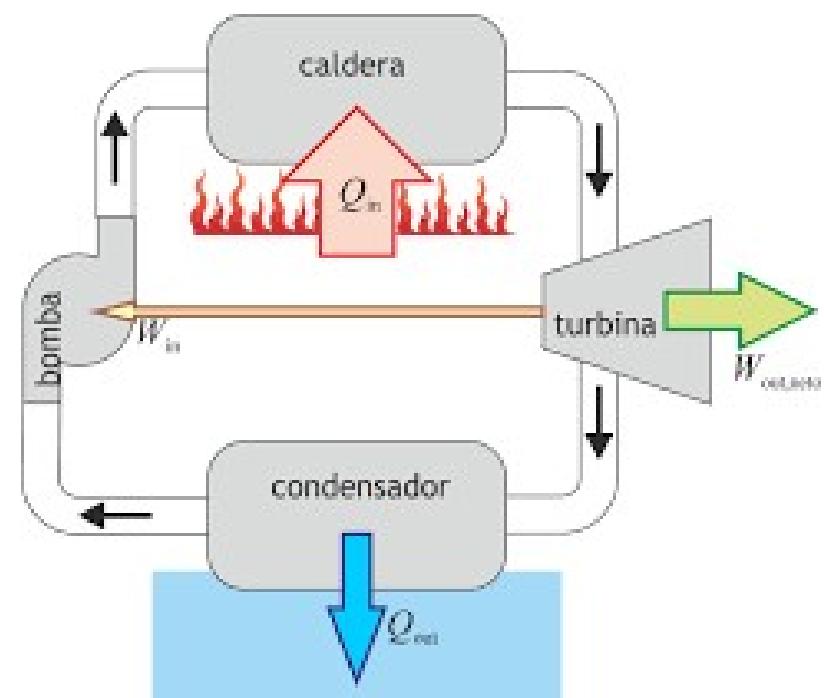


MÁQUINAS TÉRMICAS



UD 4: **REFRIGERANTES Y LUBRICANTES**



1. DEFINICIÓN

- **REFRIGERANTE ES UN CUERPO O SUSTANCIA QUE ACTÚA COMO AGENTE DE ENFRIAMIENTO, ABSORBIENDO CALOR DE OTRO CUERPO O SUSTANCIA.**

“Fluidos que por sus propiedades físicas resultan adecuados para transportar y extraer calor”

- **SINTETIZADOS O FABRICADOS EN SU MAYORIA POR EL SER HUMANO**
- **OTROS SON NATURALES, COMO NH₃ O EL CO₂**

R717

R744

2. HISTORIA

➤ PRIMERA PARTE DEL SIGLO XIX

- AMONÍACO (NH_3)
- DIOXIDO DE CARBONO (CO_2)
- DIÓXIDO DE AZUFRE (SO_2)

SU USO COMENZÓ DEBIDO A LA COMPRESIÓN POR VAPOR PARA USO INDUSTRIAL.

AMONÍACO SE USA DESDE 1876 HASTA NUESTROS DÍAS

2. HISTORIA

- PRINCIPIOS DEL SIGLO XX → DESARROLLO DE UNIDADES DOMÉSTICAS
- AMONÍACO (NH₃): TÓXICO E IRRITANTE, ATACANDO LAS TUBERIAS DE COBRE
- DIOXIDO DE CARBONO (CO₂): OPERA A ELEVADAS PRESIONES Y CONLLEVA EQUIPOS COSTOSOS
- DIÓXIDO DE AZUFRE (SO₂): FORMA ÁCIDO SULFUROSO, ATACANDO A LOS COMPONENTES DEL SISTEMA Y SU RESPIRACIÓN PROVOCA TOS Y AHOGAMIENTO. PESE A ELLO, DEBIDO A QUE ERAN EQUIPOS QUE TRABAJABAN A BAJAS PRESIONES, SE INSTALARON MUCHOS EQUIPOS Y SE FUE PERFECCIONANDO SU ESTANQUEIDAD PARA EVITAR FUGAS
- HIDROCARBUROS(C e H): GRAN INFLAMABILIDAD

2. HISTORIA

➤ PRINCIPIOS DEL SIGLO XX ➤ EN 1928 SE INCORPORA LA REFRIGERACIÓN A LA AUTOMOCIÓN

➤ APARICIÓN DE CLORO-FLUOR-CARBONOS (CFC) DENOMINADOS “FREONES”

- FUERON MAL ACEPTADOS POR SU ELEVADO COSTE, PERO SE IMPUSIERON POR PODER USARSE EN UNIDADES PEQUEÑAS Y EN LOS PRIMEROS GRANDES AIRES ACONDICIONADOS
- TUVIERON OTRAS APLICACIONES COMO AGENTES EXTINTORES E IMPULSORES PARA AEROSOLES

R12

R11, R13, R13B1,
R500...

PROTOCOLO DE MONTREAL EN 1989 LIMITÓ SU USO HASTA 2000

CLORO DAÑA LA CAPA DE OZONO

2. HISTORIA

➤ SIGLO XXI ➔ SE SUSTITUYE UNA GRAN CANTIDAD DEL CLORO POR HIDRÓGENO

➤ APARICIÓN DE HIDRO-CLORO-FLUOR-CARBONOS (HCFC)

R22, R141b, R401A,
R402A...

- DEBIDO A QUE MANTIENEN UNA CANTIDAD DE CLORO, SE EMPLEARON COMO REFRIGERANTES TRANSITORIOS
- SE LES PUSO COMO FECHA LÍMITE EL 2010

➤ APARICIÓN DE HIDRO-FLUOR-OLEFINAS (HFO) Y DE LOS HIDRO-FLUOR-CARBONOS (HFC)

R1234yf

R134a R404a

2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN SEGURIDAD:

Entre las propiedades de los refrigerantes se encuentra su **TOXICIDAD E INFLAMABILIDAD**, teniendo en cuenta esto, según el **GRADO DE SEGURIDAD** que presentan durante su manipulación desde el punto de vista de la prevención de accidentes:

- **GRUPO 1 ALTA SEGURIDAD (L1):** Ni son combustibles ni inflamables. Son ligeramente tóxicos. Son los más utilizados en todos los sistemas y aplicaciones. Ejemplo R-134a, R 410a, R407C o R22.
- **GRUPO 2 MEDIA SEGURIDAD (L2):** Inflamables o explosivos cuando su concentración en el aire es superior al 3,5 % en volumen. No están permitidos en sistemas directos, indirectos abiertos o indirectos abiertos ventilados para aplicaciones en acondicionamiento de aire o calefacción de bienestar. Ejemplo R 717 (amoníaco).
- **GRUPO 3 O DE BAJA SEGURIDAD (L3):** Combustibles y explosivos incluso en concentraciones inferiores al 3,5% en volumen. Ejemplo R290 (propano) y R600 (butano).

Clasificación en función de sus efectos sobre la salud y seguridad.

	Baja toxicidad	Alta toxicidad	
Sin propagación de llama (p.e, considerados inflamables)	A1	B1	
Baja Inflamabilidad	A2L	B2L	
Media Inflamabilidad	A2	B2	
Alta inflamabilidad	A3	B3	
Incremento riesgo toxicidad			
Incremento riesgo inflamabilidad			

Para el propósito del RSIF 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.

DENOMINACIÓN A Y B PARA TOXICIDAD Y 1, 2L, 2 Y 3 PARA INFLAMABILIDAD

GRUPOS DE SEGURIDAD		
GRUPO I	GRUPO II	GRUPO III
R-23	R-30	R-170
R-123	R-40	R-290
R-124	R-160	R-600
R-125	R-611	R-600a
R-134a	R-717	R-1150
R-401A	R-764	Etano
R-401B	R-1130	Propano
R-401C		Butano
R-402 A		Etileno
R-402 B		
R-404A		
R-407 C		
R-417 A		

2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

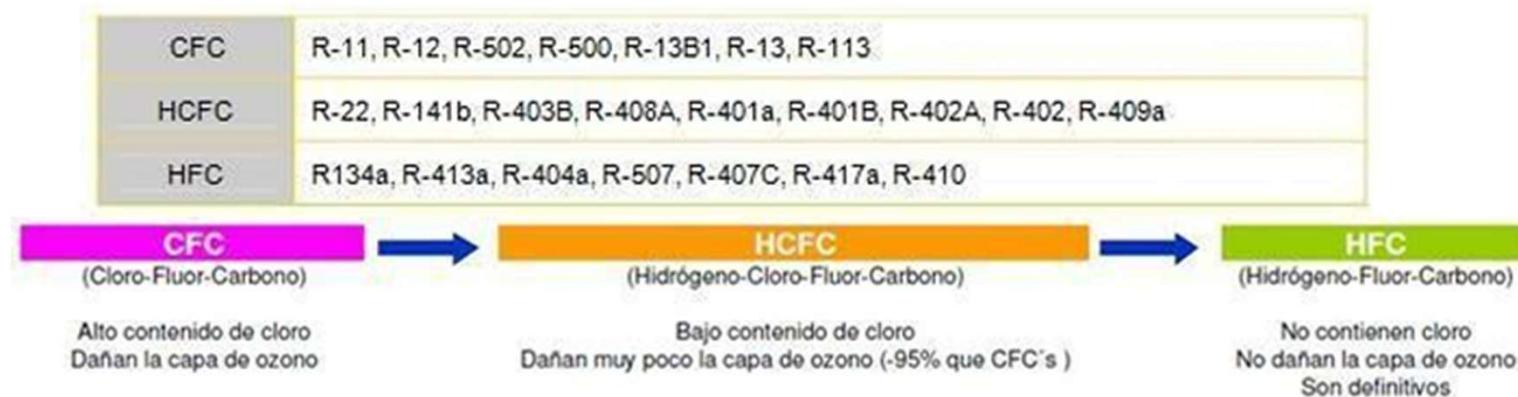
1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

Atendiendo a los elementos que componen a estos, se clasificarán en:

- **CFC (clorofluorocarbonos):** Son los de mayor capacidad de destrucción de la capa de ozono. Durante años han estado relacionados con los aerosoles. Actualmente su uso está prohibido. Son miscibles y solubles con aceites minerales y sintéticos. **Ejemplo R-12 (CCl₂F₂)**. Están en desuso desde el año 2000.
- **HCFC (hidroclorofluorocarbonos):** Dañan en menor medida que los anteriores la capa de ozono. Se denominaron refrigerantes de transición, puesto que han sido una solución intermedia a la sustitución de los CFCs. La miscibilidad con los aceites minerales no es óptima y con los sintéticos no son totalmente solubles. Actualmente su uso está prohibido. **Ejemplo. R-22 (CHClF₂)**. Están en desuso desde el 2015.
- **HFC (hidrofluorocarbonos):** No dañan la capa de ozono, aunque algunos contribuyen al efecto invernadero. Se les denomina refrigerantes definitivos. **Hasta 2025**. En su composición solo tienen flúor, hidrógeno y carbono. Ejemplo. R-134a, prohibido en nuevas instalaciones de gran capacidad (2020) y sustituido por refrigerantes como **HFO-1234yf y R-32**.

2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:



2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

➤ REFRIGERANTES ORGÁNICOS:

- **HCFC + HFC:** Son mezclas de refrigerantes transitorias. Son combinaciones de refrigerantes que se usan temporalmente mientras se encuentra una solución definitiva más ecológica. Estas mezclas son una transición hacia refrigerantes más sostenibles.
- **HFC + HFC:** Son mezclas de refrigerantes definitivas. Refrigerantes de combinaciones definitivas son de nueva generación, que son considerados alternativas permanentes y sostenibles.

Estos refrigerantes tienen un bajo impacto ambiental en cuanto a la capa de ozono y el cambio climático, y su uso está aprobado para el futuro debido a sus características favorables:

- Bajo potencial de calentamiento global (PCG o PCA).
- Bajo o nulo impacto en la capa de ozono.
- Mayor eficiencia energética.

2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

- **HFO (Hidrofluoroolefinas):** Son HFC no saturados. No afectan a la destrucción de la capa de ozono, su contribución al efecto invernadero es mínima y su inflamabilidad limitada. Son los llamados refrigerantes de cuarta generación después de los CFC, HCFC y HFC. **Ejemplos:** R-1234yf, R-1234ze.
- **HC (hidrocarburos):** Tienen la ventaja de que ninguno de ellos absorbe humedad de forma considerable y de que todos son muy miscibles en aceite en cualquier condición. Sin embargo, son extremadamente inflamables y explosivos, por lo que su uso está limitado a aplicaciones especiales y requieren los servicios de personal cualificado. **Ejemplos:** Propano (R-290), Butano (R-600).

2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

- **REFRIGERANTES INORGÁNICOS:(salmuera, CO₂, amoníaco y agua).** Estos compuestos, no poseen enlaces carbono-hidrógeno en su estructura. Se caracterizan por un bajo coste y por tener un ODP bajo.
 - Las salmueras son refrigerantes naturales. Se han utilizado tradicionalmente para la conservación de alimentos, por ejemplo, mezclando agua con sal. Existen distintos tipos de salmueras: de tipo salino, a base de glicol, para bajas temperaturas (a base de alcoholes) y para aplicaciones especiales (aceites térmicos). Tienen la desventaja de que presentan problemas de corrosión, por lo que el sistema debe mantenerse con una presión muy alta y sin contacto con la atmósfera.
 - **R744 (CO₂).** Gas inerte no, contaminante.
 - **R718 (Agua).** Demanda presiones de evaporación por debajo de la atmosférica lo que dificulta su aplicación.
 - **R-717 (Amoníaco).** Tóxico e inflamable, produce corrosión con cobre. Utilizado en instalaciones industriales.

2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

➤ MEZCLAS DE REFRIGERANTE:

• AZEOTRÓPICAS (SERIE 500):

Formadas por dos o más componentes en proporciones precisas, y su principal característica es que se comportan como un refrigerante puro; en ellas, los procesos de evaporación y condensación, es decir, los cambios de estado se producen a temperatura y presión constantes.

En las mezclas azeotrópicas, durante los cambios de fase la temperatura de saturación y la composición permanecen invariables a presión constante.

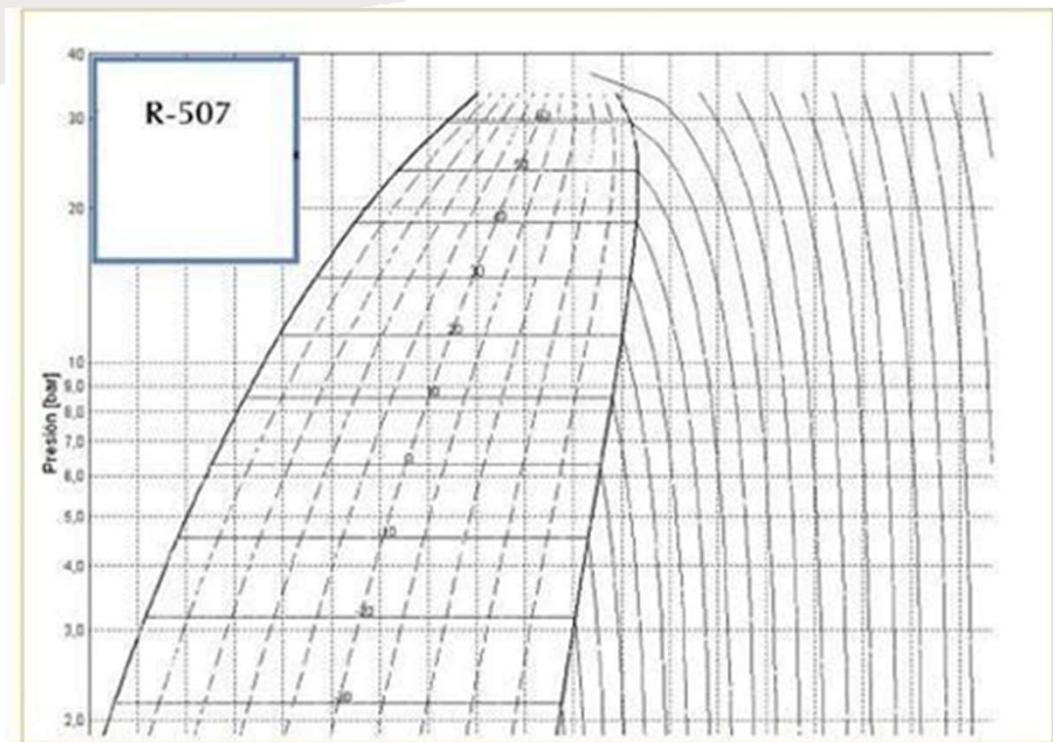
2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

- MEZCLAS DE REFRIGERANTE:
- AZEOTRÓPICAS (SERIE 500):

El R-507 es una mezcla azeotrópica, formada por R-125 en un 50 % y R-143a en un 26,2 %.

En la figura siguiente se representa su diagrama P-h. ¿Observas que las isotermas son horizontales dentro de la campana? Eso indica que la temperatura de saturación permanece constante durante el cambio de fase



2. CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES

1) SEGÚN COMPOSICIÓN QUÍMICA:

➤ MEZCLAS DE REFRIGERANTE:

• ZEOTRÓPICAS (SERIE 400):

Su composición varia a lo largo de los procesos de condensación y evaporación, debido a la diferente volatilidad de sus componentes. Esto hace que presenten deslizamiento (**D**) entre los puntos de rocío (**PR**) y el punto burbuja (**PB**), es decir una diferencia entre la temperatura final y el principio de cambio de estado.

- Punto de Rocío (PR): Temperatura de saturación del vapor
- Punto de Burbuja (PB): Temperatura de saturación del líquido

$$\text{DESLIZAMIENTO (D)} = \text{PR} - \text{PB} \text{ (}^{\circ}\text{C)}$$

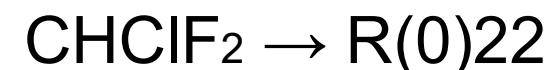
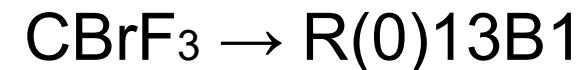
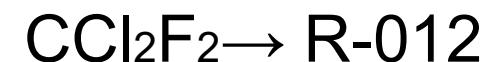
El deslizamiento se define como la diferencia entre la temperatura del refrigerante a la entrada del evaporador y a la salida del mismo, antes de que comience el recalentamiento.

3. NOMENCLATURA

Los refrigerantes pueden identificarse por su fórmula o nombre químico o mediante una simbología alfanumérica (R más un número) que está establecida por el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas (RSIF).

A) ORGÁNICOS: TIENEN ENLACES DE **CARBONO-HIDRÓGENO** EN SU ESTRUCTURA.

ADICIONAL		ADICIONAL			
R	C	1	(nº C)-1	(nº H)+1	nº F
SOLO CICLOS					B y nº



3. NOMENCLATURA

Los refrigerantes pueden identificarse por su fórmula o nombre químico o mediante una simbología alfanumérica (R más un número) que está establecida por el Reglamento de Seguridad para Instalaciones Frigoríficas (RSIF).

A) ORGÁNICOS: TIENEN ENLACES DE **CARBONO-HIDRÓGENO** EN SU ESTRUCTURA.

EJERCICIO: Conocemos la fórmula química de un refrigerante, que es $C_2H_2F_4$. Pero es mucho más cómodo utilizar su denominación simbólica para referirnos a él. Obtenla a partir de su composición química.

3. NOMENCLATURA

B) INORGÁNICOS:

EL AMONÍACO, **NH₃**, ESTOS SE DENOMINAN CON LA SERIE 700 MÁS EL PESO MOLECULAR CORRESPONDIENTE.

Por ejemplo, el amoníaco tiene un peso molecular de 17. Por tanto, su denominación simbólica es

R-7XX

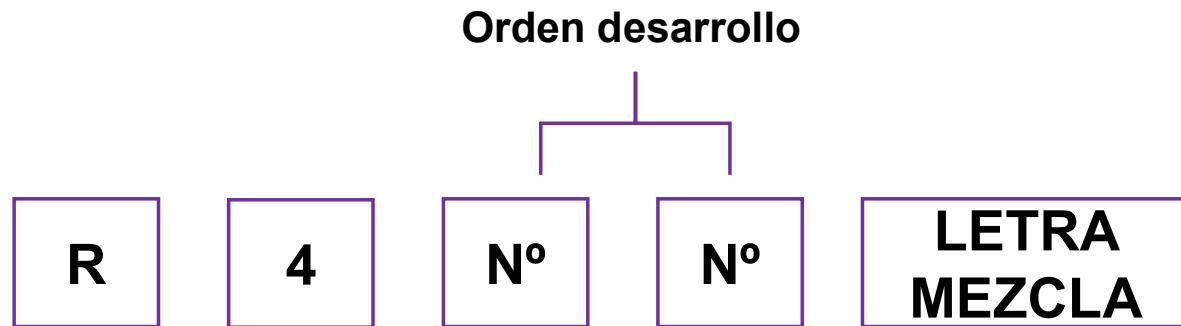
R- 717.

Cuando dos o más refrigerantes inorgánicos tienen los mismos pesos moleculares se utilizan las A, B, C, etc., para distinguirlos entre ellos.

3.NOMENCLATURA

C) MEZCLAS:

ZEOTRÓPICAS



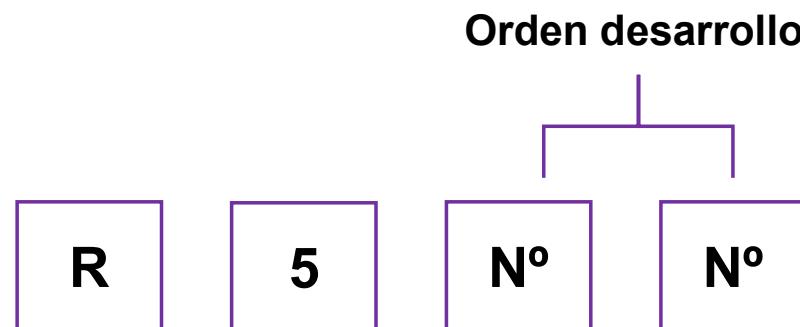
R-407A (20% R32, 40% R125, 40%134a)

R-407B (10% R32, 70% R125, 20%134a)

R-407C (23% R32, 25% R125, 52%134a)

3. NOMENCLATURA

C) MEZCLAS:



AZEOTRÓPICAS

R-500 (73.8% R12, 26.2% R152a)

R-507 (50% R125, 50% R143a)

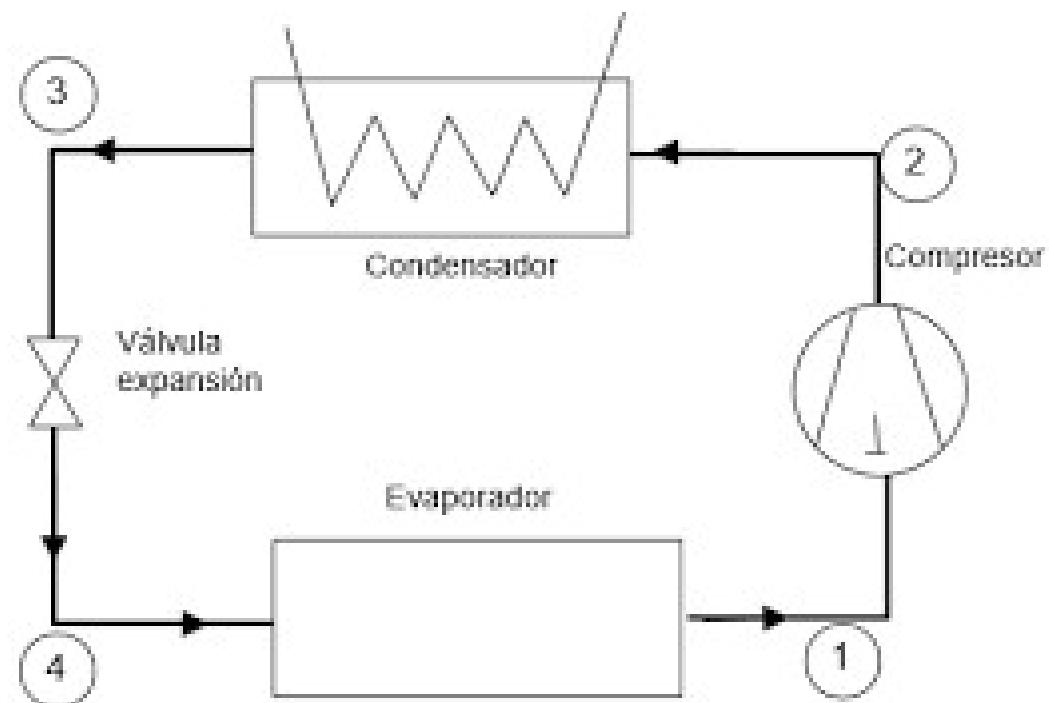
4. PROPIEDADES

CICLO BÁSICO
DE
REFRIGERACIÓN

- **EVAPORACIÓN:** REFRIGERANTE ABSORBE EL CALOR DEL ENTORNO
- **COMPRESIÓN:** REFRIGERANTE EVAPORADO SE COMPRIME
- **CONDENSACIÓN:** REFRIGERANTE COMPRIMIDO CONDENSA PARA COMENZAR DE NUEVO Y SER EMPLEADO NUEVAMENTE EN EL EVAPORADOR

4. PROPIEDADES

CICLO BÁSICO
DE
REFRIGERACIÓN



4. PROPIEDADES

- EL REFRIGERANTE IDEAL SERÍA AQUÉL CAPAZ DE CEDER EN EL CONDENSADOR TODO EL CALOR PREVIAMENTE ABSORBIDO EN EL EVAPORADOR, COSA QUE REALMENTE NO SUCEDE.
- CADA SISTEMA EXIGE DETERMINADAS CONDICIONES DE TRABAJO, LO QUE CONLLEVA A SELECCIONAR PARA CADA UNO DE ELLOS EL REFRIGERANTE CUYAS **PROPIEDADES** MEJOR SE ADAPTEN A LOS REQUISITOS DEL PROYECTO, Y QUE MENOS PROBLEMAS MEDIOAMBIENTALES PRESENTE.

VEAMOS CUALES SON ESAS PROPIEDADES

4. PROPIEDADES

TEMPERATURA

ES NECESARIO ATENDER A TRES PUNTOS DE ESTA MAGNITUD

- **PUNTO DE EBULLICIÓN:** es la temperatura a la que la **PRESIÓN DE VAPOR SE IGUALA A LA PRESIÓN ATMOSFÉRICA.**
 - Es interesante un **punto de ebullición bajo** para poder conseguir una temperatura baja en el evaporador.
- **TEMPERATURA CRÍTICA:** es la temperatura máxima a la que un gas puede licuarse.
 - El refrigerante debe de tenerla **lo más alta posible.**
- **TEMPERATURA DE CONGELACIÓN:** ha de ser inferior a la temperatura de trabajo en el evaporador.

4. PROPIEDADES

TEMPERATURA

REFRIGERANTE	TEMPERATURAS EN °C		
	EBULLICIÓN	CRÍTICA	CONGELACIÓN
R-22	-40,7	96	-160
R-134a	-26,5	101,1	-103
R-717	-33,3	132,9	-78

4. PROPIEDADES

PRESIÓN-TEMPERATURA

- EN UN SISTEMA FRIGORÍFICO ES TRABAJAMOS CON PRESIONES, TANTO EN EL CONDENSADOR COMO EN EL EVAPORADOR SUPERIOR A LA ATMOSFÉRICA.
- LA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN DE UN REFRIGERANTE DEPENDE DE LA PRESIÓN. DE MODO QUE CUANTO MÁS ALTA SEA LA PRESIÓN MAYOR ES LA TEMPERATURA DE EBULLICIÓN.
- TIENEN A PRESIÓN DE 1 BAR TEMPERATURAS DE EBULLICIÓN NEGATIVAS:

REFRIGERANTE	TEMPERATURA	PRESIÓN
R12	-30 °C	1 atm
R22	-41°C	1 atm
R717	-33 °C	1 atm

4. PROPIEDADES

VOLUMEN ESPECÍFICO

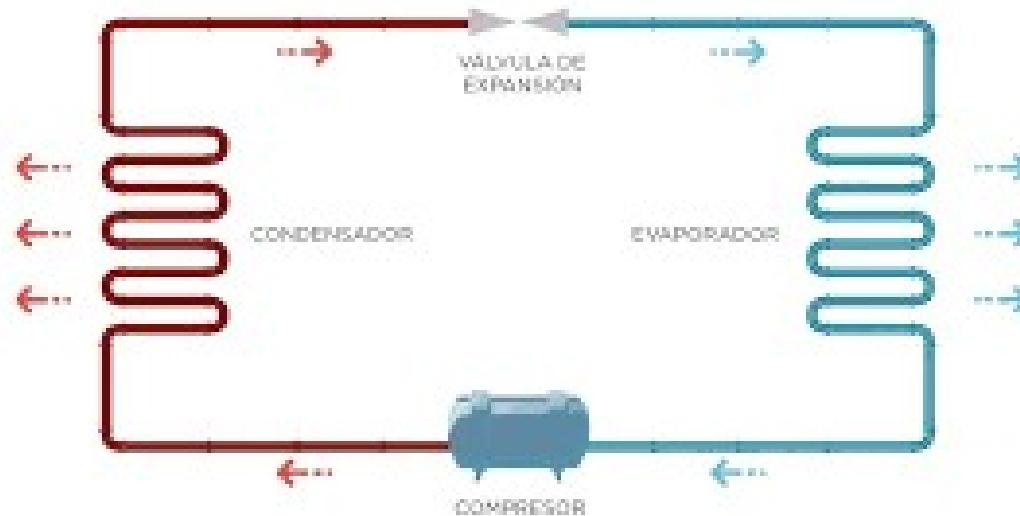
- ES EL VOLUMEN QUE OCUPA UN KILOGRAMO DE REFRIGERANTE EN CONDICIONES NORMALES (20 °C Y 1 atm).
- ES DESEABLE QUE EL VOLUMEN ESPECÍFICO EN FASE VAPOR DE UN REFRIGERANTE SEA LO MENOR POSIBLE, PARA PODER UTILIZAR COMPRESORES DE MENOR TAMAÑO.

4. PROPIEDADES

CALOR LATENTE
VAPORIZACIÓN

- EL CALOR LATENTE DE UN REFRIGERANTE HA DE SER LO MÁS ELEVADO POSIBLE, PARA QUE UNA PEQUEÑA CANTIDAD DE LÍQUIDO ABSORBA UNA GRAN CANTIDAD DE CALOR AL EVAPORARSE.

Ciclo de refrigeración industrial



4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ NI TÓXICO NI VENENOSO

- LOS REFRIGERANTES SINTÉTICOS NO SON TÓXICOS, Y EL RIESGO ES MUY LEVE O PRÁCTICAMENTE INEXISTENTE.
- HAY REFRIGERANTES QUE SON REALMENTE DAÑINOS AL HOMBRE, AÚN EN PEQUEÑAS CONCENTRACIONES.
- EL **R-12** NO ES TÓXICO Y UNA PERSONA PUEDE VIVIR EN UNA ATMÓSFERA CON UN ALTO PORCENTAJE DE ESTE REFRIGERANTE DURANTE PERÍODOS PROLONGADOS.
- EL **AMONÍACO (R-717)** UNA EXPOSICIÓN DE 30 MINUTOS EN AIRE, CON UNA CONCENTRACIÓN DE 0.5% EN VOLUMEN, SE CONSIDERA PELIGROSA Y HASTA LETAL.
- EL **DIÓXIDO DE AZUFRE**, YA NO SE USA DESDE HACE AÑOS, ES TÓXICO, UNA EXPOSICIÓN A UN 0,5%, PUEDE SER LETAL.

4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ NI EXPLOSIVO NI VENENOSO

- COMO HEMOS VISTO LOS REFRIGERANTES SE CLASIFICAN EN TRES GRUPOS DE SEGURIDAD: ALTA, MEDIA Y BAJA SEGURIDAD.

ALTA

- Se pueden utilizar en cantidades relativamente grandes en cualquier tipo de instalación

MEDIA

- Pueden resultar ligeramente inflamables en contacto con el aire

BAJA

- Pueden formar mezclas combustibles o explosivas con el aire incluso en pequeñas proporciones.

4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ NO INTERACTUAR CON OTRAS SUSTANCIAS O MATERIALES

- Pueden tener efectos corrosivos sobre algunos metales o reaccionar formando productos indeseables y contaminantes. Debe seleccionarse un refrigerante que no tenga ningún efecto sobre los metales.

Por ejemplo, el amoniaco no debe usarse con cobre debido a que su combinación provoca problemas de corrosión

4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ FACIL DETECCIÓN DE FUGAS

- Los refrigerantes tienen tendencia a fugarse y cuando esto ocurre deben ser detectables con facilidad.
 - Si el refrigerante tiene un olor característico, puede percibirse su presencia de inmediato.
 - Si el refrigerante no desprende olor, se le añaden compuestos compatibles con el sistema en pequeñas cantidades, que aporten un olor específico que ponga de manifiesto la presencia de una fuga.

4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ MISCIBILIDAD CON EL ACEITE

- Los refrigerantes han de ser compatibles con los aceites lubricantes que se utilicen en el sistema frigorífico, para que ninguno de ellos se descomponga en presencia del otro dentro de los equipos.
- Aunque la función del aceite es lubricar las partes móviles del compresor, no se puede evitar que algo de aceite se vaya hacia el sistema junto con el refrigerante, aun cuando se cuente con un separador de aceite.
- Por lo tanto, hay dos partes del sistema donde esta relación es de interés: *compresor y el evaporador*.

4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ NO REACCIONAR EN CONDICIONES DE HUMEDAD

- Todos los refrigerantes absorben humedad en cantidades variables, sin embargo, el exceso de humedad en un sistema de refrigeración debe evitarse por dos razones ya que el agua:

- Puede congelarse, interrumriendo el paso del refrigerante.
- Puede reaccionar con el refrigerante originando corrosión, atascos.

En cualquiera de los dos casos el resultado sería el mal funcionamiento del sistema.

4. PROPIEDADES

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS

➤ COMPUESTO ESTABLE

- En sistemas normales que estén razonablemente limpios y secos, la estabilidad del refrigerante no es un problema. La mayoría de los refrigerantes tienen una estabilidad adecuada para las aplicaciones donde se utilizan.

4. PROPIEDADES

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

- **El EFECTO INVERNADERO** es un fenómeno natural que ha desarrollado nuestro planeta . El planeta está cubierto por una capa de gases, la atmósfera una de esas capas, filtra y permite la entrada de algunos rayos solares.
- Este mecanismo, que no es nada simple, permite que el planeta tenga una temperatura aceptable para el desarrollo de la vida tal como la conocemos.
- La actividad humana ha provocado el aumento progresivo de la cantidad de muchos de los gases presente en la atmósfera, desencadenando un paulatino cambio en el clima mundial.
- Los refrigerantes son unos de estos gases de efecto invernadero, contribuyendo al calentamiento global.

4. PROPIEDADES

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

- En cuanto a la contribución de estos a la destrucción de la capa de ozono, los refrigerantes que poseen en su composición química Cloro y Bromo son los más dañinos y se ha ido legislando en el tiempo para su prohibición y el uso alternativo con otros no contaminantes.

<https://ozonewatch.gsfc.nasa.gov/>

- A modo de curiosidad, el agujero de esta capa se está frenando y muestras leves mejorías en los últimos años. No obstante, el daño está hecho, puesto que el cambio climático y el calentamiento global es algo palpable

4. PROPIEDADES

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

- Con el fin de cuantificar en qué medida contribuye un compuesto al calentamiento de la Tierra y a la reducción de la capa de ozono, se han establecido unos índices que permiten comparar productos entre sí. Éstos son:

GWP/PCA

- GLOBAL WARMING POTENTIAL
- POTENCIAL DE CALENTAMIENTO ATMOSFÉRICO

ODP/PAO

- OZONE DEPLETION POTENTIAL
- POTENCIAL DE AGOTAMIENTO DE OZONO

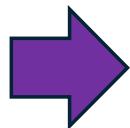
4. PROPIEDADES

PROPIEDADES
MEDIOAMBIENTALES

GWP/PCA

- Índice que relaciona la contribución de una sustancia al efecto invernadero en comparación con la del dióxido de carbono.

COMPARA REFRIGERANTE CON



CO₂

GWP = 1

COMPARATIVA EFECTO REFERIDA A UN
PERIODO DE TIEMPO DE 100 AÑOS

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

Refrigerante	GWP
R22	1.700
R134a	1.300
R401A	1.082
R401B	1.186
R402A	0,64
R402B	0,49
R404A	3.260
R408A	2.743
R410A	1.725
R23	6
R717	0
R507A	3.300

4. PROPIEDADES

GWP/PCA

- Para el R134a, el **GWP es 1.300**, lo que significa que una emisión a la atmósfera de 1 kilogramo de este refrigerante tendría el mismo impacto durante 100 años que una emisión de 1.300 kilogramos de CO₂.

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

4. PROPIEDADES

GWP/PCA

- Este parámetro no tiene en cuenta el **CO₂** emitido a la atmósfera de la energía eléctrica consumida por el equipo durante funcionamiento:

GWP = IMPACTO DIRECTO (Contribución al efecto invernadero)

- Por ello aparece un nuevo concepto que engloba ambos impactos:

TEWI = IMPACTO DIRECTO (Contribución al efecto invernadero) + IMPACTO INDIRECTO (Consumo de Energía)

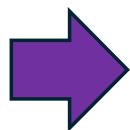
**PROPIEDADES
MEDIOAMBIENTALES**

4. PROPIEDADES

ODP/PAO

- Indicador de la capacidad que tiene un refrigerante para destruir la capa de ozono. Cuanto más alto es, más dañino para la capa de ozono.

COMPARA REFRIGERANTE CON



R11

ODP = 1

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

4. PROPIEDADES

ODP/PAO

Refrigerante	ODP
R22	0,055
R134a	0
R401A	0,037
R401B	0,040
R402A	0,02
R402B	0,03
R404A	0
R408A	0,023
R410A	0
R23	0
R717	0
R507A	0

PROPIEDADES MEDIOAMBIENTALES

4. PROPIEDADES

TEWI

□ TEWI (*Total Equivalent Warming Impact*)

- Masa equivalente de CO₂ emitida por una instalación como resultado de la suma del impacto directo generado por fugas de refrigerante y el impacto indirecto generado por el CO₂ emitido en la producción de energía eléctrica consumida por la planta frigorífica.

$$TEWI = GWP \cdot L \cdot n + GWP \cdot m \cdot (1 - \alpha_{rec}) + n \cdot E \cdot \beta \quad [kg\ CO_2]$$

L: Fugas anuales [kg]

n: Años de operación

m: Carga de refrigerante [kg]

α_{rec} : Factor de reciclado

E: Consumo energía anual [kWh]

β : Emisión de CO₂ por kWh

**REALIZAMOS LA TF.1 REFRIGERANTES MÁS
EMPLEADOS. USOS Y CACTERÍSTICAS**

RESUMEN

HISTORIA ANTECEDENTES

- s.XIX ➤ Refrigerantes naturales CO₂ - NH₃ ➤ inseguros
- 1930 ➤ Refrigerantes sintéticos CFC (R-12)
- 1950 ➤ Refrigerantes sintéticos con cloro HCFC (R-22) ➤ seguros
provocan agujero en la capa de ozono (ODP*)
- 1987 ➤ Protocolo de Montreal acuerda reducir el uso de HCFC
- 1990 ➤ Refrigerantes HCF R410A - R404A ➤ ODP= 0
Afectan al efecto invernadero (PCA*)
- 1997 ➤ Protocolo de Kioto acuerda reducir el uso de gases de efecto invernadero
- 2014 ➤ Normativa Europea F-Gas 517/2014 ➤ Reducir en 2030 un 74% el uso de gases fluorados

*ODP= Ozone depletion potential (Potencial de agotamiento del ozono)

*PCA= Potencial de calentamiento atmosférico (en inglés GWP)

RESUMEN

PROHIBICIONES DE USO

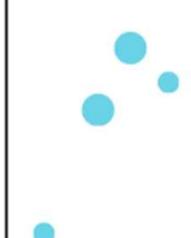
Desde 2010



Tipo: HCFC
PCA: 1810
OPD: 0.05

Prohibidos todos los refrigerantes que dañan la capa de ozono

A partir de 2020



Tipo: HFC
PCA: 3922
Clase: A1



Tipo: HFC
PCA: 3985
Clase: A1

Prohibidos HFCs con PCA igual o superior a

Frigoríficos y congeladores para uso comercial (sellados herméticamente)

2500

Aparatos fijos de refrigeración y aire acondicionado

A partir de 2022

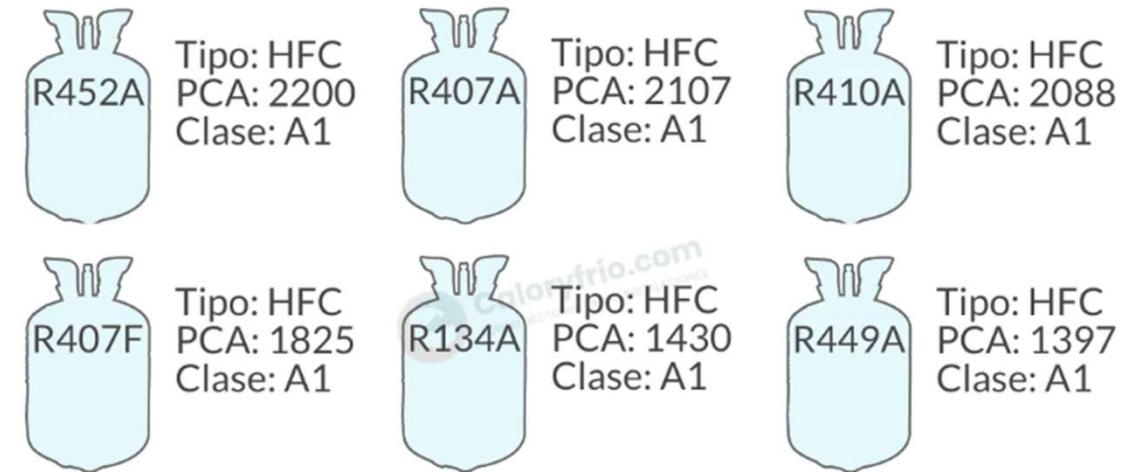
Equipos nuevos. Sin límite para mantenimiento

Prohibidos HFCs con PCA igual o superior a 150

Frigoríficos y congeladores para uso comercial (sellados herméticamente)

Centrales frigoríficas multicompressor compactas uso comercial más de 40 kW

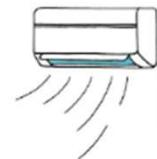
RESUMEN



A partir de 2025

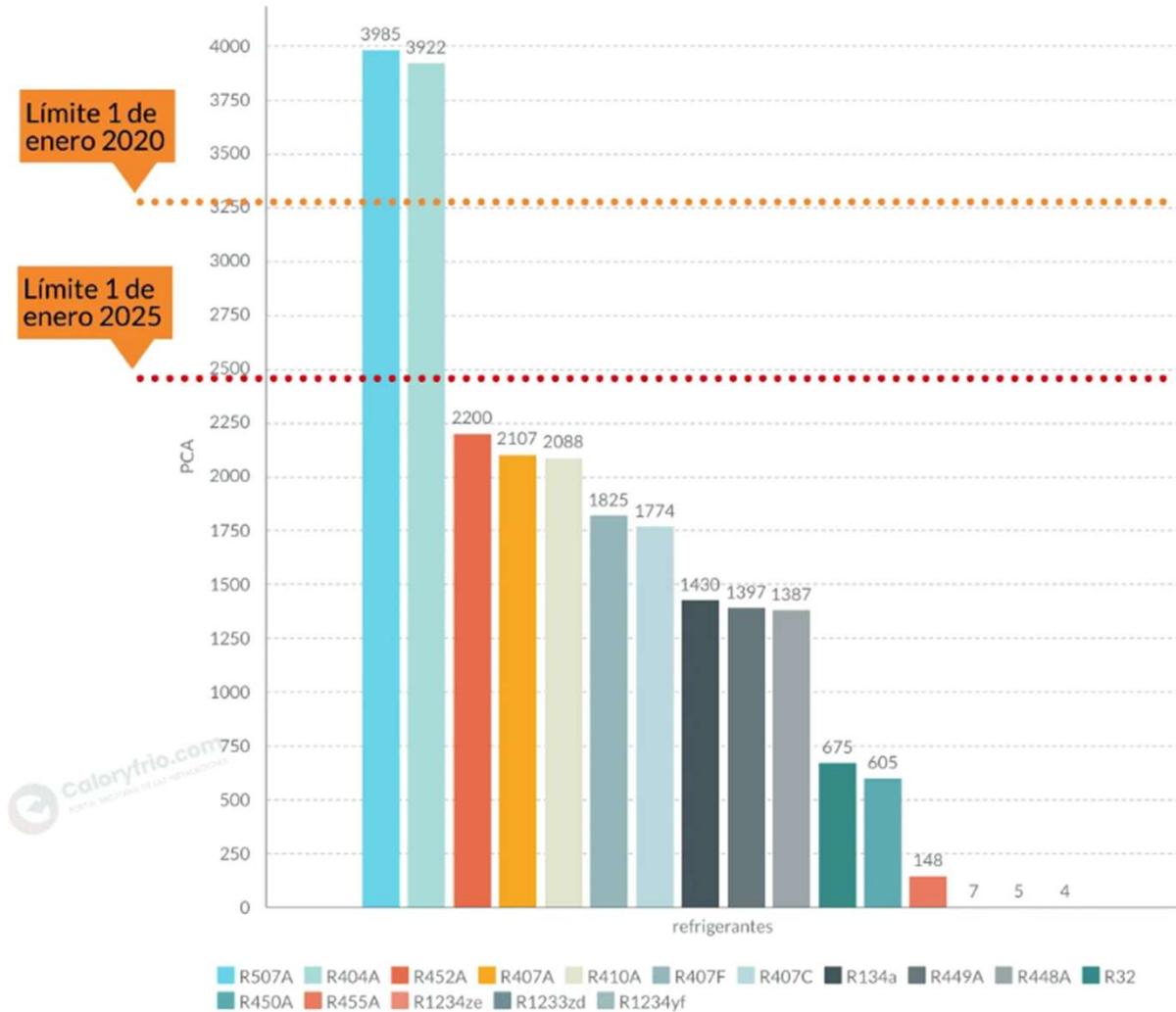
Prohibidos HFCs con PCA igual o superior
a 750

Sistemas partidos simples de aire
acondicionado que contienen menos de 3kg de
gases fluorados de efecto invernadero



PREVISIÓN

Nivel de PCA de los refrigerantes del mercado actual



ALTERNATIVAS

ALTERNATIVAS

Alternativas al R134A (refrigeración comercial)



Mezcla
PCA: 631
Clase: A1



Mezcla
PCA: 604
Clase: A1



Tipo: HFO
PCA: 292
Clase: A1



Tipo: HFO
PCA: 4
Clase: A2L



Tipo: HFO
PCA: 7
Clase: A2L



Tipo: HFO
PCA: 124
Clase: A2



Tipo: HFO
PCA: 596
Clase: A1



Alternativas al R404A (refrigeración comercial)



Dóxido de
carbono
PCA: 1



Tipo: HFO
PCA: 145
Clase: A2L



Tipo: HFO
PCA: 145
Clase: A2L

ALTERNATIVAS

Alternativas al R404A (refrigeración comercial)



Dóxido de
carbono
PCA: 1



Tipo: HFO
PCA: 145
Clase: A2L



Tipo: HFO
PCA: 145
Clase: A2L

Alternativas al R132 (enfriadoras)



Tipo: HFO
PCA: 4,5
Clase: A1



Caloryfrio.com
PORTAL SECTORIAL DE LAS INSTALACIONES

ALTERNATIVAS

Alternativas al R410A (doméstico)



Tipo: HFC
PCA: 675
Clase: A2L



Tipo: HF0
PCA: 650
Clase: A2L



Mezcla
PCA: 676
Clase: A2L



Tipo: HFO
PCA: 145
Clase: A2L



Amoniaco
PCA: 0



Refrigerantes naturales (no fluorados)



*Clases de seguridad ASHRAE
A1nula inflamabilidad
A2L baja toxicidad, baja inflamabilidad

5. MANIPULACIÓN

RECUPERACIÓN REFRIGERANTE

- DEBIDO A QUE ESTOS COMPUESTOS SON PELIGROSOS Y SU VERTIDO AL MEDIAMBIENTE ESTA PROHIBIDO, ES MUY RELEVANTE SU RECUPERACIÓN. SE DEBE DE SEGUIR EL SIGUIENTE PROCESO:
- **FASE DE PREPARACIÓN:**
 - Conocer tipo de refrigerante para seleccionar el equipo y el propio método de recuperación.
 - Saber la cantidad (masa) de refrigerante que tiene el circuito, para poseer las botellas necesarias para su extracción. Estas botellas se llenan al 80% de su capacidad.
 - Emplear una báscula electrónica para conocer esa masa exacta.
 - En caso de que se vaya a emplear nuevamente y de forma rápida el refrigerante, emplear cilindros de carga,
 - Conocer el caudal de recuperación, para determinar el tiempo de recuperación.

5. MANIPULACIÓN

RECUPERACIÓN
REFRIGERANTE

- **FASE DE RECUPERACIÓN:**

FASE
LÍQUIDA

- MÁS RÁPIDO
- EQUIPOS GRANDES
- NO PERMITE LA EXTRACCIÓN COMPLETA
- REFRIGERANTE SALE MEZCLADO CON EL ACEITE

GASEOSA

- EQUIPO RECUPERADOR ES MÁS SENCILLO
- MÁS LENTO
- EQUIPOS PEQUEÑOS

5. MANIPULACIÓN

RECUPERACIÓN REFRIGERANTE

FASE LÍQUIDA



- **FASE DE RECUPERACIÓN:**

GASEOSA



5. MANIPULACIÓN

Puros: Único componente

R- ## R-12, R-22

R- 1## R-134a



Al estar formados por un único componente su extracción puede realizarse tanto en fase líquida como en gaseosa.

Mezclas Azeotrópicas:

Más de un componente, pero se comportan como un compuesto puro

R-5## R-502, R-507



Al comportarse como compuestos puros pueden ser extraídos tanto en fase líquida como gaseosa.

Mezclas Zeotrópicas:

Más de un componente, pero **NO** se comportan como un compuesto puro

R-4## R-407c, R-413a

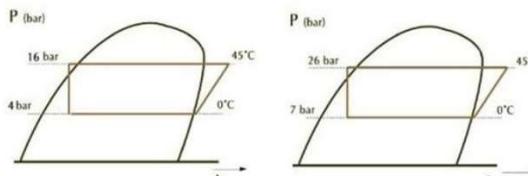


Ya que no se comportan como un compuesto puro, estos deben ser extraídos en fase líquida **siempre** para no alterar su composición.

- Cuando extraemos el refrigerante de una instalación hay que buscar otro compatible y evitar su emisión a la atmósfera.

5. MANIPULACIÓN

- Debido al cambio de normativa para minimizar los efectos contaminantes de los refrigerantes, algunos de ellos han tenido que sustituirse por otros menos dañinos. Pero,
 - **¿CÓMO SABER SI UN COMPUESTO ES VÁLIDO PARA SUSTITUIR A OTRO?**

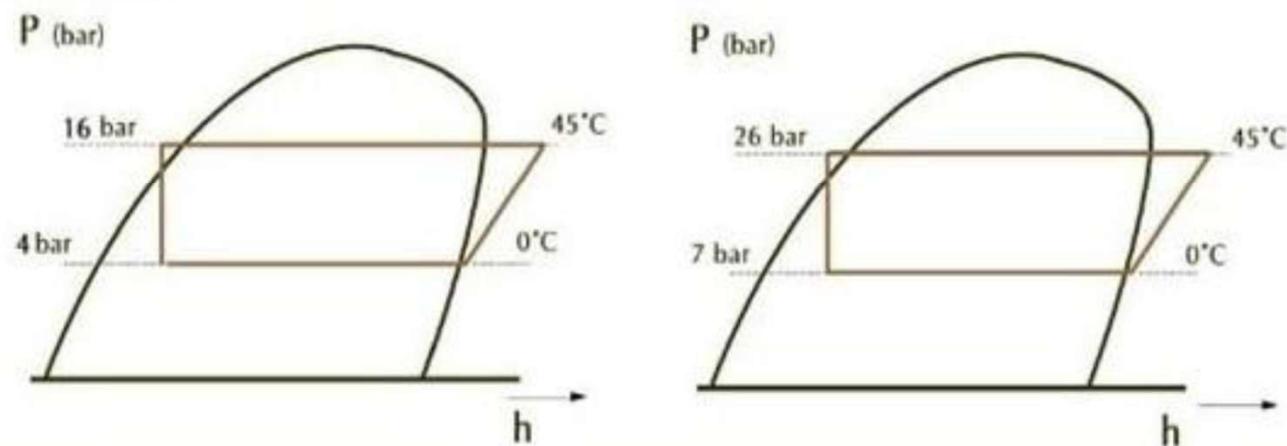


Mediante el diagrama P-h de cada compuesto:

A continuación, están representados los diagramas de Molliere correspondientes al R-22 y al R-410a. De su análisis y comparación se puede determinar si es posible sustituir uno por otro.

5. MANIPULACIÓN

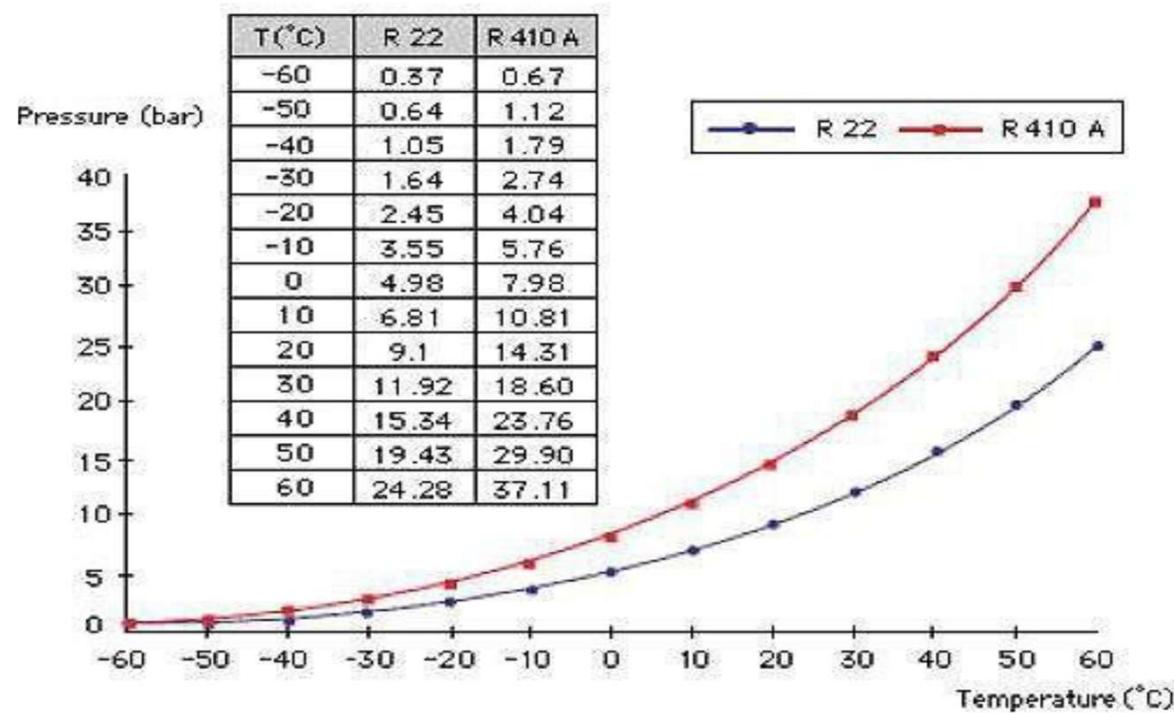
- En ambos ciclos operan en el mismo rango de **temperaturas**.
- Sin embargo, las **presiones** son diferentes, ya que el R-22 trabaja a presiones inferiores a las del 410a. Las presiones de trabajo son hasta un 60% más elevadas en el R-410a.



➤ Por lo tanto, se puede sustituir el R-22 por el R-410A pero teniendo en cuenta esa diferencia de presión.

5. MANIPULACIÓN

- Otro modo de comparar estos dos refrigerantes es mediante su curva de saturación:



5. MANIPULACIÓN

- PARA LA SUSTITUCIÓN O CAMBIO DE REFRIGERANTE, TENEMOS QUE VER LA COMPATIBILIDAD DE ESTOS CON:
 - Con la carga: Ejemplo.
 - El amoniaco se disuelve en agua y alimentos.
 - Con materiales: Ejemplo.
 - NH₃: corrosivo al cobre
 - Halogenados: Posible corrosión en elastómeros y gomas.
 - Con el Aceite: Ejemplo.
 - Aceites minerales (MO) : R-22
 - Aceites alquilbencénicos (AB)
 - Aceites Polialquilglicoles (PAG)
 - Aceites Poliol Éster (POE): R-134a, R-407C, R-410a

5. MANIPULACIÓN

- Los nuevos refrigerantes no se disuelven en aceites minerales, por ello es necesario utilizar aceites sintéticos, estos aceites son mucho más higroscópicos (con una breve exposición al ambiente absorben la suficiente agua como para dejarlos inservibles),
- Tenemos que colocar un filtro deshidratador en la línea de líquido.



- Si el grado de humedad es alto puede producirse corrosión, fango, alcohol y ácido. Los aceites POE tienen además un efecto limpiador (arrastra todas las partículas metálicas y polvo presente en el circuito).

5. MANIPULACIÓN

➤ Procesos de tratamiento de los refrigerantes usados

La naturaleza potencialmente peligrosa de los refrigerantes obliga a los distribuidores a ofrecer a sus clientes los servicios de recuperación, reciclaje y destrucción de los productos que está vendiendo.

Existen varios procesos en cuanto a lo que se puede hacer con el refrigerante una vez finalizada su vida útil en una instalación:

- **Recuperación:** se aplica cuando queremos sustituir el refrigerante de una instalación. Para hacerlo se utiliza una máquina recuperadora. Si no se dispone de una máquina de este tipo, el fluido recuperado se lleva a una institución adecuada, donde se le aplicará el tratamiento correspondiente que permita usarlo posteriormente o destruirlo.

5. MANIPULACIÓN

➤ Procesos de tratamiento de los refrigerantes usados

- **Recuperación y reciclado:** se trata de una recuperación con posterior reciclado del refrigerante para reducir la concentración de contaminantes y separar el aceite que pudiera contener. Se aplica, por ejemplo, para eliminar la humedad. Se realiza con máquinas específicas.
- **Reproceso:** mediante una técnica de reproceso el refrigerante recuperará sus propiedades originales. La maquinaria encargada de ello deberá eliminar el aceite, ácido, humedad, contaminantes sólidos y el aire que pueden estar presentes en el fluido refrigerante.
- **Destrucción:** cuando la recuperación del refrigerante no es posible o es muy cara, lo que se hace es enviarlo a una empresa gestora de residuos para que se encargue de su destrucción. Este proceso es muy complejo y costoso.

5. MANIPULACIÓN

➤ Procesos de tratamiento de los refrigerantes usados

Para realizar todas estas tareas, recuperación, reciclaje, reproceso y destrucción, es necesario cumplimentar una documentación, para el traslado, recepción; de esta manera se tiene controlada en todo momento la situación del refrigerante.

Se recogen en botellas y en una misma botella de recogida se pueden trasladar varios refrigerantes, siempre que éstos vayan a ser destruidos. Por el contrario, si los refrigerantes van a ser reciclados y se van a utilizar posteriormente, nunca deben mezclarse; cada producto ha de ir en una botella independiente, puesto que al mezclarse alteraríamos sus propiedades.

Debido al riesgo de explosión, por norma general no conviene sobrecargar las botellas de recuperación más de un 80 % de su capacidad.

Siempre se ha de acudir a las fichas de seguridad para saber cómo manipular cualquier fluido frigorífico y saber cómo actuar durante su uso.

<https://climalife.com/es/product/propano-r-290/>

6.REFRIGERANTES SECUNDARIOS

- **REFRIGERANTES PRIMARIOS:** Producen enfriamiento por evaporación mediante calor latente.
- **REFRIGERANTES SECUNDARIOS:** Transportan el calor desde el producto a enfriar hasta el Refrigerante primario mediante calor sensible.

Están formados por agua y un disolvente. Tienen como principales características: inocuos con los alimentos y materiales, coeficiente de conductividad térmica elevado, viscosidad baja y temperatura de congelación baja (depende de la cantidad de disolvente), ecológicos.

6. REFRIGERANTES SECUNDARIOS

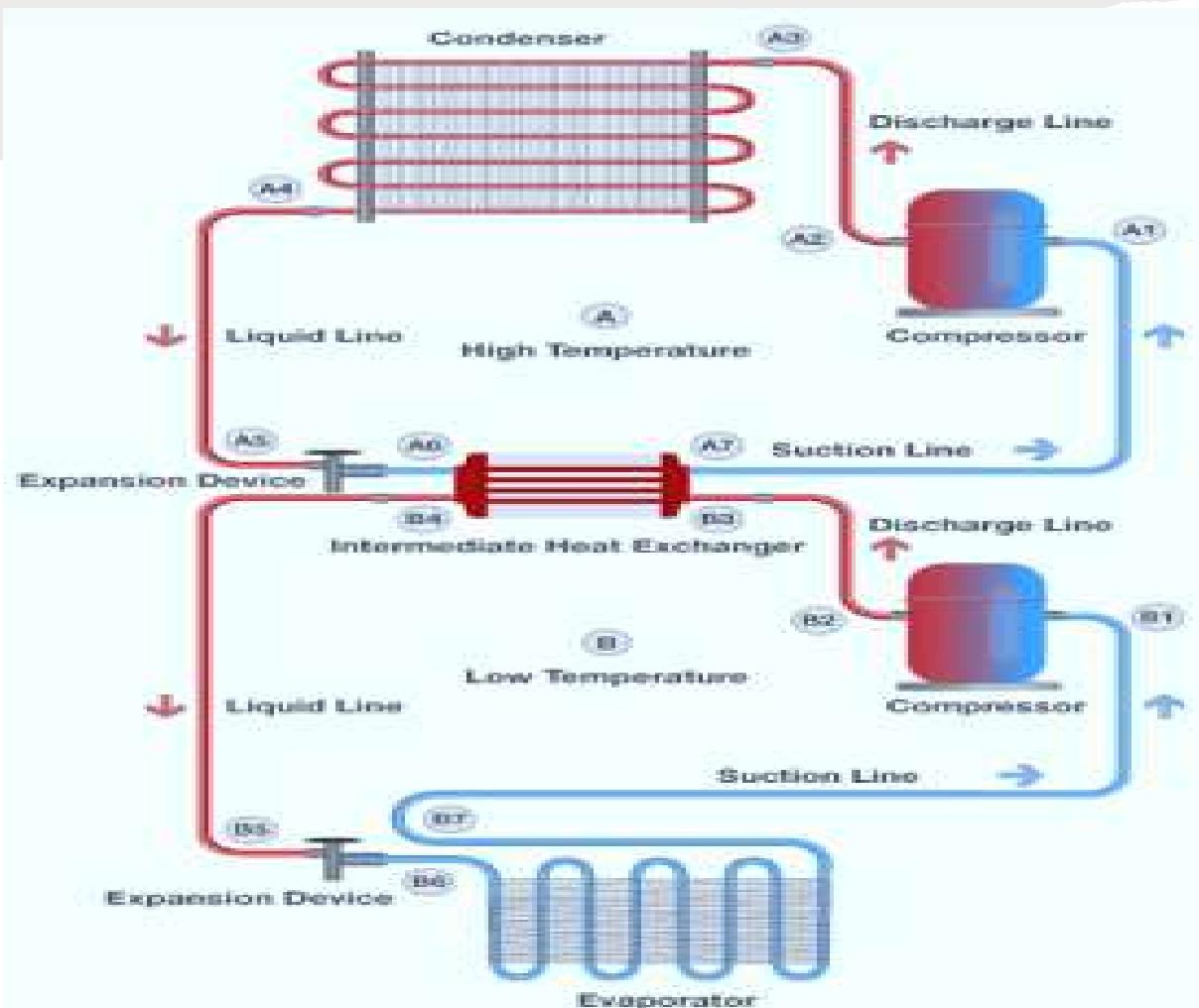
- **AGUA:** Tiene la desventaja que se congela a 0°C. Se utiliza ampliamente para temperaturas superiores a 4°C.
- **SALMUERA:** Es una mezcla de agua con sales como NaCl o CaCl₂ en un porcentaje del que depende de la temperatura y que es del orden del 25%. Tiene la desventaja de ser corrosivos, aunque en el caso del CaCl₂ existen aditivos que permiten neutralizarlo.
- **GLICOL:** Es una mezcla de agua con componentes que son principalmente el etilenglicol (tóxico) y propilénglico. Se utilizan en instalaciones hasta -15°C (40%).
- **SOLUCIÓN AGUA-AMONIACO (TÓXICO):** Punto de congelación -22 °C (14%)
- **SOLUCIÓN EUTÉCTICA:** Se introduce en las placas eutécticas y se utiliza para conservar alimentos una vez congelados. Son salmueras que utilizan distintos tipos de sales para diferentes temperaturas de congelación.

6.REFRIGERANTES SECUNDARIOS

USOS:

- Cuando se quiere evitar el contacto directo entre refrigerante y medio a enfriar (industria alimentaria).
- Cuando se quiere emplear poco refrigerante primario (instalaciones industriales y climatización centralizada).
- Cuando hay mucha distancia entre la sala de máquinas y los expositores (instalaciones comerciales).

6.REFRIGERANTES SECUNDARIOS



7. LUBRICANTES

Su función es **disminuir la fricción** y el **desgaste** en la operación del **compresor**, pero también están otras que comúnmente no se tienen presentes como son, por ejemplo, **remover el calor** producido por el **trabajo del compresor**. Por ello, deben de:

- Tener alta conductividad térmica
- Ser estables a las temperaturas de operación máximas y mínimas,
- Formar un sello cuando no está operando el compresor.
- Amortiguar el ruido producido por la operación del compresor
- Dado que frecuentemente circula dentro del conjunto motor eléctrico-compresor debe actuar como aislante eléctrico.
- Miscible con el refrigerante sin producir ninguna reacción química que modifique al refrigerante o al aceite lubricante.
- Tener una temperatura de congelación mucho más baja que la del evaporador, puesto que la mezcla pasará por él.

7. LUBRICANTES

TIPOS:

MINERALES

- Derivados del petróleo
- Son menos apropiados por ser mezclas y son menos estables.
- Su elaboración se inicia por la destilación primaria del petróleo crudo, pasa por múltiples procesos de purificación donde se eliminan muchos compuestos químicos no deseados.

SINTÉTICOS

- Elaborados mediante reacciones químicas
- Se pueden clasificar dependiendo de su familia principal de compuestos químicos

Parafínicos

Nafténicos

Aromáticos

7. LUBRICANTES

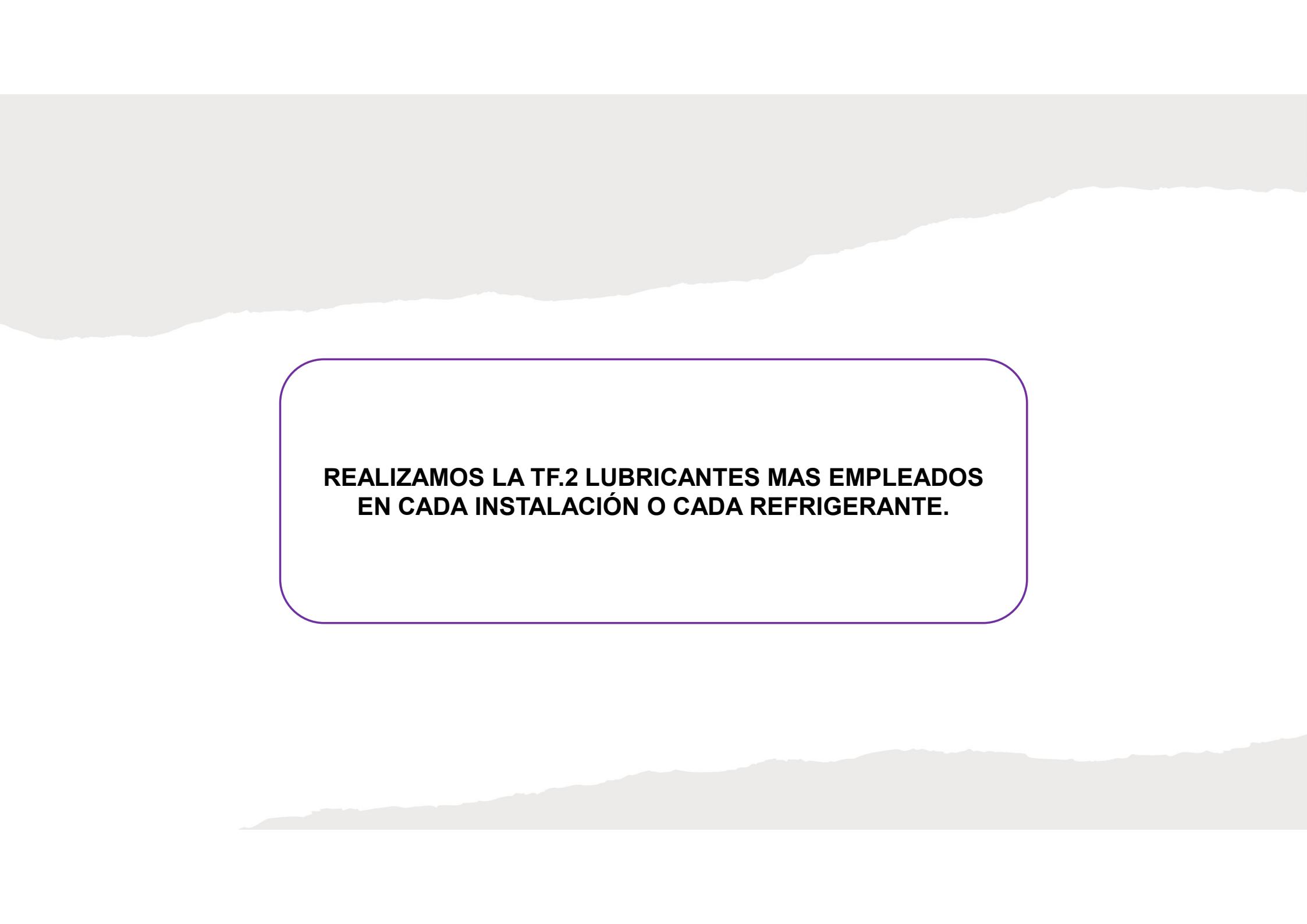
-VENTAJAS USO LUBRICANTES SINTÉTICOS:

- TOTALMENTE LIBRES DE CERAS
- MAYOR ESTABILIDAD QUÍMICA Y TÉRMICA
- MÁS BAJAS TEMPERATURAS DE CONGELACIÓN
- FORMADOS POR UN SÓLO COMPUESTO QUÍMICO CON PROPIEDADES DEFINIDAS

No todos los aceites lubricantes sintéticos se pueden utilizar en refrigeración porque algunos producen reacciones químicas con los refrigerantes que se traducen en efectos dañinos en el sistema

7. LUBRICANTES

- Los aceites lubricantes sintéticos de la familia de los Polioilester (**POE**) son recomendados para el uso en sistemas de refrigeración. Son buenos aceites lubricantes, pero se deberá tener presente algunas precauciones para su manejo y uso debido a que reaccionan con el agua del medio ambiente.
- Otros aceites de tipo sintético son los Alquibencénicos (**AB**) y los Polialquiglicos (**PAG**) y también mezclas de Alquibencénicos/Minerales (**AB/MO**).
- Es importante que el aceite y el refrigerante sean miscibles para que no se acumule en el condensador. En algunos casos, como el del amoniaco, es obligatoria la instalación de un separador de aceite.



**REALIZAMOS LA TF.2 LUBRICANTES MAS EMPLEADOS
EN CADA INSTALACIÓN O CADA REFRIGERANTE.**