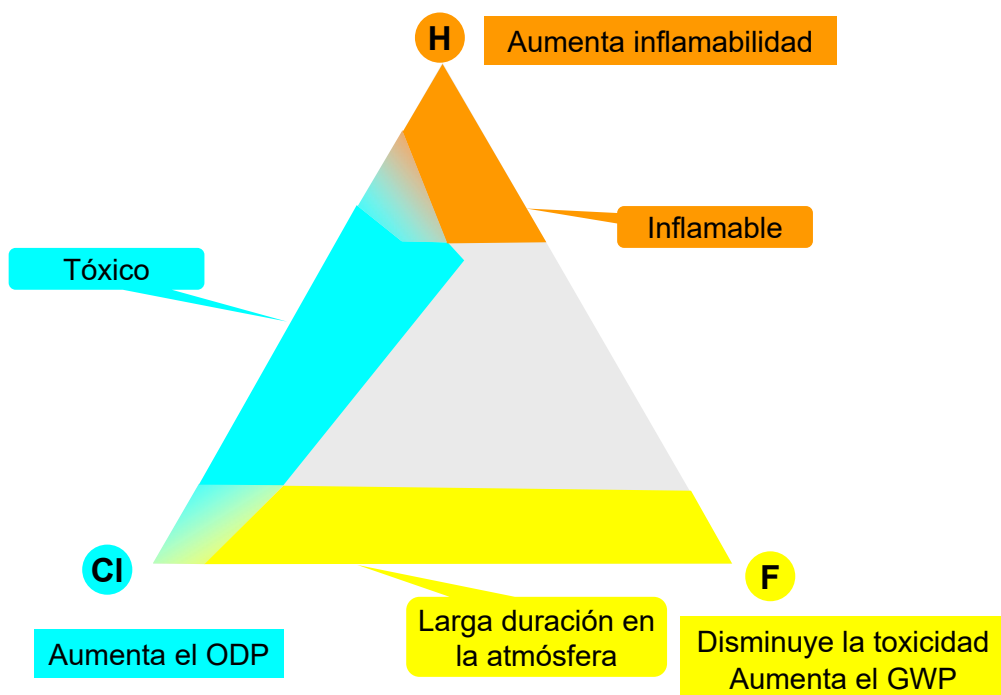
- **El amoníaco R717 (NH₃)**, excelente refrigerante, sus inconvenientes son su elevada toxicidad y no ser compatible con el cobre, componentes de acero
- **Los hidrocarburos (HC's)**, propano (R290), butano (R600) y sus mezclas; su problema es su alta inflamabilidad
- **El agua (R718)** es un excelente fluido de trabajo para alta T
- **CO₂ (R744)**

16

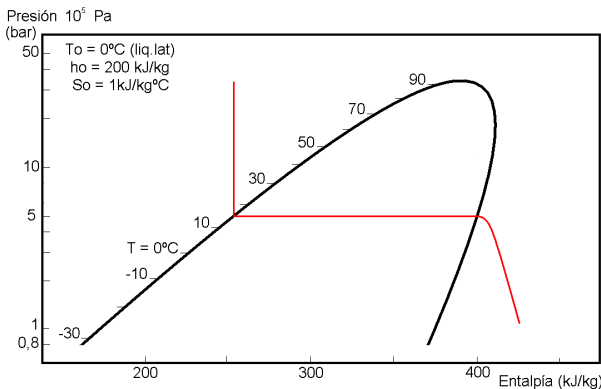
3.- Clasificación de los Refrigerantes (VI)



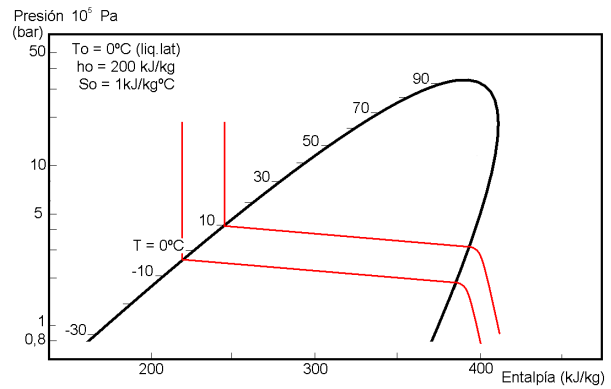
3.- Clasificación de los Refrigerantes (VII)



4.- Fluidos Puros y Mezclas (I)



El refrigerante está formado por un único componente. A una P determinada la T de cambio de estado permanece cte



El fluido está formado por combinación de varios componentes (diferente volatilidad)

- Zeotrópica
- Azeotrópicas

Clasificación de seguridad de las mezclas:

Como pueden separarse, se hace atendiendo a las peores condiciones

4.- Fluidos Puros y Mezclas (II)

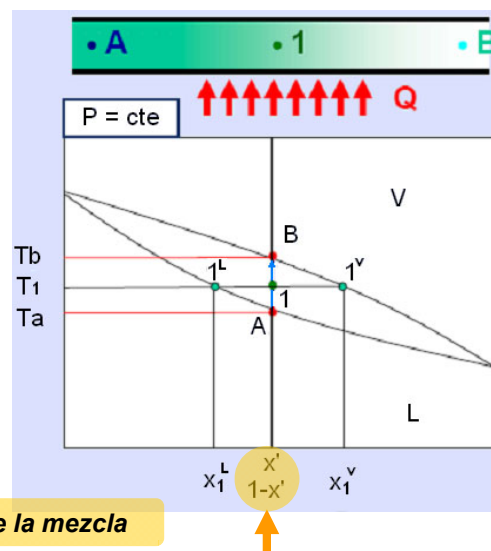
Mezclas Zeotrópicas (R4XX)

A una presión dada presentan **deslizamiento** de T durante el cambio de fase
Se debe a cambios de composición por diferentes volatilidades de los componentes

Evaporación:

Al ir absorbiendo calor a P cte se llega a una mezcla bifásica (pto 1), en la que el vapor será más rico en el componente más volátil

La mezcla líquida será más rica en el componente menos volátil, elevando su punto de ebullición

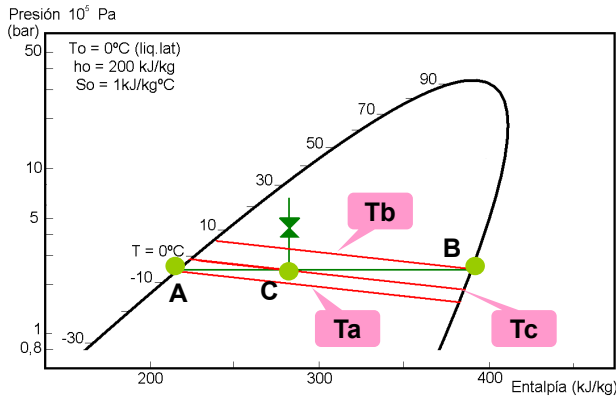


Composición de la mezcla

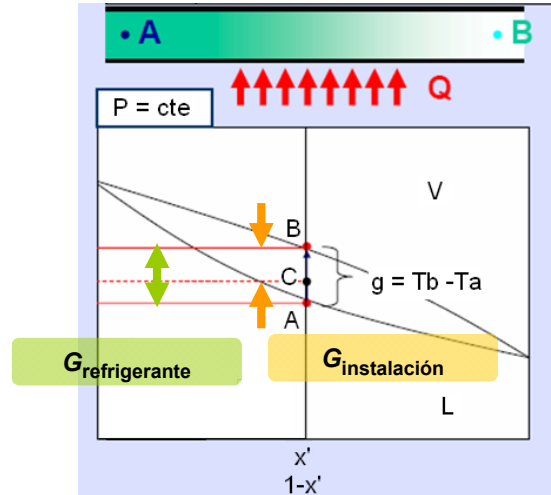
4.- Fluidos Puros y Mezclas (III)

Mezclas Zeotrópicas: Glide (deslizamiento)

Deslizamiento de T^a : $g = T_b - T_a$

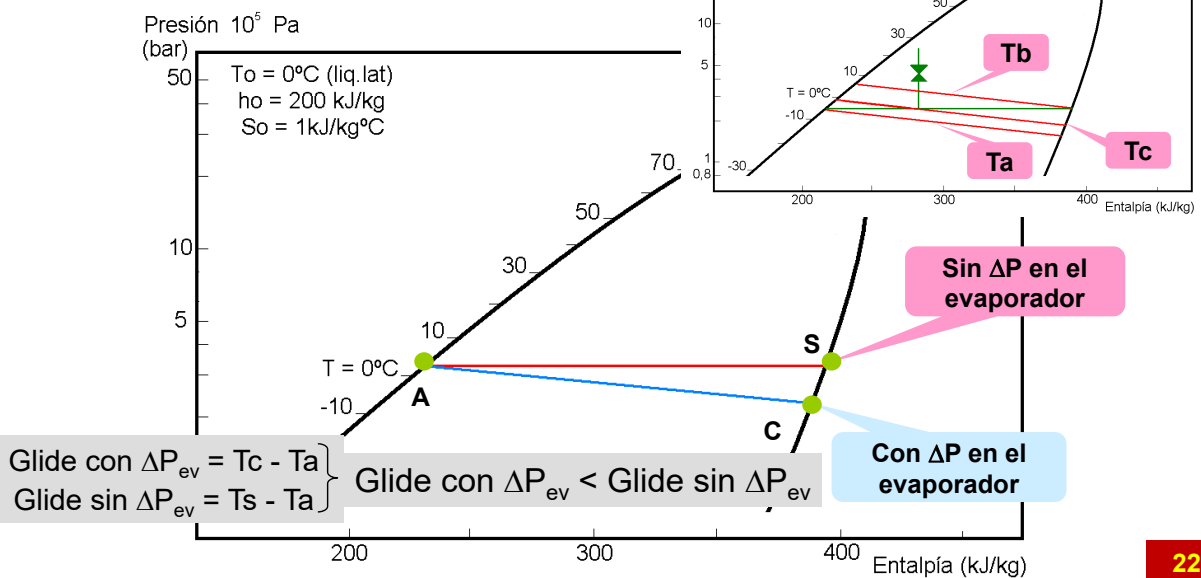


$g_{\text{instalación}} = T_b - T_c$



4.- Fluidos Puros y Mezclas (IV)

Mezclas Zeotrópicas: Glide (deslizamiento) en evaporación



4.- Fluidos Puros y Mezclas (V)

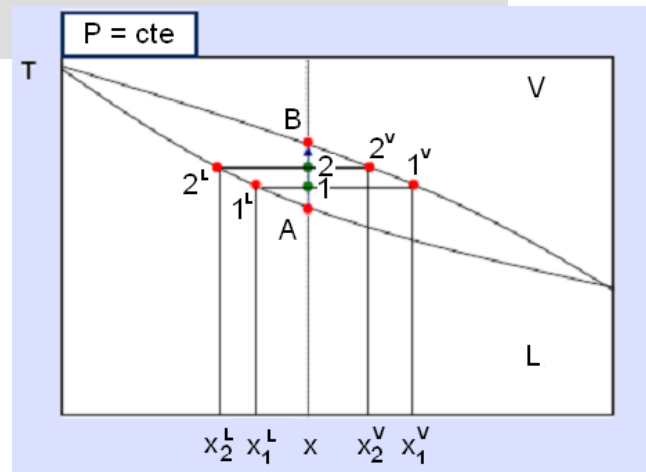
Mezclas Zeotrópicas: Glide

Fraccionamiento: Cambio de composición en los cambios de estado

- Fugas
- Cargas de refrigerante
- Evaporadores inundados

Deslizamiento de T^a : $g = T_b - T_a$

No recomendable el uso de refrigerantes con deslizamiento en evaporadores inundados



4.- Fluidos Puros y Mezclas (VI)

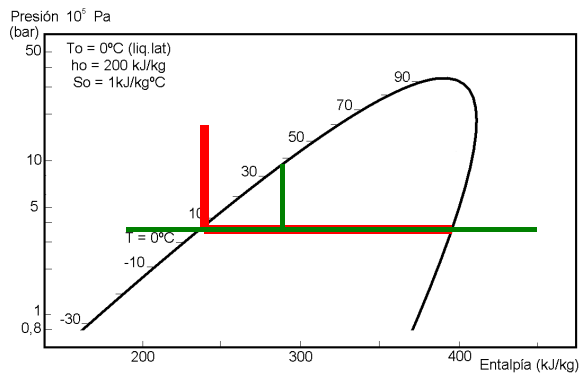
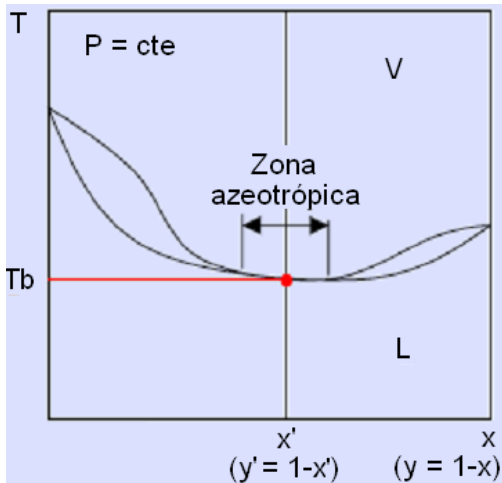
Cambio en la composición del R-404A durante la ebullición a 20°C

% en peso hervido	Composición del Líquido (% en peso)		
	R22	R152a	R124
0	53,0	13,0	34,0
20	46,6	13,2	40,2
40	37,3	13,6	49,1
60	27,5	13,7	58,8
80	13,8	12,5	73,7
98	0,0	2,5	97,5

4.- Fluidos Puros y Mezclas (VII)

Mezclas Azeotrópicas:

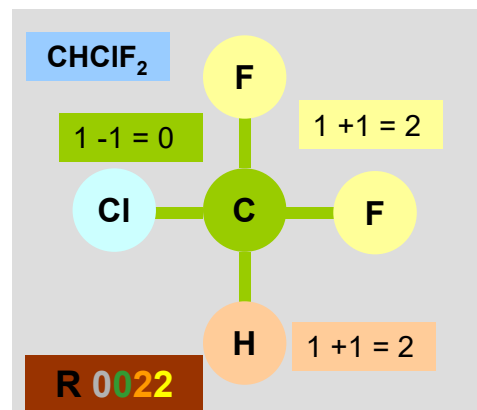
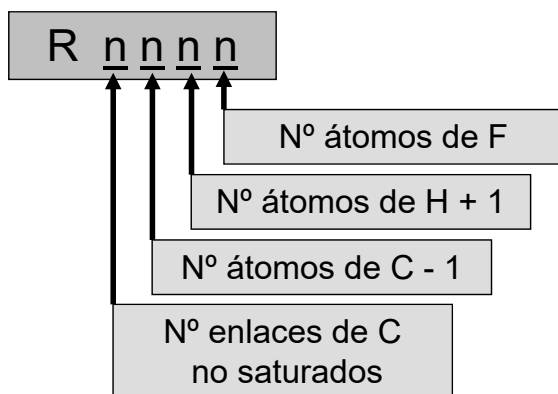
Formadas por varios componentes, en los que sus cambios de estado a una P se producen a T cte



5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (I)

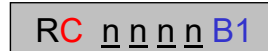
El nombre se establece a partir de la fórmula química como:

R, seguido de una expresión numérica, con posibilidad de añadir una letra final



Si la molécula tiene átomos de Br se añade una B a la derecha seguida del N° átomos de Br

En los derivados cíclicos se añade una C a la izquierda



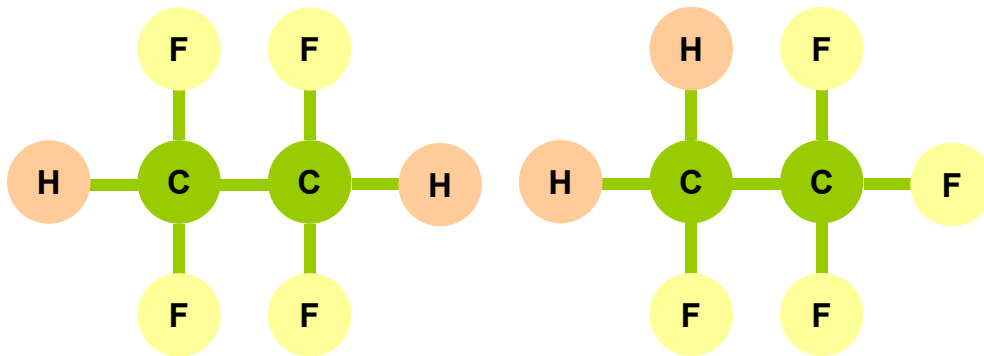
5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (II)

Isomería:

Una molécula de más C tiene varios tipos de asociación, isomérica ($NC \geq 2$)

NC = 2: una letra minúscula al final de la designación define al isómero

Se toman los pesos atómicos ligados a cada C. La configuración que más uniformemente los distribuya no posee letra alguna, las siguientes las letras "a", "b", ...



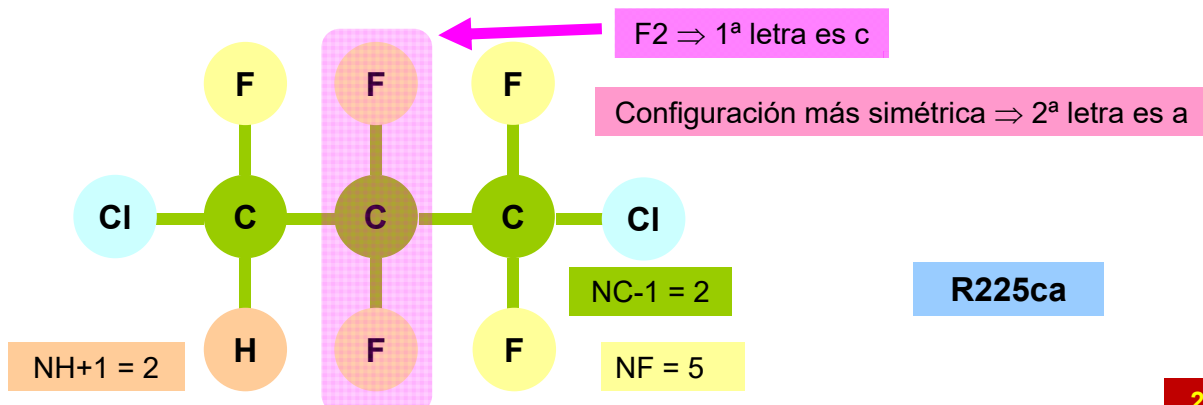
27

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (III)

Isomería:

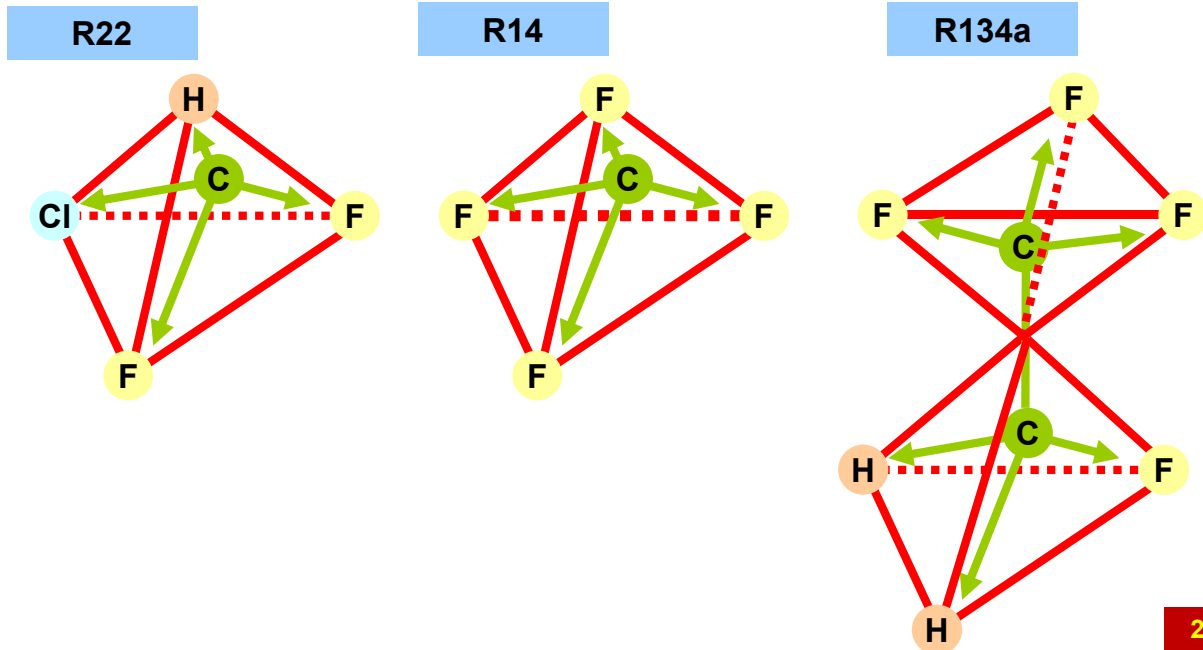
NC = 3: La 1ª letra designa los átomos del enlace intermedio
(a Cl₂, b Cl-F, c F₂, d Cl-H, e H-F, f H₂)

La 2ª letra designa la creciente simetría en pesos atómicos
(a configuración más simétrica, b, c. ... menos simétricas)



28

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (IV)



29

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (V)

Mezclas:

Zeotrópicas: R400 (R410A, R401B, R402A, etc)

Azeotrópicas: R500 (R501, R502, ...R508A, etc)

Al final de la designación se añade una letra mayúscula (A, B, ...) en caso de estar formada por los mismos componentes pero en diferente proporción

Ej: R407 (R23 / 125 / 134a)

R407A (R23 / 125 / 134a) (20 / 40 / 40%)

R407B (R23 / 125 / 134a) (10 / 70 / 20%)

R407C (R23 / 125 / 134a) (23 / 35 / 52%)

30

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (VI)

Inorgánicos:

R700 + Peso Molecular del compuesto

Amoniaco ($\text{NH}_3 \Rightarrow 3 \times 1 + 14 = 17$) R 717

Agua ($\text{H}_2\text{O} \Rightarrow 2 \times 1 + 16 = 18$) R 718

Dióxido de Carbono ($\text{CO}_2 \Rightarrow 2 \times 16 + 12 = 44$) R 744

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (VII)

Hidrofluoroolefinas (HFO):

Son refrigerantes “de IV generación”, que se desarrollaron como sustitutos de los HFCs, debido a su gran GWP

Son derivados de un hidrocarburo insaturado, el propileno (propeno), y son designadas como **R1234**

Tienen un enlace doble de carbono y 2 átomos de hidrógeno, 3 átomos de carbono y 4 átomos de flúor, presentando isómeros. En refrigeración los más importantes son R1234yf y R1234ze, que tienen muy bajo GWP (4 y 7, respectivamente, pero presentan una ligera inflamabilidad (2AL)

- El R1234yf se utiliza básicamente en los sistemas de aire acondicionado de vehículos, y en mezclas (Ej: R513A es una mezcla azeotrópica de R1234yf (56%) y R134a (44%), con GWP=573)

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (VII)

Hidrofluoroolefinas (HFO):

- El R1234ze está presente en dos formas: R1234ze(E) y R1234ze(Z), de las que solo se utiliza el R1234ze(Z) como sustituto del R134a
- Se utiliza en sistemas de refrigeración comercial e industrial de media y alta temperatura, en aplicaciones como enfriadoras de agua, deshumidificadores de aire, congeladores, distribuidores y máquinas expendedoras, así como en bombas de calor
- También se utiliza en mezclas (Ej: R 450A mezcla de R1234ze(Z) (56%) y R134a (44%), con GWP=547)
- El R1234yf se utiliza básicamente en los sistemas de aire acondicionado de vehículos, y en mezclas (Ej: R513A es una mezcla azeotrópica de R1234yf (56%) y R134a (44%), con GWP=573)

33

5.- Nomenclatura de los Fluidos Refrigerantes (VIII)

No.	NOMBRE QUIMICO	FORMULA QUIMICA
Serie Metano		
10	Tetraclorometano (tetracloruro de carbono)	CCl ₄
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂
13	Clorotrifluorometano	CClF ₃
20	Triclorometano (cloroforno)	CHCl ₃
21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F
22	Clorodifluorometano	CHClF ₂
23	Trifluorometano	CHF ₃
30	Diclorometano (cloruro de metileno)	CH ₂ Cl ₂
40	Clorometano (cloruro de metilo)	CH ₃ Cl
50	Metano	CH ₄
Serie Etano		
110	Hexacloroetano	CCl ₃ CCl ₃
113	1,1,2-triclorotrifluoroetano	CCl ₂ FCClF ₂
115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃
123	2,2-Dicloro - 1,1,1-Trifluoroetano	CHCl ₂ CF ₃
134a	1,1,1,2-Tetrafluoroetano	CH ₂ FCF ₃
141b	1,1-Dicloro-1-fluoroetano	CH ₃ CCl ₂ F
150a	1,1-Dicloroetano	CH ₃ CHCl ₂
152a	1,1-Difluoroetano	CH ₃ CHF ₂
160	Cloroetano (cloruro de etilo)	CH ₃ CH ₂ Cl
170	Etano	CH ₃ CH ₃
Hidrocarburos		
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃
600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃
600a	2-Metilpropano (isobutano)	CH(CH ₃) ₃

Compuestos Inorgánicos		
702	Hidrógeno	H ₂
704	Helio	He
717	Amoníaco	NH ₃
718	Agua	H ₂ O
720	Neón	Ne
728	Nitrógeno	N ₂
732	Oxígeno	O ₂
744	Bióxido de Carbono	CO ₂
764	Bióxido de Azufre	SO ₂
Mezclas Zeotrópicas		
400	R-12/114 (60/40)	
401A	R-22/152a/124 (53/13/34)	
401B	R-22/152a/124 (61/11/28)	
402A	R-22/125/290 (38/60/2)	
402B	R-22/125/290 (60/38/2)	
404A	R-125/143a/134a (44/52/4)	
407A	R-32/125/134a (20/40/40)	
407B	R-32/125/134a (10/70/20)	
407C	R-32/125/134a (23/25/52)	
408A	R-125/143a/22 (7/46/47)	
409A	R-22/124/142b (60/25/15)	
410A	R-32/125 (50/50)	
Mezclas Azeotrópicas		
500	R-12/152a (73.8/26.2)	
502	R22/115 (48.8/51.2)	
503	R-223/13 (40.1/59.9)	
507	R-125/143a (50/50)	

34

MINISTERIO DE INDUSTRIA, TURISMO Y COMERCIO

- 4292** *Real Decreto 138/2011, de 4 de febrero, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.*

- 10712** *Resolución de 30 de septiembre de 2013, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se amplía la relación de refrigerantes autorizados por el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas.*

- 10041** *Resolución de 18 de septiembre de 2014, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se amplía y modifica la relación de refrigerantes autorizados por el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas.*

- 8421** *Resolución de 2 de septiembre de 2016, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se amplía la relación de refrigerantes autorizados por el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas.*

I. DISPOSICIONES GENERALES

MINISTERIO DE INDUSTRIA, COMERCIO Y TURISMO

- 15228** *Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de seguridad para instalaciones frigoríficas y sus instrucciones técnicas complementarias.*

Clases de seguridad y su determinación en función de la inflamabilidad y toxicidad

		Baja toxicidad	Alta toxicidad
		Incremento riesgo - inflamabilidad ↓	Sin propagación de llama
Baja inflamabilidad	A2L		B2L
Media inflamabilidad	A2		B2
Alta inflamabilidad	A3		B3
		→ → Incremento riesgo - toxicidad	

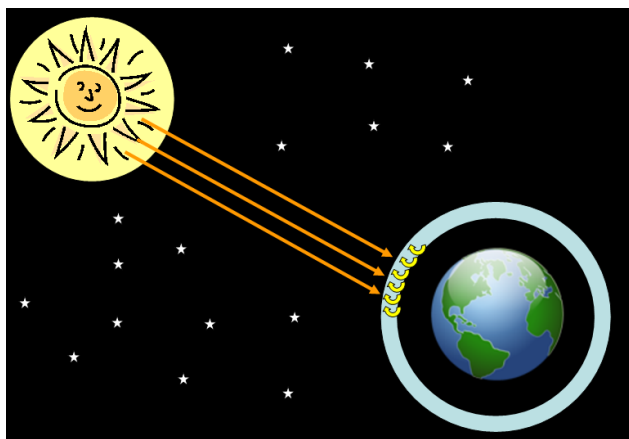
Para el propósito del presente Reglamento se agrupan de forma simplificada como sigue:

- Grupo L1 de alta seguridad = A1.
- Grupo L2 de media seguridad = A2L, A2, B1, B2L, B2.
- Grupo L3 de baja seguridad = A3, B3.

6.- Problemas de los Refrigerantes (I)

La **capa de ozono** es un filtro para los rayos ultravioleta que llegan a la Tierra. Esta radiación produce efectos como afecciones en la piel, vista, etc.

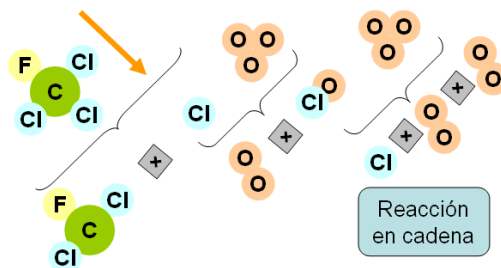
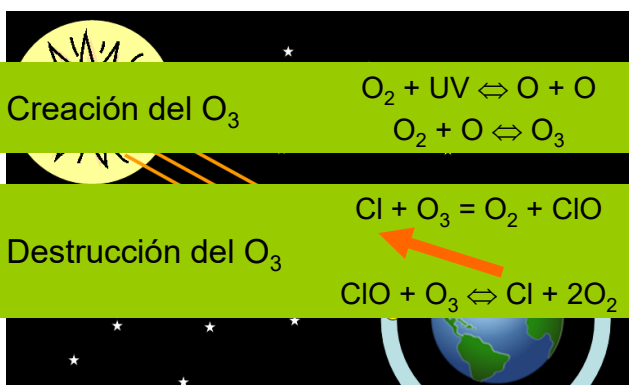
En 1974 Rowland y Molina lanzaron la hipótesis que los CFC agotan la capa de O₃



6.- Problemas de los Refrigerantes (I)

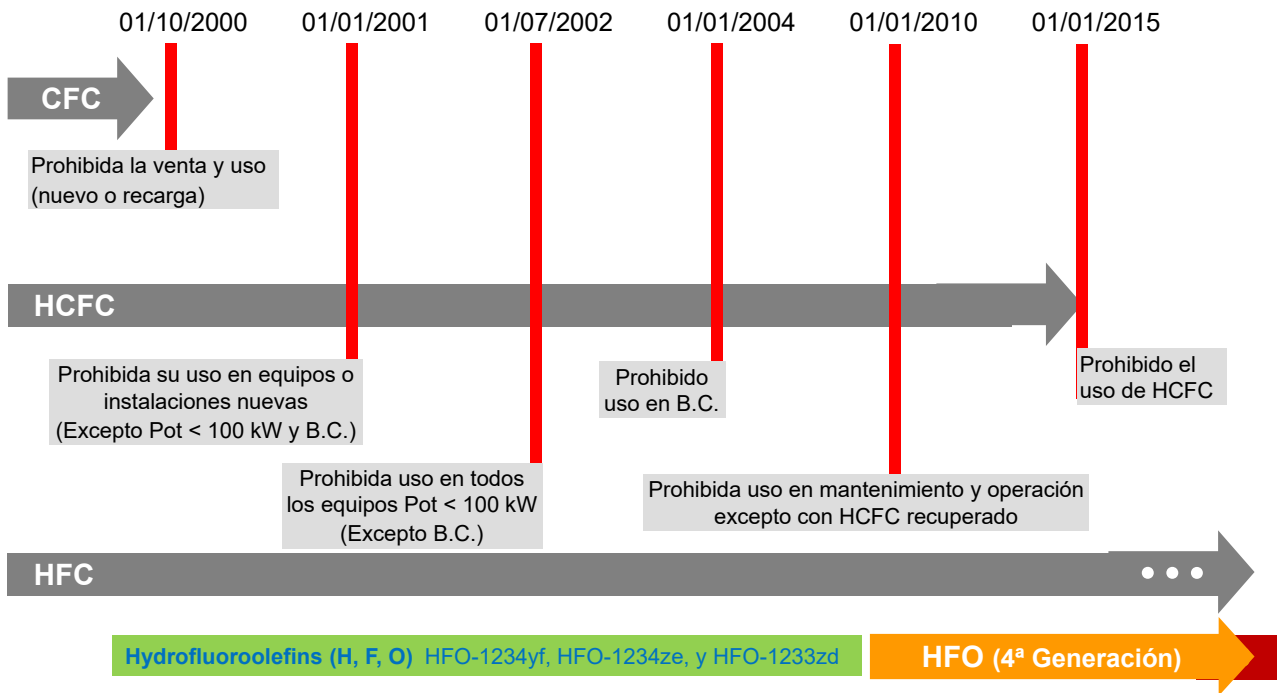
La **capa de ozono** es un filtro para los rayos ultravioleta que llegan a la Tierra. Esta radiación produce efectos como afecciones en la piel, vista, etc.

En 1974 Rowland y Molina lanzaron la hipótesis que los CFC agotan la capa de O₃

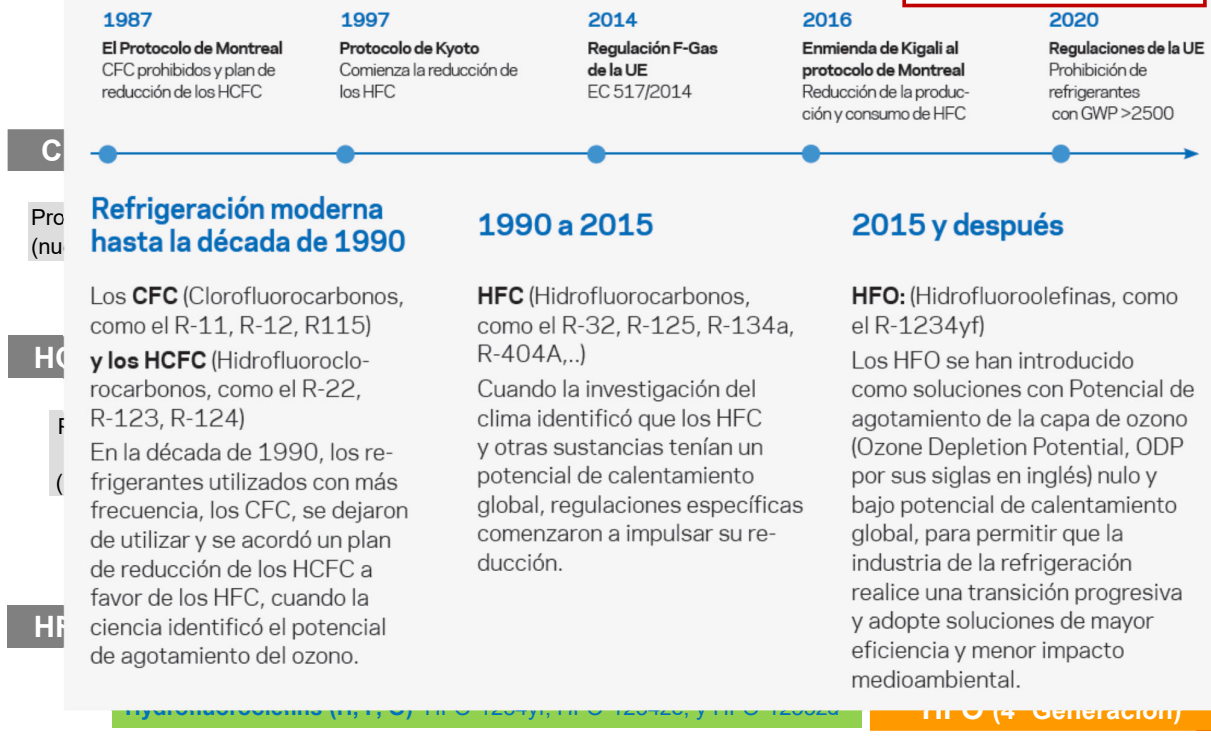


La evidencia llevó a la firma del Protocolo de Montreal (1987) para la sustitución de los CFC, temporalmente por HCF's y finalmente por HFC's

6.- Problemas de los Refrigerantes (II)



El viaje de los refrigerantes



6.- Problemas de los Refrigerantes (III)

Control de Uso

A partir del 1 de enero de 2020 quedará prohibido el uso de GFEI (Gases Fluorados de Efecto Invernadero) con un PCA (Potencial Calentamiento Atmosférico) ≥ 2500 , para revisión o mantenimiento de aparatos de refrigeración con un tamaño de carga 40 toneladas equivalentes de CO₂ o más

Hasta el 1 de enero de 2030, para el uso especificado en el apartado anterior, y también con un PCA ≥ 2.500 , se permitirá el uso de:

- Los GFEI regenerados, siempre que hayan sido adecuadamente etiquetados.
- Los GFEI reciclados, siempre que se hayan recuperado de los mismos aparatos objeto de revisión y sean utilizados por o para la empresa que haya realizado la recuperación

Restricciones de la comercialización de Productos y Aparatos que contengan HFC:

- **A partir de 1 de enero de 2020:** Aparatos fijos con un PCA ≥ 2.500 , excepto los aparatos diseñados para aplicaciones a temperaturas inferiores a -50°C
- **A partir del 1 de enero de 2020:** Sistemas de aire acondicionado móviles con un PCA ≥ 150
- **A partir de 1 de enero de 2022:** Sistemas centralizados ≥ 40 kW, con un PCA ≥ 150 , excepto en los circuitos primarios de los sistemas en cascada, en que pueden emplearse con un PCA < 1500
- **A partir de 1 de enero de 2025:** Sistemas partidos de aire acondicionado con una sola unidad interior que contengan menos de 3 kg con un PCA ≥ 750

6.- Problemas de los Refrigerantes (III)

Control de Uso

A partir del 1 de enero de 2020 quedará prohibido el uso de GFEI (Gases Fluorados de Efecto Invernadero) con un PCA (Potencial Calentamiento Atmosférico) ≥ 2500 , para revisión o mantenimiento de aparatos de refrigeración con un tamaño de carga 40 toneladas equivalentes de CO₂ o más

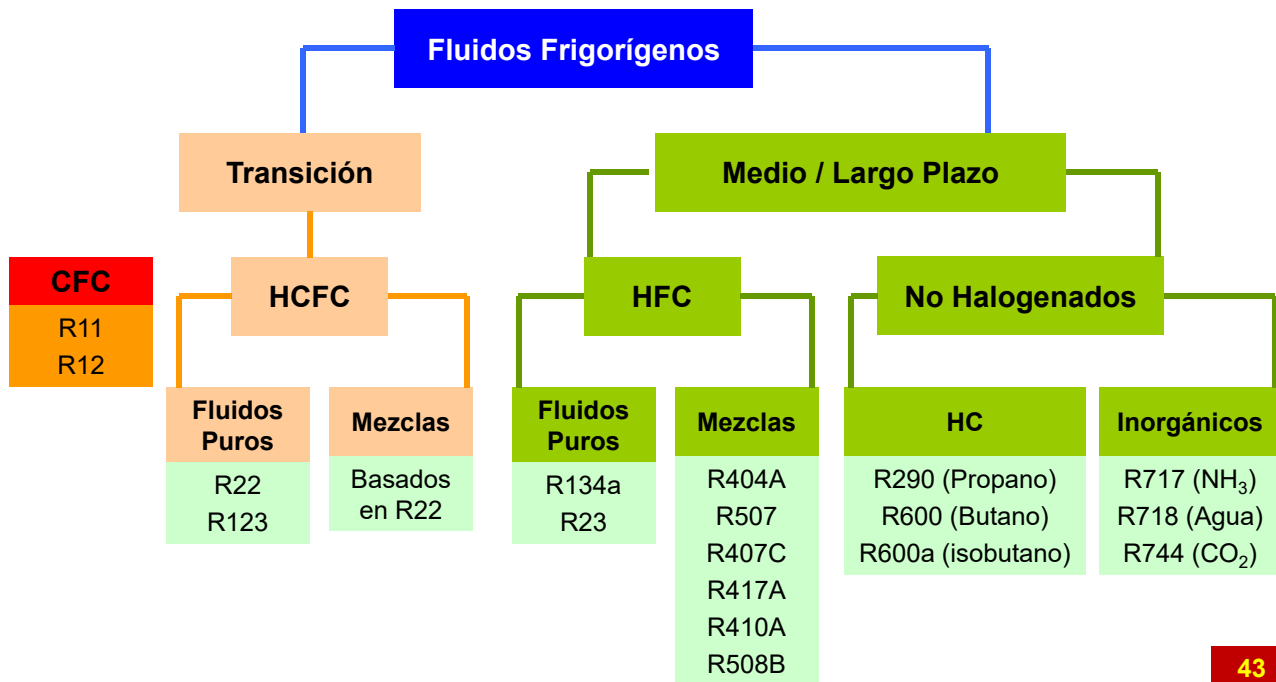
Reducción de la cantidad de HFC comercializados en la UE

AÑOS	Cuotas para la comercialización
2015	100% (media 2009-2012)
2016-17	93%
2018-20	63%
2021-23	45%
2024-26	31%
2027-29	24%
2030	21%

Restr

- **A partir de 1 de enero de 2020:** Aparatos fijos con un PCA ≥ 2.500 , excepto los aparatos diseñados para aplicaciones a temperaturas inferiores a -50°C
- **A partir del 1 de enero de 2020:** Sistemas de aire acondicionado móviles con un PCA ≥ 150
- **A partir de 1 de enero de 2022:** Sistemas centralizados ≥ 40 kW, con un PCA ≥ 150 , excepto en los circuitos primarios de los sistemas en cascada, en que pueden emplearse con un PCA < 1500
- **A partir de 1 de enero de 2025:** Sistemas partidos de aire acondicionado con una sola unidad interior que contengan menos de 3 kg con un PCA ≥ 750

6.- Problemas de los Refrigerantes (IV)



6.- Problemas de los Refrigerantes (V)

El factor de destrucción de la capa de ozono se llama **ODP** (Ozone Depletion Potential). Es un valor comparativo con el efecto del R11 (1)

Refrig.	Cont. Cl (%)	ODP	Vida
R11 (CFC)	77,4	1	60
R12 (CFC)	58,6	0,95	130
R22 (HCFC)	41	0.05	15
R134a (HFC)	0	0	16

6.- Problemas de los Refrigerantes (VI)

Contribución a incrementar el efecto invernadero (I):

Parte de la energía recibida del sol es absorbida por la tierra, que se calienta e irradia, a su vez, calor hacia el espacio

Algunos vapores (CO₂, vapor de agua, el metano, los CFC's) retienen parte de la radiación, por lo que la tierra se calienta. Es el **efecto invernadero**

La influencia es el índice **GWP**, que mide la acción directa del refrigerante

Refrigerante	GWP
R11	4.000
R12	8.500
R22	1.700
R113	5.000

Refrigerante	GWP
R134a	1.300
R407C	1.609
R718	0
R744	1

Refrigerante	GWP
R717	0
R170	3
R290	3
R600	3

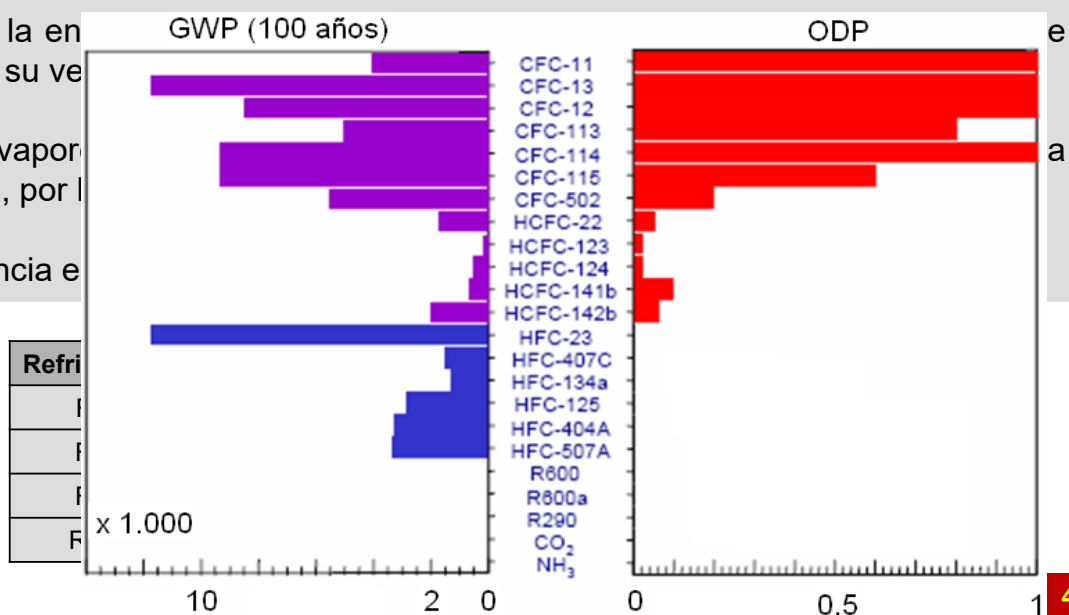
6.- Problemas de los Refrigerantes (VI)

Contribución a incrementar el efecto invernadero (I):

Parte de la energía recibida del sol es absorbida por la tierra, que se calienta e irradia, a su vez, calor hacia el espacio

Algunos vapores (CO₂, vapor de agua, el metano, los CFC's) retienen parte de la radiación, por lo que la tierra se calienta. Es el **efecto invernadero**

La influencia es el índice **GWP**, que mide la acción directa del refrigerante



6.- Problemas de los Refrigerantes (VII)

Contribución a incrementar el efecto invernadero (II):

El índice **TEWI** tiene en cuenta las emisiones que se generan en el ciclo de vida (tiene importancia el COP, la cantidad y el tipo de energía consumida)

$$TEWI = \text{Efecto Directo} + \text{Efecto Indirecto}$$

$$TEWI = GWP \cdot [Per_{Refrig} \cdot V_U + M_{Refrig} \cdot (1 - Rec_{Refrig})] + \alpha \cdot E \cdot V_U$$

- Directo (fugas de refrigerante)
- Indirecto (la energía consumida)

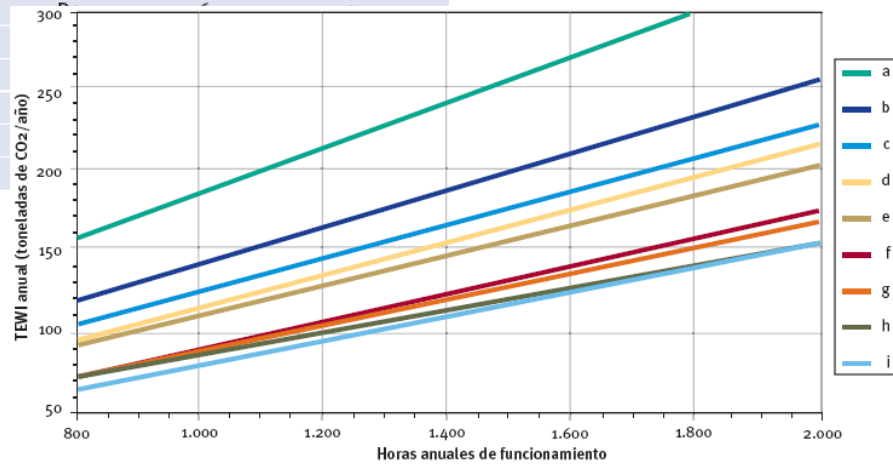
- GWP_{Refrig}**: valor del GWP asignado al refrigerante
- Per_{Refrig}**: pérdidas anuales medias de refrigerante por fugas del sistema en kg/año
- V_U**: vida útil de la instalación en años
- M_{Refrig}**: kg de refrigerante liberados a la atmósfera durante el funcionamiento de la instalación en toda su vida
- Rec_{Refrig}**: es el factor de recuperación del refrigerante al final de la vida útil, es decir, la fracción de m que se puede recuperar
- α**: factor de conversión para determinar el CO₂ por kWh eléctrico en función de las fuentes energéticas primarias
- E_{Anual}**: kWh consumidos al año por la instalación

6.- Problemas de los Refrigerantes (VIII)

Tipo de máquina	Enfriamiento de condensador	Refrigerante	COP	Energía (1.000 h/año) MWh/año
(a)- Alternativo	Aire	R22	2,6	241
(b)- Tornillo	Aire	R134a	3,2	193
(c)- Alternativo	Agua	R134a	3,5	179
(d)- Alternativo	Agua	R407c	3,6	174
(e)- Alternativo	Agua	R22	4,0	156
(f)- Alternativo	Agua	R707	4,4	147
(g)- Tornillo	Agua	R134a	4,5	139
(h)- Turbo	Agua	R134a	5,5	118
(i)- Tornillo	Evaporativo	R707	5,1	128

6.- Problemas de los Refrigerantes (VIII)

Tipo de máquina	Enfriamiento de condensador	Refrigerante	COP	Energía (1.000 h/año) MWh/año
(a)- Alternativo	Aire	R22	2,6	241
(b)- Tornillo	Aire	R134a	3,2	193
(c)- Alternativo	Agua	R134a	3,5	179
(d)- Alternativo	Agua			
(e)- Alternativo	Agua			
(f)- Alternativo	Agua			
(g)- Tornillo	Agua			
(h)- Turbo	Agua			
(i)- Tornillo	Evaporativo			

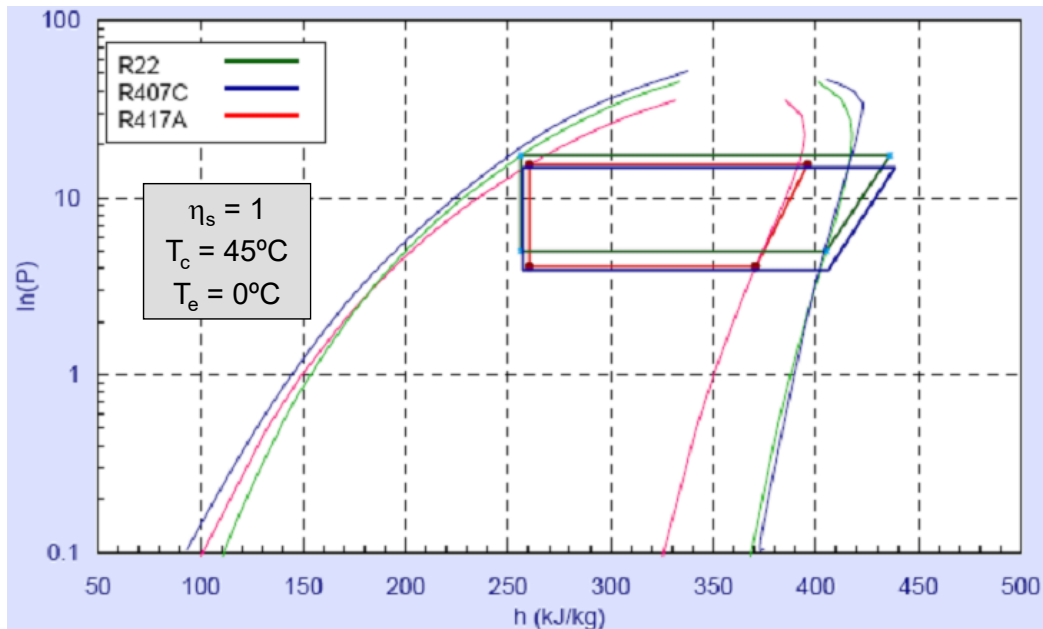


7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (I)

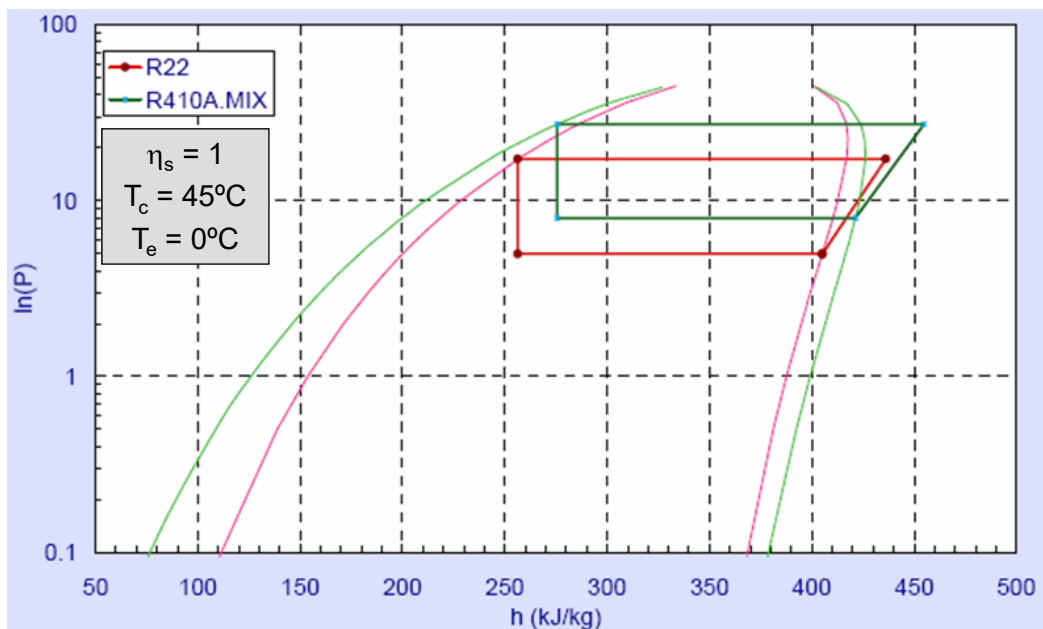
Propiedades de algunos Refrigerantes

Número ASHRAE	Composición (en peso)	ODP	Influencia en efecto invernadero	Desliz	Punto de ebullición normal	Capacidad de enfriamiento (-5/+45°C)	Nombre comercial Observ.
R-22	CHCLF2	0,05	0,35	0 K	-40,8	100%	HCFC
R-407c	R32/R125/R134a 23% / 25% / 52%	0	0,29	5-7 K	-43,6 -36,8	97%	SUVA 9000 KLEA 66 AZ20 Zeotrópico
R-410a	R32 / R125	0	0,41	CASI 0 K	-50,5	141%	AZ20 Cuasi-azeotrópico
R-410b	R-32 / R-125 45% / 55%	0	0,41	CASI 0 K	-51,3 -51,2	137%	SUVA 9100 Cuasi-azeotrópico
R-507	R 125 / R 143a 50 / 50	0	0,98	0 K	-46,7	96%	AZ50 Azeotrópico
R-717	NH ₃	0	0	0K	-33,6	112%	Amoniaco Inflamable y tóxico

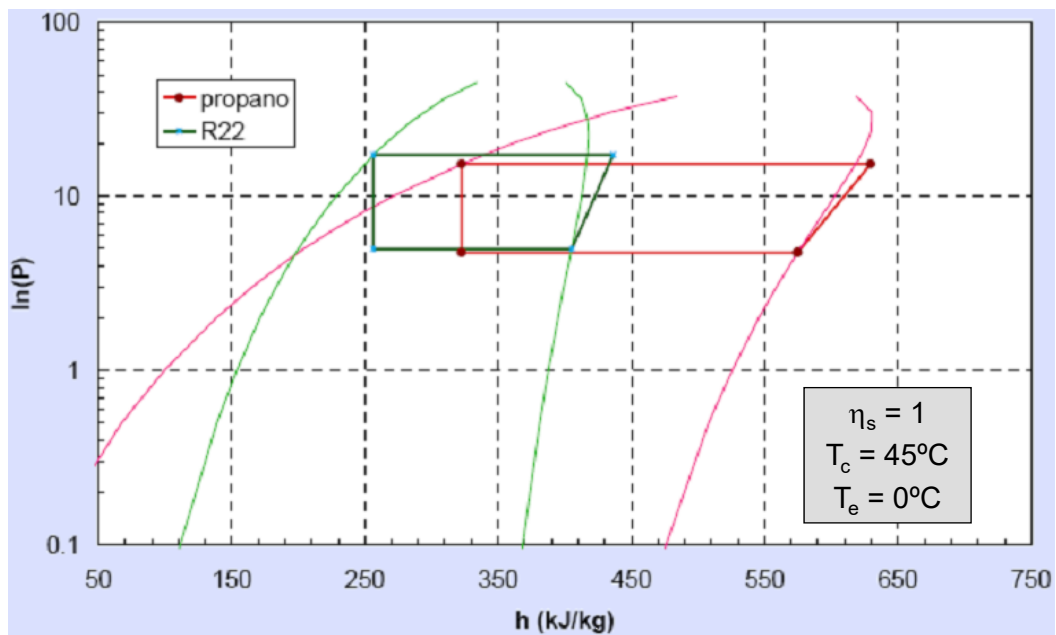
7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (II)



7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (III)



7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (IV)



La selección del refrigerante se hace en función de la T de trabajo

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (V)

Tabla

R134a
 R22
 R404A
 R407C
 R417A

Estado:
 Saturado
 Sobrecalentado

Parámetro:
 Temperatura [°C]
 Presión [bar]

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

Tabla de cálculo
 Cancelar

t [°C]	p' [bar]	p'' [bar]	h' [kJ/kg]	h'' [kJ/kg]	s' [kJ/kgK]	s'' [kJ/kgK]	v' [dm ³ /kg]	v'' [dm ³ /kg]
-10,00	3,456	2,976	186,91	366,42	0,9515	1,6340	0,7798	63,4205
-5,00	4,082	3,554	193,40	369,56	0,9758	1,6332	0,7904	53,4384
0,00	4,791	4,217	200,00	372,64	1,0000	1,6325	0,8014	45,2523
5,00	5,591	4,972	206,73	375,66	1,0242	1,6320	0,8131	38,4954
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

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VI)

Aplicaciones	Anteriores	Transición	Largo Plazo
Refrigeración doméstica	R12 R500	R401A R409a	R134a R600a
Climatización Enfriadoras ↑Q	R11, R12 R717, R500	R123	R134a R717
Refrigeración comercial (+)	R12	R22 R401A	R134a R404A, R507
Refrigeración comercial (-)	R502	R402A R408A	R404A R507
Refrigeración industrial	R22 R717	R22	R404A, R507 R717
Refrigeración muy baja T ^a	R13 R503		R23 R508a, R508b
Climatización	R22 R500	R22	R407C, R410A R290
Climatización automóvil	R12 R500		R134a R744

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VII)

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUBSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TÍPICA	REEMPLAZO				
	NO. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO			
R-11	R-123	Suva Centri-LP	DuPont	Compuesto Puro	Alquil Benceno o Aceite Mineral	*Enfriadores de Agua con Compresores Centrífugos.		X			
		Genetrón 123	Quimobásicos								
		Forane-123	Elf Atochem								
R-12	R-134a	Suva Cold MP	DuPont	Compuesto Puro	Poliol Ester	*Equipos Nuevos y Reacondicionamientos. *Refrigeración Doméstica y Comercial (Temp. de Evaporación arriba de -7 °C). *Aire Acond. Residencial y Comercial.		X			
		Genetrón 134a	Quimobásicos								
		Forane 134a	Elf Atochem								
		Klea 134a	ICI				PAG	*Aire Acondicionado Automotriz.			
	R-401A	Suva MP39	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (arriba de -23 °C). *Reacondicionamientos en Refrigeración Comercial (abajo de -23 °C). *Transportes Refrigerados.	X				
		Genetrón MP39	Quimobásicos								
	R-401B	Suva MP66	DuPont						X		
		Genetrón MP66	Quimobásicos								
	R-409A	Genetrón 409A	Quimobásicos							X	
		FX-56	Elf Atochem								
R-13	Sin	Suva 95	DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura		X			
R-22	R-410A	Genetrón AZ-20	Quimobásicos	Mezclas Azeotrópicas	Poliol Ester	*Sistemas Unitarios de Aire Acondicionado.		X			
	R-410B	Suva 9100	DuPont		Poliol Ester			X			
	R-407C	Suva 9000	DuPont		Mezcla Zeotrópica (Blend)		Poliol Ester	*Aire Acondicionado Residencial y Comercial. *Bombas de Calor. (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X	
		Genetrón 407C	Quimobásicos								
		Klea 66	ICI								
	R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja).		X			

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VII)

REFRIG. ANTERIOR	REFRIGERANTE SUSTITUTO				LUBRICANTE	APLICACION TÍPICA	REEMPLAZO	
	NO. DE ASHRAE	NOMBRE COMERCIAL	FABRICANTE	TIPO			INTERINO	LARGO PLAZO

R-502	R-402A	Suva HP80	DuPont	Mezclas Zeotrópicas (Blends)	Alquil Benceno	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Principalmente en Reacondicionamientos).	X		
		Genetrón HP80	Quimobásicos						
	R-402B	Suva HP81	DuPont			Alquil Benceno	*Máquinas de Hielo y Otros Equipos Compactos.	X	
		Suva HP-62	DuPont			Poliol Ester	*Refrigeración Comercial (Temp. Media y Baja). (Equipos Nuevos y Reacondicionamientos).		X
	R-404A	Genetrón 404A	Quimobásicos						
		FX-70	Elf Atochem						
	R-407A	Klea 60	ICI			Poliol Ester			
	R-408A	FX-10	Elf Atochem			Alquil Benceno		X	
R-507	Genetrón AZ-50	Quimobásicos	Azeótropo	Poliol Ester			X		
R-503	Sin	Suva 95	DuPont	Mezcla Azeot.	Poliol Ester	*Muy Baja Temperatura.		X	

57

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (VIII)

Operación y Mantenimiento (I)

Clases de aceites para compresores

Existen cinco clases o categorías de aceites lubricantes:

- **Aceite Mineral (MO)**
- **Aceite Alkil Benceno o Alquilbenceno (AB)**
- **Aceite Polioléster (POE)**
- **Aceite Polialfaolefínico (PAO)**
- **Aceite Polialquilenglicol (PAG)**

Una característica importante de **los aceites lubricantes sintéticos POE, es que son mucho más higroscópicos que los aceites minerales**

Los aceites lubricantes PAG son aún más higroscópicos que los aceites lubricantes POE

58

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (IX)

Operación y Mantenimiento (II)

Funciones del aceite lubricante

Principalmente sirve para **lubricar** el espacio entre dos superficies sólidas que están en movimiento (una en relación de la otra) y reducir así la fricción entre ellas evitando su desgaste. Se logra colocando una película de aceite lubricante entre las superficies en movimiento para evitar el contacto de sólido con sólido, disminuyendo la fricción entre las dos superficies que rozan. Aún cuando las superficies en rozamiento pueden parecer a simple vista lisas y suaves, si se realiza un examen minucioso con un microscopio veremos que hay grandes asperezas como montículos y valles. Se debe agregar el lubricante suficiente para que forme una capa que pueda cubrir esas asperezas, de tal modo que ambas superficies en movimiento se desplacen flotando en el lubricante.

La función secundaria pero complementaria es que, dependiendo del diseño del compresor, también ayuda a **disipar el calor**, así como **sellar las válvulas, cilindros-anillos, cilindros-rotos**

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (X)

Operación y Mantenimiento (III)

Propiedades que deben tener los aceites (I)

- **Bajo punto de floculación o precipitación:** En los aceites minerales la separación de la cera existente en el aceite que se llega a mezclar con el refrigerante puede crear una obstrucción en la válvula de expansión termostática, tubo capilar o controles de orificio. La temperatura o punto de FLOCULACION se determina mezclando 10% de refrigerante con 90% de aceite en un tubo de ensayo cerrado y luego se baja la temperatura hasta que aparezcan ceras o grumos que se precipiten. Es un valor importante porque si su valor es alto, a no muy bajas temperaturas de evaporación, esos grumos o ceras se depositarían en el evaporador del circuito frigorífico restándole eficiencia, evitando retorno de aceite al compresor y/o taponeando la válvula de expansión o tubo capilar. Este problema no lo tienen los aceites sintéticos por lo tanto no tienen punto de floculación

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (X)

Operación y Mantenimiento (IV)

Propiedades que deben tener los aceites (II)

- **Buena estabilidad térmica:** Debe soportar altas temperaturas porque no debe formar depósitos de carbón en el compresor, en lugares de alta temperatura tales como las válvulas de descarga del compresor
- **Buena estabilidad química:** Debe tener pequeñísima o ninguna reacción química con el refrigerante o con materiales propios del circuito frigorífico
- **Bajo punto de fluencia:** Que es la habilidad del aceite de permanecer en estado de fluidez a la temperatura más baja en el sistema. Punto de fluencia es la más baja temperatura a la cual todavía puede fluir
- **Buena miscibilidad y solubilidad:** Propiedad de mezclarse fácilmente con el refrigerante. Asegura que el aceite retornará hacia el compresor, aunque una excesiva solubilidad puede resultar en el “lavado” del aceite lubricante de las partes móviles

61

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (XI)

Operación y Mantenimiento (V)

Propiedades que deben tener los aceites (III)

- **Bajo punto de congelación:** Esta temperatura a la cual el aceite empieza a congelarse debe ser la más baja posible. En aplicaciones de ultra-baja temperatura es muy importante conocerla
- **Bajo índice de viscosidad:** Es la habilidad del aceite lubricante de mantener una buena viscosidad a altas temperaturas, una buena fluidez a bajas temperaturas y proveer una buena película de lubricante todo el tiempo
- **Alto punto de inflamación:** Porque es la temperatura a la cual el aceite empieza a emitir vapores inflamables que pueden encenderse en contacto con una llama
- **Alto punto de combustión:** Porque es la temperatura a la cual el aceite puede arder así se haya retirado la llama que le dio origen a la combustión

62

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (XII)

Operación y Mantenimiento (VI)

Propiedades que deben tener los aceites (IV)

- **Alta resistencia dieléctrica:** Debe ser alta porque es la resistencia que ofrece al paso de la corriente eléctrica. Importante en compresores herméticos y semiherméticos porque el aceite está en contacto con el bobinado de los motores eléctricos

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (XIII)

Operación y Mantenimiento (VII)

Muy Higroscópicos

	MO	AB	M/A	POE	PAG
	Mineral Oil	Alquilbencenos	Minerales Alquibencénicos	Polioléster	Polialquilglicoles
(H)CFC	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Con limitaciones	No compatible
HFC	No compatible	Con limitaciones	No compatible	Adecuado	Con limitaciones
HC	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Adecuado	Con limitaciones
NH ₃	Adecuado	Con Limitaciones	Con limitaciones	No compatible	Con Limitaciones
CO ₂	No compatible	No compatible		Con limitaciones	Adecuado

	MO	AB	POE	PAO	PAG
	MINERAL	ALQUIBENCENO	POLIESTER	POLIAFAOLEFINO	POLIALQUIENGLICOL
CFC 11	OK	X	Lim.	Lim.	X
CFC 12	OK	OK	Lim.	Lim.	X
R 502	OK	OK	Lim.	Lim.	X
HCFC 22	OK	OK	Lim.	Lim.	X
HFO 1234yf	X	X	OK	X	OK
HFC 134a	X	X	OK	X	Lim.
HFC 404C	X	X	OK	X	Lim.
HFC 407C	X	X	OK	X	Lim.
(H) HFC 410A	X	X	OK	X	Lim.
HFC 507A	X	X	OK	X	Lim.
HC 600a	OK	Lim.	OK	OK	Lim.
HC 290	OK	Lim.	OK	OK	Lim.
R 717 (NH ₃)	OK	Lim.	X	OK	Lim.
R 744 (CO ₂)	Lim.	Lim.	OK	Lim.	OK
OK ACONSEJABLE / Lim. CON LIMITACIONES / X NO ACONSEJABLE					
Respetando las indicaciones del fabricante del compresor					
	compatible	compatible		limitaciones	Reservado

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (XIV)

Operación y Mantenimiento (VIII)

Los fabricantes de compresores que para estas aplicaciones siempre **especifican el tipo de aceite que usa cada modelo**; por lo tanto, se deben **cumplir con ellas**

Uno de los errores más comunes es **no utilizar el aceite apropiado para reponer o agregar** aceite al compresor, porque **se puede provocar un daño al sistema debido a la incompatibilidad con el refrigerante y componentes del sistema**. Además, en compresores herméticos y semiherméticos, el aceite se encuentra en íntimo contacto con los devanados del motor eléctrico, por lo tanto, debe tener buena compatibilidad, elevada resistencia dieléctrica y propiedades térmicas estables

Los aceites lubricantes permanecen en el cárter del compresor, sin embargo, una pequeña cantidad circulará hacia el resto del circuito frigorífico al ser arrastrado por el refrigerante hacia la salida del compresor. El aceite lubricante debe ser capaz de resistir tanto una alta T en la descarga del compresor como una baja T en la válvula de expansión y en el evaporador. Debe ser lo suficientemente soluble con el refrigerante como para poder retornar al compresor, de manera que con el tiempo, este no se quede sin aceite

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (XVI)

Operación y Mantenimiento (VIII)

Viscosidades de aceites recomendadas

CONDICION DEL SERVICIO	REFRIG.	VISCOSIDAD	
		cSt	SUS
Temp. del Compresor:			
Normal	Todos	32	150
Alta	Halogenados	68	300
	Amoniaco	68	300
Temp. del Evaporador:			
Hasta -18°C (0°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	68	300
De -18°C a -40°C (0°F a -40°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	32	150
Abajo de -40°C (-40°F)	Halogenados	32	150
	Amoniaco	32	150
Aire Acondicionado Automotriz:			
	Halogenados	100	500
Compresores Rotativos:			
	Todos	100	500
Compresores Centrífugos:			
	Todos	100	500

67

7.- Comparación de Fluidos Refrigerantes (X)

R407C

Deslizamiento de hasta 7°C
Presión de condensación 10% superior al R22
COP 5% menor que el R22

R410A

Deslizamiento casi nulo 0,1°C
Presión de condensación 60% superior al R22
Gran capacidad específica volumétrica ⇒ equipos pequeños
Usado en aire acondicionado y bomba de calor

R134a

Presión de condensación inferior al R22
Menor capacidad específica volumétrica que el R22
Usado en climatización, y frío comercial a alta y media T

R404A

Tienen T de descarga baja

R507A

Usado en refrigeración comercial a media y baja T
Su GWP (> 2.500) hará que no se puedan recargar en 2020

68

8.- Amoniaco (R717) (I)

- Elevadas temperaturas de descarga
- Altísimo calor latente de vaporización
- Densidad mucho mas baja que cualquier refrigerante
- Facilidad de detección de fugas (por su densidad ascienden a la atmósfera)
- Es un gas incoloro, de fuerte olor, llega a ser tóxico e irrespirable
- Con presión y mezclado con aceite, puede formar una mezcla explosiva
- Combustible en determinadas proporciones con el aire del ambiente
- Estable hasta los 150°C
- Corroe y ataca al cobre y todas sus aleaciones
- No se mezcla con los aceites de nafta ni los sintéticos
- Si hay una fuga, el amoniaco se disuelve en agua; todos los productos alimenticios contienen agua, puede hacer que estos tomen mal sabor, incluso que sean perjudiciales para la salud
- Se utiliza con compresores de tornillo y con refrigerante secundario para la distribución del frío, o como una primera etapa de un ciclo en cascada

Los efectos compensan el volumen desplazado

8.- Amoniaco (R717) (II)

ppm	Efecto
5	Límite de detección
25	TWA media ponderada en el tiempo
35	STEL límite de exposición de corta duración
150-200	Ojos levemente afectados tras 1 min.
300	Nivel inferior de riesgo
450	Ojos afectados rápidamente
600	Lágrimas tras 30 sg
700	Lágrimas en pocos sg
1.000	Visión disminuida, respiración insoportable, irritación de piel en min.
1.500	Ambiente insoportable, reacción instantánea a salir del lugar
30.000	Dosis letal

8.- Amoniaco (R717) (III)

https://www.youtube.com/watch?v=7_XRzrAjpRw

13. PRÁCTICAS 2º GRUPO

Demostración de actuación en emergencias con amoniaco en el Curso AEFYT

Oculto

22 visualizaciones · 30 oct. 2019

Refrigeración Caloryfrio.com
243 suscriptores

SUSCRIBIRSE

Vídeo completo de las prácticas del primer Curso de Técnico en Emergencias con Amoniaco en Sistemas de Refrigeración organizado por AEFYT, HAZMAT y AFAR y celebrado en el Centro

71

9.- CO2 (R744) (I)

- Gas inerte no contaminante es un producto natural
- Estable químicamente
- No corrosivo
- No deteriora los productos en caso de fuga
- No combustible, se utiliza en la extinción de incendios
- No es irritante, es inodoro: no causa alarma
- La descarga a la atmósfera es totalmente inocua a todos los efectos y pasa desapercibida

- Mucho más denso que el aire, sus fugas caen al suelo y desplazan el oxígeno, en concentraciones altas puede ser peligroso y letal
- Riesgo de congelación por despresurización

72

9.- CO2 (R744) (II)

Su gran densidad hace que el volumen desplazado sea pequeño
(6-8 veces amoniaco)

- Compresores de menor tamaño y cilindrada
- Menor cantidad de refrigerante en instalación
- Menor tamaño de recipientes y líneas

Esto es especialmente interesante a baja presiones

10.- R290 - Propano

No tóxico pero muy inflamable

Tiene un GWP muy bajo

Se utiliza en equipos pequeños de aire acondicionado y bomba de calor con compresores scroll, frigoríficos y congeladores domésticos, siempre que su carga sea inferior a 50 gr

11.- R600a - Isobutano

No tóxico pero muy inflamable

Tiene un GWP muy bajo

Se utiliza en pequeñas aplicaciones con cargas inferiores a 50 gr

12.- Refrigerantes Alternativos (I)

➤ **Características principales**



Table 1, typical refrigerant costs

Refrigerant	Typical cost €/ kg
R744	3.75
R717	1.50
R32	7.50
R1234ze	37.50
R600a	9.30
R290	11.90
R1270	12.40

Table 1, basic alternative refrigerant properties

	Type	Key facts	GWP ²	Sat temp ³	Typical applications
R744	Carbon dioxide, CO ₂	High pressures	1	-78°C	Retail refrigeration, heat pumps, integrals
R717	Ammonia, NH ₃	Toxic and mildly flammable	0	-33°C	Industrial
R32	Hydro fluoro carbon, HFC	Mildly flammable	675	-52°C	Split air conditioning
R1234ze	Unsaturated HFC (aka hydro fluoro olefin, HFO)	Mildly flammable	7	-19°C	Chillers, split air conditioning, integrals
R600a	Isobutane, C ₄ H ₁₀ , hydrocarbon (HC)	Flammable	3	-12°C	Domestic and small commercial systems
R290	Propane, C ₃ H ₈ , hydrocarbon (HC)	Flammable	3	-42°C	Chillers, integrals
R1270	Propene (propylene), C ₃ H ₆ , hydrocarbon (HC)	Flammable	3	-48°C	Chillers, integrals

12.- Refrigerantes Alternativos (I)



➤ Características principales

Table 1, typical refrigerant costs

Refrigerant	Typical cost €/ kg
R744	3.75
R717	1.50
R32	7.50
R1234ze	37.50
R600a	9.30
R290	11.90
R1270	12.40

Table 2, application of alternative refrigerants

Refrigerant	Central plant	VRV, VRF	Split AC / heat pumps	Chillers	Remote condensing units	Integrals	Temp. range (°C)	Typical applications
R744	Green	Green	Green	Green	Green	Green	8°C	Retail refrigeration, heat pumps, integrals
R717	Green	Green	Green	Green	Green	Green	3°C	Industrial
R32	Green	Green	Green	Green	Green	Green	2°C	Split air conditioning
R1234ze	Green	Green	Green	Green	Green	Green	9°C	Chillers, split air conditioning, integrals
	Green	Green	Green	Green	Green	Green	2°C	Domestic and small commercial systems
R600a	Green	Green	Green	Green	Green	Green	2°C	Chillers, integrals
R290 and R1270	Green	Green	Green	Green	Green	Green	8°C	Chillers, integrals

12.- Refrigerantes Alternativos (I)



➤ Características principales

Table 1, Characteristics which affect the design of systems

Refrigerant	Pressure	Flammability	Toxicity	Cooling capacity	Critical temperature	Discharge temperature	Materials
R744	Very high		Mild	Very high	Low	High	
R717		Mild	High			High	No copper or copper alloys
R32	High	Mild		High			
R1234ze	Low	Mild		Low			
R600a	Very low	High		Very low			
R290		High					
R1270		High					

Table 1, hazards of alternative refrigerants

Refrig.	Inhalation	Flammability	Pressure	Other
R744	Low toxicity	Non flammable	Much higher	Pressure rise of trapped liquid high and risk of trapping cold liquid high. Possibility of solid R744 formation.
R717	Highly toxic	Low flammable	Lower	
R32	Asphyxiant	Low flammable	Higher	Products of decomposition highly toxic
R1234ze	Asphyxiant	Low flammable	Lower	Products of decomposition highly toxic
R600a	Asphyxiant	Highly flammable	Much lower	
R290	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	
R1270	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	

Green – similar to R404A or not as severe;
 Amber – slightly more severe than R404A;
 Red – significantly more severe than R404A.

12.- Refrigerantes Alternativos (I)

➤ Características principales

Table 1, Characteristics which affect the design of systems

Refrigerant	Pressure	Flammability	Toxicity	Cooling capacity	Critical temperature	Discharge temperature	Materials
R744	Very high		Mild	Very high	Low	High	No copper or copper alloys
R717		Mild	High			High	
R32	High	Mild		High			
R1234ze	Low	Mild		Low			

Table 1, hazards of alternative refrigerants

Refrig.	Inhalation	Flammability	Pressure	Other
R744	Low toxic	Non flammable	Much higher	Pressure rise of trapped liquid high and risk of trapping cold liquid high. Possibility of solid R744 formation.
R717	Highly toxic	Low flammable	Lower	
R32	Asphyxiant	Low flammable	Higher	Products of decomposition highly toxic
R1234ze	Asphyxiant	Low flammable	Lower	Products of decomposition highly toxic
R600a	Asphyxiant	Highly flammable	Much lower	
R290	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	
R1270	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	

Table 8, performance comparison

Refrigerant	Saturation temperature at 0 bar g, °C	Required displacement m ³ /h	COP	Discharge temperature, °C	Compression ratio ^a
R404A	-46	14.84	2.94	57	3.82
R744	-78	3.88	1.75 ^c	114	3.42
R717	-33	14.3	3.27	152	4.82
R32 ^b	-52	9.65	3.17	99.5	3.77
R1234ze ^b	-19	35.14	3.28	52	4.54
R600a	-12	47.13	3.26	51	4.40
R290	-42	17.35	3.18	59	3.61
R1270	-48	14.3	3.17	67	3.53

Green – similar to R404A or not as severe;
Amber – slightly more severe than R404A;
Red – significantly more severe than R404A.

Figure 3, displacement compared to R404A

12

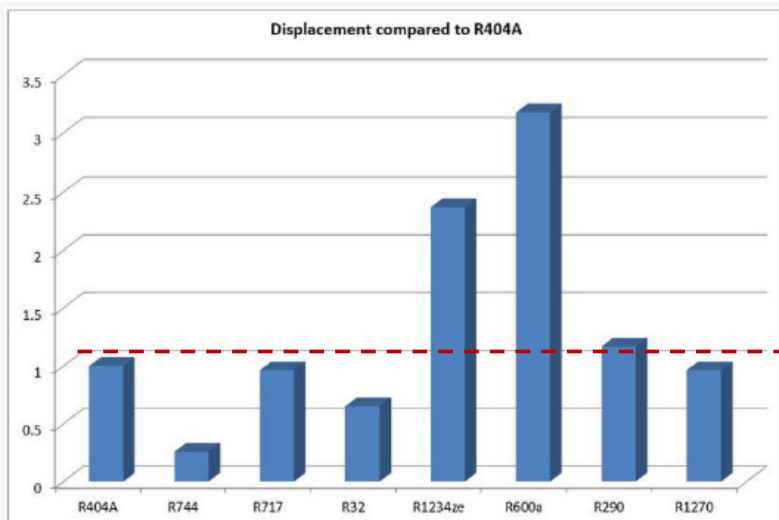


Table 1, hazards of alt

Refrig.	Inhalation	Flammability	Pressure	Other
R744	Low toxic	Non flammable	Much higher	Pressure rise of trapped liquid high and risk of trapping cold liquid high. Possibility of solid R744 formation.
R717	Highly toxic	Low flammable	Lower	
R32	Asphyxiant	Low flammable	Higher	Products of decomposition highly toxic
R1234ze	Asphyxiant	Low flammable	Lower	Products of decomposition highly toxic
R600a	Asphyxiant	Highly flammable	Much lower	
R290	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	
R1270	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	

Refrigerant	Saturation temperature at 0 bar g, °C	Required displacement m ³ /h	COP	Discharge temperature, °C	Compression ratio ^a
R404A	-46	14.84	2.94	57	3.82
R744	-78	3.88	1.75 ^c	114	3.42
R717	-33	14.3	3.27	152	4.82
R32 ^b	-52	9.65	3.17	99.5	3.77
R1234ze ^b	-19	35.14	3.28	52	4.54
R600a	-12	47.13	3.26	51	4.40
R290	-42	17.35	3.18	59	3.61
R1270	-48	14.3	3.17	67	3.53

Green – similar to R404A or not as severe;
Amber – slightly more severe than R404A;
Red – significantly more severe than R404A.

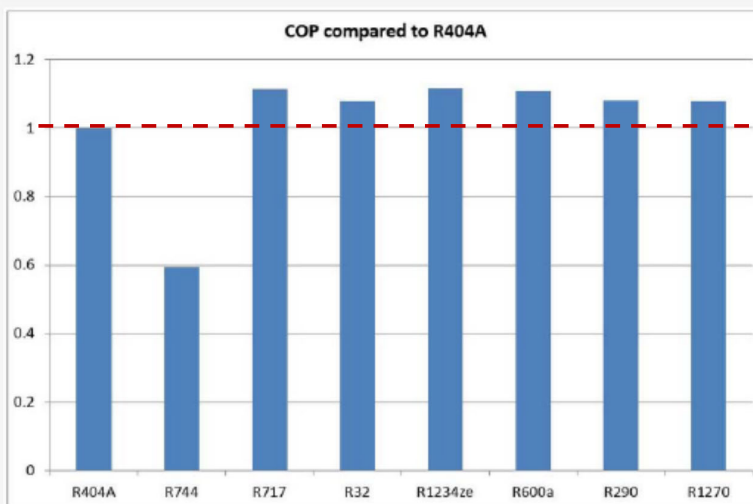
12.- Re

➤ Cal

Table 1, hazards of alternative r

Refrig.	Inhalation	Flammability	Toxicity	Other
R744	Low toxicity	Low flammable	Higher	Products of decomposition highly toxic
R717	Highly toxic	Low flammable	Lower	Products of decomposition highly toxic
R32	Asphyxiant	Highly flammable	Much lower	
R1234ze	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	
R600a	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	
R290	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	
R1270	Asphyxiant	Highly flammable	Similar	

Green – similar to R404A or not as severe;
Amber – slightly more severe than R404A;
Red – significantly more severe than R404A.



Refrigerant	Critical temperature	Discharge temperature	Materials
R404A	Low	High	
R744		High	No copper or copper alloys

Refrigerant	Saturation temperature at 0 bar g, °C	Required displacement m³/h	COP	Discharge temperature, °C	Compression ratio ^a
R404A	-46	14.84	2.94	57	3.82
R744	-78	3.88	1.75 ^c	114	3.42
R717	-33	14.3	3.27	152	4.82
R32 ^b	-52	9.65	3.17	99.5	3.77
R1234ze ^b	-19	35.14	3.28	52	4.54
R600a	-12	47.13	3.26	51	4.40
R290	-42	17.35	3.18	59	3.61
R1270	-48	14.3	3.17	67	3.53

T.2.1.2.- Fluidos Refrigerantes y Salmueras

12.- Refrigerantes Alternativos (II)



➤ Situación actual (2015)

Table 9, availability of alternative refrigerants and associated items (estimated as at February 2015)

Refrigerant	Knowledge	Skills / Training	Components	Tools and equipment
R744	Wide range of system design options challenge design engineers	Hazards and range of system types challenge technicians. Training available	Available for large systems, less so for small systems	Available
R717	Widely understood in the industrial sector	Widely understood in the industrial sector. Training available	Widely available in the industrial sector	Widely available
R32	Manufacturers of R32 equipment have a good understanding	Very little experience and questions regarding sources of ignition. HC training applicable and available	To be deployed in AC systems from 2015	Widely available (most HC tools / equipment are suitable)

12.- Refrigerantes Alternativos (II)

➤ Situación actual (2015)

Table 9, availability of alternative refrigerants and associated items (estimated as at February 2015)

	Refrigerant	Knowledge	Skills / Training	Components	Tools and equipment			
R744	Refrigerant grade CO ₂ available in a range of cylinder sizes	Wide range of system design options challenge design engineers	Hazards and range of system types challenge technicians. Training available					
R717	Refrigerant grade NH ₃ widely available in a range of cylinder sizes	Widely understood in the industrial sector	Widely understood in the industrial sector. Training available					
R32	Available	Manufacturers of R32 equipment have a good understanding	Very little experience and questions regarding sources of ignition. HC training applicable and available	R600a	Widely used and understood in the domestic sector. Training available	Very wide experience in the domestic sector. Training available	Widely deployed, components readily available	Widely available, except recovery machine is available from only one supplier
				R290	Information readily available on application of HCs in commercial systems	Wide experience in the commercial sector. Training available	Widely deployed in integral systems and chillers, components readily available	
				R1270	Refrigerant grade HCs available in a range of cylinder sizes			
R1234ze	Available only in trial quantities, expensive	Very limited knowledge	Very limited experience, but HC experience is applicable. HC training applicable and available	Compressors not readily available	Widely available (most HC tools / equipment are suitable)			

83

12.- Refrigerantes Alternativos (III)

➤ Mantenimiento y operación

Table 2, service procedure differences

Refrig.	Work area	Equipment	Leak testing	Charging	Recovery / disposal
R744	Very well ventilated	Suitable for the very high pressure	Method must be sensitive to R744	Initial charge should be gas to prevent dry ice formation	Venting is the usual practice
R717	Very well ventilated and free from sources of ignition	Suitable for use with R717 and free from sources of ignition	Method must be safe and sensitive to R717		Recovered
R32		Suitable for the high pressure and free from sources of ignition	Method must be safe and sensitive to R32		Recovered
R1234ze		Free from sources of ignition	Method must be safe and sensitive to R1234ze		Recovered
R600a			Method must be safe and sensitive to HCs	Charge weight is less so accuracy important	Small amounts* can be vented, otherwise HC is recovered
R290					
R1270					

*Small amounts are usually considered to be less than 150g.

84

12.- Refrigerantes Alternativos (III)

Mantenimiento y operación

Fugas

Table 2, service procedure differences

Refrig.	Work area	Equipment	Leak testing	Charging	Recovery / disposal	
	Very well ventilated	Suitable for the very high pressure	Method must be sensitive to R744	Initial charge should be gas to prevent dry ice formation	Venting is the usual practice	
	Very well ventilated and free from sources of ignition	Suitable for use with R717 and free from sources of ignition	Method must be safe and sensitive to R717		Recovered	
		Suitable for the high pressure and free from sources of ignition	Method must be safe and sensitive to R32		Recovered	
		Free from sources of ignition	Method must be safe and sensitive to R1234ze			Recovered
			Method must be safe and sensitive to HCs	Charge weight is less so accuracy important	Small amounts* can be vented, otherwise HC is recovered	

Table 2, Leak detection Methods

Refrigerant	Leak detection spray ¹	Electronic leak detector ¹	Fluorescent additive	Ultrasonic
R744	Good	Good, ensure the detector is sensitive to R744	OK	Good
R717		Good, ensure the detector is sensitive to R717	Not suitable	
R32		Good, ensure the detector is sensitive to the refrigerant type and is safe with a flammable refrigerant	Good	
R1234ze				
HCs (R600a, R290, R1270)				
		Fully charged system	Under charged system	
Capacity, kW	12.9	9.9		
Power input, kW	8.2	8.0		
COP*	1.56	1.24		
Annual running cost	€5725	€6955		

ounts are usually considered to be less than 150g.

<https://www.intarcon.com/>

Equipos y soluciones de refrigeración



GASES REFRIGERANTES
QUE SE UTILIZAN ACTUALMENTE

REFRIGERANTE	REFRIGERACIÓN COMERCIAL	REFRIGERACIÓN INDUSTRIAL	TIPO EQUIPO	GRUPO	CLASE DE SEGURIDAD	PAO ¹	PCA 100 ²	REP ³
R-404A ⁴	✓		Compactos Semicompactos	L1	A1	0	3922	2
R-454A	✓			L1	A1	0	2140	2
R-448A	✓			L1	A1	0	1387	2
R-449A ⁴	✓			L1	A1	0	1396	2
R-134a	✓			L1	A1	0	1430	2
R-513A	✓			L1	A1	0	631,4	2
R-450A ⁴	✓			L1	A1	0	604,7	2
R-290 (Propano)	✓	✓	Compactos Chillers	L3	A3	0	3	1
R-152a		✓	Chillers	L2	A2	0	124	1
R-744 (CO ₂)	✓	✓	Centrales de expansión directa	L1	A1	0	1	2
R-717 (Amoníaco)		✓	Sistemas indirectos	L2	A2	0	0	1

¹ PAO: Potencial de agotamiento del ozono.
² PCA 100: Potencial de calentamiento atmosférico

³ REP: Clasificación de los refrigerantes según el REP "Reglamento de Equipos a Presión"

⁴ R-404A: Según el "Reglamento Europeo F-Gas", el histórico R404A dejará de usarse en 2020 en nuevos equipos en instalaciones de la Unión Europea, y a partir de esta fecha tampoco podrán recargarse las instalaciones de más de 10 kg de R-404A.

87

REFRIGERANTES MÁS USADOS EN APLICACIONES COMERCIALES:

R452A: Sustituto directo del R404A, pero con un moderado PCA = 2140 y un elevado precio de mercado. Aplicable en baja, media y alta temperatura

R449A: Presenta propiedades similares y es un sustituto casi directo del R404A con un PCA un tercio inferior al del R404A (PCA = 1396), pero hay que destacar su elevada temperatura de descarga cuando se trabaja en baja temperatura, lo que en la mayoría de los casos obliga a instalar un sistema de inyección de líquido para enfriar el gas

R290 (propano): Refrigerante natural de alto rendimiento con un precio bajo y estable, sin riesgo de obsolescencia, con un bajísimo poder de calentamiento atmosférico (PCA = 3), y por tanto exento de impuesto. Es un refrigerante excelente tanto para baja como para media temperatura. El único pequeño inconveniente que presenta es que está clasificado según RSIF como clase de seguridad A3 (alta inflamabilidad). Por lo que hay que tener ciertas precauciones en el diseño y en la manipulación

R134a: Refrigerante con muy buenas características para trabajar en media y alta temperatura, con PCA = 1430, no existiendo aún fecha de caducidad para la utilización de este refrigerante en refrigeración comercial

R513A: Sustituto directo del R134a, pero con un moderado PCA = 631 y un elevado precio de mercado. Aplicable en media y alta temperatura

88

CARACTERÍSTICAS DE
LOS REFRIGERANTES
NATURALES

REFRIGERANTE	GRUPO	CLASE DE SEGURIDAD	PAO ¹	PCA 100 ²	TEMPERATURA DE EBULLICIÓN ³	TEMPERATURA MÍNIMA ⁴	PRESIÓN CRÍTICA ⁵
R-718 (Agua)	L1	A1	0	0	100	373,9	217,7
R-729 (Aire)	--	--	0	0	-194,5	--	--
R-717 (Amoníaco)	L2	B2L	0	0	-33	132,4	114,2
R-744 (Dióxido de carbono)	L1	A1	0	1	-78	31	73,8
R-170 (Etano)	L3	A3	0	6	-89	32	49,7
R-600a (Isobutano)	L3	A3	0	3	-12	134,7	36,5
R-290 (Propano)	L3	A3	0	3	-42	96,7	42,5
R-1270 (Propileno)	L3	A3	0	2	-48	91	46,1

1 PAO: Potencial de agotamiento del ozono.

2 PCA 100: Potencial de calentamiento atmosférico.

3 Temperatura de ebullición (°C) a presión atmosférica de 101,3 kPa.

4 Temperatura del punto crítico (°C).

5 Presión del punto crítico (bar abs.)

INTARCON

89

Amoniaco (NH₃ / R717)

Se usó antes de la aparición de los freones, que lo relegaron a **aplicaciones de elevada potencia**, en las que presenta buena eficiencia energética y bajo coste

Sus potenciales de agotamiento del ozono (**PAO**) y de calentamiento atmosférico (**PCA**) son **cero**, por lo que es un **refrigerante alternativo**

Tiene excelentes propiedades termodinámicas, por lo que es un buen candidato para sistemas de compresión (**bajo consumo de energía**). Con él se pueden conseguir temperaturas de hasta -70°C. Posee un bajo punto de vaporización (-33°C) y tiene un alto calor latente de vaporización (1371 kJ/kg).

El principal campo de aplicación es la refrigeración industrial con compresores de tornillo, aunque también se utiliza en instalaciones de absorción con NH₃-H₂O; se usa tanto para equipos de aire acondicionado como para sistemas de refrigeración, y en equipos nuevos y en los ya existentes

Este gas permanece en la atmósfera tan solo unos días, por lo que se considera un **gas biodegradable**

Según el RSIF: "**Clase de Seguridad = B2L**", "baja inflamabilidad" y "alta toxicidad".

Es fácilmente detectable debido a su peculiar aroma. Por su alta toxicidad, las instalaciones deben cumplir normas de seguridad, y contar con operadores debidamente capacitados

90

Aplicaciones más comunes

- Aplicaciones industriales de elevada potencia
- Refrigeración comercial: Sistemas indirectos en supermercados
- Refrigeración industrial: Sistemas indirectos y sistemas en cascada $\text{NH}_3 - \text{CO}_2$
- Transporte refrigerado
- Sistemas térmicos de almacenamiento
- Compresores de tornillo y centrífugos en usos comerciales/industriales

Ventajas

- PAO = 0, PCA = 0
- Buena transferencia de calor
- Mayor capacidad de refrigeración que otros refrigerantes
- Económico, sin riesgo de obsolescencia
- Miscible en agua
- Detectable fácilmente en caso de fuga
- Se puede mezclar con lubricantes minerales, alquibenceno o poli-alpha-olefina

Inconvenientes

- Tóxico
- Precio elevado del sistema
- Uso restringido en ciertas aplicaciones
- Presenta riesgo de inflamabilidad bajo determinadas condiciones
- Al ser tóxico y ligeramente inflamable, no resulta adecuado para reconvertir sistemas con refrigerantes fluorados existentes

91

Dióxido de Carbono (CO_2 / R744) (I)

Es un fluido inodoro, incoloro y más pesado que el aire, y se ha utilizado como refrigerante desde hace más de un siglo, pero cayó en desuso rápidamente debido a que requiere mayor complejidad tecnológica que los freones

Es una buena alternativa para sustituir a los HFC ya que no daña la capa de ozono (**PAO = 0**) y **PCA es la unidad**, (valor como referencia), pero contribuye al Efecto Invernadero

Con propiedades termofísicas excelentes, plantea dificultades por su bajo valor de temperatura crítica (31°C) y sus altas presiones. Tiene una capacidad volumétrica muy superior a la de refrigerantes convencionales

Posee una alta conductividad térmica y alta densidad en fase gaseosa, lo que provoca una buena transferencia de calor en evaporadores, condensadores y enfriadores de gas; por lo que estos equipos son más pequeños que los que utilizan CFC, HCFC y HFC. Tiene una baja caída de presión, por lo que el diámetro de las tuberías es pequeño

Con temperaturas ambiente por debajo de 25°C trabaja en ciclo subcrítico, y con temperaturas superiores trabaja en transcrito. En este caso, para poder obtener eficiencias de trabajo similares a las de fluidos convencionales, se deben emplear ciclos complejos (compresor paralelo, subenfriamiento mecánico, eyectores, etc...).

92

Dióxido de Carbono (CO₂ / R744) (II)

Según el RSIF es “**Clase de Seguridad = A1**”; “no inflamable” y “baja toxicidad”

Es una buena alternativa para la refrigeración comercial e industrial pero, aunque tiene limitaciones de la cantidad de carga, es necesario considerar medidas de seguridad

Al no desprender ningún tipo de aroma no se puede percibir a través del olfato, por lo que las fugas no se pueden detectar por las personas. No es tóxico, pero puede desplazar el oxígeno hasta límites nocivos para la salud, por lo que se necesario contar con un sistema de detección y alarma, y ventilación de emergencia

Ante un escape, la elevada presión provocará un estallido (a la velocidad del sonido) con salpicaduras de refrigerante y residuos en estado sólido a muy baja temperatura

No se debe cargar en estado líquido cuando el sistema esté a una presión inferior a la del punto triple (5,2 bar), ya que el líquido que entrara al sistema cambiaría súbitamente de estado transformándose en hielo seco y permaneciendo en dicho estado en el interior del sistema

Los **equipos** deben estar **diseñados específicamente para este gas** (altas presiones), no se puede adaptar a ningún equipo

93

Dióxido de Carbono (CO₂ / R744)

Según el RSIF es “

Es una buena alternativa para la refrigeración comercial e industrial pero, aunque tiene limitaciones de la cantidad de carga, es necesario considerar medidas de seguridad

Al no desprender ningún tipo de aroma no se puede percibir a través del olfato, por lo que las fugas no se pueden detectar por las personas. No es tóxico, pero puede desplazar el oxígeno hasta límites nocivos para la salud, por lo que se necesario contar con un sistema de detección y alarma, y ventilación de emergencia

Aplicaciones más comunes

- Refrigeración comercial e industrial
- Refrigeración para transporte
- Sistemas compactos
- Supermercados
- Sistemas directos, en cascada e indirectos

toxicidad”

pero, aunque tiene limitaciones de la cantidad de carga, es necesario considerar medidas de seguridad

del olfato, por lo que las fugas no se pueden detectar por las personas. No es tóxico, pero puede desplazar el oxígeno hasta límites nocivos para la salud, por lo que se necesario contar con un sistema de detección y alarma, y ventilación de emergencia

Ventajas

- PAO = 0, PCA = 1
- No inflamable, baja toxicidad (solamente es peligroso en altas concentraciones)
- Elevado coeficiente de transferencia de calor
- Alto rendimiento, bajo consumo de energía
- Sin efectos secundarios a largo plazo
- Económico, sin riesgo de obsolescencia
- Alta disponibilidad, ya que es obtenido como subproducto de diferentes procesos
- Se puede mezclar con lubricantes POE, PGA y PVE

no se puede adaptar a ningún equipo

94

Dióxido de Carbono (CO₂)

Según el RSIF es “

Es una buena alternativa con pocas limitaciones de la capacidad

Al no desprender refrigerante que las fugas no se pueden detectar por las personas. No es tóxico, pero puede

Aplicaciones más comunes

- Refrigeración comercial e industrial
- Refrigeración para transporte
- Sistemas compactos
- Supermercados
- Sistemas directos, en cascada e indirectos

toxicidad”

pero, aunque tiene pocas limitaciones de seguridad

del olfato, por lo que puede ser peligroso

Ventajas

- PAO = 0, PCA = 1

- No inflamable

- Excelente capacidad de refrigeración

- Alta capacidad de refrigeración

- Sin necesidad de mantenimiento

- Económico

- Alta capacidad de refrigeración

- Se puede utilizar en sistemas existentes

no se

Inconvenientes

- Trabaja a temperaturas y presiones mayores que los HFC y que otros refrigerantes
- En caso de fugas se acumula en el suelo, desplazando al aire; y al ser inodoro no podrá ser detectado olfativamente
- Solo es apropiado para nuevos sistemas. Al ser un refrigerante de alta presión y baja temperatura crítica, no resulta adecuado para reconvertir sistemas con refrigerantes fluorados existentes
- Elevado precio del sistema

Hidrocarburos (I)

Debido a sus propiedades respetuosas con el medioambiente, se utilizan ampliamente en el sector de la refrigeración moderna, principalmente en circuitos secundarios y sistemas en cascada, como refrigeración en supermercados, chillers con sistemas de seguridad, y en equipos compactos

Debido a su inflamabilidad, se deben cumplir normas de seguridad de modo que, cuando los equipos se ubican en lugares cerrados, su uso queda restringido a **circuitos frigoríficos herméticos con pequeñas cargas**

Son casi inodoros, incoloros y tienen un PAO = 0 y un PCA ≤ 6.

Las principales **medidas** en materia de **seguridad** son que: en el lugar de trabajo no existan fuentes de calor que puedan generar llamas, ni interruptores ni aparatos que produzcan chispas, quedando totalmente prohibido fumar

También se debe evitar la electricidad estática y garantizar que el área de trabajo cuente con una buena ventilación, así como no permitir la presencia de personas ajenas a las tareas de instalación y/o mantenimiento

Hay que evitar que estos refrigerantes puedan entrar en sótanos y sistemas de alcantarillado, ya que son más pesados que el aire

Hidrocarburos (II)

Para realizar una instalación y/o mantenimiento, los técnicos deberán contar con la capacitación profesional adecuada que les permita manipular estos refrigerantes

En cuanto a la fabricación de equipos y sistemas, se deben extremar las precauciones para garantizar que no existan fugas y evitar elementos que produzcan chispas

Propano (CH₃CH₂CH₃ / R290) (I)

Es el hidrocarburo más popular y extendido en refrigeración, y se utiliza en bombas de calor o equipos compactos de refrigeración comercial

Se trata de un gas **no tóxico pero altamente inflamable, con PAO = 0 y PCA = 3**

Es **compatible con las limitaciones establecidas por la F-Gas**

Tiene buenas propiedades termofísicas y su eficiencia térmica es buena, incluso con altas temperaturas ambiente, en las que tiene una temperatura de descarga reducida

Presenta unas propiedades termodinámicas **similares** (ligeramente inferiores) al **R22**

Hidrocarburos (II)

Para realizar una instalación y/o mantenimiento, los técnicos deberán contar con la capacitación profesional adecuada que les permita manipular estos refrigerantes

Hasta ahora se empleaba en equipos herméticos de media potencia, con límites de carga en Europa de **150 g/circuito**. Desde la posible modificación de los estándares de seguridad (IEC 60335-2-89 e IEC 60335-2-40) que **ampliarán** hasta **500 g/circuito**, se prevé una gran expansión. También se utiliza en mezclas de refrigerantes

Pr Se debe comprobar que éste sea de alta pureza, ya que estas contribuyen a la degradación del aceite lubricante y al desgaste y rotura de algunas piezas. Si va mezclado con otros hidrocarburos, pueden variar drásticamente las propiedades físicas y termodinámicas del hidrocarburo original

Se Respecto a los gases fluorados, este gas proporciona un aumento en la eficiencia energética y un menor costo

Ti Tiene una muy **buena miscibilidad con** cualquier tipo de **lubricante**. En ocasiones, **alt** será necesario el uso de aceites de mayor viscosidad para compensar ese exceso de solubilidad

Pr Es inodoro, por lo que difícil detectar la presencia de fugas

Hidroca

Aplicaciones más comunes

- Equipos compactos con baja carga de refrigerante
- Chillers
- Sistemas en cascada
- Circuitos secundarios (refrigeración en supermercados)

Para rea
capacita

Hasta
Er carga
pa segur
preve

Pr Se d
Es degra
ca mezc
física

Se Resp
Es energ

Tie Tiene
alt será

Pr solub

Es ind

Ventajas

- PAO = 0, PCA = 3
- Eficiente y económico
- Sin riesgo de obsolescencia
- No tóxico
- Coste del sistema de refrigeración medio-bajo
- Buena compatibilidad con materiales (plásticos y metales)
- Se puede mezclar con lubricantes POE

Inconvenientes

- Alta inflamabilidad
- Coste adicional para la seguridad del equipo y del personal

contar con la
rantes

a, con límites de
os estándares de
00 g/circuito, se
es

contribuyen a la
as piezas. Si va
las propiedades

en la eficiencia

. En ocasiones,
ar ese exceso de

Hidroca

Aplicaciones más comunes

- Equipos compactos con baja carga de refrigerante
- Chillers
- Sistemas en cascada
- Circuitos secundarios (refrigeración en supermercados)

Para rea
capacita

Hasta
Er carga
pa segur
preve

Pr Se d
Es degra
ca mezc
física

Se Resp
Es energ

Tie Tiene
alt será

Pr solub

Es ind

Ventajas

- PAO = 0, PCA = 3
- Eficiente y económico
- Sin riesgo de obsolescencia
- No tóxico
- Coste del sistema de refrigeración medio-bajo
- Buena compatibilidad con materiales (plásticos y metales)
- Se puede mezclar con lubricantes POE

Inconvenientes

- Alta inflamabilidad
- Coste adicional para la seguridad del equipo y del personal

contar con la
rantes

a, con límites de
os estándares de
00 g/circuito, se
es

contribuyen a la
as piezas. Si va
las propiedades

en la eficiencia

. En ocasiones,
ar ese exceso de

13.- Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras (I)

Permiten independizar la producción frigorífica de su uso

La **clasificación** de las salmueras puede hacerse en:

- Salmueras de tipo **salino**
- Salmueras a base de **glicol**: (etilenglicol y propilenglicol)
- Salmueras para **bajas temperaturas** (alcoholes)
- Salmueras para **aplicaciones especiales** (aceites térmicos)

Máquinas compactas

- Baja carga refrigerante
- Reducción de fugas
- Fácil instalación

Mayor coste instalación (bomba e intercambiadores de calor auxiliares)

- $\uparrow T_{\text{cond}}$ y $\downarrow T_{\text{eva}}$

Las **aplicaciones**

- Aplicaciones Específicas como en las pistas de patinaje
- Industria Alimentaria; para enfriamiento y congelación por inmersión directa
- La Fabricación de Hielo en Barras
- Las Aplicaciones de Tipo Industrial
- En instalaciones centralizadas de aire acondicionado

Permiten el **almacenamiento**

Presentan problemas de **corrosión**, por lo que el sistema se debe mantener sobrepresionado y sin contacto con la atmósfera

101

13.- Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras (II)

Los sistemas de **distribución** para las **salmueras** son similares a los de agua en circuito cerrado. La diferencia fundamental reside en la **viscosidad**

Las salmueras son líquidos térmicamente inferiores al agua, por lo que es preciso gastar **más energía** de bombeo.

Factores para **seleccionar la salmuera**:

- El **coste** de las salmueras, y de los tratamientos del agua y los inhibidores
- La **corrosión** y la incompatibilidad con ciertos materiales
- La **toxicidad**, especialmente cuando el producto a enfriar sea algún alimento, o cuando haya contacto con personas
- El **calor específico** que determina el caudal másico
- La **estabilidad a temperatura elevada**
- La **viscosidad**, incide en la energía de bombeo
- El **punto de congelación** de las salmueras
- La **tensión de vapor**

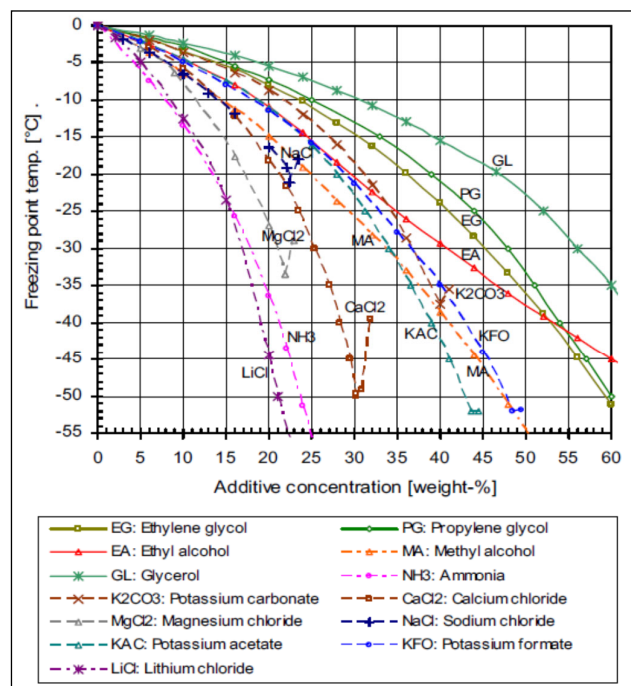
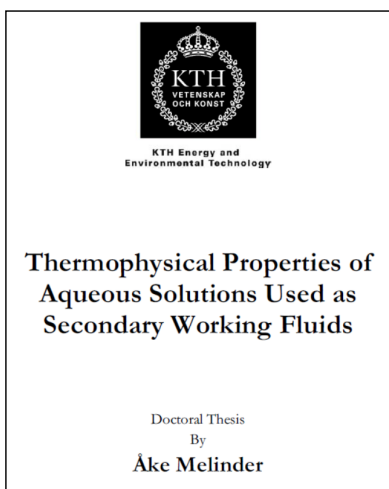
102

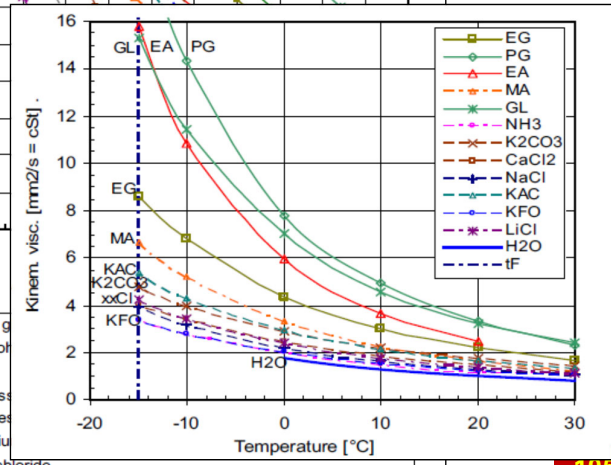
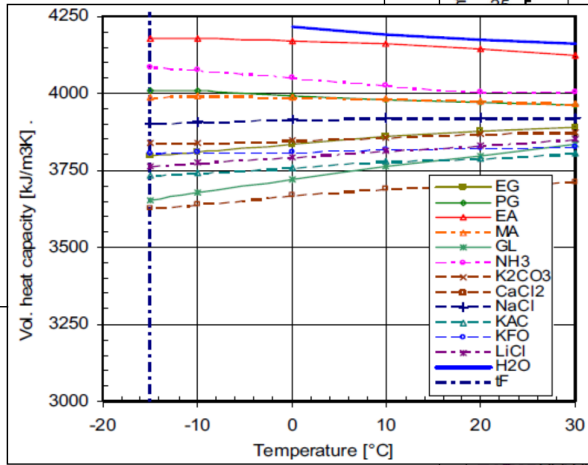
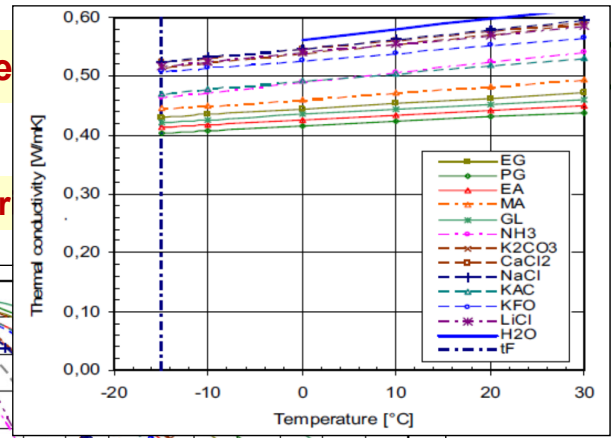
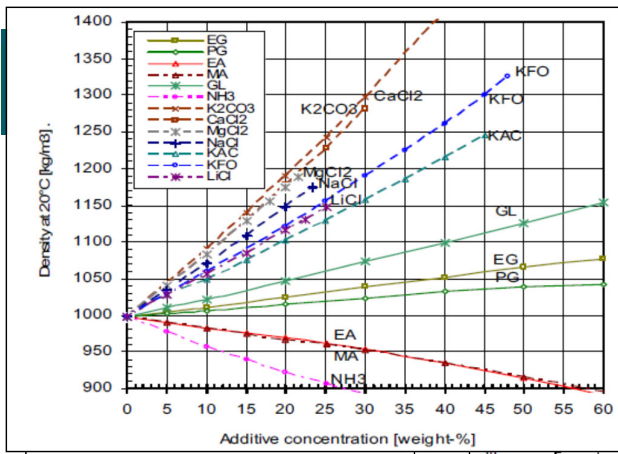
13.- Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras (III)

FLUIDO	T ^a de trabajo
Agua	0 a 100°C
Etilenglicol	-30 a 100°C
Propilenglicol	-20 a 100°C
Alcohol de etilo	-25 a 40°C
Alcohol de metilo	-50 a 40°C
Glicerol	-20 a 40°C
Cloruro de calcio	-40 a 40°C
Cloruro de sodio	-15 a 40°C
Cloruro de litio	-50 a 40°C

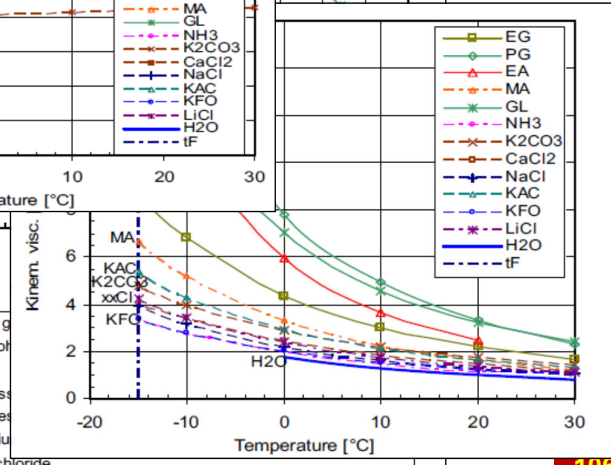
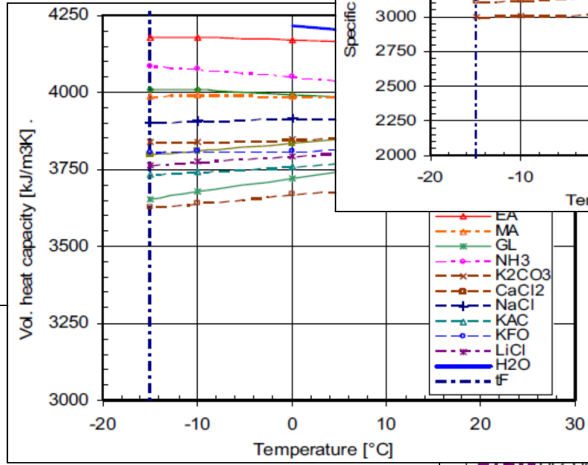
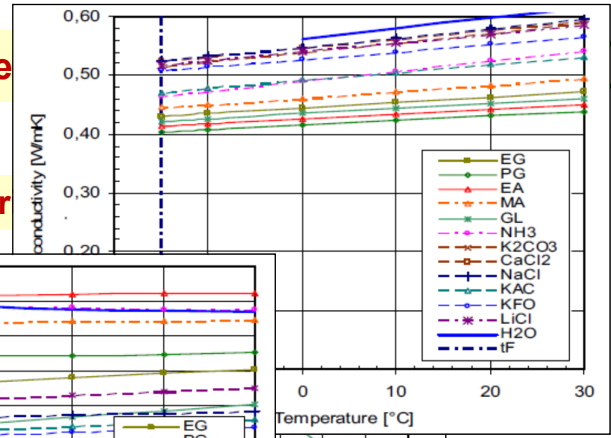
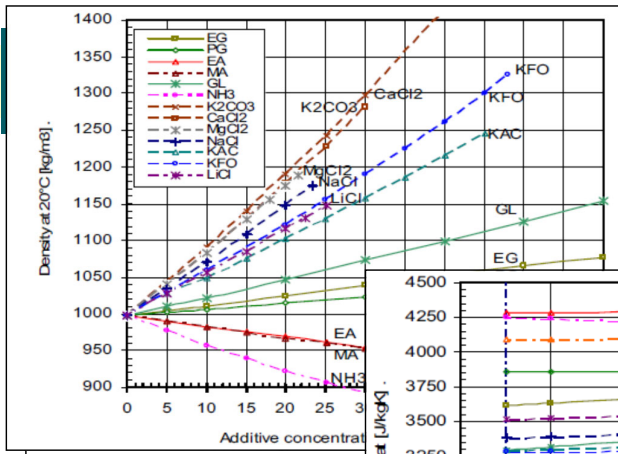
FLUIDO	T ^a de trabajo
Carbonato potásico	-30 a 40°C
Acetato potásico	-45 a 80°C
Formato de potasio	-45 a 40°C
Amoniaco	-50 a 20°C
Tyfoxit	-50 a 80°C
Hielo líquido	-35 a 0°C
CO ₂	-50 a 15°C

13.- Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras (IV)





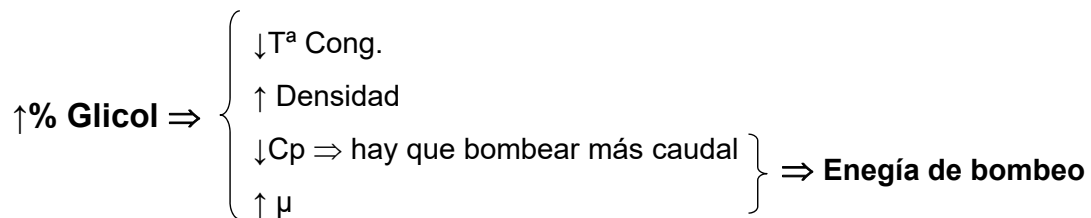
lene g
l alcol
perol
Potas
magnes
tassiu



lene g
l alcol
perol
Potas
magnes
tassiu

13.- Fluidos Frigoríferos, Secundarios o Salmueras (V)

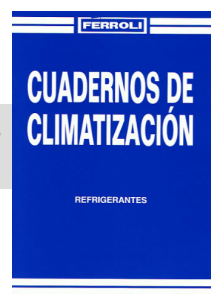
% en peso	Agua	Agua glicolada				
	0	10	20	30	40	50
Tª congelación (°C)	0	-3,2	-7,8	-14,1	-22,3	-33,8
Densidad (kg/m³)	1	1,02	1,03	1,05	1,06	1,08
Calor Específico (kJ/kg° C)	4,197	3,966	3,811	3,642	3,459	3,262
Conductividad Térmica (W/m°C)	0,582	0,528	0,486	0,447	0,411	0,377
Viscosidad dinámica (mPa s)	1,44	1,61	2,29	2,99	4,19	5,7



Bibliografía del Tema (I)



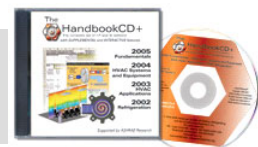
Cuadernos de Climatización. Refrigerantes
Ferrolí



Manuales (CD)
Kimikal

ASHRAE HANDBOOKS (CD`s)

- Fund.: Caps 19, 20 y 21
- Refrigeration: Caps 2, 3, 4, 5, 6 y 7



ATECYR: Fundamentos de Refrigeración
○ Caps 7, 14 y 15



Los Refrigerantes en las Instalaciones Frigoríficas
Ernesto Rodríguez

Bibliografía del Tema (II)

Manual de Manipulación de Gases Refrigerantes FENERCOM



Real Decreto 552/2019, de 27 de septiembre, por el que se aprueban el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas y sus Instrucciones Técnicas Complementarias

Reglamento (UE) N° 517/2014 del Parlamento Europeo y del Consejo de 16 de abril de 2014 sobre los Gases Fluorados de Efecto Invernadero y por el que se deroga el Reglamento (CE) n° 842/2006

Resolución de 30 de septiembre de 2013, de la Dirección General de Industria y de la Pequeña y Mediana Empresa, por la que se amplía la Relación de Refrigerantes Autorizados por el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas

Bibliografía del Tema (III)

Comentarios al RITE 2007 IDAE



- <http://www.carbueros.com/index.html>
- http://www2.dupont.com/Refrigerants/es_ES/
- <http://www.kimikal.es/presentacion.htm>
- <http://www.ipcc.com>
- <http://ozone.unep.org/spanish/>

...

Bibliografía del Tema (IV)

The screenshot shows the homepage of REAL Alternatives. At the top, there is a navigation bar with the following links: **EVENTS**, **HOME**, **NATIONAL CONTACTS**, **E-LIBRARY**, **E-LEARNING**, **NEWS**, **LOGIN OR REGISTER**, and **ADD A RESOURCE**. The main header includes the REAL Alternatives logo and the text "BLENDED LEARNING FOR ALTERNATIVE REFRIGERANTS". A language dropdown menu is set to "English (UK)".

The left sidebar contains several menu items: **ALTERNATIVES?**, **DOWNLOADS**, **CPD DELIVERY**, **CONTACT US**, **STAKEHOLDERS**, **FIND OUT MORE ABOUT OUR PROGRAMME PARTNERS**, and **REGISTER HERE FOR THE LATEST NEWS AND UPDATES**.

The main content area features a central image of a laptop displaying a database search interface. To the right, there is a "Tweets by @REAL_Alts_EU" section with a tweet from REAL Alternatives (@REAL_Alts_EU) mentioning a training course in Edinburgh. Below the tweet are "Embed" and "View on Twitter" options.

At the bottom of the main content area, there are two sections: **EVENTS** with a link to "ALTERNATIVES TRAINING COURSE IN EDINBURGH AUGUST 2016" and **NEWS** with a link to "FINNISH TRANSLATION COMING SOON!". To the right of these sections is a "LEARNING PLATFORM" section described as an "Interactive learning platform for registered users".

The footer of the page displays the URL <http://www.realalternatives.eu/home>.