

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ

Facultad De Ciencias Aplicadas

EAP de Ingeniería Agroindustrial

OPERACIONES UNITARIAS II



REFRIGERANTES

FACILITADOR : MSc. Miguel Angel QUISPE SOLANO

TARMA - PERÚ

1) DEFINICIÓN:

- Todo aquel fluido que se utiliza para transmitir el calor en un sistema frigorífico y que absorbe calor a bajas temperatura y presión, y lo cede a temperatura y presión más elevadas, generalmente con cambios de estado del fluido.

- Es un medio de transmisión del calor que absorbe calor al evaporarse a baja temperatura y lo cede al condensarse a alta temperatura y presión. Es cualquier cuerpo o sustancia que actúa como agente de enfriamiento absorbiendo calor de otro cuerpo o sustancia.

- Con respecto al ciclo de compresión de vapor el refrigerante es un fluido de trabajo del ciclo el cual alternativamente se vaporiza y se condensa. No existe un refrigerante ideal y por las grandes diferencias en las condiciones y necesidades de las varias aplicaciones no hay un solo refrigerante que sea universalmente adaptable a todas las aplicaciones.

2) PROPIEDADES DESEABLES EN UN REFRIGERANTE IDEAL:

Un refrigerante se aproxima al ideal en tanto que sus propiedades satisfagan las condiciones y necesidades de la aplicación para lo cual va a ser utilizado. Normalmente la comparación estándar de los refrigerantes se hace bajo las condiciones de -15°C (5°F) en el evaporador y 30°C (86°F) en el condensador

1. Presión de condensación moderadamente baja
2. Presión positiva de evaporación
3. Punto de Ebullición:

Cuadro 1: Temperatura de ebullición de algunos Refrigerantes a presión atmosférica

Refrigerante	Fórmula	Punto de Ebullición a presión atmosférica 0C
R-12	CCl_2F_2	-29.8
R-134 a	CH_2FCF_3	-26.14
R-22	CHClF_2	-40.8
R-502	R-22 (78.8%), R-115 CClF_2CF_3 (51.2%)	-45.6
R-404 a	R-125 CHF_2CF_3 (44%), R-143 a (52%), R-134 a (4%)	-46.69
R-717	NH_3	-33

- 4. Caudal en volumen por ton.
- 5. Temperatura crítica relativamente alta
- 6. Temperatura de congelación baja

- 7. Elevado Calor latente de evaporación
- 8. Volumen específico del vapor
- 9. Calor específico del líquido

10. Producción frigorífica específica (kcal/h/KW)

Símbolo refrigerante	T_e a P_e temperatura evaporada a 1 atmósf.	Q espec. kcal/h/KW 0/+40°C	Q espec kcal/h/KW -35/+40 °C	Q vol kcal/m ³ 0/+40 °C	Q vol kcal/m ³ -35/+35 °C
R 13 B1	-57.8	3538	3078	1108,00	288,86
R 502	-46,2	3613	3202	850,16	201,39
R 22	-40,8	3701	3391	849,04	211,44
R 12	-29,8	3827	3517	529,45	124,27
R 717	-33,3	3863	3694	924,0	206,06

Producción frigorífica volumétrica. kcal/m³

11. Buenas características de transmisión de calor:

Símbolo refrigerante	Temperatura evaporación 0°C		Temperatura evaporación -40 °C	
	kcal/m ² · h · °C	Valor relativo respecto a R 717	kcal/m ² · h · °C	Valor relativo respecto a R 717
R 13 B1	2500	0,96	1360	1
R 502	2160	0,83	1300	0,96
R 22	2000	0,77	1140	0,84
R 12	1600	0,615	940	0,69
R 717	2600	1	1360	1

- 12. Inerte y estable
- 13. Acción sobre los metales y materiales que toma contacto
- 14. Acción sobre el aceite

15. No debe ser tóxico:

PROPIEDADES TOXICAS DE LOS REFRIGERANTES

Refrigerante	Muerte o serios daños			
	Duración de la exposición, h	Concentración en el aire		
		Por ciento en volumen	Kg / 1.000 m ³ a 20° C	Clase
Amoniaco	½	0.5 – 0.6	3.2 – 4.8	2
Refrigerante 113	1	4.8 – 5.2	372 – 402	4
Anhidrido carbonico	½ - 1	29.0 – 30.0	530 – 550	5
Refrigerante 11	2	10	570	5
Refrigerante 22	2	18.0 – 22.6	642 – 808	5
Refrigerante 12	Ningún daño serio a los conejos de las indias después de 2 h de exposición	28.5 - 30.4	1.430 – 1.530	6

CUADRO 5: SEGURIDAD RELATIVA DE LOS REFRIGERANTES

Refrigerante	ASAB Clasif. de seguridad	Nº de Clasificación	En Líquidos	En Gases	Duración de la Exposición	Toxicidad Letal a 4 horas ¹		Dosis de la exposición ² (mg. / Kg. por día)	Dosis de la exposición ² (mg. / Kg. por día)	Influye o no en la Línea de seguridad en el aire
						%	(lb/1 000 pies cúbicos)			
Metano	3 ^a	1	+	+						4.9-11.0
R-14	1 ^a	1	0 ^a	0 ^a						No inflamable
Etileno	3 ^a	1	+	+	8	0.0021				3.0-25.0
Dióxido de nitrógeno	3 ^a	1	+	+						No inflamable
R-13	1 ^a	1	0 ^a	0 ^a						No inflamable
Eano	3	1	+	+	2	37.1-51.7				3.3-10.6
Dióxido de carbono	1	1	0 ^a	0 ^a	1	29-30	31.2-34.3			No inflamable
Keteno 181	1 ^a	1	0 ^a	0 ^a						No inflamable
Propano	3	1	+	+	2	37.5-51.7	42.4-58.5		16	1.0
R-22	1	2A								No inflamable ³
Amoniaco	2	2	+	+	1	0.5-0.6	0.211-0.256			16.0-21.0
Cloruro ³	1	3A	+	+	2	19.0-20.3	20.2-22.2	25	1.1	No inflamable
R-12	1	6	+	+	2	28.3-30.4	49.6-56.7	20	1.0	No inflamable
Cloruro de Metilo	2	4	+	+	2	2-2.5	2.62-3.28	30	2.4	8.1-11.2
Isobutano	3	+	+	+						1.8-8.4
Dióxido de azufre	2	1	+	+	1	0.7	1.155			No inflamable
Neón	3	5	+	+	2	27.3-31.7				1.8-6.1
R-114	1	6	+	+	2	20.1-21.5	50.5-56.8	15	1.0	No inflamable
R-12	1	6	+	+	1	10.3	2.11			No inflamable
Cloruro de Etilo	1	4	+	+	1	4.0	6.72	18	2.0	3.2-12.0
R-11	1	5	+	+	2	10	35.7	5	1.0	No inflamable
Fenoleno de metilo	2	1	+	+	1	3-4.5	5.12-5.9			4.5-20.0
Cloruro de metano	1	4A	+	+	1	5.1-5.3	11.25-11.7	20	1.0	No inflamable
R-113	1	1	+	+	1	4.8-5.1	23.3-25.2	18	1.2	No inflamable
Dinitrogeno	2	4	+	+	1	2-2.5	2.046-2.7	5	2.1	2.6-11.4

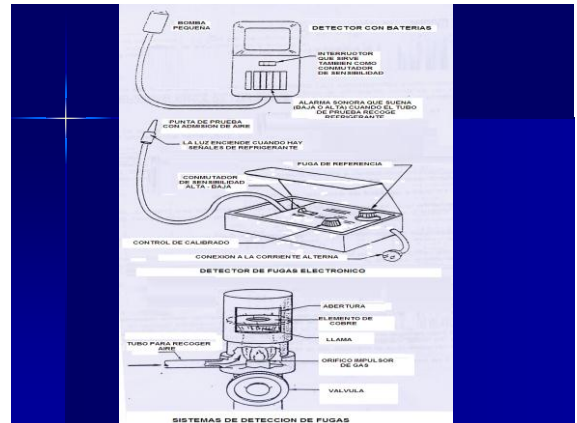
¹ No aplicable.
² No se ignoraron inflamables para fines prácticos se considera no inflamable.
³ Como muestra de índice a poca representación.
⁴ Considerable índice.
 De la ASRE, Don J. Zuk, Design volume, 1973-8 Edition, con permiso de The American Society of Heating Refrigerating and Air Conditioning Engineers.

16. No debe ser irritable ni inflamable

17. Daño a los productos refrigerados

18. Debe ser fácil de detectar en caso de fugas

19. Bajo costo de refrigerante



3) CLASIFICACION Y DESIGNACION DE LOS REFRIGERANTES:

La norma 34 de la American Society of Refrigerating Engineers (ASRE) clasifica a los refrigerantes en varios grupos.

Hydrocarburos halogenados

Mezclas azeotrópicas

Hydrocarburos

Compuestos inorgánicos y sustancias orgánicas no saturadas.

Se designan técnicamente, por R seguida de un código numérico R-XXX sin embargo los fabricantes reemplazan la R por su designación comercial: FREON. FRIGEN. GENETRON, ISOTRON. ARCTON, FORANE.

¿Cómo funciona la nomenclatura de los frigorígenos?

Se identifican por su fórmula o por su denominación química, por un código simbólico numérico, adoptado internacionalmente y cuyas reglas se detallan a continuación:

Precedido de una R a continuación van unas cifras relacionadas con la fórmula química del refrigerante, que indican lo siguiente:

a) La primera cifra después de la R indica el número de átomos de carbono de su molécula menos uno (C - 1). Si resultase cero no se indicará.

b) A continuación va la cifra que indica el número de átomos de hidrógeno de su molécula más uno (H + 1).

c) A continuación, la cifra que indica el número de átomos de flúor de su molécula (F).

Ejemplo: R 12

Si la molécula contiene átomos de Bromo (Br) se procederá igual como hasta aquí, añadiendo luego a la derecha del número de (F) la letra B mayúscula, seguida del número de su molécula.
Ejemplo: R 13B1

Los derivados cíclicos se expresan según la regla general, encabezándolos con una C mayúscula a la izquierda del número del refrigerante.
Ejemplo: R C318

Los compuestos no saturados siguen las mismas reglas anteponiendo el número 1 como cuarta cifra contada desde la derecha, o primera después de la R.
Ejemplo: R 1130

Las mezclas determinadas de refrigerantes o azeótropos (disolución de dos o más líquidos, cuya composición no cambia por destilación) se expresan por las denominaciones de sus componentes, intercalando entre paréntesis el % en peso de cada uno. También pueden designarse por un número de la serie 500 completamente arbitrario. Esto último es lo más frecuente.
Ejemplo: R 502

Los refrigerantes compuestos inorgánicos se obtienen añadiendo a 700 los pesos moleculares de los compuestos. Si tienen los mismos pesos moleculares se utilizan las letras A, B, C, etc., para distinguirlos.

Instituto Internacional del Frío y la comisión correspondiente creó una normativa que se resume en la DIN 892 de nomenclatura de los refrigerantes y anteponiéndolos la letra R mayúscula, sustituyendo la composición química de su molécula, siempre más engorrosa, por la indicación sucesiva de la cantidad de átomos de flúor (F), de hidrógeno (H), de carbono (C) de cloro (Cl), etc., siendo el valor relativo de las cifras:

Unidades = Cantidad de átomos de flúor (F)
Decenas + 1 = Cantidad de átomos de hidrógeno (H+1)
Centena - 1 = Cantidad de átomos de carbono (C-1)
Es decir: R(C-1) (H+1) (F)

Ejemplo: Un refrigerante compuesto por 2 átomos de flúor, 0 átomos de hidrógeno y 1 átomo de carbono (C 12 F2) se simbolizará de la siguiente manera:

Unidades (2) = 2 átomos de F
Decenas (1) = 0 átomos de H+1
Centenas (0) = 1 átomo de C-1= 0 (no se indica)
Es decir, que la simbolización sería: R012=R12

No debe desperdiciarse el freon en lo posible. Porque este contamina el medio ambiente más aun, en las capas elevadas de la atmósfera produce la destrucción del ozono.

Sistema de numeración ASRE para los refrigerantes

ASRE Designación estándar del refrigerante	Nombre químico	Fórmula Química	Peso molecular	Punto de ebullición F	Posición relativa
Compuestos halocarburos					
10	Carbonotetracloruro	CCl ₄	153.8	170.2	
11	Tricloromonofluorometano	CCl ₃ F	137.4	74.8	C
12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	120.9	-21.6	C
13	Monoclorotrifluorometano	CClF ₃	104.5	-114.6	C
13B1	Monobromotrifluorometano	CClBrF ₂	148.9	-72.0	S
14	Carbonotetrafluoruro	CF ₄	88.0	-198.4	S
20	Cloroformo	CHCl ₃	119.4	142	
21	Dicloromonofluorometano	CHCl ₂ F	102.9	48.1	D
22	Monoclorodifluorometano	CHClF ₂	86.5	-41.4	C
23	Trifluorometano	CHF ₃	70.0	-119.9	D
30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	84.9	105.2	C
31	Monoclorodifluorometano	CH ₂ ClF	68.5	48.0	
32	Fluoruro de metileno	CH ₂ F ₂	52.0	-61.4	C
40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	50.5	-10.8	
41	Fluoruro de metilo	CH ₃ F	34.0	-109	C ¹
50	Metano	CH ₄	16.0	-259	C ¹
110	Hexafluoroetano	CCl ₂ CCl ₂	236.8	365	
111	Pentacloromonofluoroetano	CCl ₃ CCl ₂ F	220.2	279	
112	Tetraclorodifluoroetano	CCl ₂ CCl ₂ F ₂	203.8	199.0	
112a	Tetraclorodifluoroetano	CCl ₂ CCl ₂ F ₂	203.8	195.8	
113	Triclorotrifluoroetano	CCl ₂ CClF ₂	187.4	117.6	C
113a	Triclorotrifluoroetano	CCl ₂ CF ₂	187.4	114.2	
114	Diclorotetrafluoroetano	CClF ₂ CClF ₂	170.9	38.4	C

114a	Diclorotetrafluoroetano	CCl ₂ CF ₂	170.9	38.5	C
114B2	Dibromotetrafluoroetano	CBrF ₂ CBrF ₂	299.9	117.5	D
115	Monocloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃	164.5	-37.7	D
116	Hexafluoroetano	CF ₃ CF ₃	138.0	-108.8	
120	Pentafluoroetano	CHCl ₂ CCl ₂	202.2	324	
121	Diclorotrifluoroetano	CHCl ₂ CF ₂	133	83.7	
124	Monoclorotetrafluoroetano	CHClCF ₂	136.5	10.4	
124a	Monoclorotetrafluoroetano	CHF ₂ CClF ₂	136.5	14	D
125	Pentafluoroetano	CHF ₂ CF ₃	120	-35	
133a	Monoclorotrifluoroetano	CH ₂ ClCF ₂	118.5	43.0	D
140a	Tricloroetano	CH ₂ CCl ₂	133.4	165	
142b	Monoclorodifluoroetano	CH ₂ CClF ₂	100.5	12.2	S
143a	Trifluoroetano	CH ₂ CF ₃	84	-53.5	
150a	Dicloroetano	CH ₂ CHCl ₂	98.9	140	
152a	Difluoroetano	CH ₂ CHF ₂	66	-12.4	C
160	Cloruro de etilo	CH ₃ CH ₂ Cl	64.5	54.0	
(170)	Ecano	CH ₃ CH ₂	30	-127.5	C ¹
218	Octafluoropropano	CF ₃ CF ₂ CF ₃	166	-36.4	
(290)	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-44.2	C ¹
Compuestos orgánicos cíclicos					
C316	Diclorohexafluorociclobutano	C ₂ Cl ₂ F ₄	233	140	
C317	Monoclorohexafluorociclobutano	C ₂ ClF ₅	216.5	77	
C318	Octafluorociclobutano	C ₂ F ₆	200	21.1	D
Azeótropos					
500	Refrigerantes-12(152a 73.8/26.2 wt %)	CCl ₂ F ₂ /CH ₂ CHF ₂	wt 29	-28.0	C
501	Refrigerantes-22(12 75/25 wt %)	CHCl ₂ CCl ₂ F ₂	51:1	-42	
502	Refrigerantes-11(115 48.8/51.2 wt %)	CHCl ₂ CF ₂ CF ₃	11:2	-50.1	

ASRE Designación estándar del refrigerante	Nombre químico	Fórmula química	Peso molecular	Punto de ebullición F	Posición relativa
Compuestos orgánicos varios					
Hydrocarburos					
50	Metano	CH ₄	16.0	-259	C
170	Etano	CH ₃ CH ₃	30	-127.5	C
290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-44.2	C
600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58.1	31.3	
601	Isobutano	CH ₃ (CH ₂) ₃	58.1	14	
(1150)	Etileno	CH ₂ =CH ₂	28.0	-155.0	C ²
(1270)	Propileno	CH ₂ CH=CH ₂	42.1	-53.7	C ²
Compuestos de oxígeno					
610	Eter etilo	C ₂ H ₅ OC ₂ H ₅	74.1	94.3	
611	Formiato de metil	HCOOCH ₃	60.0	89.2	
Compuestos de azufre					
620					
Compuestos de nitrógeno					
630	Amina de metil	CH ₃ NH ₂	31.1	20.3	
631	Amina de etil	C ₂ H ₅ NH ₂	45.1	61.8	

Compuestos inorgánicos					
717	Amoniaco	NH ₃	17	-33.0	C
718	Agua	H ₂ O	18	212	
729	Aire		29	-218	
744	Dióxido de carbón	CO ₂	44	-109	C
				(subl)	
744A	Oxido nítrico	N ₂ O	44	-127	
764	Dioxiso de azufre	SO ₂	64	14.0	C
Compuestos orgánicos no saturados					
1112a	Diclorodifluoroetileno	CCl ₂ =CF ₂	133	67	
1113	Monoclorotrifluoroetileno	CClF=CF ₂	116.5	-18.2	
1114	Tetrafluoroetileno	CF ₂ =CF ₂	100	-103	
1120	Tricloroetileno	CHCl=CCl ₂	131.4	187	
1130	Dicloroetileno	CHCl=CHCl	96.9	118	
1132a	Fluoruro de vinilideno	CH ₂ =CF ₂	64	-119	
1140	Cloruro de vinilo	CH ₂ =CHCl	62.5	7.0	
1141	Fluoruro de vinilo	CH ₂ =CHF	46	-98	
1150	Etileno	CH ₂ =CH ₂	28.0	-155.0	C
1270	Propileno	CH ₂ CH=CH ₂	42.1	-53.7	C

*Carrier Corp. Document 8-D117, p. 1
1. Los compuestos metano, etano y propano aparecen en la sección de halocarburos con sus propias posiciones numéricas, pero entre paréntesis ya que esos productos no son halocarburos.
2. Los compuestos etileno y propileno aparecen en la sección de hidrocarburos (con el fin de indicar que estos compuestos son hidrocarburos). El etileno y el propileno están debidamente identificados como compuestos orgánicos no saturados.
De la ASRE Data Book Design Volume, 1937-38 Edition, con permiso de la American Society of Heating Refrigerating and Air-Conditioning Engineers.

1. Refrigerantes halogenados:

El grupo de los hidrocarburos halogenados comprende refrigerantes que contienen uno o más de los tres halógenos: cloro, flúor y bromo.

Producidos sintéticamente y fueron desarrollados como una familia de refrigerantes conocidos con el nombre de Freón.

Esta clase proporcionó un gran impulso a la industria de refrigeración.

No presenta características de peligro. Todos ellos son no tóxicos, no irritantes y no inflamables.

El contacto no afecta a metales como hierro colado, acero, estaño, plomo, aluminio, bronce y plata

Refrigerante R11, 12, 13, 14, 21, 22, 113

De los ocho refrigerantes discutidos, los refrigerantes 11, 12 y 22 son las de mayor importancia comercial.

El refrigerante 11 ha sido utilizado extensivamente en máquinas con compresor del tipo centrífugo utilizada para enfriamiento de agua en el acondicionamiento de grandes edificios.

- R 12 es el más utilizado en la actualidad en refrigeradoras automáticas, domésticas, vitrinas refrigeradas, pequeños sistemas comerciales para almacenes, restaurantes, y en la mayoría de los sistemas de acondicionamiento de aire de pequeña capacidad.
- R 22 también se usa extensivamente en congeladores domésticos y sistemas de compresión de múltiple etapa para bajas temperaturas. Además se utiliza en pequeños equipos de aire acondicionado.

2. Mezclas azeotrópicas:

Es una mezcla que no se puede separar en sus componentes por destilación. Una mezcla azeotrópica se evapora y condensa como una sustancia simple, con propiedades que son diferentes de las de sus componentes.

La única mezcla azeotrópica comercial es el refrigerante 500 que es una mezcla de refrigerante 12 refrigerante 152a en una proporción de 73.8 y 26.2% en peso respectivamente.

3. Hidrocarburos:

Algunos hidrocarburos se utilizan como refrigerantes, especialmente para uso en las industrias del petróleo y petroquímica.

4. Refrigerantes inorgánicos:

El amoníaco y el anhídrido carbónico son los únicos refrigerantes inorgánicos y tienen importancia comercial en la actualidad.

- a) Amoniaco
- b) Anhídrido carbónico:

5. Refrigerantes secundarios

Están las salmueras y los anticongelantes.

Dos de las salmueras más populares son las soluciones de cloruro cálcico y de cloruro sódico.

Se le da el nombre de salmuera o la solución que resulta cuando varias sales son disueltas en agua.

Las salmueras se enfrían en el evaporador de un sistema de refrigeración y se trasladan después por tuberías al lugar donde quiere hacerse la refrigeración.

El uso de las salmueras puede ser aconsejable para mantener las serpentinadas y tuberías que contiene un refrigerante tóxico lejos de los espacios ocupados por personas o alimentos que puedan contaminarse.

En un sistema que use un refrigerante no tóxico, un refrigerante secundario eliminará las grandes conducciones de refrigerante, con posibilidad de fugas y la consecuencia adverso de la caída de presión.

Las siguientes propiedades físicas de las salmueras tienen importancia en el rendimiento y en las necesidades de energía.

1. Calor específico:
2. Conductividad térmica:
3. Viscosidad:

Según las especificaciones recomendadas del Reglamento de seguridad para plantas e instalaciones frigoríficas y la normativa ISO y las recomendaciones de la CEPE (Comision economica europea)

Grupo primero: Comprende los refrigerantes que no son combustibles y que poseen una acción tóxica muy pequeña o nula,

Grupo segundo: Comprende los refrigerantes que son tóxicos o corrosivos, o que al combinarse con el aire, en una proporción 3,5 % o más en volumen, puedan formar una mezcla combustible o explosiva.

Grupo tercero: Comprende los refrigerantes que, al combinarse con el aire en proporción inferior si 35 % en volumen, puedan constituir una mezcla combustible o explosiva.

Clasificación de los refrigerantes. (Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas)

Número de identificación del refrigerante	Nombre químico	Fórmula química	Peso molecular en gramos	Punto de ebullición en °C a 1,013 bar
Grupo primero: Refrigerantes de alta seguridad				
R-11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	137,4	23,8
R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	120,9	-29,8
R-13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	104,5	-81,8
R-13B1	Bromotrifluorometano	CF ₃ Br	146,9	-58
R-14	Tetrafluoruro de carbono	CF ₄	88	-128
R-21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F	102,9	8,92
R-22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	86,5	-40,8
R-113	1, 1, 2-Tricloroetano	CCl ₂ CClF	187,4	47,7
R-114	1, 2-Diclorotetrafluoroetano	CCl ₂ CF ₂ CF ₂	179,9	3,5
R-115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃	154,5	-28,7
R-C318	Octafluorociclobutano	C ₄ F ₈	200	-5,9
R-500	R-11 (73,8%) + R-152a (26,2%)	CC ₂ F ₄ /CH ₂ ClF	99,29	-28
R-502	R-22 (48,8%) + R-115 (51,2%)	CHCl ₂ /CClF ₂ /CF ₃	112	-45,6
R-744	Anhídrido carbónico	CO ₂	44	-78,5
Grupo segundo: Refrigerantes de media seguridad				
R-30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	84,9	40,1
R-40	Cloruro de etileno	CH ₂ Cl	50,5	-24
R-160	Cloruro de etileno	CH ₂ Cl	84,5	12,5
R-611	Formiato de metilo	CHOOCH ₃	60	31,2
R-717	Amoníaco	NH ₃	17	-33
R-764	Anhídrido sulfúrico	SO ₂	64	-10
R-1130	1, 2-Dicloroetano	CH ₂ Cl - CH ₂ Cl	96,9	48,5
Grupo tercero: Refrigerantes de baja seguridad				
R-170	Eano	CH ₃ CH ₃	30	-88,6
R-290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	44	-42,8
R-600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃	58,1	0,5
R-600a	Isobutano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	58,1	-10,2
R-1130	Etileno	CH ₂ =CH ₂	28	-103,7

Efectos fisiológicos de los refrigerantes. (Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas)

Número de identificación	Nombre químico	Fórmula química	Porcentaje en volumen de concentración en el aire			Características	Advertencia
			Lesión mortal o importante en pocos minutos	Peligroso de los minutos a dos horas	Inocuo de uno a dos horas		
Grupo primero: Refrigerantes de alta seguridad							
R-11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F			10	a	Pueden producirse gases de descomposición tóxicos en presencia de flama; color intenso proporcional un aviso antes de alcanzarse concentraciones peligrosas.
R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂			20 a 30	b	
R-13	Clorotrifluorometano	CClF ₃			70 a 30	b	
R-13B1	Bromotrifluorometano	CF ₃ Br			70 a 30	a	
R-14	Tetrafluoruro de carbono	CF ₄				b	
R-21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F			5	a	
R-22	Clorodifluorometano	CHClF ₂			20	b	
R-113	1, 1, 2-Tricloroetano	CCl ₂ CClF		10	2,5	a	
R-114	1, 2-Diclorotetrafluoroetano	CCl ₂ CF ₂ CF ₂			20 a 30	b	
R-115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃			20 a 30	b	
R-C318	Octafluorociclobutano	C ₄ F ₈			20 a 30	b	
R-500	R-12 (73,8%) + R-152a (26,2%)	CCl ₂ F ₂ /CH ₂ ClF			20	b	
R-502	R-22 (48,8%) + R-115 (51,2%)	CHCl ₂ /CClF ₂ /CF ₃			20	b	
R-744	Anhídrido carbónico	CO ₂	8	5 a 6	2 a 4	c	

UTILIZACIÓN DE LOS DISTINTOS REFRIGERANTES

De acuerdo con lo dispuesto en el Reglamento de Seguridad para Plantas e Instalaciones Frigoríficas, la utilización de los diferentes refrigerantes, según el sistema y el local donde se empleen, se efectuará conforme a las prescripciones siguientes:

Grupo segundo: Refrigerantes de media seguridad							
R-30	Cloruro de metileno	CH ₂ Cl ₂	5 a 5,4	2 a 2,4	0,2	a	Gases de descomposición tóxicos e inflamables.
R-40	Cloruro de metilo	CH ₃ Cl	15 a 30	2 a 4	0,05 a 0,1	f	Gases de descomposición tóxicos e inflamables.
R-150	Cloruro de etilo	CH ₃ CH ₂ Cl	15 a 30	6 a 10	2 a 4	f	Gases de descomposición tóxicos e inflamables.
R-717	Amoníaco	NH ₃	0,5 a 1	0,2 a 0,3	0,01 a 0,03	d, e	Corrosivo
R-754	Añitrón sulfuroso	SO ₂	0,2 a 1	0,04 a 0,05	0,005 a 0,004	d, e	Corrosivo
R-1130	1,2-Dicloroetano	CH ₂ Cl-CH ₂ Cl		2 a 2,5		f	Gases de descomposición tóxicos e inflamables.
Grupo tercero: Refrigerantes de baja seguridad							
R-170	Etano	CH ₃ CH ₃		6,3	4,7 a 5,5	g	Altamente inflamable
R-290	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃			4,7 a 5,5	g	Altamente inflamable
R-600	Butano	CH ₃ CH ₂ CH ₂ CH ₃			5 a 5,6	g	Altamente inflamable
R-600a	Isobutano	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₃			4,7 a 5,5	g	Altamente inflamable
R-1150	Etileno	CH ₂ =CH ₂				g	Altamente inflamable

Las letras de la columna «Características» significan:

- A altas concentraciones produce efectos asfóxicos.
- A altas concentraciones provoca una disminución de la cantidad de oxígeno, originando asfixia y peligro de asfixia.
- No posee olor característico, pero pesa un margen muy pequeño entre los efectos no tóxicos y mortales.
- Olor característico, incluso a concentraciones muy bajas.
- Irritante, incluso a concentraciones muy bajas.
- Muy asfóxico.
- No produce lesiones mortales o importantes a concentraciones por debajo de los límites inferiores de explosión, de hecho, no es tóxico.

a) Refrigerantes del grupo primero

Los refrigerantes del grupo primero pueden utilizarse con cualquier sistema de refrigeración y en **locales de cualquier clasificación**, siempre y cuando la carga de refrigerante (C) contenida en la instalación, expresada en kilogramos, no pase del valor del producto de:

Concentración de fluido (d) x volumen del local más pequeño (V)

Lo explicaremos mejor:
Concentración del fluido frigorífico admisible expresada en kilogramos por metro cúbico e indicado en la columna "d" de la Cuadro

Volumen, en metros cúbicos del local más pequeño, atendido por la instalación frigorífica.
Si representamos la concentración del fluido frigorífico en kg/m³, con el símbolo *d* y el volumen del local más pequeño, con *V*, el producto *C* será:

$$C = d \times V$$

El volumen del "local más pequeño" será el que corresponda al menor de los espacios aislables normalmente cerrados, servidos por un mismo equipo frigorífico, excluyendo la sala de máquinas.

Si hay varios locales enfriados por aire procedente de una cámara acondicionadora común, se tomará como menor el volumen total del conjunto de los locales, en lo que se refiere a la carga admisible indicada en Cuadro siempre que el volumen de aire suministrado a cada local no se pueda reducir por debajo del 25 por 100 del total.

En los locales industriales podrán utilizarse refrigerantes del grupo primero sin limitación de carga, con cualquier clase de sistema de refrigeración, siempre que se cumpla lo dispuesto en la primera de las prescripciones especiales.

Carga máxima de refrigerante del grupo primero por equipo, utilizando sistemas de refrigeración directos.

a	b	c	d
R-11	Triclorofluorometano	CCl ₃ F	0,57
R-12	Diclorodifluorometano	CCl ₂ F ₂	0,5
R-13	Clorotrifluorometano	CClF ₃	0,44
R-13B1	Bromotrifluorometano	CBF ₃	0,61
R-14	Tetrafluoruro de carbono	CF ₄	0,4
R-21	Diclorofluorometano	CHCl ₂ F	0,1
R-22	Clorodifluorometano	CHClF ₂	0,36
R-113	1,1,2-Triclorotrifluoroetano	CCl ₂ CF ₂ CF ₃	0,19
R-114	1,2-Diclorotetrafluoroetano	CF ₂ CClCF ₂	0,72
R-115	Cloropentafluoroetano	CClF ₂ CF ₃	0,94
R-318	Octafluorociclobutano	C ₄ F ₈	0,8
R-500	Diclorodifluorometano (R-12) 73,8% + Difluoroetano (R-152a) 26,2%	CCl ₂ F ₂ 73,8% + CH ₂ FCF ₂ 26,2%	0,24
R-502	Clorodifluorometano (R-22) 48,8% + Cloropentafluoroetano (R-115) 51,2%	CHClF ₂ 48,8% + CClF ₂ CF ₃ 51,2%	0,46
R-744	Añitrón carbonico	CO ₂	0,1

a = Denominación simbólica numérica del refrigerante.
b = Nombre químico común del refrigerante.
c = Fórmula química de refrigerante.
d = Carga máxima en kg, por metro cúbico de espacio habitable.

Ejemplo

¿Qué refrigerante (R 12 ó R 21) puede utilizarse en una instalación de un local no industrial que precisa de una carga de refrigerante de 100 kg, siendo el volumen del local más pequeño de 500 m³?

Primero se consulta la cuadro para obtener el valor *d*, correspondiente a los fluidos frigoríficos del enunciado:

R12 tiene un *d*=0,5 kg/m³

R21 tiene un *d*=0,1 kg/m³

Con el R 12, el producto sería: $C = 0,5 \times 500 = 250 \text{ kg}$

Y con el R 21: $C = 0,1 \times 500 = 50 \text{ kg}$

A la vista de los resultados, debemos elegir el R 12, porque la carga, 100 kg, es inferior al producto C (250 kg); en cambio, con el R 21 la carga sería mayor que el producto C (50 kg).

b) Refrigerantes del grupo segundo

- **En sistemas de refrigeración directos.** Los refrigerantes del grupo segundo empleados con sistemas de refrigeración directos podrán utilizarse en los locales industriales sin limitación de carga. En todos los demás locales se podrán utilizar solamente con equipos de absorción herméticos, o con equipos compactos o semicompactos, de acuerdo con las cargas y los casos indicados y siempre que sea para usos distintos al acondicionamiento del aire.
- **En sistemas de refrigeración indirectos abiertos.** Los refrigerantes del grupo segundo sólo se podrán utilizar con sistemas de refrigeración indirectos abiertos en locales industriales, sin que haya establecida una carga límite. En los demás locales no podrán ser utilizados en ningún caso.

- **En sistemas de refrigeración indirectos cerrados y dobles indirectos.** Los refrigerantes del grupo segundo se podrán utilizar con sistemas de refrigeración indirectos cerrados y dobles indirectos en locales no industriales, con las limitaciones de carga y colocando los evaporadores del circuito primario en cámaras acondicionadas aisladas con ventilación libre al exterior.
- En locales industriales se podrán utilizar sin limitaciones de carga, excepto los refrigerantes que citamos a continuación, por su carácter inflamable. Estos son: cloruro de etilo, cloruro de metilo, dicloroetileno y formiato de metilo.

c) Refrigerantes del grupo tercero:

- La utilización de los refrigerantes del grupo tercero, con cualquier sistema de refrigeración, queda condicionada a la observancia de las reglas siguientes:
- Primera. En laboratorios de locales comerciales podrán ser utilizados sólo con equipos de absorción herméticos, compactos o semicompactos con carga máxima de 10 kilogramos.
- Segunda. En locales industriales se podrán utilizar con una carga de 500 kilogramos como máximo por equipo independiente, pudiendo ser autorizadas cargas superiores por la Dirección General de Industrias Alimentarias y Diversas, previa justificación de necesidades y de medidas de seguridad dispuestas.
- Tercera. Salvo en los casos comprendidos en la regla primera, los refrigerantes del grupo tercero no podrán ser utilizados en locales no industriales.

Carga máxima de cualquier refrigerante del grupo segundo, por equipo, utilizando sistemas de refrigeración directos, según equipos y emplazamientos señalados.

Equipos	Zonas	Kilogramos de carga por equipo de locales			
		Institucionales	De pública reunión	Residenciales	Comerciales
De absorción herméticos.....	Vestibulos y pasillos públicos	0	0	1.5	1.5
	Cocinas, laboratorios y similares.....	3	3	3	10
	Otras zonas	0	3	3	10
Compactos y semi-compactos.....	Vestibulos y pasillos públicos	0	0	0	0
	Cocinas, laboratorios y similares.....	0	3	3	10
	Otras zonas	0	0	3	10

Carga máxima de cualquier refrigerante del grupo segundo, por equipo, utilizando sistemas de refrigeración indirectos cerrados y doble indirectos en los casos y condiciones indicados.

Clase de sala de máquinas	Kilogramos de carga por equipo en locales			
	Institucionales	De pública reunión	Residenciales	Comerciales
De seguridad normal	0	0	150	300
De seguridad elevada	250	500	Cloruro de etilo, cloruro de metilo y formiato de metilo.....	500
			Demás refrigerantes	Sin limitación

ELECCIÓN DEL FLUIDO FRIGORÍFICO

a) Presión de funcionamiento

En cuanto a la presión de funcionamiento, se recomienda elegir un fluido cuya presión en cualquier punto del circuito sea superior a la atmosférica.

b) Potencia frigorífica

Desde el punto de vista de la potencia frigorífica, existe una diferencia muy grande entre una instalación doméstica, comercial o industrial. También tiene mucha importancia el nivel de temperatura a que debe proporcionarse dicha potencia. Generalmente, en las instalaciones domésticas y comerciales se emplean los fluidos halogenados, y en las instalaciones industriales se emplea el amoniaco.

c) Toxicidad

En frigoríficos que tienen cámaras de gran capacidad unitaria en las que se almacenan grandes cantidades de género, el empleo de un fluido agresivo puede afectar a los alimentos conservados. No obstante, hoy en día existen detectores de fugas automáticos que dan la alarma en cuanto se detecta la presencia de gas en la cámara.

d) Miscibilidad con el aceite

A pesar de que se colocan dispositivos de separación, como el aceite es soluble, sobre todo en los fluidos halogenados, pasa en forma de vapor hacia la parte de baja presión, donde corre el riesgo de acumularse. Por ello, en todos los casos es conveniente asegurarse que el aceite pueda retornar al compresor.

CONSIDERACIONES PRACTICAS AL ELEGIR EL REFRIGERANTE

Entre el R 12 y R 22 existen algunas diferencias referentes a la potencia frigorífica. El R 12 tiene aproximadamente un 40 % menos de potencia frigorífica, pero en cambio absorbe menos potencia que el R 22.

- El R 12 no suele usarse en grandes instalaciones, salvo que se utilicen compresores de paletas.

La relación potencia frigorífica/potencia eléctrica, es decir, el rendimiento frigorífico con respecto a la energía eléctrica consumida, puede estar a favor del R 12 ó del R 22 según los casos.

- El R 12 y el R 22 suelen utilizarse en instalaciones pequeñas o medianas en cámaras de frescos (0 °C a 5°C). En instalaciones grandes de cámaras de congelados (-10, -20, -30 °C) se utiliza el R 502. Entre el R 22 y el R 502 no existen grandes diferencias y se comportan de forma semejante.

- Los freones (los que contienen flúor y cloro) tienen el inconveniente de que en cuanto se detecta una avería ya se ha quedado sin gas el circuito. El NH₃ da malos olores y es (escandaloso) además de tóxico. El R 22 no detecta la humedad, gran enemigo de las instalaciones frigoríficas. Los otros freones la ponen de manifiesto apareciendo una bolita de hielo en la válvula de expansión.
- El R 11 suele utilizarse para la limpieza de circuitos frigoríficos. Se emplea también para trabajar en compresores frágiles usados a alta velocidad con desplazamientos volumétricos grandes a bajas presiones (compresores de paletas, centrífugos, especiales, etc.) y relativa alta temperatura (no excesivamente alta porque puede descomponerse dando clorhídrico que ataca a los materiales).

- Los R 113 y R 114 se utilizan en circuitos frigoríficos de recuperación de energía en los que se obtiene agua precalentada a 80 °C, cuya temperatura puede luego aumentar calentando hasta 120 °C y obtener así vapor de agua para otros usos.

- El R 13 y R 717 se usan frecuentemente en sistemas frigoríficos montados en cascada. Pueden llegar a temperaturas de evaporación de -100 °C. Con un solo salto pueden alcanzar temperaturas de -30a-40°C.

- Los R 12, R 22 y R 502 son refrigerantes de alta seguridad y son los comúnmente más empleados. En la Cuadro 12, se resumen las características y aplicaciones más usuales de los mismos.

Características y aplicaciones de los refrigerantes más usados.

Clasificación	Refrigerante	Aplicaciones más usuales	Intervalo de temperaturas °C evaporación	Temperaturas de ebullición a la presión atmosférica °C
Alta seguridad	R 22	Aire acondicionado Refrigeración comercial	+10 °C/-5 °C	-40,8 °C
Alta seguridad	R 12	Comercial	-5 °C/-25 °C	-29,8 °C
Alta seguridad	R 502	Comercial semindustrial	-25 °C/-40 °C	-46,3 °C
Media seguridad (Avisa por el olor)	R 717	Industrial (a doble salto)	+5 °C/-45 °C	-33,3 °C

4) LOS REFRIGERANTES Y LA CAPA DE OZONO:

Acción de los refrigerantes sobre el ozono en la estratosfera

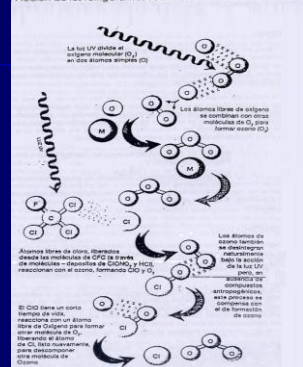
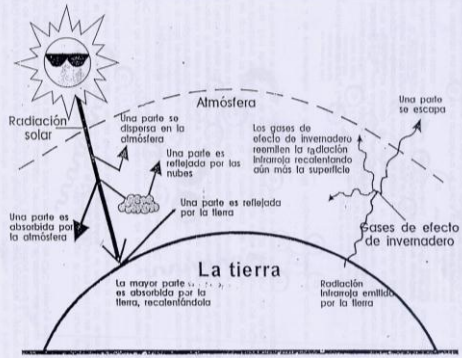


FIG. 3 Efecto invernadero



LOS CFC Y EL CALENTAMIENTO DE LA TIERRA

Los CFC y los halones contribuyen al efecto invernadero, y pueden causar el calentamiento de la Tierra. Teóricamente una molécula de CFC11 ó 12 es más de 10.000 veces más efectiva que una molécula de bióxido de carbono, en su aporte al calentamiento del planeta. Sin embargo, se desconoce el efecto neto sobre el calentamiento de la Tierra de la emisión a la atmósfera de las sustancias dañinas para el ozono y la destrucción ulterior de la capa de ozono.

El enfriamiento por radiación provocado por la pérdida del ozono estratosférico inferior podría compensar el calentamiento causado por las sustancias químicas destructoras del ozono.

No obstante, el delicado equilibrio de la atmósfera no debe someterse a prueba porque no podemos pronosticar las consecuencias con seguridad absoluta. El agujero de la Antártida es un terrible ejemplo de la intromisión del hombre en la atmósfera natural.