

(Unidade de traballo)

EFECTOS

MEDIOAMBIENTAIS

DOS

REFRIGERANTES

Índice:

1. Refrixerantes.	3
1.1. Características dos refrixerantes.	3
1.1.1. Características termodinámicas	3
1.1.2. Características físicas	4
1.2. Clasificación dos refrixerantes.	4
1.2.1. Atendendo á presión.	4
1.2.2. Atendendo ao contido de halóxenos.	4
1.2.3. Atendendo ás moléculas que o forman	4
1.2.4. Atendendo á seguridade	5
1.2.4.1. Clasificación en función da súa inflamabilidade.	5
1.2.4.2. Clasificación en función da toxicidade.	5
1.3. Nomenclatura dos refrixerantes.	6
1.3.1. Nomenclatura alfanumérica	6
2. Parámetros medioambientais dos refrixerantes.	8
2.1. Destrución da capa de ozono (PAO).	8
2.2. Efecto invernadoiro.	11
2.2.1. Gases de efecto invernadoiro	12
2.2.2. Acordos internacionais de redución.	13
2.2.3. Valores de efecto invernadoiro dos refrixerantes (PCA 100)	13
2.2.4. Comparativas do efecto invernadoiro dos refrixerantes	14
2.2.4.1 Comparativas coas emisións de Co2 dun vehículo a motor.	14
2.2.4.2 Comparativa coa emisión de Co2 duna caldeira de calefacción e AQS	15
2.3. TEWI.	15
3. Exercicios relacionados con esta unidade de traballo	17
4. Módulos relacionados con esta unidade de traballo	18

1. Refrixerantes.

Tódolos fluídos sofren simultaneamente a influencia das variacións de temperatura e presión. Un dos fluídos máis correntes, a auga, servíranos de exemplo.

VALORES PRESIÓN TEMPERATURA CAMBIO DE ESTADO VAPORIZACIÓN DA AUGA

Presión absoluta	Líquido→Gas
1 atm = 103kPas	100°C
1,7atm = 170kPas	115,2°C
0,64 atm = 64kPas	73,5°C
1,33mmatm = 1mmHg	-17,3°C

A presión atmosférica normal, a nivel do mar, a auga é un líquido a calquera temperatura comprendida entre 0°C e 100°C. Se a presión diminúe, a auga ferve, cambia de estado líquido a gasoso, a unha temperatura menor, mentres que si a presión aumenta, a temperatura de vaporización aumenta tamén.

Observamos tamén na táboa que si logramos baixar a presión absoluta a pequenos valores, a temperatura de vaporización da auga diminúe considerablemente por debaixo da temperatura normal en calquera estación do ano. Aproveitaremos este feito para eliminar a humidade no interior dun circuito frigorífico, o sometelo a una presión similar a estes valores mediante unha bomba de baleiro durante un determinado período de tempo.

De forma xeral podemos definir como refrixerante a todo fluído que absorbe calor por evaporación a baixa presión e temperatura e o cede por condensación a maior presión e temperatura.

A auga ten varias das propiedades requiridas nun refrixerante:

- É de baixo custo.
- É de fácil manipulación.
- Non é tóxico.
- Non é inflamable.
- Gran calor latente de vaporización (541Kcal/kg)

Sen embargo aínda que auga é usada como refrixerante nos equipos de absorción non é un refrixerante práctico para un ciclo de refrixeración mecánica por compresión. Lograr que a auga vaporice a unha temperatura tal que permita o seu uso no acondicionamento do aire require presións moi baixas, presións que non permiten o uso dos compresores habituais.

1.1. Características dos refrixerantes.

Podemos distinguir 2 tipos; as que ten que ver coa transferencia de calor que denominaremos termodinámicas; e as que non intervén directamente en esta transferencia de calor que denominaremos físicas.

1.1.1. Características termodinámicas.

Presión: As presións correspondentes ás temperaturas requiridas en refrixeración, conveñen que estean por riba da presión atmosférica para evitar infiltracións de aire e sucidade exterior en caso de perda de estanquidade do circuito. A presión correspondente á temperatura de condensación non deberá ser excesiva, de forma que sexa posible obtela mediante os medios de transformación dispoñibles, e non requira de elementos reforzados para resistila. Así mesmo a relación de compresión precisa no circuito deberá ser a máis baixa posible.

$$\tau = \frac{P_{abs-cond}}{P_{abs-evap}}$$

Temperatura: A temperatura de saturación correspondente á presión de evaporación debe ser inferior á temperatura do local a acondicionar. Deste xeito a evaporación poderá producirse mediante o aire ambiente en caso de condensación por aire.

Densidade: A densidade debe ser o maior posible; isto fará que o tamaño de tubaxes e volumes de compoñentes sexa o menor posible.

Calor latente: A calor latente de vaporización debe ser relativamente importante de modo que o caudal de fluído refrixerante sexa o menor posible para unha potencia frigorífica dada.

1.1.2. Características físicas

Miscibilidade: É a capacidade do refrixerante para mesturarse co aceite de lubricación. O refrixerante debe ser compatible cos lubricantes correntes, e non debe diminuír a efectividade dos mesmos. A miscibilidade favorece a lubricación de tódolos puntos do circuito, e o retorno do aceite ao compresor, aínda que diminúa a capacidade de transferencia de calor do fluído refrixerante.

Fugas: O refrixerante debe ser facilmente detectable polos indicadores de que se dispón para localizar fugas no sistema. A presión e a densidade elevada son factores que favorecen a tendencia á fuga. A viscosidade diminúe esta tendencia.

Seguridade: Os refrixerantes non deben ser inflamables, nin tóxicos nin ser corrosivos cos metais usados nos equipos. Deben ser quimicamente estables.

Outras: Os refrixerantes deben ser de baixo custo e fácil manexo.

1.2. Clasificación dos refrixerantes.

Podemos realizar varias clasificacións en función de distintas variables das sustancias.

1.2.1. Atendendo á presión.

En función das presións de traballo podemos clasificalos en:

Baixa presión: A presión atmosférica a súa temperatura de vaporización é alta, superior a 20°C. Ex.: R-11, R-141b, R-113.

Media presión: A presión atmosférica a súa temperatura de vaporización está comprendida entre 20°C y -30°C. Ex.: R-12, R-134a, R-1234ef

Alta presión: A presión atmosférica a temperatura de vaporización está comprendida entre -30°C e -80°C. Ex.: R-22, R-507A, R-404A.

Moi alta presión: A presión atmosférica a súa temperatura de vaporización é moi baixa, inferior a -80°C. Ex.: R-13, R-14.

1.2.2. Atendendo ao contido de halóxenos.

Segundo o contido de átomos de cloro (Cl) e flúor (F) nas moléculas que forman o refrixerante clasifícanse en:

CFC: Estes refrixerantes presentan na súa molécula, ou na composición de algunha das súas moléculas dous átomos de cloro (Cl) ou máis. Ex.: R-12.

HCFC: Presentan na composición da súa molécula, ou na composición dalgunha das súas moléculas, un só átomo de cloro (Cl) e un ou varios de flúor (F). Ex.: R-22.

HFC: Na composición da molécula que forma o refrixerante, ou na composición de algunha das súas moléculas, non se encontra ningún átomo de cloro (Cl) e si presentan átomos de flúor (F) e hidróxeno (H). Ex.: R-134a.

HFO: (Hidroflúoro olefina) presentan átomos de flúor (F) e hidróxeno (H) ademais dun dobre enlace entre os seus átomos de carbono. Ex.: R-1234ef

HC: (Hidrocarburos) (alcanos e alquenos). Conteñen só carbono e hidróxeno e son, por conseguinte, altamente inflamables e explosivos. Ex.: R-290, R-600a, R-1270.

Outros: Sobre todo sustancias naturais non englobadas noutros grupos. Ex.: Amoníaco (NH₃), Dióxido de carbono (CO₂).

1.2.3. Atendendo ás moléculas que o forman

Debemos ver a definición de Aceótropo antes de nomear os distintos tipos de refrixerantes segundo esta clasificación.

Aceótropo: Refrixerante mestura de dous ou máis moléculas distintas, que teñen a mesma composición porcentual (número de moléculas distintas en proporción), en vapor e en líquido a unha temperatura característica para esa mestura. Ex.: El R-502 é Aceótropo só a 17°C.

Tendo en conta o número de moléculas que forman parte da composición do refrixerante clasifícanse en:

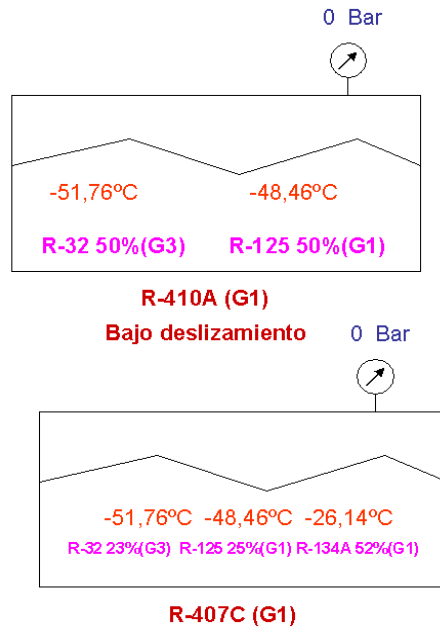
Puros: Esvaramento de temperatura DT = 0°C. Ex.: R-134a.

Mesturas:

Azeótropos: Esvaramento de temperatura medio $DT < 2^{\circ}\text{C}$. Toda a serie 500. Ex.: R-502, R-507A.

Semíazeótropos: Esvaramento de temperatura medio $2^{\circ}\text{C} > DT < 5^{\circ}\text{C}$. Serie 400. Ex.: R-404A, R-410A.

Zeótropos: Esvaramento de temperatura $DT > 5^{\circ}\text{C}$. Serie 400. Ex.: R-407F; R-407C.

**REFRIGERANTES MESTURA (COMPONENTES)****1.2.4. Atendendo á seguridade**

Para esta clasificación teremos que ir á IF2 do REGULAMENTO DE SEGURIDADE PARA PLANTAS E INSTALACIÓNS FRIGORÍFICAS (RSF) RD 138/2011.

1.2.4.1. Clasificación en función da súa inflamabilidade.

Os refrigerantes deberán incluírse dentro dun dos tres grupos, 1, 2 e 3 baseándose no límite inferior de inflamabilidade a presión atmosférica e temperatura ambiente:

GRUPO 1: Refrigerantes non inflamables en estado de vapor a calquera concentración no aire.

GRUPO 2: Refrigerantes cuxo límite inferior de inflamabilidade, cando forman unha mestura co aire, é igual ou superior ao 3,5% en volume (V/V).

GRUPO 3: Refrigerantes cuxo límite inferior de inflamabilidade, cando forman unha mestura co aire, é inferior ao 3,5% en volume (V/V).

1.2.4.2. Clasificación en función da toxicidade.

Os refrigerantes deberán incluírse dentro dun dos dos grupos A e B baseándose na súa toxicidade:

GRUPO A: Refrigerantes cuxa concentración media no tempo non ten efectos adversos para a maioría dos traballadores que poden estar expostos ao refrigerante durante unha xornada laboral de 8 horas diarias e 40 horas semanais e cuxo valor é igual ou superior a unha concentración media de 400 ml/m^3 [400 ppm. (V/V)].

GRUPO B: Refrigerantes cuxa concentración media no tempo non ten efectos adversos para a maioría dos traballadores que poden estar expostos ao refrigerante durante una xornada laboral de 8 horas diarias e 40 horas semanais e cuxo valor é inferior a una concentración media de 400 ml/m^3 [400 ppm. (V/V)].

Inflamabilidad creciente ↑ ↑	Altamente Inflamable	A3	B3
	Ligeramente Inflamable	A2	B2
	No inflamable	A1	B1
		Baja Toxicidad	Alta Toxicidad
		→ → Toxicidad creciente	

CLASIFICACIÓN REFRIGERANTES POR SEGURIDADE

Para o propósito do RSF o artigo 4 os agrupan de forma simplificada como segue:

- **Grupo L1** de alta seguridade = A1
- **Grupo L2** de media seguridade = A2, B1, B2
- **Grupo L3** de baixa seguridade = A3, B3

1.3. Nomenclatura dos refrigerantes.

De acordo co establecido no artigo 4 do Regulamento de Seguridade para Plantas e Instalacións Frigoríficas, os refrigerantes denominaranse pola súa fórmula ou pola súa denominación química, ou si procede, pola súa denominación simbólica alfanumérica, non sendo suficiente, en ningún caso o seu nome comercial.

1.3.1. Nomenclatura alfanumérica

Os fluídos frigoríxenos máis utilizados na actualidade derivan do metano CH_4 e do etano C_2H_6 , con contidos diferentes dos halóxenos flúor (F) e cloro (Cl). A nomenclatura utilizada procede da ASHRAE, e foi adoptada a nivel internacional.

Para comprender esta nomenclatura temos que saber que o carbono, nestes hidrocarburos, utiliza un enlace covalente para unirse a outros átomos, e que consiste, no caso do carbono, na unión con catro átomos ao seu arredor.

A composición química da molécula de refrigerante denomínase mediante a letra "R" seguida de 2,3 ou 4 cifras numéricas.

R – xXXX

Millares (si existe) =: Un 1 indicando compuestos no saturados.

Antepenultima cifra: $\text{C} = \text{X} + 1$.

Penultima cifra: $\text{H} = \text{X} - 1$.

Ultima cifra: $\text{F} = \text{X}$.

DENOMINACIÓN SIMBÓLICA NUMÉRICA DOS REFRIGERANTES

Se o nome do refrigerante só consta de dúas cifras numéricas significa que se omitiu a primeira por ser "0".

O resto dos enlaces dos carbonos que queden libres completaranse con átomos de cloro.

Se os hidrocarburos que se forman son cíclicos anteponse á cifra de nomenclatura unha "C".

Nos compostos isómeros, o máis simétrico (en pesos atómicos) indicárase sen letra algunha a continuación dos números. Ao aumentar a asimetría, colocaranse as letras a, b, c, etc

Unha "B" seguida polos números 1 ou 2 detrás da nomenclatura, significa que 1 ou 2 átomos de cloro (Cl) substitúense por átomos de Bromo.

Os compostos non saturados seguirán as regras antepoñendo o número "1" á dereita dos números de denominación.

Os Azeótropos expresaranse mediante as denominacións dos seus compoñentes, intercalando, entre parénteses, a porcentaxe en peso correspondente de cada un. Os azeótropos tamén poden designarse por un número da serie 500 establecido por unha comisión internacional.

Os semi-azeótropos e Zeótropos expresaranse mediante as denominacións dos seus compoñentes, intercalando, entre parénteses, o porcentaxe en peso correspondente de cada un. Estes tamén poden designarse por un número da serie 400 establecido por unha comisión internacional.

Os números de identificación dos refrixerantes dos compostos inorgánicos obtense engadindo a 700 os pesos moleculares dos compostos. Cando dous ou máis refrixerantes inorgánicos teñen os mesmos pesos moleculares utilízanse as A, B, C... para distinguilos entre eles.

Empregábase require a denominación do butano, cuxa fórmula química é $\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}_2\text{CH}_3$. Vemos que presenta 4 átomos de carbono (C) e 10 átomos de hidróxeno (H), co que sería R- "3" "11" "0". Como esta denominación non é posible, designóuselle R-600.

2. Parámetros medioambientais dos refrixerantes.

Temos dous efectos medioambientais básicos; destrución da capa de ozono e contribución ao efecto invernadoiro dispoñendo, neste último caso, de dous parámetros medioambientais para establecer a súa incidencia.

2.1. Destrución da capa de ozono (PAO).

Os hidrocarburos haloxenados usáronse de forma habitual en refrixeración, sen embargo a súa contribución ao quentamento da atmosfera, así como o seu poder destrutivo da capa de ozono obrigou a que estas sustancias se regulen polo Protocolo de Montreal.

Denomínase capa de ozono, ou ozonosfera, á zona da estratosfera terrestre que contén unha concentración relativamente alta de ozono. Esta capa, que abrangue aproximadamente dos 15 km ós 40 km de altitude, reúne o 90% do ozono presente na atmosfera e absorbe do 97% ao 99% da radiación ultravioleta de alta frecuencia.

O ozono formase na estratosfera pola incidencia dos raios ultravioleta que proveñen do sol sobre as moléculas de osíxeno (O_2). O ozono así formado absorbe os raios ultravioleta impedindo que parte deles penetren na atmosfera, xa que os seus efectos son nocivos para os seres vivos.

Aínda que certo nivel de radiación UV é necesaria para a vida na terra, en exceso produce efectos adversos que é preciso previr. A capa de ozono da estratosfera a pesar da súa extremada baixa concentración, é capaz de filtrar a radiación UV-B (Cuxa lonxitude de onda está entre os 230nm e 280nm). A radiación de lonxitude de onda máis curta UV-A non é perxudicial; e a radiación UV-C é absorbida polo osíxeno.

Durante o inverno na Antártida foi onde se descubriu o aumento do burato da capa de ozono sobre medicións de anos anteriores; o cal na Primavera cando reaparece a luz solar nesta zona do planeta; mentres non se restablece parcialmente grazas aos ventos dominantes, causa grandes danos sobre a vida na superficie terrestre. O esgotamento da capa de ozono sobre o hemisferio Norte non resulta tan preocupante, en relación ao hemisferio sur; aínda así en 1993 está constatado un empobrecemento da capa de ozono do 15% sobre América do Norte.

O esgotamento do ozono estratosférico trae como consecuencia efectos adversos, ao aumentar a incidencia da radiación UV, sobre:

-A saúde humana:

- Aumento de incidencias de cancro de pel.
- Aumento de casos de cataratas.
- Afecta ao sistema inmunolóxico ao reducir a capacidade de loitas sobre determinadas enfermidades parasitarias, herpes...

-O medio ambiente:

- Redución de colleitas agrícolas.
- Alteracións na composición química de certas especies vexetais; por exemplo patacas, remolacha, tomate...
- Efectos adversos no desenvolvemento do fitoplancto e larvas de numerosas especies mariñas e algas dando lugar a redución nos niveis de pesca.
- A redución do fitoplancto mariño frea a absorción do dióxido de carbono por parte do mar o cal trae como consecuencia un aumento da temperatura a nivel de superficie terrestre.

O Protocolo de Montreal relativo ás sustancias que esgotan o ozono é un tratado internacional deseñado para protexer a capa de ozono reducindo a produción e o consumo de numerosas sustancias que se estudou que reaccionan co ozono e crese que son responsables do esgotamento da capa de ozono. Co fin de reducir o burato da capa de ozono en 1985 asínase a Convención de Viena, formada por 20 países, entre eles os maiores produtores de CFC. Nesta convención establécese un marco para a negociación de regulacións internacionais sobre sustancias que afectan á capa de ozono.

Dous anos despois en 1987, 43 países asinaron o Protocolo de Montreal, polo que se comprometeron a manter os niveis de produción de CFC de 1986 e reducilos nun 50% ata 1999 e entrou en vigor o 1º de xaneiro de 1989.

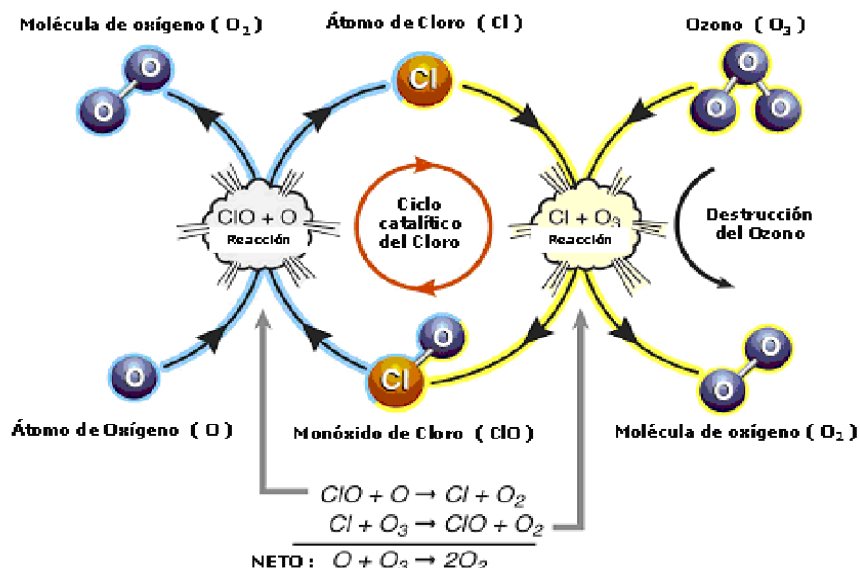
A primeira reunión das partes celebrouse en Helsinki en maio dese 1989. Dende ese momento, o documento foi revisado en varias ocasións, en 1990 (Londres), en 1991 (Nairobi), en 1992 (Copenhague), en 1993 (Bangkok), en 1995 (Viena), en 1997 (Montreal) e en 1999 (Beijing).

En 1992 ante as evidencias científicas da repercusión dos CFC decídese eliminalos completamente no ano 1996, agás unha pequena parte de uso esencial, por exemplo nos inhaladores para enfermidades como a asma.

No Protocolo de Montreal están listadas e clasificadas as sustancias que esgotan a capa de ozono (Sustancias Esgotadoras da capa de Ozono), entre as que se encontran os Clorofluorocarbonos (CFCs), Halóns, Hidroclorofluorocarbonos (HCFCs) e Bromuro de Metilo, utilizados como gases refrixerantes, propelentes de aerosois, disolventes industriais, sustancias extintoras de lume, e a última utilizada como praguicida.

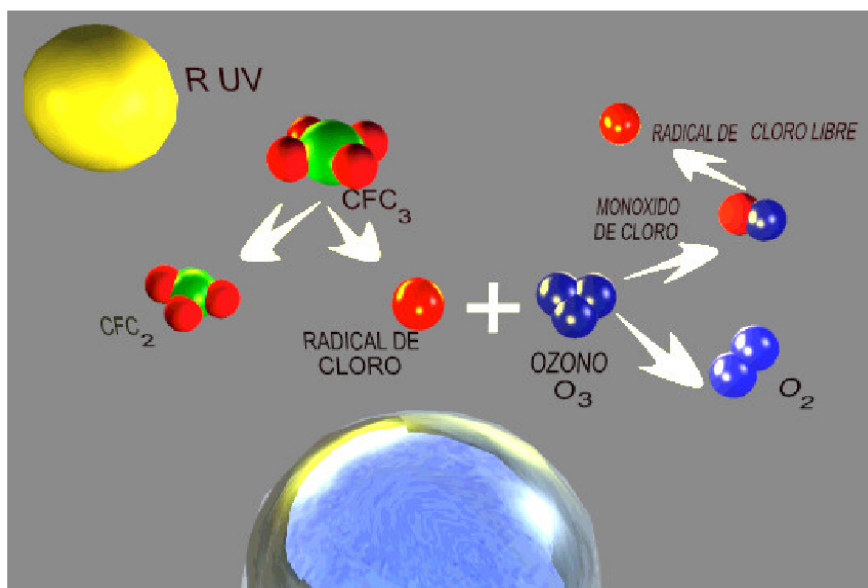
As substancias como os clorofluorocarbonados CFCs, que diminúen a capa de ozono, non destrúen o ozono directamente. Primeiro sofren fotólise, formando cloruro de hidróxeno (HCl) ou nitrato de cloro (ClONO₂), moléculas que tampouco reaccionan co ozono directamente, pero que se descompoñen lentamente dando lugar, entre outras cousas, a unha pequena cantidade de átomos de cloro (Cl) e de moléculas de monóxido de cloro (ClO) que son as que catalizan a destrución do ozono.

As reaccións involucradas nos procesos de destrución son máis de 100, pero pódense simplificar na seguinte:



REACCIÓN QUÍMICA DE DESTRUCCIÓN DE OZONO

O átomo de cloro actúa como catalizador, é dicir, non é consumido na reacción, polo que destrúe miles de moléculas de ozono antes de desaparecer. O potencial de esgotamento do ozono (PAO) representa a acción catalítica do cloro, o fluor e o bromo en materiais compostos que rompen as moléculas de ozono.



GASES CLORADOS DESTRUÍNDOL OZONO

O valor PAO é un parámetro adimensional que mide o potencial de esgotamento da capa de ozono estratosférico da unidade de masa dunha substancia en relación coa do R-11 que se adopta como unidade.

VALORES POTENCIAIS DE ESGOTAMENTO DO OZONO SEGUNDO REGULAMENTO EUROPEO 1005/2009

Fluídos	Denom	Fórmula	PAO
CFC	R 14	CCL_3F	1
	R12	CCL_2F_2	1
	R 113	$\text{CCL}_2\text{F-CCLF}_2$	0,8
	R 114	$\text{CCLF}_2\text{-CCLF}_2$	1
	R 115	$\text{CCLF}_2\text{-CF}_3$	0,6
HCFC	R 22	CHCLF_2	0,05
	R 123	$\text{CHCL}_2\text{-CF}_3$	0,02
	R 124	CHCLF-CF_3	0,02
	R 141b	$\text{CH}_3\text{-CCL}_2\text{F}$	0,1
	R 142b	$\text{CH}_3\text{-CCLF}_2$	0,06
HFC	R 23	CHF_3	0
	R 32	CH_2F_2	0
	R 125	$\text{CHF}_2\text{-CF}_3$	0
	R 134a	$\text{CF}_3\text{-CH}_2\text{F}$	0
	R 143a	$\text{CH}_3\text{-CF}_3$	0
	R 152a	$\text{CHF}_2\text{-CH}_3$	0
HC Propano	R 290	C_3H_8	0
Isobutano	R 600a	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	0
Amoniaco	R 717	NH_3	0
Anhídrido carbónico	R 744	CO_2	0
HFO	R-1234yf	CF_3CFCH_2	0

Na maioría dos países en desenvolvemento, o sector máis grande que aínda segue empregando Substancias Esgotadoras da capa de Ozono é o de mantemento de equipos de refrixeración e aire acondicionado, onde os CFCs e os HCFCs se utilizan como refrixerantes nos circuitos de arrefriamento.

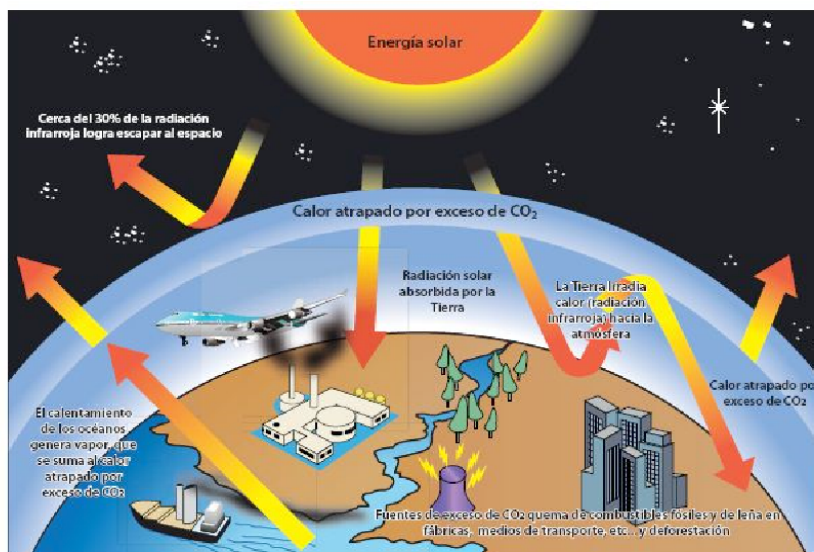
Os gases refrixerantes afectados por esta normativa son sobre todo, polo seu uso extenso, o R-22; pero tamén afecta a outros como R-401A, R-401B, R-402A, R-402B, R-403B, R-406A, R-408A, R-409A. Estes gases quedaron completamente prohibidos como produto virxe a partir do 31 de decembro de 2009, e se permite como produto rexenerado ata o 31 de decembro de 2014.

Crese que se todos os países cumpren cos obxectivos propostos dentro do tratado, a capa de ozono podería terse recuperado para o ano 2050. Debido ao alto grao de aceptación e implementación que se logrou, o tratado foi considerado como un exemplo excepcional de cooperación internacional.

2.2. Efecto invernadero.

Denomínase efecto invernadero ao fenómeno polo que determinados gases, compoñentes dunha atmosfera planetaria, reteñen parte da enerxía que o chan emite ao ter sido quenteado pola radiación solar. Afecta a todos os corpos planetarios dotados de atmosfera. De acordo co actual consenso científico, o efecto invernadero estase acentuando na terra pola emisión de certos gases, como o dióxido de carbono e o metano, debido á actividade económica humana.

Este fenómeno evita que a enerxía do sol recibida constantemente pola terra volva inmediatamente ao espazo producindo a escala planetaria un efecto similar ao observado nun invernadero. A maior parte da enerxía que chega ao noso planeta procede do Sol. Vén en forma de radiación electromagnética.



EFFECTO INVERNADERO SOBRE A SUPERFICIE TERRESTRE

O sistema climático en equilibrio, a cantidade de radiación solar entrante na atmosfera debe ser igual á radiación solar reflectido máis a radiación infravermella térmica saínte. Toda alteración deste balance de radiación, xa sexa por causas naturais ou orixinado polo home (antropógeno), é forzado e supón un cambio de clima e do tempo asociado. Os fluxos de enerxía entrante e saínte se relacionan no sistema climático ocasionando moitos fenómenos tanto na atmosfera, coma no océano ou na terra.

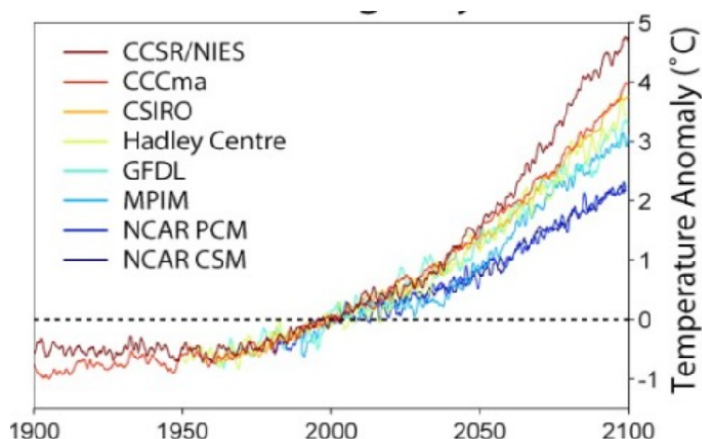
A Terra, como todo corpo quente superior ao cero absoluto, emite radiación térmica, pero ao ser a súa temperatura moito menor que a solar, emite radiación infravermella por ser un corpo negro. A radiación emitida depende da temperatura do corpo. No estudo do NCAR concluíron unha oscilación anual media entre 15,9 °C en xullo e 12,2 °C en xaneiro compensando os dous hemisferios, que se encontran en estacións distintas e a parte terrestre que é de día coa que é de noite. Esta oscilación de temperatura supón unha radiación media anual emitida pola Terra de 396 W/m².

A enerxía infravermella emitida pola Terra é atrapada na súa maior parte na atmosfera e reenviada de novo á Terra. Este fenómeno chámase Efecto Invernadero e garante as temperaturas mornas do planeta.

Gases como o CO₂, ozono superficial (O₃)₄, óxido nítrico (N₂O) e hidrofluorocarbonados (HFC) se acumulan na atmosfera como resultado das actividades humanas, derivando nun aumento do quenteamento global, isto acontece porque os gases acumulados frean a perda de radiación infravermella (calor) dende a atmosfera ao espazo. Unha parte da calor é transferida aos océanos, aumentando a temperatura destes, o que implica un aumento da temperatura global do planeta. Como o CO₂ e outros gases capturan a radiación solar de xeito semellante ao plástico dun invernadero, o quenteamento global producido deste modo cóñécese como efecto invernadero.

O Grupo intergubernamental de Expertos sobre o Cambio Climático, un organismo creado pola Organización Meteorolóxica Mundial e o Programa Ambiental das Nacións Unidas para estudar o cambio climático orixinado polas actividades humanas, sinala nun dos seus informes que a temperatura global subiu no último século unha media de 0,6 ± 0,2 °C.

Distintos grupos de expertos están a realizar simulacións de como podería evolucionar este aumento de temperaturas nos próximos anos e aínda que hai discrepancias entre uns estudos e outros de ata un 400% o que esta claro é que todo apunta cara a un aumento exponencial.



**SIMULACIÓN EVOLUCIÓN AUMENTO MEDIO DE TEMPERATURAS
IPCC (INTERGOVERNMENTAL PANEL ON CLIMATE CHANGE)**

As consecuencias son grandes cambios no clima a nivel mundial que podemos enumerar do seguinte xeito:

- Redución da superficie de glaciares e, como consecuencia, elevación do nivel do auga dos mares e océanos.
- Posibles inundacións de zonas próximas ao mar ou illas.
- Acidificación dos océanos e mares, alterando o ecosistema mariño.
- As temperaturas rexionais e os réxime de choiva tamén sofren alteracións, o que afecta negativamente á agricultura e da gandaría.
- Cambios nas estacións, o que afectará á migración das aves, á reprodución dos seres vivos etc....
- Aumento da temperatura media da Terra de 0,2 graos centígrados por decenio (previsión).
- Diminución de recursos hídricos polas secas e a maior evaporación da auga, certas zonas fértiles poderían converterse en desertos.

Por exemplo en Galicia, todo o litoral, veríase afectado, desaparecendo cidades como Vigo, onde só dúas pequenas illas, formadas polo monte do Castro e o monte da Guía sobresairían da auga. No seguinte mapa publicado na revista National Geographic pódese ver o estudo de como quedaría o litoral galego si se fundisen os casquetes polares completamente.



2.2.1. Gases de efecto invernadoiro

O **dióxido de carbono** é o Gas de Efecto Invernadoiro antropógeno máis importante da atmosfera e contribúe aproximadamente ao 65% do efecto radioactivo ocasionado polo conxunto de Gases de Efecto Invernadoiro de longa duración. Responsable do 84% aproximadamente nos 10 últimos anos e do 83% aproximadamente nos 5 últimos.

En 2013 o CO₂ atmosférico alcanzou o 142% do nivel preindustrial a causa principalmente das emisións procedentes da queima de combustibles fósiles e a produción de cemento.

O aumento medio do CO₂ atmosférico de 2003 a 2013 corresponde aproximadamente ao 45% do CO₂, emitido polas actividades humanas e preto do 55% restante é eliminado polos océanos e a biosfera terrestre. Os principais sumidoiros para as emisións de CO₂ provenientes da queima de combustibles fósiles son os océanos e a biosfera terrestre. A incorporación do CO₂ atmosférico nos océanos produce a acidificación destes.

O metano contribúe aproximadamente ao 17% do efecto radioactivo ocasionado polos Gases de Efecto Invernadoiro de longa duración. Aproximadamente o 40% do CH₄ que se emite á atmosfera procede de fontes naturais, mentres que preto do 60% procede de fontes antropógenas, como a gandaría, cultivo de arroz, explotación de combustibles fósiles, vertedoiros e combustión de biomasa, nestas últimas emisións a 253% do seu nivel preindustrial en 2013.

O óxido nítrico contribúe aproximadamente ao 6% do efecto radioactivo ocasionado polos Gases de Efecto Invernadoiro de longa duración. É o terceiro gas que máis contribúe a ese efecto radioactivo e, respecto do potencial de esgotamento do ozono, este gas está asociado ás maiores emisións de substancias que esgotan o ozono atmosférico (O₃). Antes da industrialización, a carga de N₂O atmosférico reflectía un equilibrio entre as emisións dende os chans e o océano e as perdas químicas na estratosfera. Na era industrial, as emisións antropógenas adicionais proveñen dos fertilizantes nitróxenos sintéticos (emisións directas das terras agrícolas e emisións indirectas dos cursos de auga afectados pola escorrente agrícola), a queima de combustibles fósiles, a queima de biomasa e outros procesos menores. Na actualidade, as emisións de fontes antropógenas representan aproximadamente o 40% do total de emisións.

O hexafluoruro de xofre é un potente Gas de Efecto Invernadoiro de longa duración. Practicamente todas as emisións son de orixe antropógeno. Utilízase principalmente como illante eléctrico nos equipos de distribución de enerxía. Posúe un período de vida de 3.200 anos, polo que as emisións se acumulan na atmosfera.

Os clorofluorocarbonos (CFC), que destrúen a capa de ozono, e os gases haloxenados menores contribúen aproximadamente ao 12% do efecto radioactivo causado polos Gases de Efecto Invernadoiro de longa duración. Aínda que os CFC están diminuindo, os hidroclorofluorocarbonos (HCFC) e os hidrofluorocarbonos (HFC), potentes gases de efecto invernadoiro, están a aumentar a un ritmo relativamente rápido, aínda que aínda son pouco abundantes.

2.2.2. Acordos internacionais de redución

En 1992, os países adheríronse a un tratado internacional, a Convención Marco das Nacións Unidas sobre o Cambio Climático (CMNUCC), co fin de examinar que podían facer para limitar o aumento da temperatura mundial e o conseqüente cambio climático, e de facer fronte ás súas consecuencias.

En 1995, os países recoñeceron que as disposicións en materia de redución das emisións recollidas na Convención non eran suficientes. Polo tanto, iniciaron negociacións para reforzar a resposta mundial ao cambio climático e, en 1997, adoptaron o Protocolo de Kyoto.

O **Protocolo de Kyoto** vincula xuridicamente os países desenvolvidos aos obxectivos de redución de emisións. O primeiro período de compromiso do Protocolo comezou en 2008 e finalizou en 2012. O segundo período de compromiso comezou o 1 de xaneiro de 2013 e concluírá en 2020.

Actualmente hai 195 Partes na Convención e 192 Partes no Protocolo de **Kyoto**. O Protocolo entrou en vigor o 16 de febreiro de 2005. Dende entón, as Partes no devandito Protocolo seguiron negociando e modificaron o Protocolo para obter resultados máis ambiciosos en 2030.

2.2.3. Valores de efecto invernadoiro dos refrixerantes (PCA 100)

As moléculas de CFCs, HCFCs e HFCs teñen unha capacidade de absorción das lonxitudes de onda re-radiadas dende a superficie terrestre moito maior que as do CO₂, polo que a pesar de estar presente na atmosfera nunha proporción moito menor, as moléculas do HFC "R-134a", por exemplo, teñen unha capacidade de absorción das ondas re-radiadas da terra 1.300 veces superior á do CO₂, por iso hase de ter en conta que a emisión dos gases refrixerantes son responsables parcialmente do efecto invernadoiro.

As siglas GWP (Potencial de efecto invernadoiro); ou PCA 100, representan o efecto combinado dos diferentes tempos que estes gases permanecen na atmosfera e a súa eficiencia relativa na absorción da radiación infravermella saínte. Estableceuse o valor 1 para o CO₂. Este potencial de quentamento atmosférico está determinado respecto do CO₂ e baséase nun horizonte de tempo de integración acordado de 100 anos.

En caso de refrixerantes que sexan mesturas de substancias, é unha media ponderada derivada da suma de fraccións expresadas en peso de cada unha das substancias multiplicadas polos seus PCA:

$$\sum (\text{sustancia } X\% \cdot \text{PCA}) + (\text{sustancia } Y\% \cdot \text{PCA}) + (\text{sustancia } N\% \cdot \text{PCA})$$

Onde X% é a contribución por peso cunha tolerancia de peso de $\pm 1\%$, obtido da táboa no Anexo I e II do Regulamento europeo 517/2014.

VALORES POTENCIAIS DE EFECTO INVERNADOIRO SEGUNDO RSF

Fluídos	Denom	Fórmula	PCA100
CFCs	R 12	CCL_2F_2	8100
	R 113	$\text{CCL}_2\text{F}-\text{CCLF}_2$	4800
	R 114	$\text{CCLF}_2-\text{CCLF}_2$	9800
	R 115	$\text{CCLF}_2-\text{CF}_3$	7200
HCFCs	R 22	CHCLF_2	1500
	R 123	$\text{CHCL}_2-\text{CF}_3$	90
	R 124	$\text{CHCLF}-\text{CF}_3$	470
	R 141b	$\text{CH}_3-\text{CCL}_2\text{F}$	600
	R 142b	$\text{CH}_3-\text{CCLF}_2$	1800
HFC	R 23	CHF_3	11700
	R 32	CH_2F_2	650
	R 125	CHF_2-CF_3	2800
	R 134a	$\text{CF}_3-\text{CH}_2\text{F}$	1300
	R 143a	CH_3-CF_3	3800
	R 152a	CHF_2-CH_3	140
HC Propano	R 290	C_3H_8	3
Isobutano	R 600a	$\text{CH}(\text{CH}_3)_3$	3
Amoníaco	R 717	NH_3	0
Anhídrido carbónico	R 744	CO_2	1
HFO	R-1234yf	CF_3CFCH_2	4

2.2.4. Comparativas do efecto invernadoiro dos refrixerantes

Para axudar a entender e concienciar sobre o efecto invernadoiro producido polos gases refrixerantes pódense realizar comparativas con outros procesos realizados polo home nos cales se obtén CO_2 resultante e polo tanto efecto invernadoiro.

2.2.4.1 Comparativas coas emisións de Co_2 dun vehículo a motor

Por exemplo se comparamos o impacto sobre o efecto invernadoiro da emisión á atmosfera de 1 kg de R-410A cos km percorridos por un automóbil cunhas emisións de CO_2 por km de 130 gr. Ou sexa responder á pregunta da cantos km recorrido con este automóbil equivale tirar á atmosfera 1 kg de R-410A.

Necesitamos coñecer o PCA100 do R-410A sacado do RSF → 1720

Establecemos a relación directa:

$0,130\text{kgCO}_2 \rightarrow 1\text{km recorrido}$

$1720\text{kgCO}_2 \rightarrow x\text{km}$

A resposta é 13.231 Km. Este resultado dá unha visión directa do terrible dano medioambiental provocado pola liberación á atmosfera dos refrixerantes; xa que a conclusión sacada é que LIBERAR 1 KG DE R-410A É COMO CIRCULAR 13.231 Km con este automóbil.

2.2.4.2 Comparativa coa emisión de CO₂ duna caldeira de calefacción e AQS

Por exemplo podemos comparalo cunha vivenda de tipo medio nunha cidade que consuma uns 250 m³ ao mes, EN INVERNO, de gas natural para cubrir a demanda enerxética de cociña, auga quente e calefacción.

A combustión de 1 m³ de gas produce aproximadamente 2,15 kg CO₂/Nm³ de gas natural. Co que a vivenda media do noso exemplo emite á atmosfera aproximadamente 537,5kg de CO₂ en cada mes de inverno. Comparamos o impacto sobre o efecto invernadoiro da emisión á atmosfera de 1 kg de R-404A cos meses de funcionamento da caldeira dunha vivenda. Responder á pregunta de cantos meses de funcionamento desta caldeira equivale tirar á atmosfera 1 kg de R-404A.

Necesitamos coñecer o PCA100 do R-404A sacado do RSF → 3260

Establecemos a relación directa:

537,5kg CO₂ → 1mes de calefacción en inverno

3260kg CO₂ → x meses

A resposta é 6 meses. Este resultado volta a dar unha visión directa do gran dano medioambiental provocado pola liberación á atmosfera dos refrixerantes; xa que a conclusión sacada é que LIBERAR 1 KG DE R-404A É COMO CUBRIR AS NECESIDADES DE CALOR NUNHA VIVENDA DURANTE 6 MESES DE INVERNO.

2.3. TEWI.

TEWI (TOTAL EQUIVALENT WARMING IMPACT) Impacto total equivalente sobre o quentamento atmosférico. É un parámetro que avalía a contribución total ao quentamento atmosférico producido durante a súa vida útil por un sistema de refrixeración utilizado. Engloba a contribución directa das emisións de refrixerante á atmosfera e a indirecta debida ás emisións de CO₂ (dióxido de carbono) consecuencia da produción de enerxía necesaria para o funcionamento do sistema de refrixeración durante o seu período de vida útil. Exprésase en quilogramos equivalentes de CO₂.

Este cálculo ten unha particular importancia na fase de deseño ou cando haxa que tomar a decisión de realizar unha conversión a outro refrixerante.

É posible identificar mediante a aplicación do TEWI a instalación máis eficiente para reducir o impacto real do quentamento atmosférico producido por un sistema de refrixeración.

As principais opcións son:

- a) Deseño/elección do sistema de refrixeración e refrixerante máis adecuados para facer fronte á demanda dunha aplicación frigorífica específica.
- b) Optimización do sistema para obter a maior eficiencia enerxética (a mellor combinación e disposición dos compoñentes e sistemas utilizados para reducir o consumo de enerxía).
- c) Mantemento apropiado para conseguir unha eficiencia enerxética óptima evitando as fugas de refrixerante (exemplo, todos os sistemas se mellorasen cun mantemento e manexo correctos).
- d) Recuperación e reciclaxe / rexeneración do refrixerante usado.
- e) Recuperación e reciclaxe / rexeneración do illamento empregado.

A eficiencia enerxética é o obxectivo máis significativo para reducir o quentamento atmosférico causado pola refrixeración.

O TEWI determínase para un sistema de refrixeración concreto e non só respecto ao refrixerante en si. Varía dun sistema a outro e depende dos supostos feitos respecto a factores importantes como son: tempo de funcionamento, vida de servizo, factor de recuperación no desmantelamento e eficiencia.

Para un sistema ou unha aplicación dados, a utilización máis eficaz do TEWI consiste en avaliar a importancia relativa dos efectos directo e indirecto.

Se establece na IF2 do RSF o método de cálculo deste parámetro ambiental; que se calcula mediante a seguinte fórmula, na que os diferentes tipos de impacto están separados.

$$TEWI = [PCA \times L \times n] + [PCA \times m (1 - \text{recuperación})] + [n \times E_{\text{anual}} \times \beta]$$

$$PCA \times L \times n = \text{Impacto debido a perdas por fugas} = \text{PCA directo}$$

$$PCA \times m (1 - \text{recuperación}) = \text{Impacto por perdas producidas na recuperación} = \text{PCA directo}$$

$$n \times E_{\text{anual}} \times \beta = \text{Impacto debido á enerxía consumida} = \text{PCA indirecto}$$

Onde:

TEWI: é o impacto total equivalente sobre o quentamento atmosférico, expresado en quilogramos de CO₂

PCA: é o potencial de quentamento atmosférico, referido ao CO₂

$\dot{L}$: son as fugas, expresadas en quilogramos por ano

n : é o tempo de funcionamento do sistema, en anos

m : é a carga do refrixerante, en quilogramos

$\alpha_{recuperación}$: é o factor de recuperación, de 0 a 1

E_{anual} : é o consumo enerxético, en kilovatio-hora por ano

β : é a emisión de CO₂, en quilogramos por kilovatio-hora.

Cando poidan emitirse gases de efecto invernadoiro por causa do illamento ou outros compoñentes, engadirase o potencial do quentamento atmosférico de tales gases:

$$PCA_i \times m_i (1 - \alpha_i)$$

Onde:

PCA_i : é o potencial do quentamento atmosférico do gas contido no illamento, referido ao CO₂;

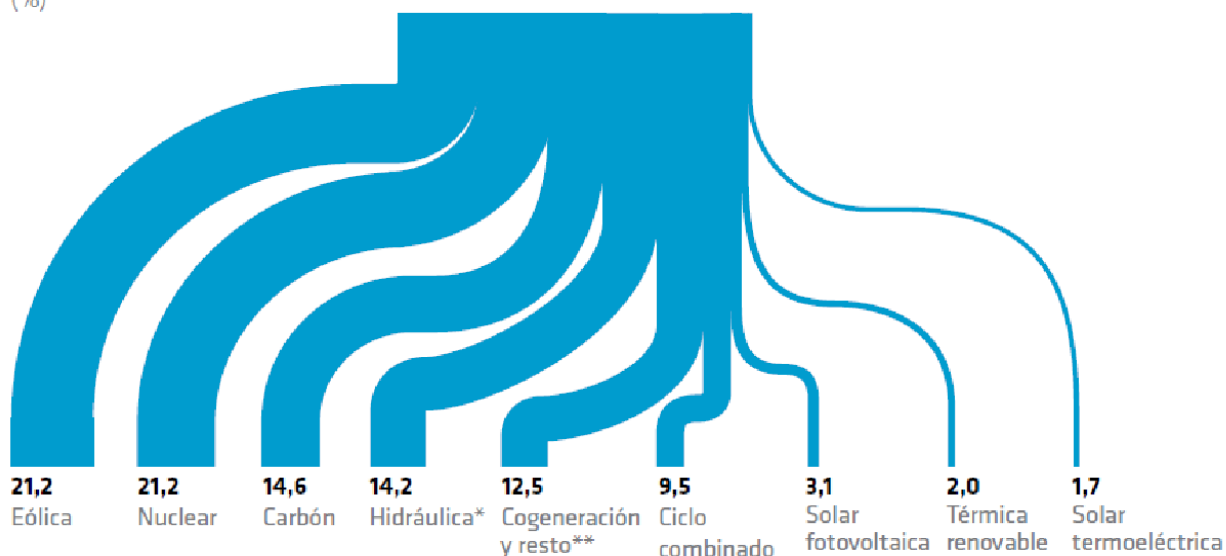
m_i : é a carga de gas existente en illamento do sistema, en quilogramos;

α_i : é o índice de gas recuperado do illamento ao final da vida do sistema, varía de 0 a 1.

O valor de β é a emisión de CO₂ en quilogramos por kilovatio-hora e é moi importante actualizalo partindo das cifras máis recentes para a situación da instalación.

Se a instalación frigorífica se vai montar en España hai que recorrer aos datos facilitados por Rede Eléctrica Española (www.ree.es); aquí acharemos os datos de na produción de electricidade (denominado *mix eléctrico*) do último ano xa que este é un valor en evolución e depende da achega feita polas distintas fontes de xeración eléctrica durante un período.

(%)



* Incluye la producción hidráulica del régimen ordinario y régimen especial. No incluye la generación de bombeo.

** Incluye fuel/gas y térmica no renovable.

COBERTURA DEMANDA ELÉCTRICA PENINSULAR 2013(FONTE REE)

Temos que ter en conta que fontes de produción de electricidade como eólica, nuclear, hidráulica, solar e térmica renovable non emiten CO₂ á atmosfera fronte a outras como o carbón, fuel e gas natural. O que se fai para calcular este parámetro é ver as emisións totais de CO₂ producidas nas centrais implicadas e dividir este resultado pola enerxía eléctrica total producida ao longo de 1 ano. Esta conta produce un resultado cofecido como "mix eléctrico".

Se analizamos o factor de emisión dos 2 últimos anos obsérvase que este descendeu respecto ao ano 2012. Para o ano 2013 considérase 0,241 kgCO₂/KWh fronte ao 0,6 kgCO₂/KWh do ano 2012, segundo REE.

3. Exercicios relacionados con esta unidade de traballo

1.- Fórmula química dos seguintes refrixerantes:

- a) R-22
- b) R-134a
- c) R-141b

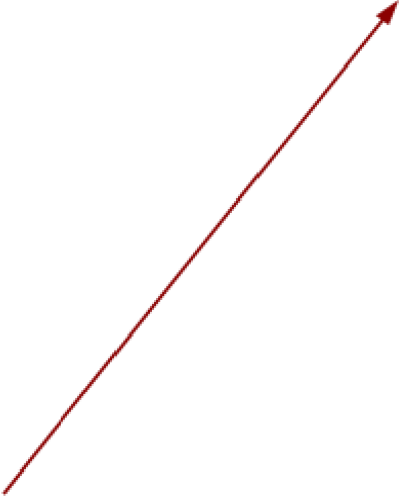
2.-Clasifica os seguintes refrixerantes segundo o tipo ó que pertence:

R717, R22, R290, R600, R11, R744, R410a, R123, R134a, R12, R507, R404a

CFC	HCFC	HFC (Puros)	HFC(mezclas)	HC non haloxenados	Inorgánicos

3.-Une con unha frecha cada aplicación con un refrixerante:

APLICACIÓNS	REFRIGERANTES
Refrixeración doméstica	R717
Climatización grandes edificios	R410a
Climatización locais e vivendas	R134a
Climatización automóbil	R404a
Refrixeración comercial	R406a
Refrixeración industrial	R600a



4. Módulos vencellados con esta unidade de traballo

Ciclo superior de mantemento de instalacións térmicas e de Flúidos

- 0121-Equipos e instalacións térmicas
- 0122-Proceso de Montaxe de instalacións
- 0124-Enerxias renovables e eficiencia enerxética
- 0133-Xestión do Montaxe da Calidade e do Mantemento
- 0134-Configuración de Instalacións térmicas e de Flúidos
- 0135-Mantemento de instalacións frigoríficas e de climatización
- 0136-Mantemento de instalacións caloríficas e de Flúidos

Ciclo superior de desenvolvemento de proxectos de instalacións térmicas e de Flúidos

- 0121-Equipos e instalacións térmicas
- 0122-Proceso de Montaxe de instalacións
- 0124-Enerxias renovables e eficiencia enerxética
- 0125-Configuración de instalacións de climatización, calefacción e ACS
- 0126-Configuración de instalacións frigoríficas
- 0127-Configuración de instalacións de Flúidos
- 0128-Planificación do montaxe de instalacións

Ciclo superior en eficiencia enerxética e enerxía solar térmica

- 0121-Equipos e instalacións térmicas
- 0122-Proceso de Montaxe de instalacións
- 0123-Representación gráfica de instalacións
- 0349-Eficiencia enerxética de instalacións
- 0354-Promoción do uso eficiente da enerxía e auga

Ciclo medio instalacións frigoríficas e de climatización

- 0036- Máquinas e equipamentos térmicos
- 0037-Técnicas de montaxe de instalacións.
- 0039- Configuración de instalacións de frío e climatización.
- 0040- Montaxe e mantemento de equipamentos de refrixeración comercial.
- 0041- Montaxe e mantemento de instalacións frigoríficas industriais.
- 0042- Montaxe e mantemento de instalacións de climatización, ventilación e extracción.

Ciclo medio de produción de calor

- 0036- Máquinas e equipamentos térmicos
- 0037-Técnicas de montaxe de instalacións.